



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de un sistema de drenaje pluvial en la urbanización  
Santa Margarita de la ciudad de Piura con el software  
SWMM**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Civil

**David Lizardo Samanez Ayón  
Jorge Fernando Patiño Sojo**

**Asesora:  
Mgtr. Clara Marina Farías Zegada de Reyes**

**Piura, septiembre de 2022**

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS Sta. Margarita**

AUTOR

**Patiño & Samanez**

RECUENTO DE PALABRAS

**36740 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**173297 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**149 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 15, 2022 8:36 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

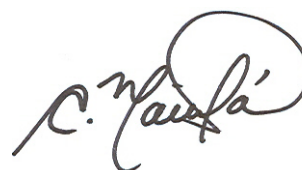
**Oct 15, 2022 8:44 AM GMT-5****● 5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



Mgtr. Ing. Marina Farías de Reyes  
Asesora

### **Dedicatoria**

A Dios, por iluminarme con su sabiduría y protegerme en el transcurso de mi camino profesional, además porque su tiempo es perfecto.

A mi madre, Dra. Alicia Ayón, por ser mi motor y motivo, apoyándome en cada momento con mucho amor y sacrificio.

David Samanez Ayón

A Dios, por estar presente en todo momento de mi vida, a mis padres Milton y Yeny, quienes con su ejemplo, amor, paciencia, consejos y esfuerzo han sido partícipes para el cumplimiento de este objetivo en mi vida profesional, a mi hermana Paola, por su cariño y ayudarme constantemente a ser una mejor persona, a las personas cercanas que de una u otra forma me han apoyado a lo largo del tiempo.

Jorge Fernando Patiño Sojo



## Resumen

El Niño - Oscilación SUR (ENOS) y El Niño Costero, afectan a varias zonas de la ciudad de Piura debido a que las intensas lluvias provocan grandes daños, tanto sociales como económicos. Esto se debe a la sobrecarga en el sistema sanitario para evacuar las aguas ante la poca capacidad de los sistemas de drenaje pluvial existentes en algunas partes de la ciudad. La Urb. Santa Margarita es una de las zonas más afectadas, la cual presenta varias zonas críticas, siendo una de las más importantes la denominada "Cinco Esquinas" en la cual convergen las aguas provenientes de los AA. HH: Las Dalias, La Molina, Villa Jardín, Los Claveles y la propia urbanización. Para resolver esta problemática, se realizó la delimitación de cuencas urbanas, con el objetivo de identificar zonas críticas. Posteriormente se plasmó en un plano el comportamiento del flujo de agua, usando como base datos de elevación. A continuación, se modeló en el software SWMM distintas propuestas de sistemas de drenaje pluvial, usando diferentes periodos de retorno a fin de escoger el óptimo. Para la propuesta escogida se diseñaron las estructuras de captación, conducción y mantenimiento. En el aspecto de planificación, se realizó un cuadro de fases para la ejecución de la alternativa de solución seleccionada, y en el aspecto económico se realizó un presupuesto para cumplir los objetivos propuestos.



## Tabla de contenido

Introducción .....	15
Capítulo 1.....	17
Zona de estudio: Urb. Santa Margarita.....	17
1.1 Descripción general de la zona de estudio.....	17
1.1.1 Provincia de Piura.....	19
1.1.2 El distrito Veintiséis de Octubre.....	19
1.2 Información técnica existente.....	20
1.2.1 Propuestas de drenaje pluvial.....	21
1.2.2 Estudios de geotecnia .....	22
1.2.3 Estudios de vulnerabilidad.....	22
1.2.4 Topografía.....	24
1.2.5 Suelo.....	24
1.3 Identificación de zonas críticas y aportantes.....	25
Capítulo 2.....	27
Marco teórico.....	27
2.1 Conceptos hidrológicos.....	27
2.1.1 Infiltración .....	27
2.1.2 Cuenca.....	28
2.1.3 Escurrimiento .....	28
2.1.4 Caudal de diseño.....	28
2.1.5 Curvas IDF.....	28
2.1.6 Hietograma de diseño.....	29

2.1.7 Bloque alterno.....	29
2.1.8 Fenómeno El Niño .....	30
2.2. Drenaje pluvial urbano .....	31
2.2.1 Componentes de un sistema de drenaje pluvial urbano .....	31
2.2.2 Sistema de evacuación .....	33
2.3 Hidráulica e hidrología aplicada al diseño de drenaje pluvial .....	33
2.3.1 Parámetros hidráulicos e hidrológicos para una red de drenaje.....	33
2.3.2 Parámetros de flujo.....	39
2.4 Generalidades del diseño de drenaje pluvial con el software SWMM .....	40
2.4.1 Descripción general del software .....	40
2.4.2 Aplicaciones del software .....	40
2.4.3 Modelo conceptual utilizado por el software.....	41
2.4.4 Modelo hidráulico de transporte.....	43
2.4.5 Componentes físicos del software SWMM.....	45
2.4.6 Opciones de tiempo .....	47
Capítulo 3.....	49
Definición de parámetros para el diseño de drenaje pluvial .....	49
3.1 Hidrología aplicada al diseño de drenaje pluvial .....	49
3.1.1 Delimitación de cuenca urbana .....	49
3.1.2 Selección del periodo de retorno.....	50
3.1.3 Hietograma de diseño.....	50
3.2 Parámetros para el cálculo en el software SWMM .....	51
3.2.1 Método de infiltración .....	52
3.2.2 Cuencas .....	52
3.2.3 Nodos .....	54
3.2.4 Conductos .....	55
3.2.5 Pluviómetros .....	56
3.2.6 Depósitos.....	56
3.2.7 Método hidráulico.....	56

3.2.8 Opciones de tiempo .....	56
3.2.9 Tolerancia de error.....	56
3.3 Hidráulica aplicada al diseño de drenaje pluvial .....	56
3.3.1 Estructuras de captación.....	57
3.3.2 Estructuras de conducción.....	58
3.3.3 Estructuras de mantenimiento .....	59
3.3.4 Zona de disposición final.....	59
Capítulo 4.....	61
Sistema de drenaje pluvial .....	61
4.1 Metodología.....	61
4.2 Alternativas de solución.....	63
4.2.1 Alternativa 1.....	63
4.2.2 Alternativa 2.....	64
4.2.3 Alternativa 3.....	65
4.3 Discusión de alternativas .....	66
4.3.1 Semejanzas.....	66
4.3.2 Diferencias.....	67
Capítulo 5.....	69
Modelación numérica con el software SWMM.....	69
5.1 Consideraciones técnicas.....	69
5.2 Resultados.....	71
5.2.1 Alternativa 1.....	72
5.2.2 Alternativa 2.....	74
5.2.3 Alternativa 3.....	76
5.3 Discusión de resultados .....	78
Capítulo 6.....	81
Alternativa de diseño seleccionado .....	81
6.1 Diseño de estructuras de todos los componentes que constituyen el sistema de drenaje pluvial .....	81
6.1.1 Estructuras de captación.....	81

6.1.2 Estructuras de mantenimiento .....	85
6.1.3 Estructuras de conducción .....	86
6.2 Presupuesto .....	88
6.3 Planificación de la implementación de la alternativa de solución .....	92
Conclusiones.....	93
Recomendaciones .....	95
Referencias bibliográficas.....	97
Apéndices .....	105
A.    Cálculos hidrológicos .....	105
A.1 Hietograma de diseño para $Tr = 25$ años.....	105
A.2 Hietograma de diseño para $Tr = 50$ años.....	107
B.    Cálculos hidráulicos .....	110
B.1 Comprobación de fuerza tractiva y velocidad para $Tr = 25$ años .....	110
B.2 Comprobación de fuerza tractiva y velocidad para $Tr = 50$ años .....	117
C.    Perfiles longitudinales.....	125
C.1 Para $Tr = 25$ años.....	125
C.2 Para $Tr = 50$ años.....	128
D.    Análisis de costos unitarios para alternativa 3.....	132
D.1 Para $Tr = 25$ años .....	132
D.2 Para $Tr = 50$ años .....	142
E.    Planos.....	153
E.1 Plano topográfico de la Urb. Santa Margarita .....	153
E.2 Plano de elevaciones en el área de estudio .....	155
E.3 Plano de delimitación de cuencas urbanas en el área de estudio.....	157
E.4 Plano de flujo e identificación de zonas críticas de la Urb. Santa Margarita	159
E.5 Plano de zonas aportantes a la zona crítica “Cinco esquinas” .....	161
E.6 Plano de estructuras de captación y conducción en la Urb. Santa Margarita ( $Tr=$ 25 años).....	163
E.7 Plano de estructuras de captación y conducción en la Urb. Santa Margarita ( $Tr=$ 50 años).....	165

## Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de la Urb. Santa Margarita	17
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio y la zona crítica Cinco Esquinas	19
Figura 3. Inundación en Urb. Santa Margarita	21
Figura 4. Mapa de riesgo ante inundación pluvial del distrito de 26 de octubre	23
Figura 5. Curvas IDF de la ciudad de Piura (1983-2017)	29
Figura 6. Proceso del evento El Fenómeno El Niño	30
Figura 7. Tipos de sumidero	32
Figura 8. Modelo de escorrentía de un depósito no lineal	42
Figura 9. Representación conceptual del modelo EXTRAN en SWMM	43
Figura 10. Proceso de lluvia a agua de escorrentía	43
Figura 11. Flujo uniforme permanente	44
Figura 12. Hietograma de diseño para $Tr = 25$ años	51
Figura 13. Hietograma de diseño para $Tr = 50$ años	51
Figura 14. Niveles en tubería	55
Figura 15. Hietograma para $Tr = 25$ años	62
Figura 16. Hietograma para $Tr = 50$ años	62
Figura 17. Modelo de drenaje pluvial - Alternativa 1	64
Figura 18. Modelo de drenaje pluvial - Alternativa 2	65
Figura 19. Modelo de drenaje pluvial - Alternativa 3	66
Figura 20. Duración de la simulación en el software SWMM	69
Figura 21. Generalidades de la simulación numérica	70
Figura 22. Intervalos de tiempo para la simulación	70
Figura 23. Opciones de simulación - Onda dinámica	71
Figura 24. Ubicación de buzones	82



## Lista de tablas

Tabla 1. Características de las viviendas y sus ocupantes en el Distrito Veintiséis de Octubre .....	20
Tabla 2. Definiciones de tipo de suelos según el NRCS.....	24
Tabla 3. Uso del suelo para la infiltración .....	25
Tabla 4. Aporte de agua de los lugares aledaños a la Urb. Santa Margarita .....	26
Tabla 5. Valores de riesgo en obras de drenaje.....	34
Tabla 6. Velocidades máximas permisibles según material de tubería .....	34
Tabla 7. Módulo de rigidez de la cimentación (Msb).....	37
Tabla 8. Valor de la rigidez del suelo nativo (Msn) .....	37
Tabla 9. Factor de combinación de los suelos de cimentación y suelo nativo (Sc) .....	38
Tabla 10. Clasificación de flujo según el número de Reynolds .....	40
Tabla 11. Parámetros de infiltración para viviendas.....	52
Tabla 12. Parámetros de infiltración para pistas .....	52
Tabla 13. Parámetros de infiltración para parques.....	52
Tabla 14. Valores de coeficiente de Manning para escorrentía superficial.....	52
Tabla 15. valores típicos de almacenamiento en depresión.....	53
Tabla 16. Parámetros para cuencas que representan manzanas de la urbanización.....	53
Tabla 17. Parámetros para cuencas que representan pistas de la urbanización .....	54
Tabla 18. Parámetros para cuencas que representan parques de la urbanización.....	54
Tabla 19. Valores del coeficiente de Manning para flujo de conductos cerrados.....	55
Tabla 20. Parámetros de la onda dinámica.....	56
Tabla 21. Valores Mínimos de tuberías en colectores de agua de lluvia.....	58
Tabla 22. Áreas aportantes para formación de la zona crítica "Cinco esquinas" .....	61
Tabla 23. Volúmenes acumulados de las zonas no aportantes. ....	63
Tabla 24. Diferencias entre las alternativas .....	67
Tabla 25. Volumen para la formación de la zona crítica "Cinco esquinas" (Tr = 25 y Tr = 50) 71	
Tabla 26. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 1 (Tr = 25años)..	72
Tabla 27. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 1 (Tr = 50 años).	72
Tabla 28. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 25años).....	73

Tabla 29. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 50 años).....	73
Tabla 30. Metrado de tuberías - Alternativa 1 .....	74
Tabla 31. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 2 (Tr = 25 años). 74	
Tabla 32. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 2 (Tr = 50 años). 75	
Tabla 33. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 25años).....	75
Tabla 34. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 50 años).....	76
Tabla 35. Metrado de tuberías - Alternativa 2 .....	76
Tabla 36. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 3 (Tr = 25 años). 76	
Tabla 37. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 3 (Tr = 50 años). 77	
Tabla 38. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 25años).....	77
Tabla 39. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 50 años).....	78
Tabla 40. Metrado de tuberías - Alternativa 3 .....	78
Tabla 41. Valores de caudales en los buzones en SWMM para Tr = 25años .....	81
Tabla 42. Valores de caudales de buzones en SWMM para Tr = 50 años .....	82
Tabla 43. Diseño de sumideros: comprobación de “T” admisible y h sardinel para Tr = 25 años .....	83
Tabla 44. Diseño de sumideros: comprobación de “T” admisible y h sardinel para Tr = 50 años .....	83
Tabla 45. Resultados de “Hcanales” para Tr = 25años.....	84
Tabla 46. Resultados de “Hcanales” para Tr = 50años.....	84
Tabla 47. Dimensiones y cantidades de sumideros para Tr = 25años .....	84
Tabla 48. Dimensiones y cantidades de sumideros para Tr = 50 años .....	84
Tabla 49. Caudal captado por rejillas para Tr = 25años .....	85
Tabla 50. Caudal captado por rejillas para Tr = 50 años .....	85
Tabla 51. Relación de buzones de inspección .....	86
Tabla 52. Cálculo de deflexión para tubería de 0.4 m y profundidad 1.7 m.....	86
Tabla 53. Cálculo de deflexión para tubería de 0.7 m y profundidad 2.25 m.....	86
Tabla 54. Cálculo de deflexión para tubería de 0.6 m y profundidad 1.7 m.....	87
Tabla 55. Cálculo de deflexión para tubería de 0.7 y profundidad de 2.75 m.....	87
Tabla 56. Cálculo de deflexión para tubería de 0.7 m y profundidad 5.35m .....	88
Tabla 57. Presupuesto para Tr = 25años .....	88
Tabla 58. Presupuesto para Tr = 50 años .....	90
Tabla 59. Planeamiento del proyecto .....	92

## **Introducción**

La zona norte del Perú, recurrentemente se ve afectada por la presencia del FEN y FENC, siendo la ciudad de Piura una de las más afectadas, debido a la falta de preparación tanto en concientización de la población cómo de infraestructura eficiente para hacerle frente a dichos eventos.

En la actualidad, el uso y manejo de softwares permiten analizar una gran variedad de escenarios hidráulicos e hidrológicos con una elevada confiabilidad de resultados, reduciendo costos, tiempo, personal, entre otros, a fin de plantear alternativas de solución que resuelvan problemas.

La tesis, se enfoca en resolver el problema de inundación en la Urb. Santa Margarita haciendo uso del software SWMM, modelo numérico - dinámico que desarrolla simultáneamente varios procesos, que permite obtener información de variables tales como velocidad, caudal, nivel de agua, capacidad de conductos en un sistema de drenaje pluvial urbano, lo que resulta una gran ventaja frente a realizar un modelo físico.

Se usó información topográfica para delimitar las cuencas urbanas, que permitió conocer el sentido y dirección del flujo de agua, así como información pluviométrica, mediante el uso de hietogramas de diseño para distintos periodos de retorno, obteniendo caudales de diseño y evaluando alternativas de solución ante la problemática de inundación, determinándose el diseño de las estructuras de captación, conducción y mantenimiento para el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.



## Capítulo 1

### Zona de estudio: Urb. Santa Margarita

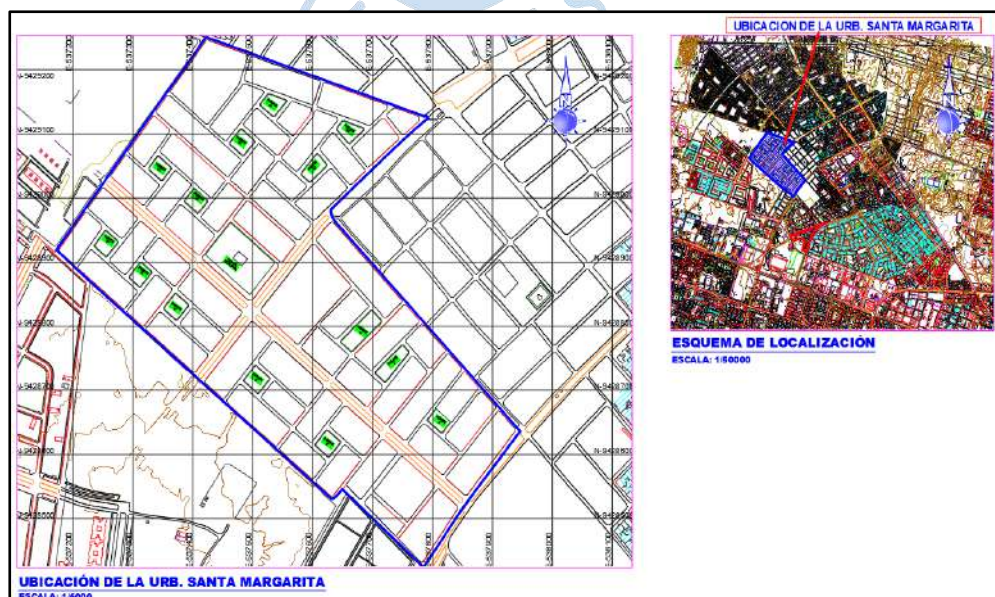
La Urb. Santa Margarita es una habilitación urbana ubicada al noreste de la provincia de Piura, en el distrito de Veintiséis de Octubre.

#### 1.1 Descripción general de la zona de estudio

La zona de estudio es la Urb. Santa Margarita iniciada en el año 2009 por la inmobiliaria CLASEM, la cual pertenece a la constructora EOM GRUPO.

Es una habilitación urbana ubicada al noreste de la provincia de Piura, en el distrito de Veintiséis de Octubre, se encuentra cerca a varios centros comerciales, universidad, escuelas, entre otros como se muestra en la Figura 1; y está conformada por 15 parques. Al cierre del año 2015, tiene un total de 2,390 viviendas unifamiliares con servicios completos, que se desarrollan en 16 etapas y se llegó a una cifra de más de 1,980 familias beneficiarias de una vivienda en la urbanización (EOM GRUPO S.A., 2020).

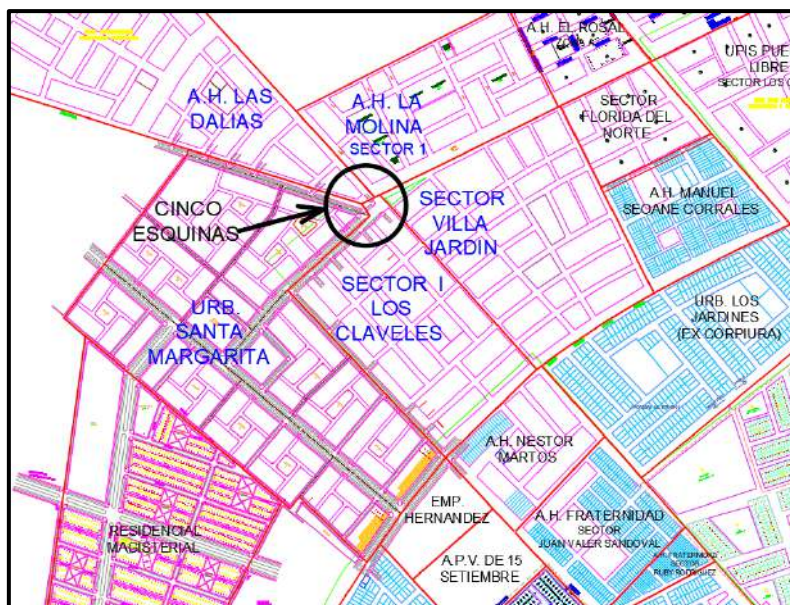
**Figura 1. Ubicación de la Urb. Santa Margarita**





La zona más crítica es conocida como “Cinco esquinas”, donde confluyen las aguas de escorrentía que vienen desde los AA.HH. Las Dalias, La Molina, Villa Jardín, Los Claveles, y la propia Urb. Santa Margarita; como se aprecia en la Figura 2. Para una mejor comprensión, a continuación, se presenta información general, que describe brevemente la zona a dónde pertenece Urb. Santa Margarita.

**Figura 2. Ubicación de la zona de estudio y la zona crítica Cinco Esquinas**



### **1.1.1 Provincia de Piura**

Geográficamente abarca una superficie de 6211,16 km<sup>2</sup> y se encuentra en la costa occidental norte del departamento de Piura, entre las coordenadas 4°39'11" de latitud Sur y 5°24'24" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich (Municipalidad Provincial de Piura, 2017).

Está conformada por 10 distritos: Piura, Castilla, Catacaos, Cura Mori, El Tallán, La Arena, La Unión, Las Lomas, Tambo grande y Veintiséis de Octubre.

### **1.1.2 El distrito Veintiséis de Octubre**

Pertenece a la provincia de Piura, su capital es el A. H. San Martín, el cual tiene una superficie de 110 km<sup>2</sup> y está situado en una altitud promedio de 30 m.s.n.m. (Centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres [CENEPRED], 2017), además cuenta con 41 asentamientos humanos y 3 urbanizaciones.

Límites:

- Norte: distrito de Piura.
- Sur, suroeste y oeste: distrito de Catacaos.
- Este, Noreste y Sureste: distrito de Piura.

- Noroeste: provincia de Sullana.

La ocurrencia de lluvias, afecta la población, haciéndola vulnerable ante pérdidas materiales y/o humanas, por factores tales como: la intensidad de la precipitación, estado de la infraestructura vial, tipo de material de construcción en viviendas, educación de la población ante riesgos de lluvias, cantidad de habitantes, condición física y psicológica de los habitantes, entre otras.

Según INEI (2018), el distrito Veintiséis de Octubre tiene un total de 165,779 habitantes, siendo 80,179 hombres y 85,600 mujeres; y el material de construcción en las paredes exteriores de la vivienda predominante es el ladrillo o bloque de cemento (Tabla 1).

**Tabla 1. Características de las viviendas y sus ocupantes en el Distrito Veintiséis de Octubre**

	Total	Material de construcción predominante en las paredes exteriores de la vivienda						
		Ladrillo o bloque de cemento	Piedra o sillar con cal o cemento	Adobe	Tapia	Quincha (caña con barro)	Piedra con barro	Triplay calamina
Vivienda particular	40 754	26 604	107	2 093	20	132	33	11 765
Ocupantes presentes	162 032	114 018	402	7 229	65	428	119	39 771

**Nota. Adaptado de INEI (2018).**

## 1.2 Información técnica existente

En los meses de febrero a marzo de 2017, la presencia del fenómeno El Niño Costero generó muchos problemas a la ciudad de Piura como: daños a la viviendas y pistas, desborde del río Piura, afectando las vías de comunicación y salud de las personas, entre otros.

En el distrito de Veintiséis de Octubre se registraron 3,349 personas damnificadas, 13,815 personas afectadas, 312 viviendas colapsadas, 511 viviendas inhabitables y 2,870 viviendas afectadas, y se registraron 2 instituciones educativas afectadas (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2017).

Asimismo, en la Urb. Santa Margarita, las aguas de lluvia se vierten de manera errónea al alcantarillado de aguas residuales, recargándolo y haciendo que este colapse en diferentes puntos de su recorrido, provocando inundaciones en todo el sector. Por ejemplo, el día 26 de febrero del 2016 en Piura, como consecuencia de las aguas de lluvia con intensidad baja/moderada se formó una inmensa laguna en la zona crítica denominada la “Cinco esquinas” (Cutivalú, 2016); otra manifestación ocurrió el día 02 de setiembre de 2020, cuando la rotura de una tubería (Figura 3), dejó sin servicio de agua a los vecinos de la calle 11 entre

la Mz. K-D-L que corresponden a la Urb. Santa Margarita, además inundó varios sectores de la urbanización en mención (Piura TV Canal, 2020).

**Figura 3. Inundación en Urb. Santa Margarita**



**Nota. Adaptado de Piura TV Canal (2020).**

### **1.2.1 Propuestas de drenaje pluvial**

El Fenómeno El Niño Costero del 2017 hizo dar a conocer lo vulnerable que es la Urb. Santa Margarita ante inundaciones, por ende, a fin de enfrentar la problemática de inundaciones se establecieron varias propuestas de drenaje pluvial, que no se llegaron a ejecutar, debido al desacuerdo entre la Municipalidad Distrital Veintiséis de Octubre y la JUVECO.

Estas propuestas se detallan a continuación:

- a) Colocar un sistema de tuberías desde la cámara de bombeo atravesando el A.H. Las Dalias hasta llegar a la quebrada Los Pajaritos. El problema consiste en que la JUVECO del A.H. “Las Dalias” requiere como condición que primero se construyan pistas y veredas en su zona y luego el sistema de tuberías podría atravesar el asentamiento.
- b) El sistema de tuberías debe pasar por la Av. Las Amapolas hacia la quebrada Pajaritos. El problema se presentaba cuando al colocar la tubería, debían destruir la pista existente de la Av. Las Amapolas y los representantes de la JUVECO “Santa Margarita” temían que la pista se reconstruya con errores, además que era doble trabajo si se tomaba esa propuesta como solución.
- c) Construir una calle-dren en la carretera paralela a la Av. Las Amapolas, pero la JUVECO Santa Margarita temía que no se diseñe y construya bien porque de ser un fracaso la construcción generaría un impacto ambiental y social negativo para ellos, como por ejemplo malos olores, rompimiento de tuberías, etc. Por otro lado, la existencia de malos olores y agua turbia en los hogares es común

en dicha urbanización, lo que probablemente sea a causa del problema del sistema de desagüe existente y de la empresa EPS Grau, sin embargo, no se sabe con certeza.

### **1.2.2 Estudios de geotecnia**

La zonificación sísmica-geotécnica de la ciudad de Piura corresponde a la Zona II, donde se presentan suelos consolidados, conformados por estratos de arena eólica y el perfil del suelo S2 (Instituto geofísico del Perú [IGP], 2019, pág. 138), que describe un tipo de suelo medianamente rígido (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS], 2019).

En general, el suelo de la ciudad de Piura está conformado por estratos superficiales de suelos granulares finos y suelos arcillosos con espesores que varían entre 3.0 y 10.0 m (IGP, 2019). La geomorfología de la Urb. Santa Margarita es similar a una terraza aluvial y mayormente se encuentran conformadas por materiales heterogéneos (clastos subangulosos a subredondeados envueltos en una matriz areno-limosa) y capas delgadas de limos. En base a la información geotécnica recopilada de estudios anteriores realizados en la ciudad de Piura, los cuales consisten en el uso de calicatas, posteos, ensayo de penetración dinámica ligera (DPL), ensayos granulométricos y ensayos de plasticidad (IGP, 2019), se identifican 4 tipos de suelos según la clasificación SUCS:

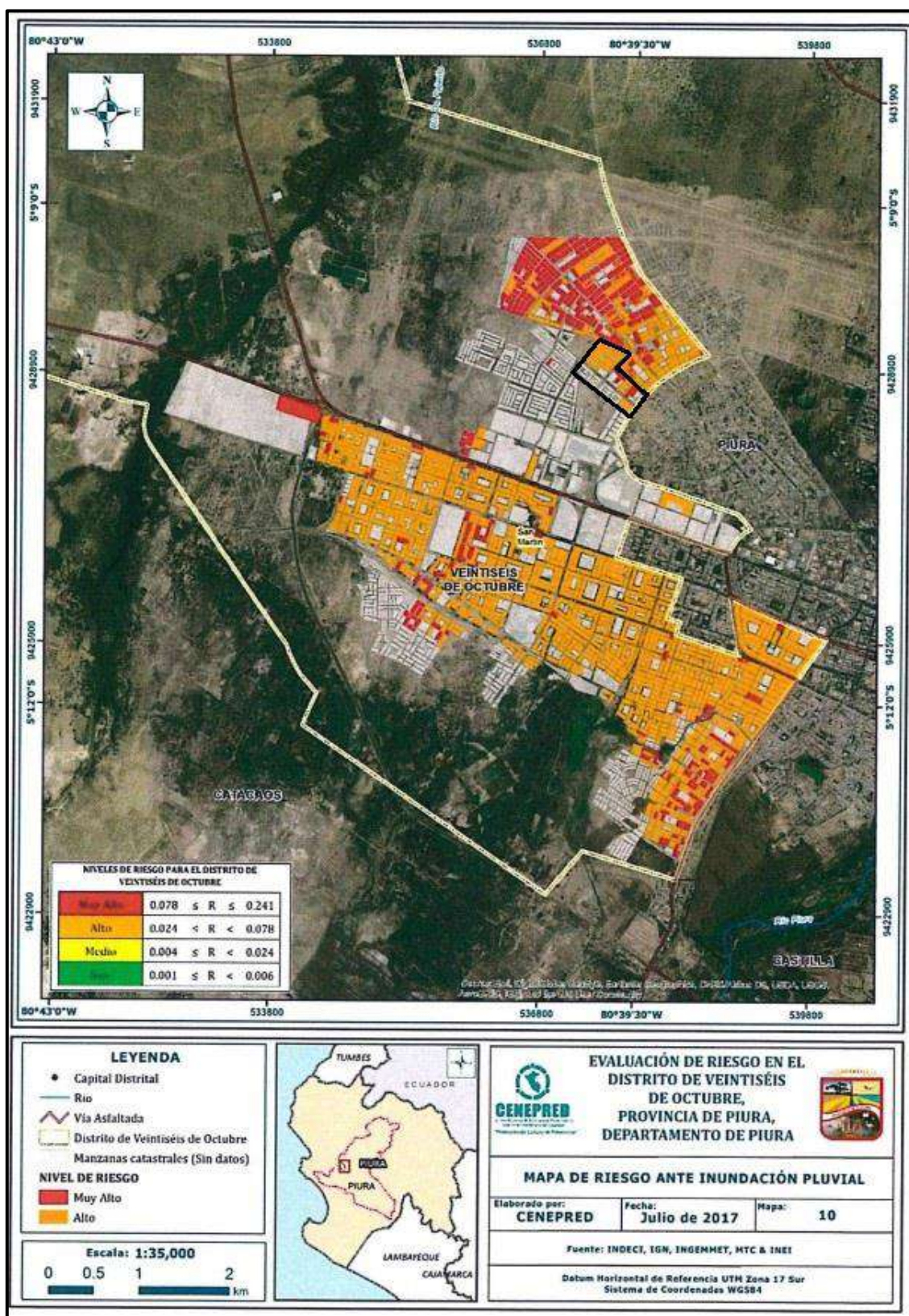
- Suelo tipo SP: Arena mal graduada con gravas.
- Suelo tipo SM: Arena con limo.
- Suelo tipo SC: Arena con arcilla.
- Suelo tipo SP-SM: Arena con limo y grava.

Según los estudios descritos anteriormente, en la Urb. Santa Margarita predominan 2 tipos de suelos: Suelo tipo SM: Arena con limo y Suelo tipo SC: Arena con arcilla.

### **1.2.3 Estudios de vulnerabilidad**

Para determinar el mapa de riesgo ante inundación pluvial en el distrito de Veintiséis de Octubre mostrado en la Figura 4, se utilizó el mapa de peligro y vulnerabilidad, concluyéndose que la mayor parte del área de la Urb. Santa Margarita clasifica como de riesgo muy alto (CENEPRED, 2017).

Figura 4. Mapa de riesgo ante inundación pluvial del distrito de 26 de octubre



Nota. Adaptado de CENEPRED (2017).

### 1.2.4 Topografía

La obtención del plano topográfico E.1 (Apéndice E), se generó a partir del estudio “Determinación de altura nivelada de treinta y siete puntos de foto control vertical (PFCV) en las localidades de Piura y Castilla” (Instituto Geográfico Nacional, 2015).

### 1.2.5 Suelo

En base a los estudios geotécnicos en la ciudad de Piura, y a la caracterización geomorfológica de la Urb. Santa Margarita descritos en el apartado 1.1.2 los tipos de suelo de dicha urbanización según SUCS son:

- Arena con limo (SM): El contenido de humedad varía de 1.29 a 2.33 %, por lo cual se considera que su capacidad de retención (permeabilidad) es baja, asimismo son suelos semicompactos a sueltos y no presentan plasticidad.
- Arena con arcilla (SC): EL contenido de humedad media por lo cual se considera que su capacidad de retención (permeabilidad) es media, asimismo son suelos semicompactos y no presentan plasticidad.

Según el Natural Resources Conservation Service (NRCS) y lo descrito anteriormente, el suelo de la Urb. Santa Margarita es de tipo B, como se muestra en la Tabla 2.

En la Tabla 3, se muestra valores de parámetros del suelo referidas a la infiltración. La textura del suelo de la Urb. Santa Margarita se puede clasificar similar a marga arenosa y sedimentos de marga.

**Tabla 2. Definiciones de tipo de suelos según el NRCS**

Tipo	Descripción	Conductividad hidráulica K (mm/h)
A	Bajo potencial de escorrentía. Suelos con una alta tasa de infiltración incluso cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en arenas y gravas con drenaje profundo entre bueno y excesivo.	$\geq 11$
B	Suelos con alta tasa de infiltración cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con drenaje profundo a moderado y textura de grano medio. Ejemplos: marga arenosa o loess poco profundo.	3.75 – 7.5
C	Suelos con tasa de infiltración baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con una capa que impide el flujo de agua hacia abajo, o suelos con textura de grano fino. Ejemplos: marga arcillosa o marga arenosa poco profunda.	1.25 – 3.75

Tipo	Descripción	Conductividad hidráulica K (mm/h)
D	Alto potencial de escorrentía. Suelos con tasa de infiltración muy baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos arcillosos con un alto potencial de expansión, con un nivel freático permanentemente alto, con cubierta de arcilla en o cerca de la superficie y suelos poco profundos con una capa impermeable cerca de la superficie.	≤ 1.25

**Nota. Adaptado de U.S. Environmental Protection Agency (2015).**

**Tabla 3. Uso del suelo para la infiltración**

Textura del suelo	Conductividad hidráulica saturada K (mm/h)	Altura de succión $\Psi$ (mm)	Porosidad (fracción) $\Phi$	Capacidad del campo (fracción) FC	Punto de marchitamiento (fracción) WP
Arena	120.4	49	0.437	0.062	0.024
Arena margosa	29.97	61	0.437	0.105	0.047
Marga arenosa	10.92	110	0.453	0.190	0.085
Marga	3.3	89	0.463	0.232	0.116
Sedimentos de marga	6.6	170	0.501	0.284	0.135
Marga areno-arcillosa	1.52	220	0.398	0.244	0.136
Marga arcillosa	1.02	210	0.464	0.310	0.187
Sedimentos de marga arcillosa	1.02	270	0.471	0.342	0.210
Arcilla arenosa	0.51	240	0.430	0.321	0.221
Sedimentos de arcilla	0.51	290	0.479	0.371	0.251
Arcilla	0.25	320	0.475	0.378	0.265

**Nota. Adaptado de U.S. Environmental Protection Agency (2015).**

### 1.3 Identificación de zonas críticas y aportantes

El plano E.2 “Plano de elevaciones en el área de estudio”, se obtuvo de un proceso, que inicia con la creación de una superficie a partir de los datos recogidos del Instituto Geofísico del Perú (IGN, 2015) en Civil 3D, y luego exportada en formato LandXML. Esta fue convertida a formato TIN y luego a DEM, para el desarrollo en el software Arc Gis, donde se usó la herramienta “Reclassify” para obtener los rangos de elevaciones.

El plano E.3. “Plano de delimitación de cuencas urbanas en el área de estudio”, se obtuvo de un proceso, el cual inicia con el uso de la herramienta “Fill”, para rellenar los vacíos que presente el modelo. Luego se aplicó la herramienta “Flow Direction”, que permite

identificar la dirección de flujo de agua en base a la pendiente del terreno y la herramienta “Flow Accumulation” para identificar los principales cauces de agua. Luego se crean shapefile de tipo punto en la intersección de los cauces donde se considerarán los puntos de descarga y finalmente se usa la herramienta “Watershed” obteniendo las cuencas urbanas.

A partir de los planos E.2 y E.3, se obtuvo el plano E.4 “Plano de Flujo e identificación de zonas críticas en la Urb. Santa Margarita”, mostrados en apéndices, identificándose 3 zonas inundables y 4 zonas sombreadas de verde, las cuales no serán consideradas debido a que el agua de escorrentía no permanece en la urbanización, sino que se dirige hacia las zonas aledañas.

En la Tabla 4, se muestran las áreas colindantes con la zona de estudio, detallando si aportan o no agua a la urbanización.

**Tabla 4. Aporte de agua de los lugares aledaños a la Urb. Santa Margarita**

Ubicación	Lugar	¿Aporta agua a la Urb. Santa Margarita?
Noroeste	Urb. Sol de Piura	No
Norte	A.H. Las Dalias y A.H. La Molina	Sí
Noreste	A.H. Los Claveles y A.H. Villa Jardín	Sí
Este-sur	Av. Chulucanas	No
Sur- oeste	Terreno baldío	No

## Capítulo 2

### Marco teórico

En el presente capítulo se definirá los conceptos teóricos de hidrología, hidráulica, drenaje pluvial urbano y el software SWMM con la finalidad de otorgar las bases para los capítulos posteriores.

#### 2.1 Conceptos hidrológicos

La hidrología es una ciencia que estudia el agua y su distribución en la superficie terrestre como la escorrentía causada por las precipitaciones. A continuación, se describen los conceptos hidrológicos que se serán de uso para el estudio.

##### 2.1.1 Infiltración

Proceso en el cual el agua de lluvia, se transfiere desde la superficie del terreno hacia las profundidades del suelo, esto depende del estado de saturación del suelo y permeabilidad; en estado de saturación rige la Ley de Darcy y en estado no saturado las reacciones físico-químicas entre el material y agua (Bateman, 2007).

El software SWMM, presenta tres métodos distintos para modelar la infiltración del agua, siendo: Horton, Green Ampt y el número de curva. En el presente trabajo de investigación se usará el siguiente modelo de infiltración:

- Método Green-Ampt. Proporciona una solución analítica que permite establecer una aproximación al fenómeno de la infiltración acumulada (encharcamiento). Supone que existe un frente húmedo que separa la región de suelo saturada, y la región de suelo no saturada, en la cual existe un potencial de succión (Rossman, y otros, SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales, 2005).

El tiempo de encharcamiento " $t_p$ " es el lapso entre el comienzo de la lluvia y el instante en el que se empieza la formación de los primeros charcos en la superficie del terreno (Chow, Maidment, & Mays, 1994). Para un tiempo inferior al tiempo de encharcamiento ( $t < t_p$ ) toda el agua de lluvia se infiltra porque la intensidad de lluvia ( $i$ ) es inferior a la tasa de infiltración ( $f$ ) y la superficie del suelo permanece no saturada, en cambio, para un tiempo superior al tiempo de encharcamiento ( $t > t_p$ ) la intensidad

de lluvia “ $i$ ” es superior a la tasa de infiltración “ $f$ ”, por lo tanto, se produce encharcamiento.

### **2.1.2 Cuenca**

Es un área geográfica referida a un terreno, una sección del río o de una calle, delimitada por una línea imaginaria generada por las partes más altas del área donde se concentran todos los escurrimientos que confluyen y desembocan en un punto común, que generalmente es un mar o lago; dependiendo del tipo pueden ser: hidrográfica, hidrogeológica o urbana, asimismo, se dividen en subcuencas y microcuencas.

Una cuenca urbana, es aquella que se ubica en zonas urbanas, y el flujo de esorrentía por precipitaciones se extiende a través de las calles, por lo que se requiere un sistema de drenaje pluvial, asimismo, se destaca que la respuesta hidrológica queda determinada por zonas de mayor o menor impermeabilidad debido al material constructivo en pavimentos, veredas, tipo de suelo y áreas verdes.

### **2.1.3 Ecurrimiento**

Proceso superficial por el cual el agua de lluvia discurre a través de una superficie hacia los cauces y/o mar.

### **2.1.4 Caudal de diseño**

Es el caudal máximo generado por tormentas asociadas a un periodo de retorno, su representación a lo largo del tiempo es el hidrograma, asimismo, es importante su obtención porque cuantifica la cantidad de esorrentía que se espera para una tormenta determinada.

Se puede determinar por métodos de cálculos conocidos, tales como el método racional, el hidrograma unitario y mediante softwares hidrológicos; asimismo indicar que toda modelación numérica para determinar el caudal de diseño se basa en las Curvas IDF (intensidad – duración - frecuencia).

### **2.1.5 Curvas IDF**

Son la representación de la intensidad máxima de una precipitación expresada en mm/h, para una duración dada expresada en minutos y con una probabilidad de ocurrencia (frecuencia) expresada en años, además es una herramienta necesaria para determinar caudales de diseño en sitios que no cuentan con registro hidrométrico.

Su determinación se realiza a partir de análisis de tormentas en la zona de interés por medio de modelos probabilísticos. Para la ciudad de Piura, se cuenta con la ecuación que proporcionan Farías y Ruiz (2018). Su estudio analítico se basa en datos de lluvia desde el año 1983 hasta 2017 (Figura 5), donde se han utilizado modelos probabilísticos como Log-Normal 3p, doble Gumbel y el enfoque clásico que considera el clima invariable que representa un universo asumido en régimen permanente. La ecuación es la siguiente:

$$I = \frac{2327 * \ln(T) - 2085}{(D + 0.75)^{0.912}}$$

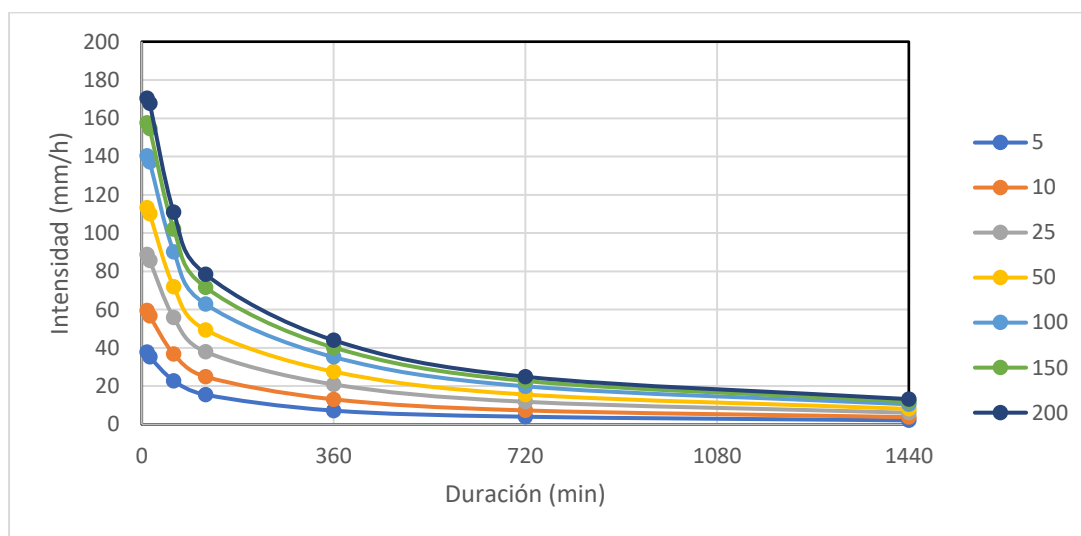
Dónde:

I= Intensidad de lluvia, en mm/h

D = Duración de la lluvia, en minutos

T= Periodo de retorno, en años

**Figura 5. Curvas IDF de la ciudad de Piura (1983-2017)**



**Nota. Adaptado de Farías & Ruiz (2018).**

### 2.1.6 Hietograma de diseño

Los hietogramas son gráficos en los cuales se expresa la precipitación de una tormenta en intervalos de tiempo, y para su obtención existen una gran variedad de metodologías, como el bloque alterno.

### 2.1.7 Bloque alterno

Es un método para obtener el hietograma de diseño que determina la profundidad de precipitación en intervalos de tiempo sucesivos (Fariás de Reyes, 2019), se realiza de la siguiente manera:

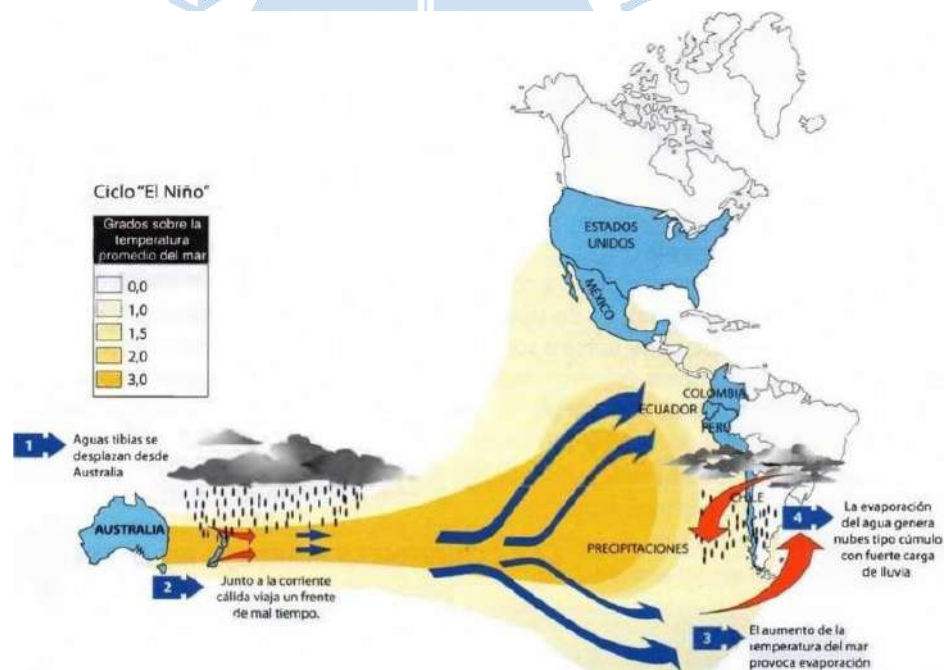
- 1) De las curvas IDF se obtiene los tiempos (min) y la intensidad (mm/h), posteriormente se obtiene la precipitación acumulada (P acum), la precipitación desacumulada (P incren).
- 2) Se ordena las precipitaciones desacumuladas de mayor a menor.
- 3) Para el tiempo constante se ordenan las precipitaciones desacumuladas, siendo el mayor ubicado en el centro de los datos y los demás se acomodan alternadamente alrededor de este.

### 2.1.8 Fenómeno El Niño

Es la anomalía climática que eleva las temperaturas del mar, produciendo evaporación y lluvias intensas en la costa peruana; y que puede ser de origen global (ENOS) o de origen costero, asimismo cabe indicar que se le llama fenómeno cuando la intensidad es fuerte o extraordinaria.

**2.1.8.1 El Niño Oscilación Sur (ENOS).** Se produce por una disminución en la intensidad de los vientos alisios en varias zonas del Pacífico ecuatorial y calentamiento de las aguas sudamericanas (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2014). En este contexto, se pueden generar ondas kelvin oceánicas ecuatoriales cálidas (ondas de gravedad modificadas por la rotación de la tierra), que viajan con velocidad de propagación de 2 a 3 m/s, en dirección a las costas de Sudamérica, dando como resultado un incremento de las temperaturas, tanto en la superficie del mar como debajo de ella, haciendo que las aguas cálidas se evaporen y posteriormente generando lluvias extraordinarias; dicho proceso se muestra en la Figura 6.

**Figura 6. Proceso del evento El Fenómeno El Niño**



**Nota. Adaptado de Ministerio de Educación (2015).**

**2.1.8.2 El Niño Costero.** Según la definición de ENFEN, se presenta cuando la temperatura superficial del mar trimestral en la región Niño 1+2 frente a nuestra costa norte excede su promedio en más de  $0,4^{\circ}\text{C}$  por tres o más meses consecutivos, a diferencia de lo que ocurre en ese momento en el Pacífico Central (Martínez & Takahashi, 2017).

Se produce debido a que los vientos alisios que van en dirección sur-norte disminuyen su intensidad en la región ecuatorial debido a un descenso en intensidad del anticiclón del Pacífico Sur, causando que la TSM se eleve en el norte, esto se observó en El Niño Costero del

2017, cuando la TSM superó una temperatura de 28°C en gran parte de la región 1+2 (anomalía de TSM de 1.6°C) y frente a Piura alcanzó 29°C. En el mes de abril, empezó a descender las anomalías del TSM en la zona 1+2 en el orden de +1°C (SENAMHI, 2017).

## **2.2. Drenaje pluvial urbano**

Un sistema de drenaje es un conjunto de conductos y estructuras destinadas a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas producto de una precipitación pluvial.

El drenaje pluvial urbano garantiza la recolección y conducción del flujo, ya sea por bombeo y/o gravedad hacia un cuerpo receptor (mar, laguna, entre otros), por ende, es necesario en lugares donde habitualmente ocurren precipitaciones y/o no cuentan con un desfogue de flujo natural con la finalidad de que cuando llueva, la población no se vea afectada por inundaciones.

### **2.2.1 Componentes de un sistema de drenaje pluvial urbano**

Según la función que desempeña, el sistema de drenaje pluvial urbano está compuesto por estructuras de captación, conducción, conexión, mantenimiento, y disposición final. Siguiendo las recomendaciones del Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS] (2006), se define lo siguiente:

**2.2.1.1 Estructuras de captación.** Son aquellas que recolectan el agua de lluvia a través de las cunetas, siempre hacia las zonas bajas, hasta llegar a los sumideros, los cuales captan el agua y disponen de rejillas para evitar el ingreso de partículas que impidan el correcto funcionamiento.

**2.2.1.1.1 Cunetas.** Se encargan de evacuar las aguas que discurren sobre la calzada y acera; algunos diseños no necesitan la utilización de estas estructuras de captación porque la topografía es favorable para la dirección del flujo de agua hacia los puntos de desfogue.

**2.2.1.1.2 Sumideros.** Aquellos que captan el agua de lluvia de la calzada y conducen el agua a la red de tuberías subterráneas, asimismo se debe tener en cuenta la pendiente de las cunetas y condición del flujo para su diseño. Los tipos de sumideros son: sumideros de fondo, sumideros mixtos o combinados, sumideros laterales en sardinel o solera, como se muestra en la Figura 7.

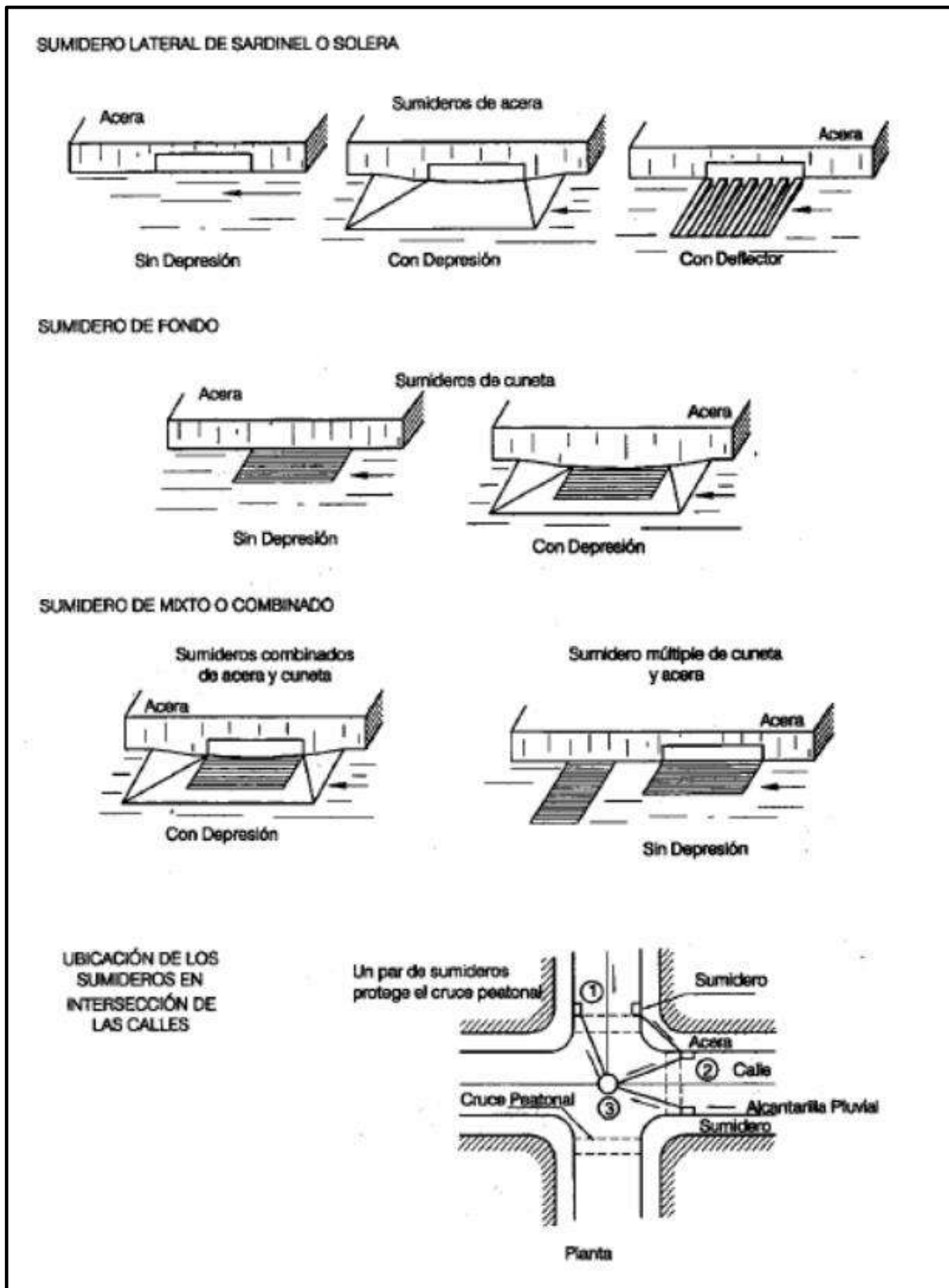
**2.2.1.1.3 Rejillas.** Son colocadas en los sumideros y sirven para evitar el ingreso de objetos que obstruyan las tuberías subterráneas.

**2.2.1.2 Estructuras de conducción.** Aquellas que transportan el agua pluvial recolectada por las estructuras de captación, y la conducen hacia el sitio de vertido o disposición final.

Los conductos son estructuras cerradas o despejadas en la parte superior y deben tener la capacidad suficiente para transportar el caudal de escorrentía recolectado, asimismo

en el diseño de colectores de aguas pluviales, se debe tener presente la velocidad límite del flujo, para evitar la sedimentación de las partículas y la erosión de las paredes del conducto.

**Figura 7. Tipos de sumidero**



*Nota.* Adaptado de MVCS (2006).

**2.2.1.3 Estructuras de conexión y mantenimiento.** Son los buzones o pozos de inspección y su utilización en el sistema de drenaje urbano permite el empalme de varios diámetros de tuberías de conducción de diferentes materiales, cambio de dirección y facilita el acceso de una persona para realizar labores de mantenimiento e inspección de tuberías ante cualquier inconveniente.

**2.2.1.4 Disposición final.** Las aguas recolectadas son evacuadas hacia depósitos naturales (mar, ríos, lagos, quebradas depresiones, etc.) o artificiales (parques hídricos) y tanto la ubicación como el sistema de tuberías dispuestas, se evaluarán siguiendo aspectos técnicos, económicos y sociales.

## **2.2.2 Sistema de evacuación**

Existen dos tipos de sistema de evacuación: por gravedad o por bombeo.

**2.2.2.1 Por gravedad.** Cuando la pendiente del terreno es favorable, entendido cuando la cota del punto de desfogue de las aguas pluviales es la más baja.

**2.2.2.2 Por bombeo.** Cuando no es posible evacuar las aguas pluviales al punto de desfogue porque la pendiente no es favorable, es necesaria una estación de bombeo que permita el impulso del flujo de agua hacia el destino necesario para el desfogue.

## **2.3 Hidráulica e hidrología aplicada al diseño de drenaje pluvial**

Para la realización del diseño del drenaje pluvial, es necesario el estudio de la hidráulica e hidrología aplicada a la zona de estudio, para ello es importante la definición de algunos parámetros.

### **2.3.1 Parámetros hidráulicos e hidrológicos para una red de drenaje**

A continuación, se definen los parámetros necesarios para el diseño de una red de drenaje pluvial.

**2.3.1.1 Periodo de retorno.** Se refiere al tiempo promedio en años en que el valor del caudal pico de una cierta crecienta es igualado o superado una vez cada "T" años, considerando los eventos anuales independientes; la probabilidad de falla para una vida útil de "n" años, se puede calcular evaluando aspectos como la seguridad de las personas y el factor económico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2009).

El riesgo de falla admisible está en función del período de retorno y vida útil de la obra, como se muestra a continuación:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

n: años de vida útil

T: periodo de retorno

R: riesgo de falla admisible

En la Tabla 5, se recomienda usar los siguientes valores de riesgo admisible, para obras de drenaje.

**Tabla 5. Valores de riesgo en obras de drenaje.**

Tipo de Obra	Riesgo Admisible (%)
Puentes (*)	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas.	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas ribereñas	22

**Nota. Adaptado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2009).**

Por otra parte, el Reglamento Nacional de Edificaciones recomienda diseñar obras de drenaje pluvial para periodo de retorno (Tr) de 25 años, sin embargo, se puede proponer otros periodos de retorno mayores si se sustenta.

**2.3.1.2 Velocidad permisible de escurrimiento.** Las velocidades límite del escurrimiento son aquellas que evitan la sedimentación y azolvamiento de la tubería, y por otra, se evita la erosión de las paredes del conducto, a estas velocidades se les llama mínima y máxima, respectivamente.

A tubo lleno la velocidad mínima permisible en flujo es de 0.9 m/s según (MVCS, 2006, p. 25), en cambio la velocidad máxima permisible varía dependiendo el tipo de material del conducto, tal como se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6. Velocidades máximas permisibles según material de tubería**

Material de la tubería	Velocidad máxima (m/s)
Asbesto cemento	3.0
Hierro fundido dúctil	3.0
Policloruro de vinilo (PVC)	6.0
Poliéster reforzado de fibras de vidrio	3.0
Arcilla vitrificada	3.5
Concreto armado de: 140 kg/cm <sup>2</sup>	2.0
210 kg/cm <sup>2</sup>	3.3
250 kg/cm <sup>2</sup>	4.0

Material de la tubería	Velocidad máxima (m/s)
280 kg/cm <sup>2</sup>	4.3
315 kg/cm <sup>2</sup>	5.0
Concreto armado de curado al vapor > 280 kg/cm <sup>2</sup>	6.6

**Nota. Adaptado de MVCS (2006).**

Asimismo, cabe indicar que, si bien se indica para el material poliéster reforzado de fibras de vidrio una velocidad máxima de 3 m/s, las especificaciones técnicas para la tubería GRP PAVCO a utilizar en el trabajo de investigación, indican una velocidad de 4 m/s, por lo que será esta última la utilizada para verificar la velocidad límite para todos los colectores (tuberías) del drenaje pluvial urbano. (Mexichem Colombia S.A.S)

**2.3.1.3 Tensión tractiva.** Es la fuerza tangencial por unidad de área mojada, en la que incide el flujo de aguas residuales sobre un colector y por ende en los sedimentos. Asimismo, es un indicador que permite verificar el correcto funcionamiento de los colectores en el drenaje pluvial para evitar la sedimentación de arena. Para ello se debe verificar que, en todos los conductos del sistema de drenaje pluvial, la fuerza tractiva sea mayor a 0.1 kg/m<sup>2</sup>, para evitar obstrucciones y taponamiento, además permite ahorro de mantenimiento.

La ecuación de la tensión tractiva es:

$$T = r * g * R * S$$

Donde:

T = Tensión de arrastre, en pascal (Pa)

r = Densidad del agua = 1000 (kg/m<sup>3</sup>)

g = Aceleración de la gravedad

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente de la tubería (m/m)

**2.3.1.4 Deflexión en tuberías.** Las tuberías GRP PAVCO son de fibra de vidrio y deben ser instaladas de manera que las cargas externas no produzcan una reducción del diámetro vertical generando una deflexión mayor al 5.0%. El siguiente método se utiliza para el cálculo de deflexión en tuberías GRP PAVCO (Mexichem Colombia S.A.S).

El siguiente método se utiliza para el cálculo de deflexión en tuberías GRP.

- Cálculo de las cargas muertas:

$$W_c = \gamma_s \times H$$

Donde:

$\gamma_s$ : Peso específico del suelo (N/m<sup>3</sup>).

H: Profundidad de la tubería medido de la rasante hasta la cota clave (m).

- Cálculo de la carga viva:

$$W_L = \frac{M_p \times P \times I_f}{L_1 \times L_2}$$

Donde:

$W_L$  = Carga viva.

$M_p$  = Factor de múltiple presencia.

$P$  = Magnitud de la carga en la rueda del vehículo más pesado que puede pasar por la zona de la tubería (N).

$I_f$  : Factor Impacto.

$L_1$ : Distancia paralela a la dirección de viaje del área de influencia de la carga viva (m).

$L_2$ : Distancia perpendicular a la dirección de viaje del área de influencia de la carga viva (m).

$$I_f = 1 + 0.33x \left[ \frac{(2.44 - h)}{2.44} \right] \geq 1.0$$

$L_1 = t_1 + LLDF(h)$

$t_1$  : longitud de la proyección del neumático (m).

LLDF: factor que afecta la distribución de la carga viva respecto a la profundidad de la tubería.

$$h_{int} = \frac{(1.83 - t_w)}{LLDF}$$

Si  $h \leq h_{int}$

$$L_2 = t_w + LLDF(h)$$

Si  $h \geq h_{int}$

$$L_2 = \frac{[t_w + 1.83 + LLDF(h)]}{2}$$

Donde:

$t_w$ : ancho de proyección de los neumáticos.

$h_{int}$ : profundidad a la cual la carga producida por los neumáticos interactúa con la tubería.

$h$ : profundidad a la cual la tubería está enterrada.

- Rigidez compuesta del suelo.

$$M_S = S_C \times M_{sb}$$

Donde:

$S_C$ : factor combinación de suelos de cimentación y suelo nativo.

$M_{sb}$ : rigidez del suelo utilizado para la cimentación (Mpa).

El valor de  $M_{sb}$  se obtiene en la Tabla 7, depende de la categoría de rigidez y el esfuerzo vertical a profundidad de la tubería enterrada.

Para el valor de  $Sc$  se necesita el valor de  $M_{sb}$  Y  $M_{SN}$ , este último se obtiene de la Tabla 8, además se necesita el valor del ancho de zanja ( $B_D$ ) y el diámetro de tubería enterrada( $D$ ); en la Tabla 9 se obtiene el valor del  $Sc$ .

**Tabla 7. Módulo de rigidez de la cimentación ( $M_{sb}$ )**

Esfuerzo vertical a profundidad de la tubería.	Profundidad del suelo con peso específico =18.8 kN/m <sup>3</sup>	Categoría de rigidez 4 (SC4) SPD95	
Kpa	M	Mpa	
6.9	0.4	3.7	
34.5	1.8	4.3	
69.0	3.7	4.8	
138.0	7.3	5.1	
276.0	14.6	5.6	
414.0	22.0	6.2	

**Nota.** Adaptado de Mexichem Colombia S.A.S (2022).

**Tabla 8. Valor de la rigidez del suelo nativo ( $M_{sn}$ )**

Golpe por pie (0.3 m)	Rigidez del suelo nativo ( $M_{sn}$ ) Mpa
0-1	0.3
1-2	1.4
2-4	4.8
4-8	10.3
8-15	20.7
15-30	34.5
30-50	69.0
>50	138.0

**Nota.** Adaptado de Mexichem Colombia S.A.S (2022).

**Tabla 9. Factor de combinación de los suelos de cimentación y suelo nativo (Sc)**

$M_{SN}/M_{Sb}$	$B_d/D$				
	1.25	1.5	1.75	2	2.5
0.005	0.02	0.05	0.08	0.12	0.23
0.01	0.03	0.07	0.11	0.15	0.27
0.02	0.05	0.10	0.15	0.20	0.32
0.05	0.10	0.15	0.20	0.27	0.38
0.1	0.15	0.20	0.27	0.35	0.46
0.2	0.25	0.30	0.38	0.47	0.58
0.4	0.45	0.50	0.56	0.64	0.75
0.6	0.65	0.70	0.75	0.81	0.87
0.8	0.84	0.87	0.90	0.93	0.96
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	1.40	1.30	1.20	1.12	1.06
2	1.70	1.50	1.40	1.30	1.20
3	2.20	1.80	1.65	1.50	1.35
5	3.00	2.20	1.90	1.70	1.50

**Nota.** Adaptado de Mexichem Colombia S.A.S (2022).

Finalmente, con la siguiente ecuación se obtiene el valor de la deflexión que sufriría la tubería enterrada.

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{(DL * W_c + W_L) * K_x}{149 * P_s + 61000 * M_s}$$

Donde:

DL: Factor de retraso de la deflexión.

$W_c$ : Carga vertical del suelo sobre la tubería (N/m<sup>2</sup>).

$W_L$ : Carga viva sobre la tubería (N/m<sup>2</sup>).

$K_x$ : Coeficiente doblado.

$P_s$ : Rigidez de la tubería (kPa).

$M_s$ : Rigidez compuesta del suelo (Mpa).

### 2.3.2 Parámetros de flujo

Para clasificar el flujo, según su comportamiento hidráulico, se usan números adimensionales, tales como Froude y Reynolds.

**2.3.2.1 El número de Froude:** relaciona las fuerzas de gravedad con las inerciales (French, 1988).

$$F = \frac{U}{\sqrt{gD}}$$

Donde:

F= Número de Froude

U= Velocidad característica del flujo ( $\frac{m}{s}$ )

g= Aceleración de la gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ )

D= tirante hidráulico =  $\frac{A}{T}$

A= área hidráulica

T= Ancho de la superficie

Se utiliza generalmente en canales abiertos, sin embargo, se utilizará en el presente trabajo de investigación por su relación con la celeridad de una onda de propagación ya que el software SWMM requiere de esa asignación que se conoce como método hidráulico, dónde la celeridad es la velocidad de propagación de la onda en un canal o en una tubería llena de líquido, en esta última principalmente originada por el golpe de ariete.

**2.3.2.2 El número de Reynolds:** relaciona las fuerzas inerciales con las de viscosidad y clasifica el flujo en:

- a) Laminar: se caracteriza por la formación de láminas delgadas que interactúan en función a los esfuerzos tangenciales existente así las líneas se mueven paralelas a las paredes de la tubería.
- b) Transitorio: está conformado por láminas delgadas que pierden estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables con el tiempo.
- c) Turbulento: está conformado por láminas que forman un movimiento desordenado no estacionario, por ende, hay mucha pérdida de estabilidad.

La fórmula del número de Reynolds es la siguiente:

$$Re = \frac{D \times v \times \rho}{\mu}$$

Donde:

Re = número de Reynolds

D = diámetro de la tubería

$v$  = velocidad del líquido

$\rho$  = densidad del líquido

$\mu$  = viscosidad del líquido

En la Tabla 10, se observa los rangos del número de Reynolds y su clasificación de flujo

**Tabla 10. Clasificación de flujo según el número de Reynolds**

Número de Reynolds	Clasificación del flujo
$Re < 2000$	Laminar
$2000 \leq Re \leq 4000$	Transición
$Re > 4000$	Turbulento

**Nota. Adaptado de French (1988).**

## 2.4 Generalidades del diseño de drenaje pluvial con el software SWMM

El software SWMM permite simular el comportamiento de la cantidad y calidad del agua de escorrentía, que será captada por las cuencas, y conducido mediante una red de tuberías hacia una zona de disposición final. (U.S. Environmental Protection Agency, 2015).

### 2.4.1 Descripción general del software

El software Storm Water Management Model (SWMM) fue creado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), es un modelo dinámico que desarrolla de forma simultánea valores de los niveles de agua en los nudos y los caudales en los conductos, puede aplicarse para cualquier tipo de configuración de red de drenaje (U.S. Environmental Protection Agency, 2015).

La versión usada es la 5.1; en la que se pueden introducir datos tales como el área de drenaje, diámetro de tuberías, tiempo-intensidad de tormentas; curvas de para una bomba, capacidad de almacenaje en un tanque; a fin de simular el comportamiento hidráulico de la red de drenaje, obteniendo resultados valores de velocidad, caudal, volumen, perfiles de nivel de agua, hidrogramas, entre otros.

### 2.4.2 Aplicaciones del software

Dada su amplitud en el área de estudio de hidráulica e hidrología, se pueden realizar las siguientes funciones según el Manual de SWMM 5.1:

- a) Ingresar la capacidad de infiltración que posee un área determinada de cuenca.
- b) Diseñar y parametrizar las partes de un sistema de drenaje para mantener bajo control a las inundaciones

- c) Conocer el comportamiento del flujo en las tuberías, con parámetros como velocidad y caudal.
- d) Uso de métodos de enrutamiento como flujo de onda cinemática u onda dinámica.
- e) Simular el funcionamiento de una estación de bombeo, la cual ayudará a que el flujo obtenga energía y por ende alcanzar un nivel mayor de altura hidráulica.

### **2.4.3 Modelo conceptual utilizado por el software**

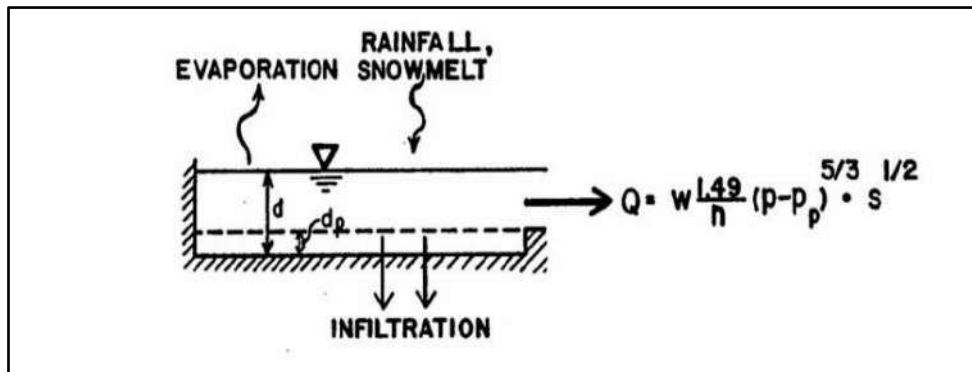
El análisis hidráulico e hidrológico para un sistema de drenaje en el SWMM está compuesto por cuatro módulos computacionales que representan el comportamiento del flujo, como un conjunto de elementos que definen diferentes procesos como la precipitación, escorrentía superficial y subterránea, el flujo de agua en las tuberías y conexiones, y el tratamiento del agua (Rossman, y otros, SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales, 2005). Estos son:

**2.4.3.1 El módulo atmosférico.** Analiza la precipitación y los contaminantes sobre la superficie del suelo, esto se representa en el SWMM mediante el comando “pluviómetro”.

**2.4.3.2 El módulo de superficie de suelo (RUNOFF).** Representa la cuenca con uno o más objetos, los cuales reciben la precipitación del módulo atmosférico mediante datos de precipitación o hidrogramas, y generan flujo de salida que representan el flujo subterráneo o la escorrentía superficial.

Los cálculos de escorrentía son generados aproximando el funcionamiento de cada una de las subcuencas en un depósito no lineal obteniendo una ecuación para el caudal de salida ( Figura 8). Se distinguen 3 tipos de zonas: permeable sin retención superficial, impermeable sin retención y permeable con retención, las cuales se definen con los porcentajes de impermeabilidad y retención. Matemáticamente, la ecuación de caudal de salida se resuelve con el sistema de ecuaciones conformada por la ecuación de continuidad y la ecuación de Manning, resultando una ecuación diferencial que se puede resolver con el método de Newton-Raphson para cada intervalo de tiempo (Aventín Ferrer, 2007). En el presente trabajo de investigación se tomará por hecho la veracidad de los conceptos mencionados anteriormente para la confiabilidad de software.

Figura 8. Modelo de escorrentía de un depósito no lineal



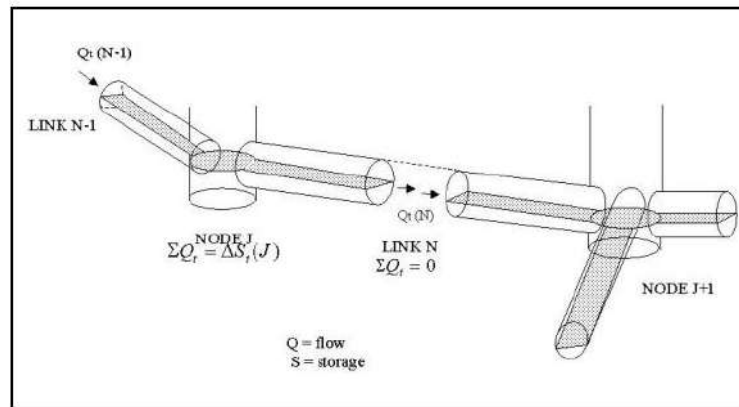
*Nota.* Adaptado de Aventín Ferrer (2007).

**2.4.3.3 El módulo de aguas subterráneas.** Mediante la infiltración recibe el flujo del modelo de superficie del suelo (RUNOFF) y transfiere una parte al modelo de transporte, se modela usando los objetos Acuíferos (acuíferos).

**2.4.3.4 El módulo de transporte (TRANSPORT).** Contiene un conjunto de elementos de transportes (conductos, canales, bombas y elementos de regulación) y, unidades de almacenamiento y tratamiento. Los flujos de entrada provienen de la escorrentía superficial, interacción con el flujo subterráneo, hidrogramas de entrada o caudales sanitarios correspondiente a periodos sin lluvia. Se modelan con los objetos nudos y líneas. Resuelve las ecuaciones de Saint Venant con el modelo de onda cinemática, sin embargo, tiene deficiencias en la validez de los resultados porque no tiene la capacidad de reproducir los efectos del flujo aguas arriba (Aventín Ferrer, 2007).

Un modelo de mejora al módulo de transporte es EXTRAN (Extended Transport Module) que permite reproducir el flujo gradualmente variado con las condiciones deseadas, ya que permite la solución completa de las ecuaciones de Saint Venant, las cuales son: La ecuación de continuidad y la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento, por ende, EXTRAN combina las 2 ecuaciones anteriormente descritas, en una sola, y resuelve para todos los conductos en cada intervalo de tiempo. De esta forma, los conductos transmiten el flujo de nodo a nodo a través del tiempo además permite que los nodos funcionen como elementos de almacenamiento en un sistema (Aventín Ferrer, 2007). En la Figura 9, se muestra lo descrito anteriormente.

**Figura 9. Representación conceptual del modelo EXTRAN en SWMM**

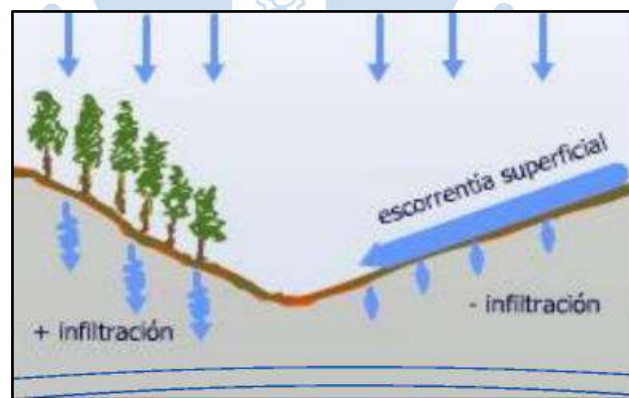


**Nota. Adaptado de Aventín Ferrer (2007).**

#### 2.4.4 Modelo hidráulico de transporte

Uno de los métodos más usados para calcular el caudal de escorrentía en cuencas, es el método racional, que basa una intensidad media de precipitación en toda el área de la cuenca, ignorando la variación de intensidad entre intervalos de tiempo; consideración errónea, sin embargo, es aceptable cuando se trabajan con áreas de cuencas inferiores a 200 ha. Por otro lado, realizar un modelamiento que escenifique toda la cantidad de factores que se involucran en un evento de tormenta es complicado, es por esto que el software direcciona su estudio mediante 3 tipos modelo de flujo, que permitirán el desarrollo del comportamiento del evento meteorológico; en la Figura 10, se esquematiza el proceso de escorrentía del agua.

**Figura 10. Proceso de lluvia a agua de escorrentía**



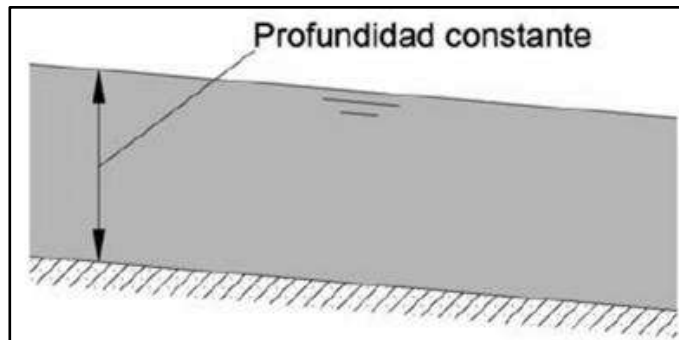
**Nota. Adaptado de Universidad Complutense de Madrid (2008).**

**2.4.4.1 Flujo uniforme.** El flujo es uniforme si los parámetros como tirante, velocidad, área permanecen invariables en todo el trayecto, en decir, en cualquier sección de la tubería y/o canal de conducción, estos parámetros son los mismos (Rodríguez Ruiz, 2008).

En el modelo, esto será representado en que las cotas de pendiente de fondo, energética y tirante del agua son iguales, para mantener el flujo constante como se muestra

en la Figura 11, asimismo se precisa indicar que este régimen no considera efectos tales como remanso, resaltos hidráulicos, sobrepresiones, entre otros.

**Figura 11. Flujo uniforme permanente**



**Nota. Adaptado de Rodríguez Ruiz (2008).**

**2.4.4.2 Onda cinemática.** Se utilizan las ecuaciones de Saint Venant, relacionadas al principio de continuidad, las cuales se basan en el desarrollo de ecuaciones diferenciales que permiten la variación del caudal y el nivel de un flujo en un espacio unidimensional y temporal; y cantidad de movimiento incorporando parámetros como fuerza gravitacional y fuerza de fricción de las paredes del conducto. El modelo de onda cinemática, permite variar los valores de caudales a lo largo de la simulación y área de los conductos, lo que causa un pequeño desfase temporal en los hidrogramas de salida respecto de los caudales ingresados en los conductos.

Este modelo de transporte está limitado ante efectos tales como: resalto hidráulico, pérdidas secundarias de los pozos de registro, flujo inverso o presurizado, quedando restringido únicamente a redes ramificadas; sin embargo, presenta fiabilidad de resultados usando intervalos de tiempo para el cálculo, del orden de 5 a 15 minutos (Academia Ingnova, 2011). La aplicación de este modelo en el software, es ventajosa ya que requiere un tiempo corto de cálculo, sin embargo, está limitada a flujos en el que la fuerza de gravedad y fricción son mayores respecto a la inercia y presión en el conducto; es decir, omite efectos como remanso y resaltos hidráulicos.

**2.4.4.3 Onda dinámica.** Permite representar el flujo presurizado a tubería completamente llena, lo que hace posible que el caudal que pasa a través de esta, pueda exceder al valor de caudal a tubo completamente lleno obtenido a través de la ecuación de Manning. La inundación en el sistema se presenta cuando la altura de nivel de agua en los nudos supera el valor máximo disponible, es decir los diámetros definidos en los conductos. El caudal que excede la capacidad del conducto, puede perderse o generar estancamiento en la parte superior del nudo, pudiendo ingresar al sistema de drenaje posteriormente. Es posible mediante este modelo, representar efectos como pérdidas de nivel en las entradas y salida de pozos de registro.

La desventaja del uso de este método, es que se requiere usar intervalos de tiempo más pequeños, de 1 minuto a menos, debido a los efectos antes mencionados (Academia Ingnova, 2011).

El flujo de onda dinámica en SWMM5, se calcula a partir de la ecuación:

$$Q = \frac{Q_{old} - dq2 + dq3 \times \sigma + dq4 \times \sigma}{1 + dq1 + dq5}$$

Donde,

$Q_{old}$  = Flujo de paso de la última vez en el enlace

$dq1$  = término de pérdida por fricción

$dq2$  = pendiente de la superficie del agua + término de la pendiente del lecho

$dq3$  = término no lineal del área del punto medio

$dq4$  = término no lineal del área aguas arriba y aguas abajo

$dq5$  = Término de pérdida de entrada, otros y de salida

$\sigma$  = función del número de Froude y en función de las opciones plazo de los términos inerciales.

Los términos no lineales ( $dq3$  y  $dq4$ ) dependen de la variable  $\sigma$  y esta del número de Froude. En cada iteración durante la simulación, se calcula el número de Froude en el conducto y por ende se determina el valor de  $\sigma$ . Los términos inerciales definen el nuevo flujo en cada iteración (Dickinson, 2013).

El flujo es constante cuando los términos inerciales suman cero. En el software SWMM, existen 3 opciones de términos inerciales, estos son:

- a) Keep (mantener): El flujo se mantiene. Considera mantener todos los términos inerciales independientemente del valor del número de Froude ( $N_F$ ). El valor de  $\sigma$  siempre es 1.
- b) Dampen (amortiguar): El flujo se suaviza o controla, de tal forma que no sobrepase al régimen supercrítico ( $N_F < 1$ ). Considera el valor de  $\sigma$ :
  - Para  $N_F < 0.5$ ,  $\sigma = 1$
  - Para  $0.5 < N_F < 1$ ,  $\sigma = 2 \times (1 - N_F)$
  - Para  $N_F > 1$ ,  $\sigma = 0$
- c) Ignore (ignorar): no considera a los términos no lineales. El valor de  $\sigma$  siempre es 0.

#### **2.4.5 Componentes físicos del software SWMM**

Los componentes físicos que pueden aparecer en un sistema de drenaje de aguas son los siguientes según manual del software SWMM 5.1 (2020).

**2.4.5.1 Pluviómetro.** Suministran los datos de ingreso para las precipitaciones, que ocurren en una o más cuencas definidas en el área de estudio, pudiendo estar definidas por series temporales.

**2.4.5.2 Cuencas.** Son unidades hidrológicas de terreno, su topografía y elementos de drenaje dirigen la escorrentía directamente hacia un punto de descarga, pudiendo ser otras cuencas o nudos del sistema de drenaje, estas se pueden dividir en permeables e impermeables (áreas que contiene almacenamiento en depresión y áreas que no contienen almacenamiento en depresión).

**2.4.5.3 Nudos de conexión.** Son nudos, los cuales sirven de conexión para las distintas líneas de conducción que el usuario trace, representando estructuras tales como canales (de concreto o tierra), pozos de registro o tuberías. Los parámetros que se introducen en el software son: cota de fondo, profundidad del pozo, área superficial estancada (en caso de inundación).

**2.4.5.4 Nudos de vertido.** Son usados para indicar la zona final del sistema de drenaje aguas abajo, siempre que se esté modelando bajo el modelo de “Onda dinámica”, en otro caso el nudo de vertido se comporta como conexión, restringiendo una sola línea para un nudo de vertido.

**2.4.5.5 Sistemas de almacenamiento.** A través de los nudos del sistema de drenaje, representan estructuras de almacenamiento tales como cuencas, lagos, ríos o mar; las propiedades volumétricas se representan como una tabla o una función que indica la superficie de almacenamiento en función de la altura.

Los parámetros de entrada son:

- Cota de fondo.
- Altura máxima.
- Tabla de datos que relaciona la altura del sistema de almacenamiento con la superficie de este.
- Proporción de agua evaporada.
- Superficie de almacenamiento del agua estancada cuando hay inundación.
- Aporte externo en el caudal.

**2.4.5.6 Conductos.** Representan a las tuberías o canales por las que circula el agua entre nudos definidos por el usuario, asimismo es posible definir la geometría de la sección y su rugosidad.

**2.4.5.7 Bombas.** Se utilizan en el sistema de aguas pluviales para elevar el agua a un punto más alto, y mantener el flujo por gravedad a una cierta velocidad de modo que se evite los fenómenos físicos de sedimentación y el golpe de ariete.

#### **2.4.6 Opciones de tiempo**

El software SWMM proporciona un cuadro de opciones de duración de los tiempos utilizados para la simulación (Rossman, y otros, SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales, 2005), estos son:

**2.4.6.1 Runoff step dry weather (Escorrentía: paso de tiempo en clima húmedo).** Realiza los cálculos hidrológicos en la subcuenca durante la lluvia y este tiempo debe ser igual o menor que el intervalo de lluvia para no alterar los datos de precipitaciones generados en el hietograma de diseño.

**2.4.6.2 Runoff step wet weather (Escorrentía: paso de tiempo de clima seco).** Realiza los cálculos hidrológicos en la subcuenca durante periodos sin lluvia, por ende, hay acumulación de contaminantes, recuperación de almacenamiento en depresiones, etc. Se recomienda que este tiempo sea igual al tiempo de clima húmedo para no afectar la recesión de la escorrentía de la subcuenca.

**2.4.6.3 Routing step (Paso de tiempo de ruta).** Este paso de tiempo se utiliza en los cálculos hidráulicos de SWMM para resolver el transporte de agua a través de la red de enlace-nodo. Por lo general, es más pequeño que el paso de tiempo de tiempo húmedo de escorrentía, aunque también depende del método hidráulico de la simulación.

Para la onda dinámica se requiere un menor paso de tiempo de enrutamiento (1 a 20 segundos) y el error de continuidad se puede solucionar, reduciendo el tiempo de enrutamiento.



## Capítulo 3

### Definición de parámetros para el diseño de drenaje pluvial

En el presente capítulo se definirá todos los parámetros necesarios para el diseño de drenaje pluvial de la Urb. Santa Margarita con el software SWMM.

Respecto al aporte externo de escorrentía, se considerará un 20% del aporte total, debido a que la formación de la zona “Cinco Esquinas” es un problema conjunto, el cual se reduciría implementando sistemas de drenaje pluvial en cada A. H. entonces el volumen como el flujo recibido sería menor.

#### 3.1 Hidrología aplicada al diseño de drenaje pluvial

El diseño del drenaje pluvial requiere de un estudio hidrológico para definir los parámetros que lo involucran.

##### 3.1.1 Delimitación de cuenca urbana

Se ha mejorado la precisión de la divisoria de las cuencas urbanas mostradas en el plano E.3, dividiendo geométricamente en 4 partes las áreas de las manzanas y pistas, a las que se llamarán “subcuencas” en el software SWMM, con el objetivo de conducir la escorrentía de forma más cercana a la realidad, y definir su comportamiento de acuerdo a los parámetros de infiltración.

Asimismo, se debe considerar que el agua de inundación en la Urb. Santa Margarita, no sólo comprende la escorrentía por las precipitaciones sobre ella, sino también que proviene de lugares aledaños, es por ello que en el estudio se ha considerado 2 aportes:

- a) Aporte interno: Volumen de agua que incide directamente en la urbanización. El método de infiltración que se usará es Green Ampt.
- b) Aporte externo: Volumen de agua aportado por la urbanización y 4 AA. HH aledaños a esta, siendo: Las Dalías, Los Claveles, La Molina y Villa Jardín, que forman la zona crítica “Cinco esquinas”.

Por ende, se elabora el “Plano de zonas externas aportantes a la zona crítica “Cinco esquinas”, mostrado en el apéndice E.5, el cual muestra las áreas incidentes de los 4 AA.HH. (áreas sombreadas) y la sectorización de las manzanas y parques.

### **3.1.2 Selección del periodo de retorno**

Se requiere tener en cuenta, factores tales como: la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, este último considera factores económicos, sociales, técnicos, entre otros (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2009). Utilizando las definiciones, fórmula y Tabla 5 del apartado 2.3.1.1, se afirma lo siguiente:

Si bien es cierto, el reglamento nacional de edificaciones nos recomienda usar un  $Tr = 25$  años, no se llega a considerar completamente el fenómeno El Niño Costero y/o El Niño porque en la ciudad de Piura se podría necesitar un periodo de retorno mayor, ya que no es usual una precipitación de tal magnitud. Por ende, el diseño del drenaje pluvial urbano se evaluará también para un periodo de retorno de 50 años.

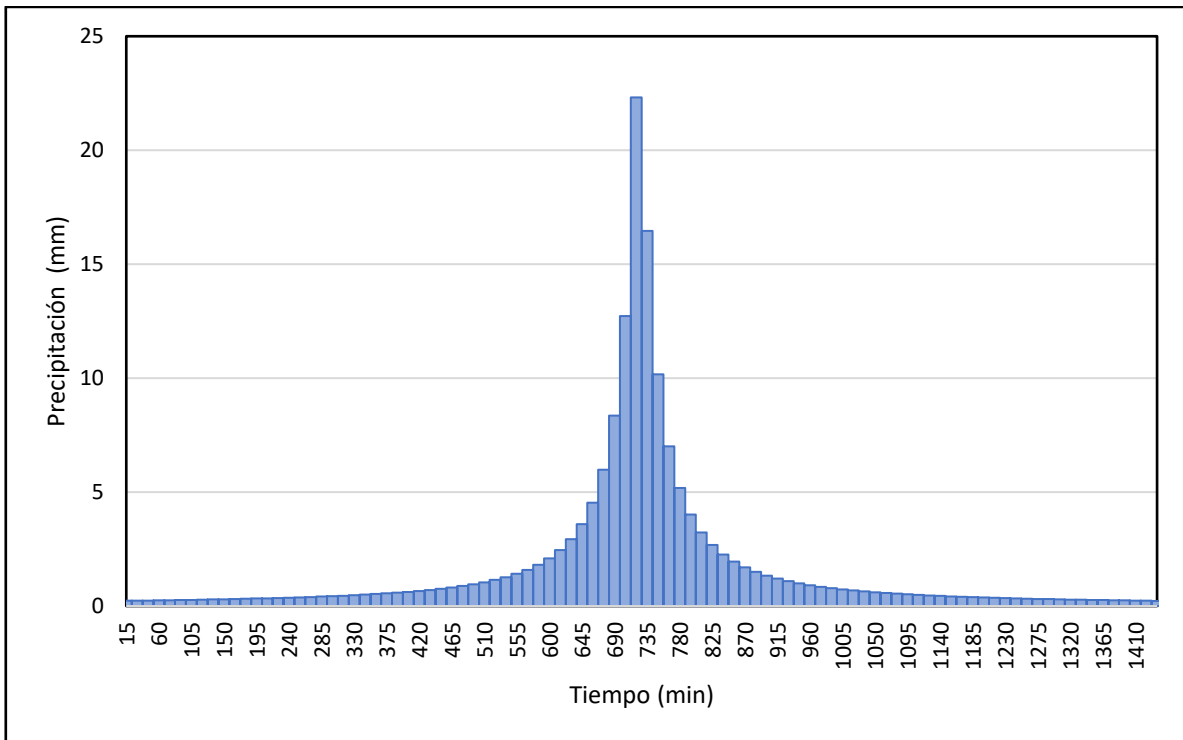
- Para una vida útil  $n = 50$  años y un  $Tr = 25$  años, según la ecuación resulta un riesgo de 87%.
- Para una vida útil  $n = 50$  años y un  $Tr = 50$  años, según la ecuación resulta un riesgo de 63%.

El riesgo es menor para un  $Tr = 50$  años y podría ser la propuesta más conservadora, sin embargo, sería más costoso en comparación con el diseño para un  $Tr = 25$  años, aunque para este último existe cierta incertidumbre, si será suficiente para evitar daños en la Urb. Santa Margarita ante una inundación por precipitaciones.

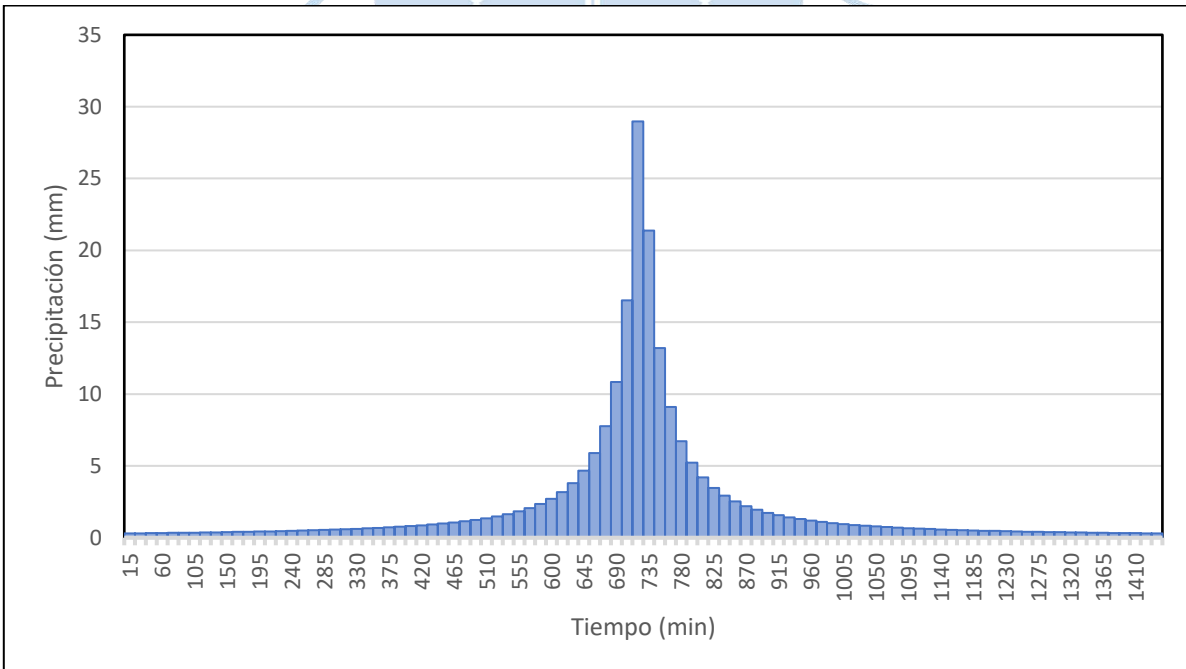
### **3.1.3 Hietograma de diseño**

Los hietogramas de diseño han sido obtenidos a partir de las curvas intensidad – duración – frecuencia, cómo se describe en el apartado 2.1.5, donde se utilizará la ecuación proporcionada por Farías y Ruiz (2018), asimismo, se emplea el método de “Bloques Alternos”, como se describió en el apartado 2.1.7, para  $Tr = 25$  años y  $Tr = 50$  años cuyos datos se encuentran en los apéndices A.1. y A.2., respectivamente, y gráficamente en la Figura 12 y Figura 13 respectivamente.

**Figura 12. Hietograma de diseño para  $T_r = 25$  años**



**Figura 13. Hietograma de diseño para  $T_r = 50$  años**



### 3.2 Parámetros para el cálculo en el software SWMM

A continuación, se establecen los criterios de selección de parámetros de los elementos del software SWMM.

### 3.2.1 Método de infiltración

Se utilizará el método Green Ampt porque otorga una solución analítica del fenómeno de infiltración, por consiguiente, los parámetros de entrada son obtenidos según la Tabla 2, y la fórmula de altura de succión, obteniéndose los parámetros de infiltración para viviendas, pistas y parques que se muestran en la Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13, respectivamente.

$$\Psi_s = 3.237 K_s^{-0.328}$$

Donde:

$\Psi_s$  = Altura de succión (in)

$K_s$  = conductividad hidráulica

**Tabla 11. Parámetros de infiltración para viviendas**

Viviendas	
Altura de succión (mm)	40.75
Conductividad hidráulica (mm/h)	8.50
Déficit inicial de humedad	0.085

**Tabla 12. Parámetros de infiltración para pistas**

Pistas	
Altura de succión	129.55
Conductividad hidráulica (mm/h)	0.25
Déficit inicial de humedad	0.265

**Tabla 13. Parámetros de infiltración para parques**

Parques	
Altura de succión	38.02
Conductividad hidráulica (mm/h)	10.5
Déficit inicial de humedad	0.085

### 3.2.2 Cuencas

Los parámetros de entrada son: coeficiente de Manning y los valores de almacenamiento en depresión y la permeabilidad, estos se muestran en la Tabla 14 y la Tabla 15, respectivamente.

**Tabla 14. Valores de coeficiente de Manning para escorrentía superficial**

Superficie	n
Asfalto liso	0.011
Hormigón liso	0.012
Revestimiento de hormigón basto	0.013
Madera pulida	0.014

Superficie	n
Ladrillo con mortero de cemento	0.014
Arcilla vinificada	0.015
Fundición de hierro	0.015
Tuberías de metal corrugado	0.024
Superficie de escombrera	0.024
Terreno improductivo (libre de residuos)	0.05
Terreno cultivado	
Cubierta de residuos < 20%	0.06
Cubierta de residuos > 20%	0.17
Pasto natural	0.13
Hierba	
Corta, pradera	0.15
Densa	0.24
Hierba Bermuda	0.41
Bosque	
Con cubierta ligera de arbustos	0.4
Con cubierta densa de arbustos	0.8

**Nota.** Adaptado de Rossman, y otros, SWMM Modelo de gestión de aguas pluviales (2005).

**Tabla 15. valores típicos de almacenamiento en depresión**

Superficie	Valor de almacenamiento en depresión (mm)
Impermeable	1.25-2.5
Césped y hierba	2.5-5
Pastos y prados	5
Lecho frontal	7.5

**Nota.** Adaptado de Rossman, y otros, SWMM Modelo de gestión de aguas pluviales (2005).

En general, el coeficiente de Manning se puede asumir que para zonas permeables los valores están en el rango [0.11-0.16] mientras que para zonas impermeables están [0.012- 0.017].

Como es una urbanización, la pendiente longitudinal permisible, se considera 2% donde predominan las superficies impermeables como pistas, veredas, techos aligerados y, superficies permeables como césped y hierba. Los parámetros de cuencas para manzanas, pistas y parques se muestran en Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18.

**Tabla 16. Parámetros para cuencas que representan manzanas de la urbanización**

MANZANAS	
Porcentaje de impermeabilidad (%)	80
n impermeable	0.012
n permeable	0.15
Almacenamiento en depresión impermeable(mm)	1.25

MANZANAS	
Almacenamiento en depresión permeable(mm)	2.5
Porcentaje de almacenamiento en depresión para Tr = 25años (%)	30
Porcentaje de almacenamiento en depresión para Tr = 50 años (%)	50

**Tabla 17. Parámetros para cuencas que representan pistas de la urbanización**

PISTAS	
Porcentaje de impermeabilidad (%)	85
n impermeable	0.011
n permeable	0.15
Almacenamiento en depresión impermeable(mm)	1.25
Almacenamiento en depresión permeable(mm)	2.5
Porcentaje de almacenamiento en depresión para Tr = 25años (%)	35
Porcentaje de almacenamiento en depresión para Tr = 50 años (%)	30

**Tabla 18. Parámetros para cuencas que representan parques de la urbanización**

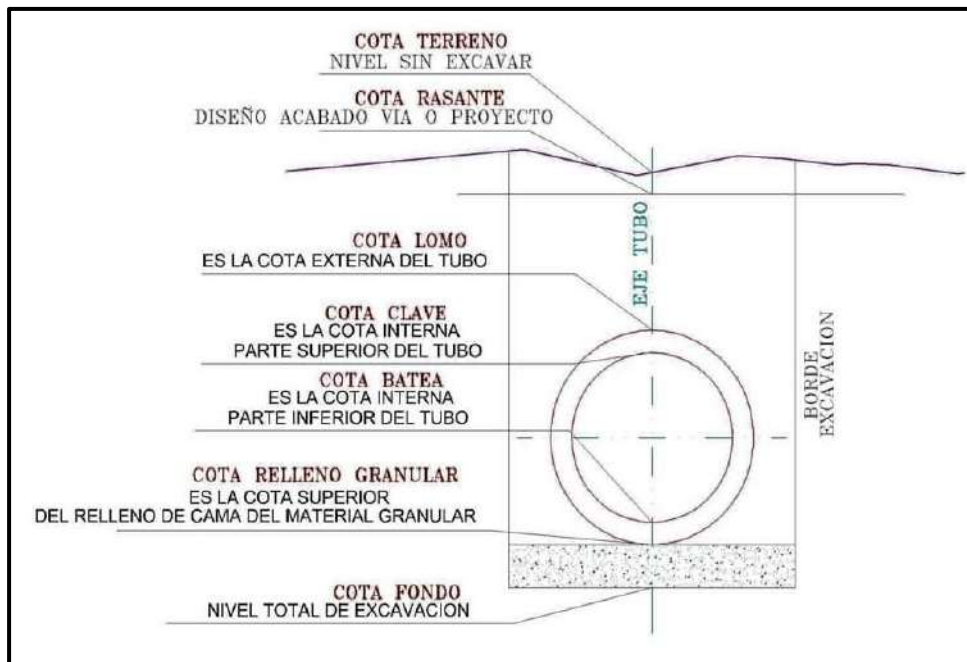
PARQUES	
Porcentaje de impermeabilidad (%)	40
n impermeable	0.012
n permeable	0.15
Almacenamiento en depresión impermeable(mm)	1.5
Almacenamiento en depresión permeable(mm)	5
Porcentaje de almacenamiento en depresión para Tr = 25años (%)	75
Porcentaje de almacenamiento en depresión para Tr = 50 años (%)	75

### 3.2.3 Nodos

Son los buzones o pozo de registros representados en SWMM y sus parámetros de entrada son los siguientes:

- Cota de fondo (Invert El.) = cota terreno – diámetro – (cota terreno-cota lomo), mientras que para deflexiones se utiliza la cota clave. En la Figura 14, se ilustra las cotas mencionadas anteriormente.
- Profundidad (Max Depth) = cota terrena – cota lomo + diámetro
- Tratamiento = cero
- Sobrepresión = método EXTRAN

Figura 14. Niveles en tubería



**Nota.** Adaptado de Chasoy ingeniería\topografía (2020).

### 3.2.4 Conductos

Son representados por líneas interconectadas por nodos y sus parámetros de entrada son las siguientes:

- Cota de fondo (Invert El.) = cota terreno – diámetro – (cota terreno-cota lomo)
- Profundidad (Max Depth) = diámetro
- Sobrepresión = método EXTRAN
- Forma(shape) = circular
- Rugosidad = 0.013, para pavimentos (valor extraído de la Tabla 19) y 0.009 para tubería GRP (Manual Técnico GRP).

**Tabla 19. Valores del coeficiente de Manning para flujo de conductos cerrados**

Material del conducto	n
Fibrocemento	0.011-0.015
Ladrillo	0.013-0.017
Fundición con revestimiento de cemento y junta recubierta	0.011-0.015
Hormigón (en bloques):	
Acabado liso	0.012-0.014
Acabado basto	0.015-0.017
Hormigón (tubo)	0.011-0.015
Metal corrugado (1/2" x 2 2/3")	
Sin revestimiento interior	0.022-0.026
Solera recubierta	0.018-0.022
Revestido de asfalto centrifugado	0.011-0.015

Material del conducto	n
Tubería de plástico liso	0.011-0.015
Cerámica vitrificada(gres)	
Tubería de gres	0.011-0.015
Revestimiento por placas	0.013-0.017

**Nota.** Adaptado de Rossman, y otros, **SWMM Modelo de gestión de aguas pluviales (2005)**.

### 3.2.5 Pluviómetros

La simulación se realiza con un hietograma de diseño para cada periodo de retorno, por ello se escoge como formato de lluvia la opción “Intensity” con un intervalo de tiempo de 15 minutos.

### 3.2.6 Depósitos

Se ubicarán en sitios críticos de la urbanización, para obtener los volúmenes y caudales debido a la tormenta, y quedan definidos mediante la función altura-área.

### 3.2.7 Método hidráulico

Según lo descrito en el apartado 2.4.4 se usará la onda dinámica y sus parámetros se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20. Parámetros de la onda dinámica**

Parámetro	Método
Inertial terms	Dampen
Normal flow criterion	Slop and froude
Force main equation	Darcy Weisbach
Sucharge method	Extran

### 3.2.8 Opciones de tiempo

Por lo descrito en el apartado 2.4.6, se define lo siguiente:

- Reporting step = 15 minutos.
- Runoff step dry weather= 1 hora.
- Runoff step wet weather= 5 minutos.
- Routing step = 5 segundos.

### 3.2.9 Tolerancia de error

La confiabilidad de los resultados está relacionada a un error máximo de 10%.

## 3.3 Hidráulica aplicada al diseño de drenaje pluvial

Los resultados del software SWMM se utilizan para diseñar los componentes del sistema de drenaje pluvial urbano; a continuación, se definen para el diseño las estructuras de captación, conducción, mantenimiento, bombas y disposición final.

### 3.3.1 Estructuras de captación

Como se explicó en el apartado 2.2.2.1 son aquellas que captan y transportan la escorrentía pluvial hacia las tuberías subterráneas. Para definir la ubicación y dimensiones de estas estructuras se debe tener en cuenta la dirección del flujo de agua, el caudal de escorrentía y la viabilidad constructiva en las calles de la urbanización.

**3.3.1.1 Cunetas.** De ser necesario, debe tener la suficiente capacidad para transportar el caudal que transporta en un determinado tramo.

**3.3.1.2 Sumideros.** De ser necesario, se utilizará sumideros batea, solera o de calzada dependiendo de las características de la vía como la pendiente longitudinal, transversal y el caudal de escorrentía originado por la lluvia. El ancho de inundación T es lo que se espera inundarse y no debe pasar los 6 m que es el ancho promedio de las pistas existentes en la urbanización, asimismo, la ecuación es la siguiente:

$$T = \left( \frac{Qn}{Ku Sx^{1.67} Sl^{0.5}} \right)^{0.375}$$

Donde:

T: Ancho de inundación de la vía (m)

Ku: 0.376

n: Coeficiente Manning del pavimento (0.013)

Q: Caudal total de escorrentía (m<sup>3</sup>/s)

Sx: Pendiente transversal de la vía

Sl: Pendiente longitudinal de la vía

Además, la altura de inundación debe ser menor a la altura de vereda, en este caso menor a 11 cm. La siguiente ecuación define la altura de inundación:

$$d = T * Sx$$

Donde:

d: altura de inundación (m)

T: ancho de inundación (m)

Sx: Pendiente transversal de la vía.

### 3.3.1.3 Software Hcanales 3.0

Con el software H canales se modela al sumidero como un canal rectangular y se realizarán 2 comprobaciones necesarias para el diseño del sumidero:

- a) El valor del tirante normal es la altura de agua en el sumidero y debe ser menor al valor de energía específica, además se considera un borde libre de 30 cm y pendiente de 0.010 m/m.
- b) La velocidad en el sumidero debe ser menor a 6 m/s.

**3.3.1.4 Rejillas.** Para evitar el ingreso de sólidos, existen rejillas de diferente tamaño y forma de abertura, las cuales presentan distintas eficiencias.

- Para el caso de sumidero batea, el caudal captado por la rejilla es:

$$Q = Cw * P * d^{1.5}$$

Donde:

Q= caudal captado por rejilla (m<sup>3</sup>/s)

P= perímetro parcial de rejilla (m) = 2w + L

w= ancho de rejilla (m)

L= longitud del sumidero (m)

Cw= 1.66

d= profundidad del flujo de la rejilla (m)

- Para el caso de sumidero solera, la eficiencia captada por la rejilla es:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{0.85}{Lt}\right)^{1.8}$$

Donde:

E= eficiencia del sumidero solera.

Lt= longitud para captar la totalidad del caudal (m).

### 3.3.2 Estructuras de conducción

Las tuberías subterráneas que recogen el caudal transportado por las cunetas y sumideros, se definen en el software SWMM, teniendo en cuenta los valores mostrados en la Tabla 21.

**Tabla 21. Valores Mínimos de tuberías en colectores de agua de lluvia**

Tipo de colector	Diámetro mínimo(m)
Colector Troncal	0.50
Lateral Troncal	0.40
Conductor Lateral	0.40

**Nota.** Adaptado de Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2006).

Utilizando el cálculo de deflexión de tuberías GRP PAVCO definido en el apartado 2.3.1.4, se considera lo siguiente:

- d) Diámetro de tubería = Variable
- e) Ancho de zanja variables = 1 m.
- f) Profundidad de la tubería respecto al nivel de la superficie(H)= variable, dependiendo de los valores obtenidos en el software SWMM que permitan el adecuado flujo de agua en las tuberías.
- g) Peso específico del suelo=18620 N/m<sup>3</sup>
- h) Clasificación del suelo= SC4 (suelo de grano fino).
- i) Peso de vehículos = 186314 N.
- j) Coeficiente de doblado (Kx) = 0.1

Se debe comprobar si la profundidad de la tubería es aceptable para que cumpla con la deformación porcentual permitida. El cálculo final de deflexión se realizará en el capítulo 6.

### **3.3.3 Estructuras de mantenimiento**

Los buzones de inspección permiten el cambio de dirección y diámetro de las tuberías, para el diseño se utilizarán las características de la norma OS.070 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS], 2009).

### **3.3.4 Zona de disposición final**

La Urb. Santa Margarita está rodeada de asentamientos humanos, urbanizaciones y terrenos baldíos, por lo cual las zonas de disposición final serán los parques de dicha urbanización, debido a sus características de infiltración y practicidad, dado que no hay drenes y/o masas de agua cercanas para evacuar el agua.



## Capítulo 4

### Sistema de drenaje pluvial

En el presente capítulo se explicará la simulación numérica realizada en el software SWMM, además se mostrarán los resultados y la discusión de los mismos.

#### 4.1 Metodología

La Urb. Santa Margarita recibe aporte de agua de escorrentía, clasificada como externa e interna por su origen, por tal motivo en la Tabla 22 se muestra el área proyectada de aporte de los AA.HH. según el E.5 “Plano de zonas aportantes a la zona crítica “Cinco esquinas”, mostrado en apéndices, asimismo se indica que se considerará el 20% del aporte total, debido a que se espera que la incidencia se vea reducida cuando cada A.H. presente su propio sistema de drenaje pluvial.

**Tabla 22. Áreas aportantes para formación de la zona crítica "Cinco esquinas"**

AA. HH	Área (ha)
Las Dalias	1.78
La Molina	3.15
Villa Jardín	3.11
Los Claveles	9.47

Los hietogramas calculados en el apartado 3.1.3, se ingresarán en el software SWMM con los nombres de “HIETOGRAMA = 25” y “HIETOGRAMA = 50” para cada periodo de retorno, cómo se muestra en la figura Figura 15 y Figura 16.

**Figura 15. Hietograma para  $T_r= 25$  años**

Time Series Editor

Time Series Name  
HIETOGRAMA=25

Description

Use external data file named below

Enter time series data in the table below

No dates means times are relative to start of simulation.

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	00:15	0.23
	00:30	0.24
	00:45	0.24
	01:00	0.25
	01:15	0.26
	01:30	0.26
	01:45	0.27
	02:00	0.28
	02:15	0.29
	02:30	0.30
	02:45	0.31

View

OK

Cancel

Help

**Figura 16. Hietograma para  $T_r= 50$  años**

Time Series Editor

Time Series Name  
HIETOGRAMA=50

Description

Use external data file named below

Enter time series data in the table below

No dates means times are relative to start of simulation.

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	00:15	0.30
	00:30	0.31
	00:45	0.32
	01:00	0.32
	01:15	0.33
	01:30	0.34
	01:45	0.35
	02:00	0.36
	02:15	0.37
	02:30	0.39
	02:45	0.40

View

OK

Cancel

Help

El Plano E.4 en la sección apéndices, muestra que en la zona noreste y sureste de la Urb. Santa Margarita el agua de escorrentía fluye en dirección a la Av. Prolongación Chulucanas, y en la dirección sur, hacia un terreno eriazos, por lo que no será considerado su aporte en el diseño del sistema de drenaje, mostrándose los volúmenes no considerados en la Tabla 23, para los distintos periodos de retorno.

**Tabla 23. Volúmenes acumulados de las zonas no aportantes.**

Alternativa 1					
Tr (años)	Volumen no considerado (m <sup>3</sup> )				
	Nodo 126	Nodo 127	Nodo 61	Nodo 47	TOTAL
25	81.01	59.59	692.66	211.14	1044.4
50	108	79.46	921.05	281.21	1389.72
Alternativa 2 Y 3					
Tr (años)	Volumen no considerado (m <sup>3</sup> )				
	Nodo 126	Nodo 127	Nodo 47	Nodo 61	TOTAL
25	81.01	59.59	276.27	1388.4	1805.27
50	108.00	79.46	367.96	1875.23	2430.65

Los sistemas de drenaje pluvial para periodos de retorno de 25 y 50 años, se diseñarán en base a la capacidad de los conductos, fuerza tractiva y velocidad de flujo, haciendo uso de la Norma Técnica O.S. 060, cuando la precipitación alcance su valor más alto, en este caso a las 12:15 horas de iniciado el modelamiento; asimismo las estructuras de captación se diseñarán en función al caudal máximo y eficiencia de retención.

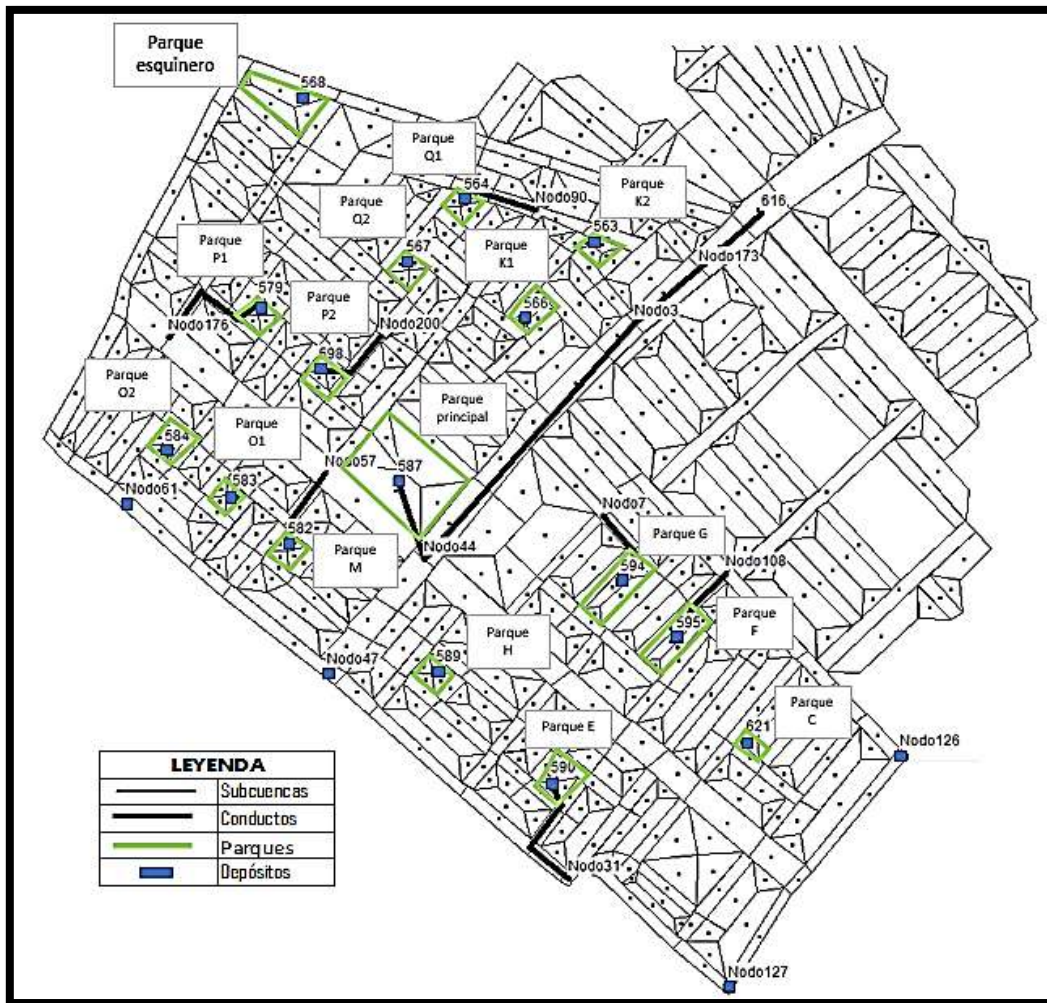
#### 4.2 Alternativas de solución

Se plantean 2 distintas formas de solucionar el problema de inundación, las cuales son:

##### 4.2.1 Alternativa 1

Se plantea que 8 parques de la Urb. Santa Margarita se establezcan como parques hídricos, con el objetivo de que sean receptores finales del agua de escorrentía que será captada por 8 sistemas independientes de drenaje pluvial, de esta manera, no se esperaría a la formación de las zonas críticas, sino que la zona de estudio se sectoriza, reduciendo la altura de inundación al haber un gran número de destinos finales, tal como se muestra en la Figura 17.

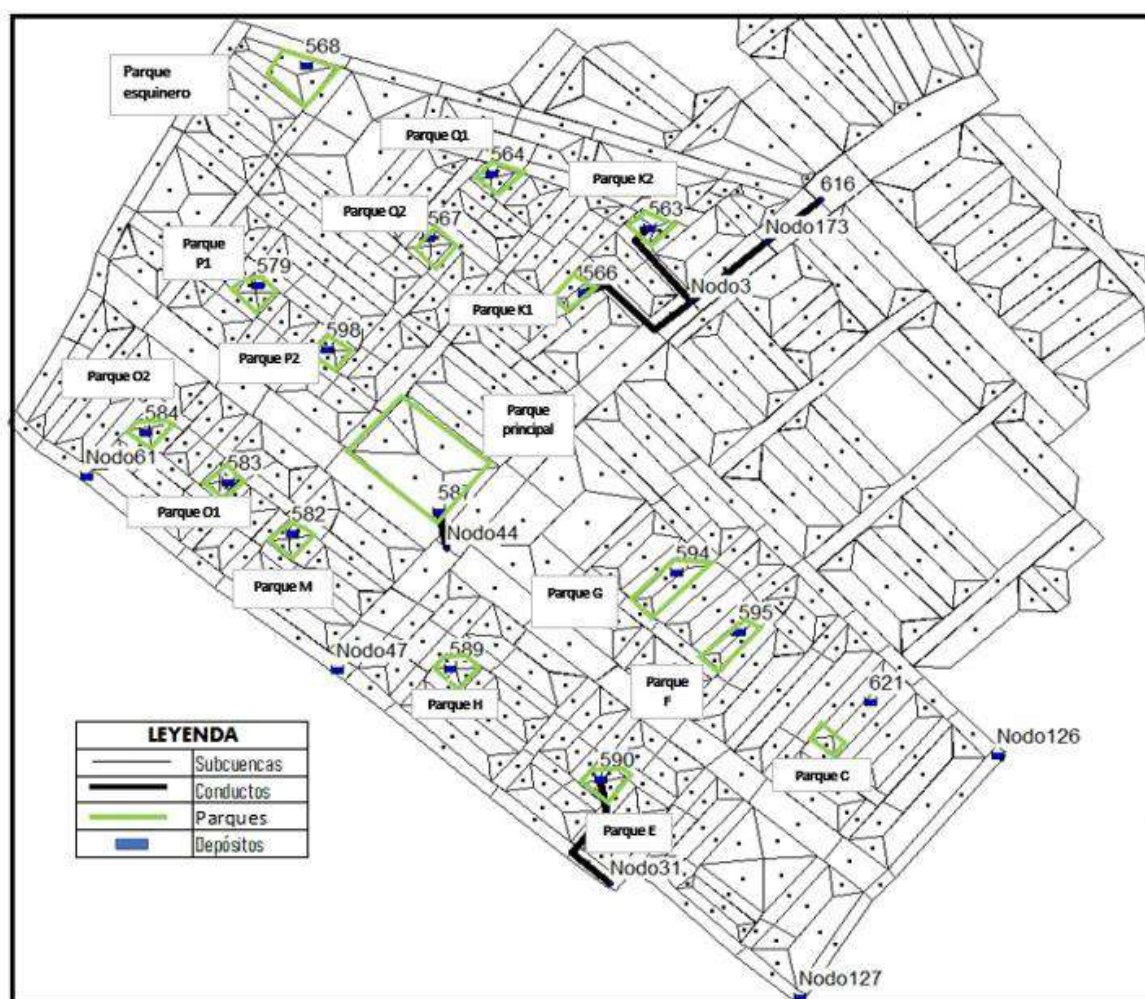
Figura 17. Modelo de drenaje pluvial - Alternativa 1



#### 4.2.2 Alternativa 2

Se plantea captar el agua en las zonas críticas identificadas en el “Plano de flujo e identificación de zonas críticas en la Urb. Santa Margarita” y luego dirigirla hacia 4 parques cercanos que funcionarán como parques hídricos como se muestra en la Figura 18, lo que sería una reducción de parques hídricos, aunque se esperarían alturas de inundación elevadas.

**Figura 18. Modelo de drenaje pluvial - Alternativa 2**



#### 4.2.3 Alternativa 3

Se plantea similar a la Alternativa 2, con la diferencia de que el agua de escorrentía no se enviará hacia los parques “K1” y “K2” sino hacia el parque principal de la Urb. Santa Margarita debido a su mayor superficie, reduciendo la altura de inundación, como se muestra en la Figura 19 aunque implique un aumento en la longitud de tubería.



- f) Se contempla una pendiente mínima en los conductos de valor 0.5 %.
- g) No se provocarán problemas sociales debido a que el agua de escorrentía no se dirigirá hacia otros sectores, sino que se aprovechará haciendo uso de los parques de la Urb. Santa Margarita.

#### 4.3.2 Diferencias

Se presenta la Tabla 24, en dónde se analizarán las principales diferencias de las alternativas propuestas.

**Tabla 24. Diferencias entre las alternativas**

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
El diseño es independiente de los puntos críticos identificados.	El diseño depende de los puntos críticos identificados previamente y se distribuye en 3 sistemas de tuberías.	El diseño depende de los puntos críticos identificados previamente y se distribuye en 2 sistemas de tuberías
Se contempla un mayor número parques hídricos, lo que significa que el nivel de agua en ellos será menor.	Al contar con un número menor de parques hídricos, se elevará el nivel de agua, siendo los de mayor incidencia los parques "K1" y "K2".	Contará con menos parques hídricos de las 3 alternativas, con la diferencia que, debido al área del parque principal de la Urb. Santa Margarita, se espera compense la altura de inundación frente a la cantidad de parques de las restantes alternativas.
Su costo es el más elevado debido a que está conformada por 8 sistemas de tuberías y 8 parques hídricos.	Su costo es el más bajo debido a que cuenta con 3 parques hídricos y 3 sistemas de tuberías.	A pesar de que cuenta con 2 sistemas de tuberías y 2 parques hídricos, no es considerado la alternativa con menor costo debido a que un sistema de tubería requiere un mayor metrado de las mismas y movimiento de tierras.
Las estructuras de conducción, no serán forzadas al límite de su capacidad ante la baja demanda de agua producida por haber sectorizado la zona, funcionando muy por debajo de su capacidad a tubería parcialmente llena, al tener en cuenta las indicaciones del apartado 3.3.2.	Debido a la concentración del flujo de agua en las zonas críticas, las estructuras de conducción, no estarán sobre diseñadas, debido a las consideraciones del apartado 3.3.2.	Dado que el volumen de agua captado en la zona crítica "Cinco Esquinas" se juntará con lo captado en la zona crítica cercana al parque principal de la Urb. Santa Margarita, el diámetro de tubería será el mayor de las 3 alternativas.



## Capítulo 5

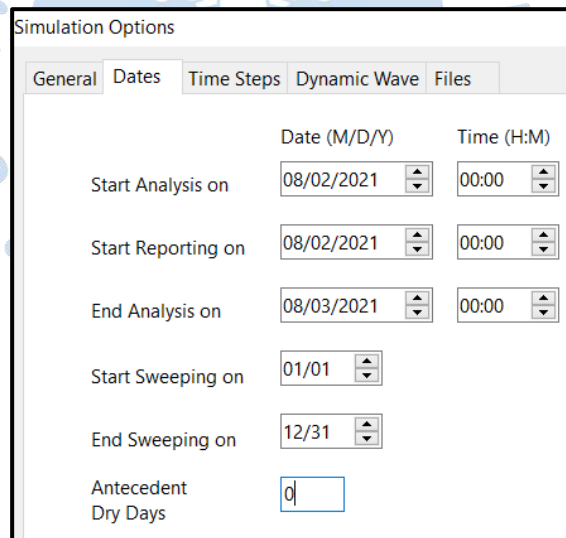
### Modelación numérica con el software SWMM

Se modelarán las 3 alternativas, para los distintos periodos de retorno, con el objetivo de analizar la viabilidad de acuerdo a los requerimientos para cada una de ellas, y finalmente escoger la óptima.

#### 5.1 Consideraciones técnicas

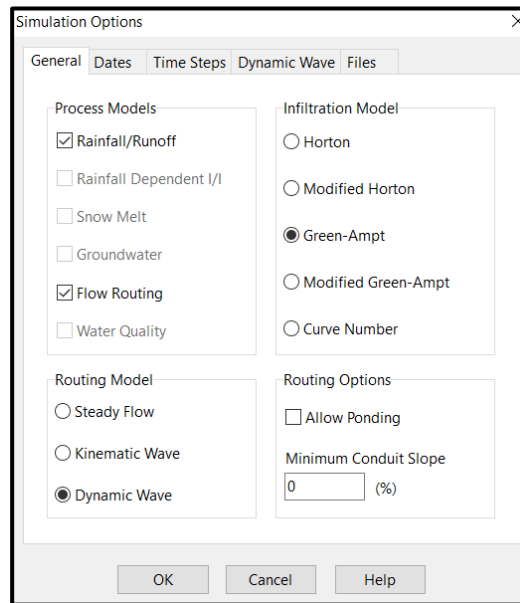
Se plantea una tormenta con una duración de 24 horas que se ingresará al software como se muestra en la Figura 20.

Figura 20. Duración de la simulación en el software SWMM

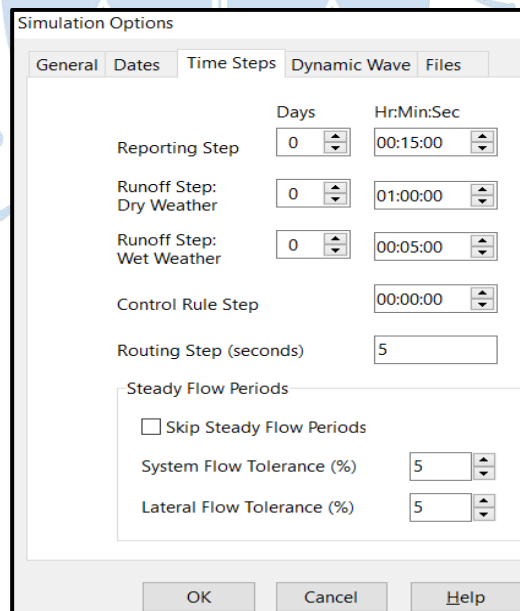


Simulation Options				
General	Dates	Time Steps	Dynamic Wave	Files
	Date (M/D/Y)		Time (H:M)	
Start Analysis on	08/02/2021		00:00	
Start Reporting on	08/02/2021		00:00	
End Analysis on	08/03/2021		00:00	
Start Sweeping on	01/01			
End Sweeping on	12/31			
Antecedent Dry Days	0			

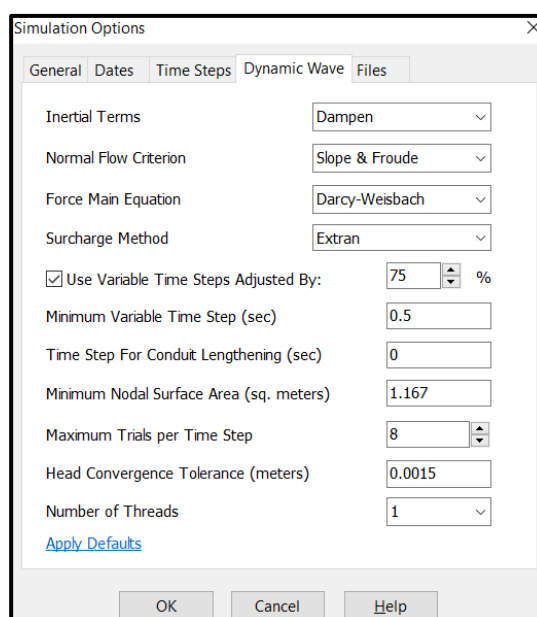
Cómo se describió en el Capítulo 3, se usará el método de infiltración Green-Ampt y el método hidráulico de la Onda dinámica, cómo se observa en la Figura 21.

**Figura 21. Generalidades de la simulación numérica**

Dado que el hietograma, tanto para  $T_r = 25$  años y  $T_r = 50$  años, presentan intervalos de 15 minutos, en el software se colocará el mismo tiempo para la obtención de resultados, asimismo, tal como se indicó en el apartado 2.4.6.3. se trabajará con un tiempo de 5 segundos debido al método hidráulico de la Onda dinámica, cómo se muestra en la Figura 22.

**Figura 22. Intervalos de tiempo para la simulación**

Asimismo, se utilizará la ecuación de Darcy Weisbach para el cálculo de las pérdidas en tuberías a presión, tomando en cuenta el análisis realizado por (Cateriano Huatuco & Menacho Girón, 2019), cómo se muestra en la Figura 23.

**Figura 23. Opciones de simulación - Onda dinámica**

## 5.2 Resultados

Se presentan los volúmenes de agua que inciden para la formación de la zona crítica “Cinco esquinas”, sectorizándose por su origen, siendo el aporte externo lo proveniente de los AA.HH. aledaños y el aporte Interno de la Urb. Santa Margarita, esto se observa en la Tabla 25, para los distintos periodos de retorno en cada alternativa.

Cabe resaltar que los volúmenes tanto en la alternativa 2 y 3 son iguales debido a que presentan el mismo planteamiento, en relación a la captación del agua en las zonas críticas; y el aporte externo se mantiene igual en las 3 alternativas debido al origen externo a la Urb. Santa Margarita.

**Tabla 25. Volumen para la formación de la zona crítica "Cinco esquinas" (Tr = 25 y Tr = 50)**

Alternativa	Tr (años)	Volumen (m <sup>3</sup> )	
		Aporte Interno	Aporte Externo
N°1	25	2189.89	1224.20
	50	2651.86	1880.60
N°2 y N°3	25	4332.45	1224.20
	50	5538.11	1880.60

Ahora se procederá ahora a mostrar los volúmenes de captación y alturas de inundación en los parques hídricos para cada una de las alternativas propuestas considerando ambos periodos de retorno, así tenemos:

### 5.2.1 Alternativa 1

Comprende como parques hídricos lo siguiente: “Parque principal”, “Q1”, “P2”, “P1”, “M”, “E”, “F” “G” mostrados en la Figura 17, quedando 7 parques en la Urb. Santa Margarita que solo retendrán el agua de escorrentía incidente sobre ellos, debido a sus propiedades de infiltración; y un parque denominado “Parque esquinero” que si bien no pertenece a la urbanización, realizará la misma función, obteniéndose los valores mostrados en la Tabla 26 y Tabla 27 para los distintos periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente.

**Tabla 26. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 1 (Tr = 25años)**

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
1	Parque Principal	6337.65	587	4574.3	0.72
2	Parque Q1	800.92	564	355.94	0.44
3	Parque P2	729.69	598	498.19	0.68
4	Parque P1	715.66	579	522.42	0.73
5	Parque M	845.2	582	142.65	0.17
6	Parque E	891.42	590	1012.51	1.14
7	Parque F	1151.01	595	959.63	0.83
8	Parque G	1668.29	594	359.1	0.22
	Parque C	688.48	621	8.82	0.01
	Parque K2	824.65	563	15.74	0.02
	Parque K1	871.83	566	14.63	0.02
	Parque Q2	854.91	567	16.27	0.02
	Parque O1	711.48	583	13.45	0.02
	Parque esquinero	844.508	568	47.21	0.06
	Parque O2	805.38	584	14.58	0.02
	Parque E	891.42	590	14.87	0.02
TOTAL				8570.31	

**Tabla 27. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 1 (Tr = 50 años)**

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
1	Parque Principal	6337.65	587	6088.26	0.96
2	Parque Q1	800.92	564	474.07	0.59
3	Parque P2	729.69	598	661.43	0.91
4	Parque P1	715.66	579	529.62	0.74
5	Parque M	845.2	582	191.16	0.23
6	Parque E	891.42	590	1344.62	1.51
7	Parque F	1151.01	595	1276.59	1.11
8	Parque G	1668.29	594	485.69	0.29
	Parque C	688.48	621	11.73	0.02
	Parque K2	824.65	563	22.85	0.03

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
	Parque K1	871.83	566	21.32	0.02
	Parque Q2	854.91	567	23.6	0.03
	Parque O1	711.48	583	19.52	0.03
	Parque esquinero	844.508	568	62.73	0.07
	Parque O2	805.38	584	21.14	0.03
	Parque E	891.42	590	21.6	0.02
TOTAL				11255.93	

Una vez definidas las alturas de inundación en los parques hídricos, se procede a evaluar la capacidad de las estructuras de conducción, para ambos periodos de retorno, en este caso tuberías GRP PAVCO, mediante el análisis de perfiles longitudinales, obteniéndose la Tabla 28 y Tabla 29 para los periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente.

**Tabla 28. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 25años)**

N° sistema	Conducto	Diámetro (m)	Nivel de agua (m)	Capacidad (%)
1	344	0.55	0.32	60
	372	0.55	0.39	75
	371	0.60	0.45	81
	373	0.65	0.46	76
2	374	0.40	0.14	32
3	375	0.40	0.17	42
4	376	0.40	0.21	53
5	377	0.40	0.09	17
6	378	0.40	0.25	65
7	379	0.40	0.14	68
8	380	0.40	0.14	32

**Tabla 29. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 50 años)**

N° sistema	Conducto	Diámetro (m)	Nivel de agua (m)	Capacidad (%)
1	344	0.60	0.35	61
	372	0.65	0.42	68
	371	0.70	0.51	78
	373	0.70	0.55	84
2	374	0.40	0.17	39
3	375	0.40	0.21	52
4	376	0.40	0.25	65
5	377	0.40	0.11	21
6	378	0.40	0.31	83

N° sistema	Conducto	Diámetro (m)	Nivel de agua (m)	Capacidad (%)
7	379	0.40	0.33	88
8	380	0.40	0.17	41

Ahora se muestra, en la Tabla 30, el metrado de tuberías contemplado para ambos periodos de retorno.

**Tabla 30. Metrado de tuberías - Alternativa 1**

N° sistema	Conducto	Longitud (m)	Tr = 25años	Tr = 50 años
			Diámetro (m)	Diámetro (m)
1	344	60	0.55	0.60
	372	77	0.55	0.65
	371	290	0.60	0.70
	370	40	0.65	0.70
2	368	52	0.40	0.40
3	366	110	0.40	0.40
4	367	51	0.40	0.40
5	361	111	0.40	0.40
6	363	95	0.40	0.40
7	364	52	0.40	0.40
8	365	82	0.40	0.40

### 5.2.2 Alternativa 2

Comprende como parques hídricos: “K1”, “K2”, “Parque principal” y “E” mostrados en la Figura 18, quedando 11 parques en la Urb. Santa Margarita los cuáles retendrán el agua de escorrentía incidente sobre ellos, debido a sus propiedades de infiltración, y 1 parque denominado “Parque esquinero” que, si bien no pertenece a la urbanización, realizará la misma función, obteniéndose los valores mostrados en la para los periodos de retorno de 25 años y 50 años, respectivamente.

**Tabla 31. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 2 (Tr = 25 años)**

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
1	Parque K1	871.83	566	2711.78	3.11
	Parque K2	824.65	563	2861.70	3.47
2	Parque Principal	6337.65	587	1257.64	0.20
3	Parque E	891.42	590	1008.58	1.13
	Parque O2	805.38	584	14.58	0.02
	Parque H	945.78	589	15.80	0.02
	Parque Q1	800.92	564	15.14	0.02
	Parque Q2	854.91	567	16.27	0.02
	Parque P1	715.66	579	13.74	0.02
	Parque P2	729.69	598	14.00	0.02
	Parque O1	711.48	583	13.45	0.02

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
	Parque M	845.2	582	14.19	0.02
	Parque F	1151.01	595	21.16	0.02
	Parque G	1668.29	594	28.39	0.02
	Parque C	688.48	621	97.43	0.14
	Parque esquinero	844.508	568	47.21	0.06
TOTAL				8151.06	

**Tabla 32. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 2 (Tr = 50 años)**

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)	
1	Parque K1	871.83	566	3614.47	4.15	
	Parque K2	824.65	563	3795.08	4.60	
2	Parque Principal	6337.65	587	1679.80	0.27	
3	Parque E	891.42	590	1339.73	1.50	
	Parque O2	805.38	584	21.14	0.03	
	Parque H	945.78	589	22.93	0.02	
	Parque Q1	800.92	564	21.98	0.03	
	Parque Q2	854.91	567	23.60	0.03	
	Parque P1	715.66	579	19.96	0.03	
	Parque P2	729.69	598	20.33	0.03	
	Parque O1	711.48	583	19.52	0.03	
	Parque M	845.2	582	20.61	0.02	
	Parque F	1151.01	595	30.86	0.03	
	Parque G	1668.29	594	41.31	0.02	
	Parque C	688.48	621	129.62	0.19	
	Parque esquinero	844.508	568	62.73	0.07	
	TOTAL				10863.67	

Una vez definidas las alturas de inundación en los parques hídricos, se procede a evaluar la capacidad de las estructuras de conducción, para ambos periodos de retorno, en este caso tuberías GRP PAVCO, mediante el análisis de perfiles longitudinales, obteniéndose la Tabla 33 y Tabla 34 para los periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente.

**Tabla 33. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 25años)**

N° sistema	Conducto	Diámetro (m)	Nivel de Agua (m)	Capacidad (%)
1	320	0.5	0.36	78
	281	0.55	0.38	74
	318	0.55	0.38	74
	319	0.55	0.38	74
2	312	0.4	0.20	51
3	314	0.4	0.14	32

**Tabla 34. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 50 años)**

N° sistema	Conducto	Diámetro (m)	Nivel de Agua (m)	Capacidad (%)
1	320	0.55	0.42	81
	281	0.60	0.44	79
	318	0.60	0.44	79
	319	0.60	0.44	79
2	312	0.5	0.26	68
3	314	0.5	0.18	44

Ahora se muestra, en la Tabla 35, el metrado de tuberías contemplado para ambos periodos de retorno.

**Tabla 35. Metrado de tuberías - Alternativa 2**

N° sistema	Conducto	Longitud (m)	Tr = 25 años	Tr = 50 años
			Diámetro (m)	Diámetro (m)
1	320	60	0.5	0.65
	281	77	0.55	0.65
	318	70	0.55	0.7
	319	120	0.55	0.7
2	312	35	0.4	0.5
3	314	95	0.4	0.5

### 5.2.3 Alternativa 3

Comprende como parques hídricos: “Parque principal” y “Parque E” mostrados en la Figura 19, quedando 13 parques en la Urb. Santa Margarita los cuáles retendrán el agua de escorrentía incidente sobre ellos, debido a sus propiedades de infiltración; y 1 parque denominado “Parque esquinero” que, si bien no pertenece a la urbanización, realizará la misma función, obteniéndose los valores mostrados en la Tabla 36 y Tabla 37 para los periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente.

**Tabla 36. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 3 (Tr = 25 años)**

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
1	Parque Principal	6337.65	587	6806.65	1.07
2	Parque E	891.42	590	1008.68	1.13
	Parque O2	805.38	584	14.58	0.02
	Parque H	945.78	589	15.8	0.02
	Parque Q1	800.92	564	15.14	0.02
	Parque Q2	854.91	567	16.27	0.02
	Parque P1	715.66	579	13.74	0.02
	Parque P2	729.69	598	14	0.02
	Parque O1	711.48	583	13.45	0.02
	Parque M	845.2	582	14.19	0.02
	Parque F	1151.01	595	21.16	0.02

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
	Parque G	1668.29	594	28.38	0.02
	Parque C	688.48	621	97.42	0.14
	Parque K1	871.83	566	14.62	0.02
	Parque K2	824.65	563	15.74	0.02
	Parque esquinero	844.508	568	47.21	0.06
TOTAL				8157.03	

**Tabla 37. Altura de inundación y volumen de recolección para Alternativa 3 (Tr = 50 años)**

N° sistema	Nombre de Parque	Área (m <sup>2</sup> )	Nodo	Volumen (m <sup>3</sup> )	Altura de inundación (m)
1	Parque principal	6337.65	587	9054.17	1.43
2	Parque E	891.42	590	1339.84	1.50
	Parque O2	805.38	584	21.14	0.03
	Parque H	945.78	589	22.94	0.02
	Parque Q1	800.92	564	21.98	0.03
	Parque Q2	854.91	567	23.61	0.03
	Parque P1	715.66	579	19.96	0.03
	Parque P2	729.69	598	20.33	0.03
	Parque O1	711.48	583	19.53	0.03
	Parque M	845.2	582	20.61	0.02
	Parque F	1151.01	595	30.86	0.03
	Parque G	1668.29	594	41.32	0.02
	Parque C	688.48	621	129.64	0.19
	Parque K1	871.83	566	21.32	0.02
	Parque K2	824.65	563	22.85	0.03
	Parque esquinero	844.508	568	62.74	0.07
TOTAL				10872.84	

Una vez definidas las alturas de inundación en los parques hídricos, se procede a evaluar la capacidad de las estructuras de conducción, para ambos periodos de retorno, en este caso tuberías GRP PAVCO, mediante el análisis de perfiles longitudinales, obteniéndose la Tabla 38 y Tabla 39, para los periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente.

**Tabla 38. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 25años)**

N° sistema	Conducto	Diámetro (m)	Nivel de Agua (m)	Capacidad (%)
1	320	0.6	0.31	54
	281	0.7	0.44	64
	321	0.7	0.40	83
	312	0.7	0.28	86
2	314	0.40	0.14	32

**Tabla 39. Nivel máximo de agua en las tuberías (Tr = 50 años)**

N° sistema	Conducto	Diámetro (m)	Nivel de Agua (m)	Capacidad (%)
1	320	0.65	0.37	60
	281	0.70	0.51	78
	321	0.75	0.62	88
	312	0.80	0.62	83
2	314	0.4	0.18	44

Ahora se muestra, en la Tabla 40, el metrado de tuberías contemplado para ambos periodos de retorno.

**Tabla 40. Metrado de tuberías - Alternativa 3**

N° sistema	Conducto	Longitud (m)	Tr = 25 años	Tr = 50 años
			Diámetro (m)	Diámetro (m)
1	320	60	0.6	0.7
	281	77	0.7	0.7
	321	290	0.7	0.8
	312	35	0.7	0.8
2	314	95	0.4	0.4

### 5.3 Discusión de resultados

a) La alternativa 1 presenta los niveles de inundación más bajos proporcionales al área de los parques hídricos, siendo los niveles más altos de 1.14 m y 1.51 m para los periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente, esto podría considerarse como aceptable, sin embargo, debido a la gran cantidad de parques hídricos que se necesitan, ocho, y el elevado metrado, tanto en estructuras de captación como de conducción respecto a las 2 alternativas restantes, hace inviable la alternativa por el elevado presupuesto.

b) La alternativa 2 contempla que sólo 4 parques de la Urb. Santa Margarita funcionen como parques hídricos, si bien reduce el impacto al contemplar un menor metrado tanto en estructuras de captación como de conducción respecto a la Alternativa 1, las alturas de inundación que deberían asumir los parques "K1" y "K2" debido a la acumulación de agua en la zona crítica "Cinco Esquinas" son:

- Para un Tr = 25 años, se tiene alturas de inundación máximas de 3.11 m y 3.47 m, respectivamente.
- Para un Tr = 50 años, se tiene alturas de inundación máximas de 4.15 m y 4.60 m, respectivamente.

Lo que lo hace inviable a dicha alternativa por la poca practicidad de tener estas alturas en los parques hídricos.

c) La Alternativa 3 surge como una propuesta de solución para la Alternativa 2, en donde se resuelve el problema de las alturas de inundación, puesto que el agua captada en la zona crítica “Cinco Esquinas” se deriva hacia el parque principal de la Urb. Santa Margarita aprovechando de esta manera su mayor área. Se obtienen alturas de inundación de 1.13 m y 1.50 m para los periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente, cuyos valores son manejables. Asimismo, cabe indicar que se presentará un aumento en el metrado en estructuras de conducción, el cual se verá compensado por lo mencionado anteriormente. Por lo tanto, se escoge esta alternativa de solución y se procederá a diseñar las estructuras de captación en el siguiente capítulo.





## Capítulo 6

### Alternativa de diseño seleccionado

En este capítulo se diseñan las estructuras de captación, mantenimiento y conducción, asimismo, se obtiene el presupuesto de obra y la planificación de la misma.

#### 6.1 Diseño de estructuras de todos los componentes que constituyen el sistema de drenaje pluvial

En este apartado se diseñan las estructuras de captación, conducción y de mantenimiento para el sistema de drenaje pluvial escogido.

##### 6.1.1 Estructuras de captación

Según la alternativa 3 seleccionada en el capítulo 5, no se necesitarán cunetas para la conducción de la escorrentía, porque se espera que esta llegue a los puntos críticos identificados en el E.4., por ende, solo se requieren sumideros y rejillas, y como se mencionó en el apartado 3.3, el diseño de sumideros depende del ancho de inundación admisible, la altura de sardinel, la velocidad permitida y la energía específica. En la Tabla 41 y Tabla 42, se muestran los valores de caudales en los puntos inundables obtenidos con el software SWMM para un  $Tr = 25$  años y  $Tr = 50$  años, respectivamente. Los puntos inundables son aquellos identificados en el plano E.4 (Apéndice E) y en la Figura 24, siendo estos: “616”, “173” y “3” aquellos ubicados en la zona crítica “Cinco esquinas”, y “31” ubicado al sureste de la urbanización, de acuerdo a la numeración establecida por el software SWMM en el mallado.

**Tabla 41. Valores de caudales en los buzones en SWMM para  $Tr = 25$  años**

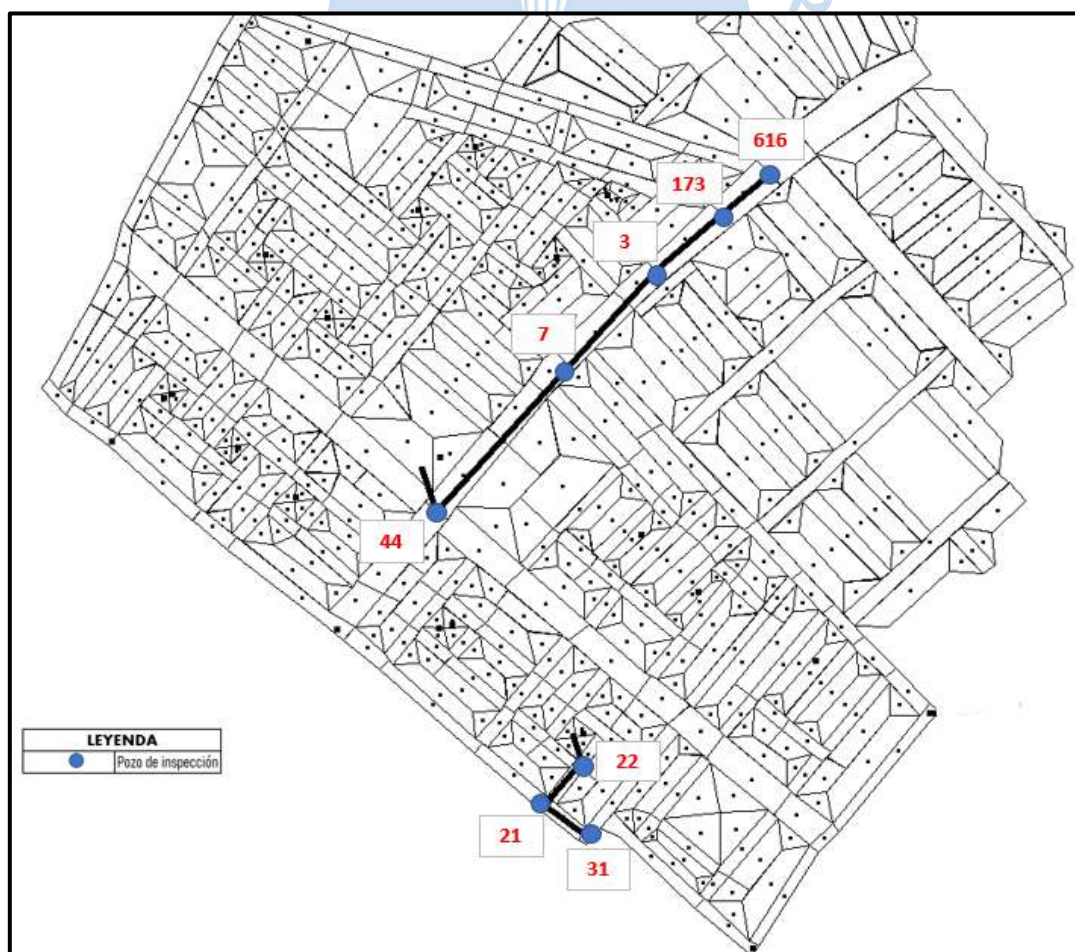
Punto	Q (m <sup>3</sup> /s)
616	0.364
173	0.083
3	0.488
61	0.233
47	0.047

Punto	Q (m <sup>3</sup> /s)
31	0.168
44	0.194

**Tabla 42. Valores de caudales de buzones en SWMM para Tr = 50 años**

Punto	Q (m <sup>3</sup> /s)
616	0.486
173	0.112
3	0.662
61	0.312
47	0.062
31	0.225
44	0.261

**Figura 24. Ubicación de buzones**



En la Tabla 43 y Tabla 44 se muestran los cálculos de los sumideros corroborando que el ancho de inundación (T) sea menor al “T” admisible y la altura de sardinel (d) sea menor al “h” sardinel para Tr = 25 años y Tr = 50 años, respectivamente.

**Tabla 43. Diseño de sumideros: comprobación de “T” admisible y h sardinel para Tr = 25 años**

Punto inundable en SWMM	Sx (%)	Longitud vía (m)	SL (%)	Pendiente (m/m)	Q SWMM (m <sup>3</sup> /s)	T(m)	T admisible	d (m)	h sardinel(m)
616	2.00%	186	0.13%	0.01	0.1212	5.1	6	0.10	0.11
173	2.00%	60	0.17%	0.01	0.0417	3.3	6	0.07	0.11
3	2.00%	137	0.15%	0.01	0.1220	5	6	0.10	0.11
31	2.00%	79	0.13%	0.01	0.0838	4.5	6	0.10	0.11
44	2.00%	97	0.31%	0.01	0.1939	5.2	6	0.09	0.11

**Tabla 44. Diseño de sumideros: comprobación de “T” admisible y h sardinel para Tr = 50 años**

Punto inundable en SWMM	Sx (%)	Longitud vía (m)	SL (%)	Pendiente (m/m)	Q SWMM (m <sup>3</sup> /s)	T(m)	T admisible	d (m)	h sardinel(m)
616	2.00%	186	0.13%	0.01	0.1215	5.1	6	0.10	0.11
173	2.00%	60	0.17%	0.01	0.0562	3.7	6	0.07	0.11
3	2.00%	137	0.15%	0.01	0.1322	5.2	6	0.10	0.11
31	2.00%	79	0.13%	0.01	0.1126	5.1	6	0.10	0.11
44	2.00%	97	0.31%	0.01	0.1304	4.5	6	0.09	0.11

Asimismo, se indica que se ha dividido el caudal incidente en los puntos críticos, por el número de sumideros necesarios, los cuales se muestran en el plano E.6 y plano E.7 (Apéndice E). Además, se considerará una pendiente longitudinal para el sumidero de 0.010 m/m y pendiente transversal a la vía (S<sub>x</sub>) de 2%.

*A continuación, en la Tabla 45*

**Tabla 45** y Tabla 46, se muestran los resultados obtenidos en el software H canales versión 3.0 para la verificación de velocidades y energía específica, obteniendo que todos los puntos inundables cumplen con los valores admisibles explicados en el apartado 3.3.1.3.

**Tabla 45. Resultados de “Hcanales” para Tr = 25años**

Punto inundable en SWMM	Ancho(m)	Tirante normal (m)	E. Específica	Velocidad (m/s)
616	0.55	0.14	0.27	1.57
173	0.55	0.07	0.13	1.11
3	0.55	0.14	0.27	1.58
31	0.55	0.11	0.20	1.40
44	0.55	0.19	0.36	1.80

**Tabla 46. Resultados de “Hcanales” para Tr = 50años**

Punto inundable en SWMM	Ancho(m)	Tirante normal (m)	E. Específica	Velocidad (m/s)
616	0.55	0.14	0.27	1.57
173	0.55	0.08	0.16	1.23
3	0.55	0.15	0.28	1.62
31	0.55	0.13	0.25	1.54
44	0.55	0.15	0.28	1.61

Finalmente, en la se muestran los resultados obtenidos de las dimensiones y cantidades de sumideros para Tr = 25años y Tr = 50 años, respectivamente. Cabe resaltar que en cada punto inundable se colocará una estructura de mantenimiento (buzón) que conectará la cantidad de sumideros obtenidos.

**Tabla 47. Dimensiones y cantidades de sumideros para Tr = 25años**

Punto inundable en SWMM	Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad
616	5.1	0.70	0.6	3
173	3.3	0.70	0.5	2
3	5.0	0.70	0.6	4
31	4.5	0.70	0.6	2
44	5.2	0.70	0.6	1

**Tabla 48. Dimensiones y cantidades de sumideros para Tr = 50 años**

Punto inundable en SWMM	Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad
616	5.1	0.70	0.6	4
173	3.7	0.70	0.5	2

Punto inundable en SWMM	Longitud (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad	
3		5.2	0.70	0.6	5
31		5.1	0.70	0.6	2
44		4.5	0.70	0.6	2

Las rejillas que se ubicarán en cada sumidero, tienen que permitir el correcto paso peatonal y vehicular. Por lo tanto, se utilizará características similares a las recomendadas por Cubas Lopez (2021). Además, para hallar el valor del caudal “no retenido” se utilizará la fórmula de eficiencia para sumidero batea definida en el apartado 3.3.1.4, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 49 y Tabla 50 para  $Tr = 25$  años y  $Tr = 50$  años, respectivamente. Se obtuvieron como resultado números negativos, lo que significa que no hay pérdidas debido a que la longitud del sumidero es suficiente; se recuerda que dicha longitud se obtuvo con la comprobación del T admisible y el h sardinel.

**Tabla 49. Caudal captado por rejillas para  $Tr = 25$  años**

Punto inundable en SWMM	Cw	P (m)	d (m)	Q captado (m <sup>2</sup> /s)	Q no retenido (m <sup>3</sup> /s)
616	1.66	6.1	0.10	0.34	-0.21
173	1.66	4.3	0.07	0.12	-0.08
3	1.66	6.0	0.10	0.32	-0.20
31	1.66	5.5	0.09	0.25	-0.17
44	1.66	6.2	0.10	0.35	-0.16

**Tabla 50. Caudal captado por rejillas para  $Tr = 50$  años**

Punto inundable en SWMM	Cw	P (m)	d (m)	Q captado (m <sup>2</sup> /s)	Q no retenido (m <sup>3</sup> /s)
616	1.66	6.1	0.10	0.34	-0.21
173	1.66	4.7	0.07	0.16	-0.10
3	1.66	6.2	0.10	0.34	-0.21
31	1.66	6.1	0.10	0.32	-0.21
44	1.66	5.5	0.09	0.25	-0.12

### 6.1.2 Estructuras de mantenimiento

Para el mantenimiento del sistema, se han proyectado buzones de inspección, cuyo diámetro interior es de 1.2 m, salvo el pozo 44, de diámetro interior 1.5 m y tapa de acceso de 0.6 m, por exceder el tamaño del diámetro de la tubería según la norma OS.070 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS], 2009). Asimismo, en la Figura 24 se muestra la ubicación de los buzones de inspección y en la Tabla 51 profundidad de estos para la alternativa de drenaje pluvial escogida.

**Tabla 51. Relación de buzones de inspección**

Buzón	Profundidad (m)
616	1.70
173	2.25
3	2.75
7	2.75
21	1.70
22	1.70
31	1.70
44	5.35

### 6.1.3 Estructuras de conducción

Son las tuberías de características obtenidas en el capítulo 5 mediante el modelamiento en el SWMM. Con la determinación de las profundidades de las estructuras de mantenimiento se obtiene la cota inicial y final de cada tubería enterrada, por ende, se podrá comprobar la deflexión de tuberías. En la Tabla 51, se observa que, para ambos periodos de retorno, se tienen 4 profundidades distintas; por ende, de la Tabla 52 a la Tabla 56, se muestra el cálculo de deflexión de la tubería para una profundidad de 1.70 m, 2.25 m, 2.75 m y 5.35 m, respectivamente. En todos los casos se encontró que la deformación porcentual se encuentra por debajo del 5%.

**Tabla 52. Cálculo de deflexión para tubería de 0.4 m y profundidad 1.7 m**

Descripción	Valor	Unidad
Diámetro	0.4	m
Zanja	1	m
Profundidad	1.7	m
Peso específico del suelo	18620	N/m <sup>3</sup>
Clasificación de suelo	SC4- suelos granos finos	
Peso de vehículos	186314	N
Factor de retraso de la deflexión (DL)	1	
Coeficiente de doblado (Kx)	0.1	
Rigidez de la tubería (Ps)	257.4	KPa
Rigidez compuesta del suelo (Ms)	4.3	Mpa
Carga muerta (Wm)	31654	N/m <sup>3</sup>
Carga viva (Wc)	118175.50	N/m <sup>3</sup>
Deformación porcentual	4.94	%

**Tabla 53. Cálculo de deflexión para tubería de 0.7 m y profundidad 2.25 m**

Descripción	Valor	Unidad
Diámetro	0.7	m

Zanja	1	m
Profundidad	2.25	m
Peso específico del suelo	18620	N/m <sup>3</sup>
Clasificación de suelo	SC4- suelos granos finos	
Peso de vehículos	186314	N
Factor de retraso de la deflexión (DL)	1	
Coeficiente de doblado (Kx)	0.1	
Rigidez de la tubería (Ps)	257.4	KPa
Rigidez compuesta del suelo (Ms)	4.7	Mpa
Carga muerta (Wm)	41895	N/m <sup>2</sup>
Carga viva (Wc)	110184.7	N/m <sup>2</sup>
Deformación porcentual	4.65	%

**Tabla 54. Cálculo de deflexión para tubería de 0.6 m y profundidad 1.7 m**

Descripción	Valor	Unidad
Diámetro	0.6	m
Zanja	1	m
Profundidad	1.7	m
Peso específico del suelo	18620	N/m <sup>3</sup>
Clasificación de suelo	SC4- suelos granos finos	
Peso de vehículos	186314	N
Factor de retraso de la deflexión (DL)	1	
Coeficiente de doblado (Kx)	0.1	
Rigidez de la tubería (Ps)	257.4	KPa
Rigidez compuesta del suelo (Ms)	4.5	Mpa
Carga muerta (Wm)	31654	N/m <sup>2</sup>
Carga viva (Wc)	118175.50	N/m <sup>2</sup>
Deformación porcentual	4.82	%

**Tabla 55. Cálculo de deflexión para tubería de 0.7 y profundidad de 2.75 m**

Descripción	Valor	Unidad
Diámetro	0.7	m
Zanja	1	m
Profundidad	2.75	m
Peso específico del suelo	18620	N/m <sup>3</sup>
Clasificación de suelo	SC4- suelos granos finos	
Peso de vehículos	186314	N
Factor de retraso de la deflexión (DL)	1	
Coeficiente de doblado (Kx)	0.1	
Rigidez de la tubería (Ps)	257.4	KPa
Rigidez compuesta del suelo (Ms)	4.6	Mpa
Carga muerta (Wm)	51205	N/m <sup>2</sup>
Carga viva (Wc)	102920.40	N/m <sup>2</sup>
Deformación porcentual	4.82	%

**Tabla 56. Cálculo de deflexión para tubería de 0.7 m y profundidad 5.35m**

Descripción	Valor	Unidad
Diámetro	0.7	m
Zanja	1	m
Profundidad	5.35	m
Peso específico del suelo	18620	N/m <sup>3</sup>
Clasificación de suelo	SC4- suelos granos finos	
Peso de vehículos	186314	N
Factor de retraso de la deflexión (DL)	1	
Coefficiente de doblado (Kx)	0.1	
Rigidez de la tubería (Ps)	257.4	KPa
Rigidez compuesta del suelo (Ms)	4.9	Mpa
Carga muerta (Wm)	99617	N/m <sup>2</sup>
Carga viva (Wc)	65145.8	N/m <sup>2</sup>
Deformación porcentual	4.82	%

## 6.2 Presupuesto

En la Tabla 57 y Tabla 58, se muestran los presupuestos para la ejecución de la alternativa 3, para los distintos periodos de retorno.

**Tabla 57. Presupuesto para Tr = 25años**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	Obras provisionales, trabajos preliminares, seguridad y salud				19,561.90
01.01	Trabajos preliminares				4,470.56
01.01.01	Plan de seguridad y salud en el trabajo	GLB	1.00	1,520.30	1,520.30
01.01.02	Cartel de obra 2.40 X 1.20 m	und	1.00	1,210.26	1,210.26
01.01.03	Señalización temporal de seguridad	GLB	1.00	1,740.00	1,740.00
01.02	Trabajos provisionales				4,020.00
01.02.01	Movilización y desmovilización de equipos, materiales y herramientas	GLB	1.00	1,500.00	1,500.00
01.02.02	Baños portátil standard	und	2.00	260.00	520.00
01.02.03	Caseta para almacén y/o guardianía	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
01.03	Demolición				7,918.13
01.03.01	Demolición de pavimento asfáltico	m2	30.00	15.93	477.90
01.03.02	Demolición de losa de piso – vereda	m2	2.40	13.66	32.78

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.03.03	Demolición de jardinera	m2	465.00	15.93	7,407.45
01.04	eliminaciones				3,153.21
01.04.01	Eliminación de demoliciones	m3	38.80	18.16	704.61
01.04.02	trazo, nivel y replanteo	m2	770.00	3.18	2,448.60
02	Estructuras				511,545.22
02.01	Movimiento de tierras				76,489.86
02.01.01	Excavaciones				8,886.80
02.01.01.01	Excavación de material de corte con maquinaria	m3	1,875.00	3.44	6,450.00
02.01.01.02	Excavación para buzones	m3	80.00	30.46	2,436.80
02.01.02	Rellenos				67,603.06
02.01.02.01	Relleno con material propio	m3	1,548.00	25.68	39,752.64
02.01.02.02	Eliminación de material excedente	m3	407.00	21.38	8,701.66
02.01.02.03	Relleno con material de préstamo (grava)	m3	1,548.00	12.37	19,148.76
02.02	Conductos (tubería GRP)				85,782.86
02.02.01	Suministro y colocación de tubería GRP 400	ML	95	137.84	13,094.80
02.02.02	Suministro y colocación de tubería GRP 600mm	ML	60	151.35	9,099.00
02.02.03	Suministro y colocación de tubería GRP 700mm	ML	402	158.18	63,588.36
02.03	Buzones				13,865.60
02.03.01	Construcción de buzón de inspección	und	8.00	1,733.20	13,865.60
02.04	Sumideros				2,857.32
02.04.01	Construcción de sumideros	und	12.00	238.11	2,857.32
02.05	Rejillas				5,620.80
02.05.01	Rejilla para sumideros	und	30.00	187.36	5,620.80
02.06	Reposición de superficie de rodadura				73,832.78
02.06.01	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta e=3"	m2	41.00	62.35	2,556.35
02.06.02	Reposición de carpeta asfáltica en caliente de 0.075m	m2	41.00	61.35	2,515.35
02.06.03	Construcción de jardineras	m2	430.00	147.87	63,584.10
02.06.04	Suministro e instalación de pavimento adoquinado (inc. cama de arena)	m2	54.00	95.87	5,176.98
02.07	Parque hídrico				250,996.70
02.07.01	Construcción de parques hídricos	GLB	1.00	250,996.70	250,996.70

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02.08	Limpieza				2,100.00
02.08.01	Limpieza final de obra	GLB	1.00	2,100.00	2,100.00
	Costo directo				531,107.12
	Gastos generales (10%)				53,110.71
	Utilidad (10%)				53,110.71
	Subtotal				637,328.54
	IGV				114,719.14
	Total, de presupuesto (s/)				752,047.68

**Tabla 58. Presupuesto para Tr = 50 años**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	Obras provisionales, trabajos preliminares, seguridad y salud				19,584.16
01.01	Trabajos preliminares				4,470.56
01.01.01	Plan de seguridad y salud en el trabajo	GLB	1.00	1,520.30	1,520.30
01.01.02	Cartel de obra 2.40 x 1.20 m	und	1.00	1,210.26	1,210.26
01.01.03	Señalización temporal de seguridad	GLB	1.00	1,740.00	1,740.00
01.02	Trabajos provisionales				4,020.00
01.02.01	Movilización y desmovilización de equipos, materiales y herramientas	GLB	1.00	1,500.00	1,500.00
01.02.02	Baños portátil standard	und	2.00	260.00	520.00
01.02.03	Caseta para almacén y/o guardiana	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
01.03	Demolición				7,918.13
01.03.01	Demolición de pavimento asfáltico	m2	30.00	15.93	477.90
01.03.02	Demolición de losa de piso - vereda	m2	2.40	13.66	32.78
01.03.03	Demolición de jardinera	m2	465.00	15.93	7,407.45
01.04	Eliminaciones				3,175.47
01.04.01	Eliminación de demoliciones	m3	38.80	18.16	704.61
01.04.02	Trazo, nivel y replanteo	m2	770.00	3.18	2,448.60
02	Estructuras				556,182.43
02.01	Movimiento de tierras				104,322.81
02.01.01	Excavaciones				9,041.60
02.01.01.01	Excavación de material de corte con maquinaria	m3	1,920.00	3.44	6,604.80
02.01.01.02	Excavación para buzones	m3	80.00	30.46	2,436.80
02.01.02	Rellenos				67,603.06

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02.01.02.01	Relleno con material propio	m3	1,593.00	25.68	40,908.24
02.01.02.02	Eliminación de material excedente	m3	407.00	21.38	8,701.66
02.01.02.03	Relleno con material de préstamo (grava)	M2	1,548.00	12.37	19,148.76
02.02	Conductos (tubería GRP)				91,669.01
02.02.01	Suministro y colocación de tubería GRP 400mm	ML	95.00	137.84	13,094.80
02.02.02	Suministro y colocación de tubería GRP 700mm	ML	137.00	158.18	21,670.66
02.02.03	Suministro y colocación de tubería GRP 800mm	ML	325.00	166.27	54,037.75
02.03	Buzones				13,865.60
02.03.01	Construcción de buzón de inspección	und	8.00	1,733.20	13,865.60
02.04	Sumideros				3,571.65
02.04.01	Construcción de sumideros	und	15.00	238.11	3,571.65
02.05	Rejillas				7,119.68
02.05.01	Rejilla para sumideros	und	38.00	187.36	7,119.68
02.06	Reposición de superficie de rodadura				73,832.78
02.06.01	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta e=3"	m2	41.00	62.35	2,556.35
02.06.02	Reposición de carpeta asfáltica en caliente de 0.075m	m2	41.00	61.35	2,515.35
02.06.03	Construcción de jardineras	m2	430.00	147.87	63,584.10
02.06.04	Suministro e instalación de pavimento adoquinado (inc. cama de arena)	m2	54.00	95.87	5,176.98
02.07	Parque hídrico				259,700.90
02.07.01	Construcción de parques hídricos	GLB	1.00	259,700.90	259,700.90
02.08	Limpieza				2,100.00
02.08.01	Limpieza final de obra	GLB	1.00	2,100.00	2,100.00
	Costo directo				546,355.98
	Gastos generales (10%)				54,635.60
	Utilidad (10%)				54,635.60
	Subtotal				655,627.18
	IGV				118,012.89
	Total, de presupuesto				773,640.07

### 6.3 Planificación de la implementación de la alternativa de solución

La Urb. Santa Margarita, como se ha expuesto en el trabajo de investigación, presenta problemas por inundaciones debido a la formación de zonas críticas, que afecta en temporada de lluvia a los habitantes, por tal motivo se propone un sistema que alivie dicha problemática, cuya implementación es mostrada en la Tabla 59.

**Tabla 59. Planeamiento del proyecto**

Actividad	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
Obras preliminares y provisionales.				
Demolición de estructuras existentes (pavimentadas y adoquinadas)				
Excavación de zanjas para la instalación de las tuberías de conducción, captación y buzones.				
Construcción de Parques Hídricos.				
Instalación de tuberías de conducción.				
Construcción e instalación de sumideros y rejillas.				
Construcción e instalación de buzones.				
Relleno y compactación del suelo en los tramos de tubería y buzones colocados.				
Reposición de estructuras pavimentadas y adoquinadas.				

## Conclusiones

Basándonos en estudios topográficos, delimitación de cuencas urbanas, tipo de suelo, parámetros de infiltración, hidráulicos e hidrológicos, se pudo realizar la modelación de un sistema de drenaje pluvial en la Urb. Santa Margarita con el software SWMM, proponiéndose una solución al problema de inundación para periodos de retorno de 25 y 50 años, respectivamente.

El uso de parques hídricos como solución para retener el agua de lluvia es lo óptimo debido a que no hay ríos, drenes y/o lagunas cercanas alrededor de la Urb. Santa Margarita, para utilizarse como elementos de disposición final.

La alternativa 1 demuestra ser poco práctica para labores de ejecución de obra, dado que, si bien logra alturas de inundación bajas, por el número de parques hídricos planteados, en el aspecto económico representa un elevado presupuesto.

La alternativa 2 permite captar el agua en las zonas críticas identificadas en el plano E.1, reduciendo el metrado en estructuras de captación y conducción, así como la cantidad de parques hídricos. El problema surge en el análisis de las alturas de inundación, ya que los parques que servirán como zona de captación final del agua para solucionar la inundación en la zona crítica "Cinco Esquinas", tendrán alturas muy elevadas.

La alternativa 3 es el diseño óptimo porque soluciona el problema de inundación en la zona crítica "Cinco Esquinas" debido a que se deriva el agua hacia el parque principal de la Urb. Santa Margarita, aprovechando su mayor área y, por ende, la altura de inundación sería baja, asimismo, representa un menor metrado tanto en estructuras de captación como de conducción, movimiento de tierras y reposición del material pavimentado.

La hora crítica, se alcanza a las 12:15 horas iniciado el modelamiento, es decir, se alcanzan los caudales máximos en las tuberías.

Las simulaciones realizadas el software SWMM, presentan un error de continuidad inferior al 1%, tanto para el cálculo de la escorrentía superficial como enrutamiento de flujo, lo que otorga fiabilidad.

El presupuesto para un  $Tr=50$  años es 2.79 % mayor que el de  $Tr=25$  años, lo que no se considera significativo la diferencia en el presupuesto, por tal motivo se plantea realizar el diseño considerando un  $Tr=50$ , dado el costo – beneficio que supone.



### **Recomendaciones**

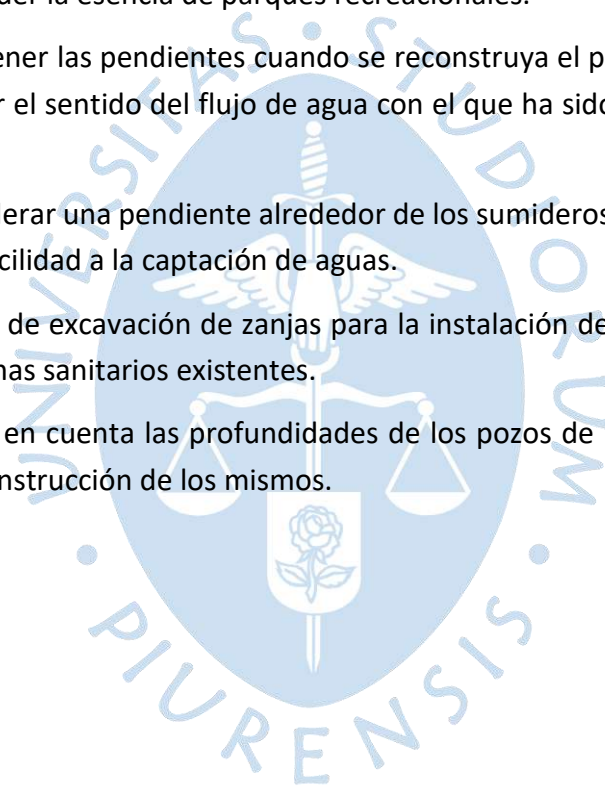
Los parques hídricos se deben diseñar de tal manera que aseguren la recolección de agua de lluvia, sin perder la esencia de parques recreacionales.

Se debe mantener las pendientes cuando se reconstruya el pavimento flexible, con la finalidad de no alterar el sentido del flujo de agua con el que ha sido diseñado el sistema de drenaje pluvial.

Se debe considerar una pendiente alrededor de los sumideros previstos de tal manera que otorgue mayor facilidad a la captación de aguas.

En la actividad de excavación de zanjas para la instalación de tuberías, se debe tener cuidado con los sistemas sanitarios existentes.

Se debe tener en cuenta las profundidades de los pozos de inspección y tuberías de conducción para la construcción de los mismos.





### Referencias bibliográficas

- Academia Ingnova. (2011). *Modelos Hidráulicos de Transporte en SWMM 5.0*. Academia Ingnova. Córdova: Academia Ingnova. Recuperado el 23 de Junio de 2021, de [https://academia.ingnova.es/recursos/apuntes\\_demo/swmm1.pdf](https://academia.ingnova.es/recursos/apuntes_demo/swmm1.pdf)
- Aventín Ferrer, A. (2007). Estudio de la vulnerabilidad de una red de drenaje mediante el método de Monte Carlo. [*Tesina de estudios, Universitat Politècnica de Catalunya*]. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/browse?value=Avent%C3%ADn%20Ferrer,%20Alberto&type=author>
- Bateman, A. (2007). *Hidrología Básica y Aplicada*. Lima, Perú: Grupo de investigación en transporte de sedimentos (GITS). Obtenido de <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>
- Cateriano Huatuco, F. A., & Menacho Girón, L. E. (2019). DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CUENCA IGNACIO MERINO DE PIURA USANDO EL PROGRAMA SWMM. [*Tesis de pregrado, Universidad de Piura*].
- Centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres [CENEPRED]. (2017). *Informe de evaluación de riesgo por inundación pluvial en el área de influencia del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia y departamento de Piura*. Piura: Municipalidad Distrital de Veintiséis de Octubre. Obtenido de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3951>
- Charlton, R. (2007). *Fundamentals of fluvial geomorphology*. Routledge.
- Chasoy ingenieria\topografía. (2020). *Chasoy ingenieria\topografía*. Obtenido de <https://www.facebook.com/2005534653088288/photos/a.2005537109754709/2289128761395541/>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. (M. Suárez R, Ed.) MC Graw Hill.

- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales [CRT]. (2005). *NTP-ISO 4435* (Segunda ed.). Lima, Lima, Perú: INDECOPI-CRT. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/141685342/Norma-ISO-4435>
- Concha Jopia, R., & Gómez Valentín, M. (2008). *Una aproximación a la modelización del drenaje pluvial urbano mediante EPA SWMM 5.0*. CORE. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/41759425.pdf>
- Cubas Lopez, A. F. (2021). *Diseño de sistema de drenaje pluvial del asentamiento humano Los Algarrobos II Y IV etapa (Piura-Piura) [Tesis de titulación, Universidad de Piura]*. Repositorio Institucional PIRHUA, Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5288/ICI\\_2120.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5288/ICI_2120.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cutivalú. (febrero de 2016). Obtenido de <https://www.cutivalu.pe/viviendas-colapsadas-y-otras-inundadas-deja-lluvia-de-la-madrugada/>
- Díaz Llatas, D. V. (2018). Estudio de transporte de sedimentos en la cuenca del río Ronquillo. *(Tesis de titulación)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2037/TESIS\\_DIANA%20VIOLETA%20D%c3%8dAZ%20LLATAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2037/TESIS_DIANA%20VIOLETA%20D%c3%8dAZ%20LLATAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dickinson, R. (3 de Agosto de 2013). *Medium*. Recuperado el 2021 de Octubre de 2021, de <https://medium.com/@rdickinson/three-inertial-term-options-in-swmm-5-and-infoswmm-h2omap-swmm-e8af905e2c6a>
- Diehl, M. (2019). *OPENSWMM*. Obtenido de <https://www.openswmm.org/Topic/20982/surcharge-method>
- EOM GRUPO S.A. (2020). *URB.SANTA MARGARITA*. Obtenido de <https://eomgrupo.com/proyectos-detalle.php?codigodetail=51>
- Farías de Reyes, M. (2007). *Método de Abstracciones o del Número de Curva del SCS: Introducción*. Universidad de Piura, Piura. Obtenido de [https://www.academia.edu/16133415/HDA\\_NT\\_02\\_M%C3%A9todo\\_de\\_Abstracciones\\_o\\_del\\_N%C3%BAmero\\_de\\_Curva\\_del\\_SCS\\_Preparado\\_por\\_Ing\\_Marina\\_Far%C3%ADas\\_de\\_Reyes\\_Marzo\\_2007\\_Para\\_uso\\_de\\_la\\_Universidad\\_de\\_Piura](https://www.academia.edu/16133415/HDA_NT_02_M%C3%A9todo_de_Abstracciones_o_del_N%C3%BAmero_de_Curva_del_SCS_Preparado_por_Ing_Marina_Far%C3%ADas_de_Reyes_Marzo_2007_Para_uso_de_la_Universidad_de_Piura)
- Farias de Reyes, M. (2019). *Capítulo 10: Caudal Máximo [Diapositivas]*. Universidad de Piura, Piura.
- Farías, M., & Ruiz, M. (2018). *Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero. Caso: ciudad de Piura*. Lima. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/327562878>

- French, R. H. (1988). *Hidráulica de canales abiertos (1 edición español)*. México: Libros McGRAW-HILL interamericana . Obtenido de [http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/richard\\_french\\_hidraulica\\_canales\\_abiertos\\_-\\_hidroclis\\_compressed\\_compressed-comprimido.pdf](http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/richard_french_hidraulica_canales_abiertos_-_hidroclis_compressed_compressed-comprimido.pdf)
- G. Allen, R., S. Pereira, L., Dirk, R., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- García Valverde, J. I. (2015). *Slide Player*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/10592127/>
- Gaspari, F., Rodríguez Gavaría, A., Senisterra, G., Denegri, G., & Delgado, M. (2012). Caracterización morfológica de la cuenca alta del río sauce grande buenos aires argentina. *Revista científica del Comité de Medio Ambiente del Grupo Montevideo, IV*, 143-158. Obtenido de <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/download/476/505/>
- Grundfos. (22 de Agosto de 2020). *Grundfos*. Obtenido de <https://www.grundfos.com/es/learn/research-and-insights/suction-lift#:~:text=La%20altura%20de%20aspiraci%C3%B3n%20en,de%20aspiraci%C3%B3n%20de%20la%20bomba.>
- Hernández Jiménez, M. (2018). DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN URB. EL CHILCAL DE LA CIUDAD DE PIURA. *DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN URB. EL CHILCAL DE LA CIUDAD DE PIURA*. Universidad de Piura, Piura.
- Herrero, I. R. (octubre de 2018). *Es el agua*. Obtenido de *Es el agua*: <http://eselagua.com/2018/10/27/la-infiltracion-con-el-modelo-de-green-ampt/>
- INEI. (2018). *Resultados definitivos del departamento de Piura*. Lima. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1553/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1553/)
- Ingeniería de fluidos. (30 de Agosto de 2016). *Ingeniería de fluidos protección anti ariete*. Recuperado el 12 de Junio de 2021, de <https://www.ingenieriadefluidos.com/golpe-de-ariete>
- Instituto geofísico del Perú [IGP]. (2019). *Programa Presupuestal N° 068: Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres*. Lima. Obtenido de [http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//9857\\_zonificacion-sismica-geotecnica-de-la-ciudad-de-piura.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//9857_zonificacion-sismica-geotecnica-de-la-ciudad-de-piura.pdf)
- Instituto Geográfico Nacional. (2015). *Determinación de altura nivelada de treinta y siete puntos de foto control vertical (PFCV) en las localidades de Piura y Castilla*. Piura, Piura, Perú.

- Instituto geográfico nacional, dirección de geodesia. (2015). *Determinación de altura nivelada de treinta y siete puntos de control vertical (PFCV) en las localidades de Piura y Castilla*. Piura: Instituto geográfico nacional, dirección de geodesia.
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2017). *Precipitaciones pluviales en las provincias del departamento de Piura: Informe de emergencia N°587-22/05/2017/COEN-INDECI*. Lima.
- Jaramillo Díaz , J. D., & Cárdenas Bañol , H. A. (2015). *Número de Reynolds*. Corporación universitaria minuto de Dios. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4849/T.IC%20JARAMILLO%20DIAZ%20JULIAN%20DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kent , K. (2010). *Chapter 15 Time of Concentration*. (L. Owens, Ed.) United States Department of Agriculture.
- Martínez, A., & Takahashi , K. (2017). *¿El Niño Costero o Fenómeno El Niño?* Lima: Moneda. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-170/moneda-170-07.pdf>
- Mendoza-Cázares, E. Y., Ramírez-León, J. M., & Puerto-Piedra, Z. Y. (2017). *Recarga utilizando agua de lluvia en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México*. Ciudad de México: researchgate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/320258365\\_Recarga\\_Utilizando\\_Agua\\_de\\_Lluvia\\_en\\_la\\_Cuenca\\_del\\_Rio\\_Magdalena\\_Ciudad\\_de\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/320258365_Recarga_Utilizando_Agua_de_Lluvia_en_la_Cuenca_del_Rio_Magdalena_Ciudad_de_Mexico)
- Mexichem Colombia S.A.S. (s.f.). *GRP Pavco-Manual técnico*. Bogotá: Pavco. Obtenido de [https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product\\_file/file/49973/Manual\\_tecnico\\_grp.pdf](https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/49973/Manual_tecnico_grp.pdf)
- Ministerio de Educación. (4 de Octubre de 2015). *Fenómeno El Niño*. Obtenido de <http://www.minedu.gob.pe/campanias/pdf/triptico-web.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2009). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras. Diseño geométrico*. Lima. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3580.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf)
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2014). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS]. (2006). *Norma Técnica O.S.060 Drenaje pluvial urbano*. LIMA. Obtenido de

[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.060.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.060.pdf)

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS]. (2009). *Norma OS.070 Redes de aguas residuales*. Lima: Dirección nacional de saneamiento.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS]. (2019). *Diseño Sismoresistente (Norma Técnica E030)*. Lima: El Peruano. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856\\_opt.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856_opt.pdf)

Monge Redondo, M. A. (20 de Septiembre de 2017). *iagua*. Recuperado el 23 de Junio de 2021, de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/que-es-cavitacion-como-evitarla>

Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería* (Segunda ed.). Colombia: Alfa Omega Grupo Editor, S. A. de C.V.

Monsalve Sáenz, G. (2002). *Hidrología en la Ingeniería*. (Alfaomega, Ed.) Bogotá, Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de [http://biblioteca.unach.edu.ec/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=2922](http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=2922)

Municipalidad Provincial de Piura. (2017). *Municipalidad Provincial de Piura. República del Perú*. Obtenido de <http://www.munipiura.gob.pe/ciudad/distritos-piura#veintiseis-de-octubre>

NICOLL PERU S.A. (2006). Sistema alcantarillado NTP-ISO4435. (N. P. S.A, Ed.) *Catálogo técnico saneamiento*. Obtenido de <http://tutupaca.com/overall/app/productos/TUBERIAS%20DE%20PVC%20OK/NTP%20ISO%204435.pdf>

Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *¿Qué es una cuenca hidrológica?* (Primera ed.). (Z. I. Novoa Goigochea, Ed.) Lima: Zaniel I. Novoa Goicochea - Foro Peruano para el Agua - GWP Perú. Obtenido de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/cuenca\\_hidrologica.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf)

Perez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Piura TV Canal. (2 de Septiembre de 2020). *Piura TV Canal*. Recuperado el 4 de Julio de 2021, de <https://www.facebook.com/watch/?v=2713936785554337>

Rodríguez Ruiz, P. (2008). *Hidráulica II*. México. Obtenido de [https://carlosquispeanccasi.files.wordpress.com/2011/12/hidraulica\\_ruiz.pdf](https://carlosquispeanccasi.files.wordpress.com/2011/12/hidraulica_ruiz.pdf)

Rojo Hernández , J. D. (2014). *MORFOMETRIA DE CUENCAS*. Obtenido de <http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/morfometria.pdf>

- Rossman, L., Schade, T., Sullivan, D., Dickinson, R., Chan, C., & Burgess, E. (2005). *SWMM Modelo de gestión de aguas pluviales*. Estados Unidos: Grupo multidisciplinar de modelación de fluidos [GMF]. Obtenido de [http://www.instagua.upv.es/swmm/descargas/Manual\\_SWMM5vE.pdf](http://www.instagua.upv.es/swmm/descargas/Manual_SWMM5vE.pdf)
- Rossman, L., Schade, T., Sullivan, D., Dickinson, R., Chan, C., & Burgess, E. (2005). *SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales*. Washington, Estados Unidos: Grupo multidisciplinar de modelación de fluidos [GMF]. Obtenido de [http://www.instagua.upv.es/swmm/descargas/Manual\\_SWMM5vE.pdf](http://www.instagua.upv.es/swmm/descargas/Manual_SWMM5vE.pdf)
- Sánchez Martínez, M. I. (2001). Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile: Introducción. *Revista de Geografía Norte Grande*. Obtenido de [https://www.academia.edu/6929368/M%C3%A9todos\\_de\\_estimaci%C3%B3n\\_de\\_evapotranspiraci%C3%B3n\\_utilizados\\_en\\_Chile](https://www.academia.edu/6929368/M%C3%A9todos_de_estimaci%C3%B3n_de_evapotranspiraci%C3%B3n_utilizados_en_Chile)
- Schumm, S. (2014). *Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy*. New Jersey, United States: Geological Society of America Bulletin. Obtenido de <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article/67/5/597/4811/EVOLUTION-OF-DRAINAGE-SYSTEMS-AND-SLOPES-IN>
- SENAMHI. (2017). *El Niño Costero 2017 Condiciones Termo-Pluviométricas a Nivel Nacional*. SENAMHI. Lima: SENAMHI. Obtenido de [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/SENAMHI/Informe\\_Tecnico\\_N\\_28\\_2017\\_SEHAMHI\\_DMA\\_SPC\\_El\\_Nino-Costero\\_2017\\_Condiciones\\_Termo\\_Pluiometricas\\_a\\_Nivel\\_Nacional\\_Peru\\_2017.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/SENAMHI/Informe_Tecnico_N_28_2017_SEHAMHI_DMA_SPC_El_Nino-Costero_2017_Condiciones_Termo_Pluiometricas_a_Nivel_Nacional_Peru_2017.pdf)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (Julio de 2014). *El fenómeno El Niño en el Perú*. SENAMHI. Lima: SENAMHI. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Dossier-El-Ni%C3%B1o-Final\\_web.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Dossier-El-Ni%C3%B1o-Final_web.pdf)
- SIAPA. (2014). *Criterios y lineamientos técnicos para Factibilidades*. Obtenido de [https://www.academia.edu/31139026/Lineamientos\\_T%C3%A9cnicos\\_para\\_Factibilidades\\_SIAPA\\_CRITERIOS\\_Y\\_LINEAMIENTOS\\_T%C3%89CNICOS\\_PARA\\_FACTIBILIDADES](https://www.academia.edu/31139026/Lineamientos_T%C3%A9cnicos_para_Factibilidades_SIAPA_CRITERIOS_Y_LINEAMIENTOS_T%C3%89CNICOS_PARA_FACTIBILIDADES)
- Soto, J. (octubre de 2016). *slideshare*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/RibBrian/9-evapotranspiracion-67438987>
- Thornthwaite, C. W. (1948). *An approach toward a rational classification of climate*. (Vol. 38). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/275605891\\_Epocas\\_de\\_florescimento\\_e\\_colheita\\_da\\_nogueira-](https://www.researchgate.net/publication/275605891_Epocas_de_florescimento_e_colheita_da_nogueira-)

macadamia\_para\_areas\_cafeicolasda\_regiao\_sudeste/fulltext/55f5a93c08ae63926cf4e732/Epocas-de-florescimento-e-colheita-da-nogueira-macadamia-para-areas-cafeic

- U.S. Environmental Protection Agency. (2015). *User's Manual Version 5.1* (Cinco ed.). Estados Unidos: EPA. Obtenido de [https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5\\_1\\_manual\\_master\\_8-2-15.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf)
- U.S. Environmental Protection Agency. (2015). *User's Manual Version 5.1* (Cinco ed.). Washington D. C, Washington , Estados Unidos: EPA. Obtenido de [https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5\\_1\\_manual\\_master\\_8-2-15.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf)
- United States Department of Agriculture. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Estados Unidos. Obtenido de [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf)
- Universidad Complutense de Madrid. (1 de Febrero de 2008). *Universidad Complutense de Madrid*. Obtenido de [https://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc\\_sub\\_infiltracion.html](https://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html)
- Villarroya, J., Farias, H., & Amarilla, M. (2018). *Estimación del parámetro hidrológico del Número de Curva NC: Automatización del cálculo mediante S.I.G. y nuevas fuentes de información cartográfica. Caso del área urbana de Pozo Hondo. Fundamento teórico del método*. Obtenido de <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/codinoa-2013/trabajos/tierra/27-prieto.pdf>
- Weber , J. (2014). *Parámetros del modelo de pérdidas CN-SCS para áreas permeables de la ciudad de Córdoba, Argentina: El método del CN-SCS*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/269037521\\_Parametros\\_del\\_modelo\\_de\\_perdidas\\_CN-SCS\\_para\\_areas\\_permeables\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Cordoba\\_Argentina](https://www.researchgate.net/publication/269037521_Parametros_del_modelo_de_perdidas_CN-SCS_para_areas_permeables_de_la_ciudad_de_Cordoba_Argentina)
- Weber, J. (2013). *Parámetros de modelos de infiltración en suelos de la ciudad de Córdoba, Argentina*. ResearchGate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/263351116\\_PARAMETROS\\_DE\\_MODELO\\_S\\_DE\\_INFILTRACION\\_EN\\_SUELOS\\_DE\\_LA\\_CIUDAD\\_DE\\_CORDOBA\\_ARGENTINA](https://www.researchgate.net/publication/263351116_PARAMETROS_DE_MODELO_S_DE_INFILTRACION_EN_SUELOS_DE_LA_CIUDAD_DE_CORDOBA_ARGENTINA)
- White, F. M. (2004). *Mecánica de fluidos 5ta version español* (Vol. 5ta version). España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA. Obtenido de [https://www.academia.edu/35477659/Mecanica\\_de\\_los\\_Fluidos\\_White\\_5ta\\_Edici%C3%B3n](https://www.academia.edu/35477659/Mecanica_de_los_Fluidos_White_5ta_Edici%C3%B3n)



## Apéndices

### A. Cálculos hidrológicos

#### A.1 Hietograma de diseño para $Tr = 25$ años

Tiempo ( min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación ordenada (mm)	Intensidad Parcial (mm/h)
15	89.24	22.31	22.31	0.23	0.92
30	77.53	38.77	16.46	0.24	0.95
45	68.64	51.48	12.72	0.24	0.97
60	61.65	61.65	10.17	0.25	1.00
75	56.00	70.01	8.35	0.26	1.03
90	51.34	77.01	7.01	0.26	1.05
105	47.43	82.99	5.98	0.27	1.09
120	44.09	88.17	5.18	0.28	1.12
135	41.21	92.71	4.54	0.29	1.15
150	38.69	96.73	4.02	0.30	1.19
165	36.48	100.32	3.59	0.31	1.23
180	34.52	103.56	3.23	0.32	1.27
195	32.77	106.49	2.93	0.33	1.32
210	31.19	109.16	2.67	0.34	1.36
225	29.76	111.61	2.45	0.35	1.41
240	28.47	113.87	2.26	0.37	1.47
255	27.29	115.96	2.09	0.38	1.53
270	26.20	117.91	1.94	0.40	1.59
285	25.20	119.72	1.81	0.41	1.66
300	24.28	121.42	1.70	0.43	1.73
315	23.43	123.01	1.59	0.45	1.81
330	22.64	124.50	1.50	0.48	1.90
345	21.90	125.92	1.41	0.50	2.00
360	21.21	127.25	1.34	0.53	2.10
375	20.56	128.52	1.27	0.55	2.22
390	19.96	129.72	1.20	0.59	2.35
405	19.39	130.87	1.14	0.62	2.49
420	18.85	131.96	1.09	0.66	2.65

Tiempo ( min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación ordenada (mm)	Intensidad Parcial (mm/h)
435	18.35	133.00	1.04	0.71	2.83
450	17.87	134.00	1.00	0.76	3.03
465	17.41	134.95	0.95	0.81	3.26
480	16.98	135.87	0.92	0.88	3.52
495	16.58	136.75	0.88	0.95	3.82
510	16.19	137.59	0.85	1.04	4.17
525	15.82	138.41	0.81	1.14	4.58
540	15.47	139.19	0.78	1.27	5.07
555	15.13	139.95	0.76	1.41	5.65
570	14.81	140.68	0.73	1.59	6.37
585	14.50	141.38	0.71	1.81	7.25
600	14.21	142.07	0.68	2.09	8.37
615	13.92	142.73	0.66	2.45	9.81
630	13.65	143.37	0.64	2.93	11.73
645	13.39	143.99	0.62	3.59	14.36
660	13.15	144.60	0.60	4.54	18.16
675	12.91	145.18	0.59	5.98	23.92
690	12.67	145.75	0.57	8.35	33.41
705	12.45	146.31	0.55	12.72	50.87
720	12.24	146.85	0.54	22.31	89.24
735	12.03	147.37	0.53	16.46	65.83
750	11.83	147.89	0.51	10.17	40.68
765	11.64	148.38	0.50	7.01	28.03
780	11.45	148.87	0.49	5.18	20.72
795	11.27	149.35	0.48	4.02	16.08
810	11.10	149.81	0.46	3.23	12.93
825	10.93	150.26	0.45	2.67	10.70
840	10.76	150.71	0.44	2.26	9.04
855	10.61	151.14	0.43	1.94	7.77
870	10.45	151.56	0.42	1.70	6.78
885	10.30	151.98	0.41	1.50	5.99
900	10.16	152.38	0.41	1.34	5.35
915	10.02	152.78	0.40	1.20	4.81
930	9.88	153.17	0.39	1.09	4.36
945	9.75	153.55	0.38	1.00	3.99
960	9.62	153.93	0.37	0.92	3.66
975	9.50	154.29	0.37	0.85	3.38
990	9.37	154.65	0.36	0.78	3.14
1005	9.25	155.01	0.35	0.73	2.92
1020	9.14	155.35	0.35	0.68	2.73
1035	9.03	155.70	0.34	0.64	2.57
1050	8.92	156.03	0.33	0.60	2.42
1065	8.81	156.36	0.33	0.57	2.28

Tiempo ( min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación ordenada (mm)	Intensidad Parcial (mm/h)
1080	8.70	156.68	0.32	0.54	2.16
1095	8.60	157.00	0.32	0.51	2.05
1110	8.50	157.31	0.31	0.49	1.95
1125	8.41	157.62	0.31	0.46	1.86
1140	8.31	157.92	0.30	0.44	1.77
1155	8.22	158.22	0.30	0.42	1.69
1170	8.13	158.51	0.29	0.41	1.62
1185	8.04	158.80	0.29	0.39	1.56
1200	7.95	159.08	0.28	0.37	1.50
1215	7.87	159.36	0.28	0.36	1.44
1230	7.79	159.64	0.28	0.35	1.39
1245	7.71	159.91	0.27	0.33	1.34
1260	7.63	160.18	0.27	0.32	1.29
1275	7.55	160.44	0.26	0.31	1.25
1290	7.47	160.70	0.26	0.30	1.21
1305	7.40	160.96	0.26	0.29	1.17
1320	7.33	161.21	0.25	0.28	1.14
1335	7.26	161.46	0.25	0.28	1.10
1350	7.19	161.71	0.25	0.27	1.07
1365	7.12	161.95	0.24	0.26	1.04
1380	7.05	162.19	0.24	0.25	1.01
1395	6.99	162.42	0.24	0.25	0.98
1410	6.92	162.66	0.23	0.24	0.96
1425	6.86	162.89	0.23	0.23	0.93
1440	6.80	163.12	0.23	0.23	0.91

### A.2 Hietograma de diseño para $Tr = 50$ años

Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación ordenada (mm)	Intensidad Parcial (mm/h)
15	115.87	28.97	28.97	0.30	1.20
30	100.67	50.34	21.37	0.31	1.23
45	89.13	66.85	16.51	0.32	1.26
60	80.05	80.05	13.20	0.32	1.29
75	72.72	90.90	10.85	0.33	1.33
90	66.66	99.99	9.10	0.34	1.37
105	61.58	107.76	7.77	0.35	1.41
120	57.24	114.49	6.72	0.36	1.45
135	53.50	120.38	5.89	0.37	1.50
150	50.24	125.60	5.22	0.39	1.54

Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación ordenada (mm)	Intensidad Parcial (mm/h)
165	47.37	130.26	4.66	0.40	1.60
180	44.82	134.46	4.20	0.41	1.65
195	42.54	138.26	3.81	0.43	1.71
210	40.50	141.74	3.47	0.44	1.77
225	38.65	144.92	3.18	0.46	1.84
240	36.96	147.85	2.93	0.48	1.91
255	35.43	150.57	2.72	0.50	1.98
270	34.02	153.09	2.52	0.52	2.06
285	32.73	155.44	2.35	0.54	2.15
300	31.53	157.65	2.20	0.56	2.25
315	30.42	159.71	2.07	0.59	2.35
330	29.39	161.66	1.94	0.62	2.47
345	28.43	163.49	1.83	0.65	2.59
360	27.54	165.23	1.74	0.68	2.73
375	26.70	166.87	1.64	0.72	2.88
390	25.91	168.43	1.56	0.76	3.05
405	25.17	169.92	1.49	0.81	3.23
420	24.48	171.34	1.42	0.86	3.44
435	23.82	172.69	1.35	0.92	3.67
450	23.20	173.98	1.29	0.98	3.93
465	22.61	175.22	1.24	1.06	4.23
480	22.05	176.41	1.19	1.14	4.57
495	21.52	177.55	1.14	1.24	4.96
510	21.02	178.65	1.10	1.35	5.41
525	20.54	179.71	1.06	1.49	5.95
540	20.08	180.73	1.02	1.64	6.58
555	19.64	181.71	0.98	1.83	7.34
570	19.23	182.66	0.95	2.07	8.26
585	18.83	183.57	0.92	2.35	9.41
600	18.45	184.46	0.89	2.72	10.86
615	18.08	185.32	0.86	3.18	12.73
630	17.73	186.15	0.83	3.81	15.22
645	17.39	186.96	0.81	4.66	18.65
660	17.07	187.75	0.78	5.89	23.57
675	16.76	188.51	0.76	7.77	31.06
690	16.46	189.25	0.74	10.85	43.38
705	16.17	189.97	0.72	16.51	66.04
720	15.89	190.67	0.70	28.97	115.87
735	15.62	191.35	0.68	21.37	85.48
750	15.36	192.01	0.66	13.20	52.82
765	15.11	192.66	0.65	9.10	36.39
780	14.87	193.30	0.63	6.72	26.90
795	14.63	193.91	0.62	5.22	20.87

Tiempo (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Precipitación ordenada (mm)	Intensidad Parcial (mm/h)
810	14.41	194.51	0.60	4.20	16.79
825	14.19	195.10	0.59	3.47	13.89
840	13.98	195.68	0.58	2.93	11.74
855	13.77	196.24	0.56	2.52	10.09
870	13.57	196.79	0.55	2.20	8.81
885	13.38	197.33	0.54	1.94	7.78
900	13.19	197.86	0.53	1.74	6.94
915	13.01	198.37	0.52	1.56	6.25
930	12.83	198.88	0.51	1.42	5.67
945	12.66	199.37	0.50	1.29	5.18
960	12.49	199.86	0.49	1.19	4.75
975	12.33	200.34	0.48	1.10	4.39
990	12.17	200.80	0.47	1.02	4.07
1005	12.02	201.26	0.46	0.95	3.80
1020	11.87	201.71	0.45	0.89	3.55
1035	11.72	202.16	0.44	0.83	3.33
1050	11.58	202.59	0.43	0.78	3.14
1065	11.44	203.02	0.43	0.74	2.96
1080	11.30	203.44	0.42	0.70	2.80
1095	11.17	203.85	0.41	0.66	2.66
1110	11.04	204.25	0.41	0.63	2.53
1125	10.91	204.65	0.40	0.60	2.41
1140	10.79	205.05	0.39	0.58	2.30
1155	10.67	205.43	0.39	0.55	2.20
1170	10.55	205.81	0.38	0.53	2.11
1185	10.44	206.19	0.37	0.51	2.02
1200	10.33	206.55	0.37	0.49	1.94
1215	10.22	206.92	0.36	0.47	1.87
1230	10.11	207.28	0.36	0.45	1.80
1245	10.01	207.63	0.35	0.43	1.74
1260	9.90	207.97	0.35	0.42	1.68
1275	9.80	208.32	0.34	0.41	1.62
1290	9.70	208.65	0.34	0.39	1.57
1305	9.61	208.99	0.33	0.38	1.52
1320	9.51	209.32	0.33	0.37	1.47
1335	9.42	209.64	0.32	0.36	1.43
1350	9.33	209.96	0.32	0.35	1.39
1365	9.24	210.27	0.32	0.34	1.35
1380	9.16	210.58	0.31	0.33	1.31
1395	9.07	210.89	0.31	0.32	1.28
1410	8.99	211.20	0.30	0.31	1.24
1425	8.91	211.49	0.30	0.30	1.21
1440	8.82	211.79	0.30	0.30	1.18

## B. Cálculos hidráulicos

### B.1 Comprobación de fuerza tractiva y velocidad para $Tr = 25$ años

#### B.1.1. Alternativa 1

##### Sistema 1

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
344	616	173	36.36	36	60	561.28	315.23	0.55	0.238
372	173	3	36	35.6	77	522.26	325.73	0.55	0.238
371	3	44	35.6	34.1	290	657.24	568.92	0.60	0.283
373	44	587	34.1	33.85	35	956.11	742.76	0.65	0.332

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
616	173	0.60%	0.138	544.73	2.29	0.82	0.58	0.900	1.124	0.614	2.06	0.93	33.77
173	3	0.52%	0.138	506.87	2.13	0.71	0.64	0.925	1.155	0.653	1.97	0.82	35.92
3	44	0.52%	0.150	637.86	2.26	0.78	0.89	1.016	1.217	0.816	2.29	0.94	48.96
44	587	0.71%	0.163	927.93	2.80	1.16	0.80	0.984	1.209	0.758	2.75	1.40	49.27

Sistema 2

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
374	90	564	36.63	36.35	52	227.44	59.45	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
90	564	0.54%	0.100	220.74	1.76	0.54	0.27	0.716	0.862	0.403	1.26	0.46	16.12

Sistema 3

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
375	200	598	37.16	36.9	51	221.31	84.33	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
200	598	0.51%	0.100	214.78	1.71	0.51	0.39	0.801	0.987	0.490	1.37	0.50	19.60

Sistema 4

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
366	176	579	37.81	37.25	110	221.15	116.31	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
176	579	0.51%	0.100	214.63	1.71	0.51	0.54	0.882	1.100	0.589	1.51	0.56	23.56

Sistema 5

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
361	57	582	38.04	37.45	111	225.98	24.88	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
57	582	0.53%	0.100	219.31	1.75	0.53	0.11	0.539	0.568	0.241	0.94	0.30	9.64

Sistema 6

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final						
378	31	590	37.48	36.8		109	244.82	166.95	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
31	590	0.62%	0.100	237.60	1.89	0.62	0.70	0.948	1.181	0.692	1.79	0.74	27.68

Sistema 7

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final						
379	108	595	37.5	37.2		52	235.43	158.89	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
108	595	0.58%	0.100	228.49	1.82	0.58	0.70	0.948	1.181	0.692	1.72	0.68	27.68

Sistema 8

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
365	7	594	37.11	36.7	82	219.17	57.90	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas			Tubo Parcialmente lleno			
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
7	594	0.50%	0.100	212.71	1.69	0.50	0.27	0.716	0.862	0.403	1.21	0.43	16.12

**B.1.2. Alternativa 2**

Sistema 1

Conducto	Tramo		Cota de fondo			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
320	616	173	36.36	35.95	60	464.56	362.81	0.50	0.196
281	173	3	35.95	35.5	77	553.94	445.56	0.55	0.238
318	3	563	35.5	35.05	70	580.98	460.50	0.55	0.238
319	3	566	35.5	34.75	120	572.86	467.21	0.55	0.238

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
616	173	0.68%	0.125	450.86	2.30	0.85	0.80	0.984	1.209	0.758	2.26	1.03	37.90
173	3	0.58%	0.138	537.61	2.26	0.80	0.83	0.994	1.214	0.778	2.25	0.98	42.79
3	563	0.64%	0.138	563.85	2.37	0.88	0.82	0.991	1.213	0.771	2.35	1.07	42.41
3	566	0.63%	0.138	555.97	2.34	0.86	0.84	0.997	1.215	0.785	2.33	1.04	43.18

Sistema 2

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final						
312	44	587	37.35	37.05	35	286.96	193.53	0.4	0.126	

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
44	587	0.86%	0.100	278.50	2.22	0.86	0.69	0.944	1.177	0.686	2.09	1.01	27.44

Sistema 3

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final						
314	31	590	37.48	36.9	95	242.19	167.43	0.4	0.126	

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
31	590	0.61%	0.100	235.05	1.87	0.61	0.71	0.951	1.184	0.699	1.78	0.72	27.96

### B.1.3. Alternativa 3

#### Sistema 1

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
320	616	173	36.36	35.95	60	755.42	363.10	0.60	0.283
281	173	3	35.95	35.5	77	1053.80	445.45	0.70	0.385
321	3	44	35.5	33.75	290	1070.83	924.32	0.70	0.385
312	44	587	33.75	33.5	35	1165.02	1116.06	0.70	0.385

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
616	173	0.68%	0.150	733.15	2.59	1.02	0.50	0.862	1.074	0.563	2.24	1.10	33.78
173	3	0.58%	0.175	1022.74	2.66	1.02	0.44	0.830	1.029	0.523	2.21	1.05	36.61
3	44	0.60%	0.175	1039.26	2.70	1.06	0.89	1.016	1.217	0.816	2.74	1.29	57.12
44	587	0.71%	0.175	1130.68	2.94	1.25	0.99	1.053	1.198	0.890	3.09	1.50	62.30

#### Sistema 2

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
314	31	590	37.48	36.9	95	242.19	167.47	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
31	590	0.61%	0.100	235.05	1.87	0.61	0.71	0.951	1.184	0.699	1.78	0.72	27.96

## B.2 Comprobación de fuerza tractiva y velocidad para $Tr = 50$ años

### B.2.1. Alternativa 1

#### Sistema 1

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
344	616	173	36.36	36	60	707.86	421.32	0.60	0.283
372	173	3	36	35.6	77	815.38	436.17	0.65	0.332
371	3	44	35.6	34.1	290	991.39	771.6	0.70	0.385
373	44	587	34.1	33.85	35	1165.02	1011.61	0.70	0.385

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
616	173	0.60%	0.150	687.00	2.43	0.90	0.61	0.836	1.037	0.530	2.03	0.93	31.80
173	3	0.52%	0.163	791.34	2.38	0.84	0.55	0.929	1.159	0.659	2.22	0.98	42.84
3	44	0.52%	0.175	962.17	2.50	0.91	0.80	0.891	1.112	0.602	2.23	1.01	42.14
44	587	0.71%	0.175	1130.68	2.94	1.25	0.89	0.921	1.150	0.646	2.71	1.44	45.22

Sistema 2

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
374	90	564	36.63	36.35	52	227.44	79.72	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
90	564	0.54%	0.100	220.74	1.76	0.54	0.36	0.782	0.959	0.469	1.37	0.52	18.76

Sistema 3

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
375	200	598	37.16	36.9	51	221.31	113.13	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
200	598	0.51%	0.100	214.78	1.71	0.51	0.53	0.877	1.083	0.582	1.50	0.55	23.28

Sistema 4

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
376	176	579	37.81	37.2	110	230.82	156.70	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones hidráulicas			Tubo Parcialmente lleno			
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
176	579	0.55%	0.100	224.01	1.78	0.55	0.70	0.948	1.181	0.692	1.69	0.65	27.68

Sistema 5

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
377	57	582	38.04	37.45	111	225.98	33.50	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones hidráulicas			Tubo Parcialmente lleno			
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
57	582	0.53%	0.100	219.31	1.75	0.53	0.15	0.602	0.678	0.297	1.05	0.36	11.88

Sistema 6

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
378	31	590	37.48	36.8	109	443.88	224.95	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
31	590	0.62%	0.100	237.60	1.89	0.62	0.95	1.040	1.211	0.859	1.97	0.76	34.36

Sistema 7

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)			Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final	Longitud (m)				
379	108	595	37.5	37.2	52	426.86	213.88	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
108	595	0.58%	0.100	228.49	1.82	0.58	0.94	1.036	1.213	0.852	1.88	0.70	34.08

Sistema 8

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
380	7	594	37.11	36.7	82	219.17	80.74	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
7	594	0.50%	0.100	212.71	1.69	0.50	0.38	0.795	0.978	0.483	1.35	0.49	19.32

**B.2.2. Alternativa 2**

Sistema 1

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
320	616	173	36.36	35.95	60	598.99	486.09	0.55	0.238
281	173	3	35.95	35.5	77	698.61	598.21	0.60	0.283
318	3	563	35.5	35.05	70	732.71	617.73	0.60	0.283
319	3	566	35.5	34.75	120	722.46	641.48	0.60	0.283

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
616	173	0.68%	0.138	581.33	2.45	0.94	0.84	0.997	1.215	0.785	2.44	1.14	43.18
173	3	0.58%	0.150	678.01	2.40	0.88	0.88	1.012	1.217	0.812	2.43	1.07	48.72
3	563	0.64%	0.150	711.11	2.52	0.96	0.87	1.007	1.217	0.806	2.53	1.17	48.36
3	566	0.63%	0.150	701.16	2.48	0.94	0.91	1.024	1.216	0.831	2.54	1.14	49.86

Sistema 2

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
312	44	587	37.35	37.05	35	286.96	260.97	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
44	587	0.86%	0.100	278.50	2.22	0.86	0.94	1.036	1.213	0.852	2.30	1.04	34.08

Sistema 3

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
314	31	590	37.48	36.9	95	242.19	225.03	0.4	0.196

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
31	590	0.61%	0.100	235.05	1.87	0.61	0.96	1.043	1.209	0.866	1.95	0.74	34.64

### B.2.3. Alternativa 3

#### Sistema 1

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
320	616	173	36.36	35.95	60	1139.50	486.08	0.70	0.385
281	173	3	35.95	35.5	77	1053.80	597.6	0.70	0.385
321	3	44	35.5	33.75	290	1528.85	1255.22	0.80	0.503
312	44	587	33.75	33.5	35	1663.34	1512.73	0.80	0.503

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
616	173	0.68%	0.175	1105.91	2.87	1.20	0.44	0.830	1.029	0.523	2.39	1.23	36.61
173	3	0.58%	0.175	1022.74	2.66	1.02	0.58	0.900	1.124	0.614	2.39	1.15	42.98
3	44	0.60%	0.200	1483.78	2.95	1.21	0.85	1.000	1.216	0.792	2.95	1.47	63.36
44	587	0.71%	0.200	1614.30	3.21	1.43	0.94	1.036	1.213	0.852	3.33	1.73	68.16

#### Sistema 2

Conducto	Tramo		Cota de fondo (m)		Longitud (m)	Caudal máximo (lps)	Caudal SWMM (lps)	Diámetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )
	Desde	Hasta	Inicio	Final					
314	31	590	37.48	36.9	95	242.19	225.21	0.4	0.126

Tramo		S(%)	Rh	Tubo lleno			Relaciones Hidráulicas				Tubo Parcialmente lleno		
Desde	Hasta			Q (l/s)	V (m/s)	T (kg/m <sup>2</sup> )	q/Q	v/V	t/T	d/D	v (m/s)	t (kg/m <sup>2</sup> )	d (cm)
31	590	0.61%	0.100	235.05	1.87	0.61	0.96	1.043	1.209	0.866	1.95	0.74	34.64

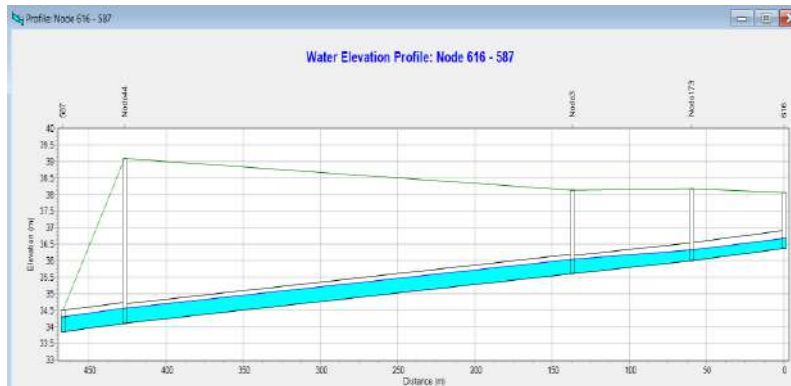


## C. Perfiles longitudinales

### C.1 Para $Tr = 25$ años

#### C.1.1. Alternativa 1

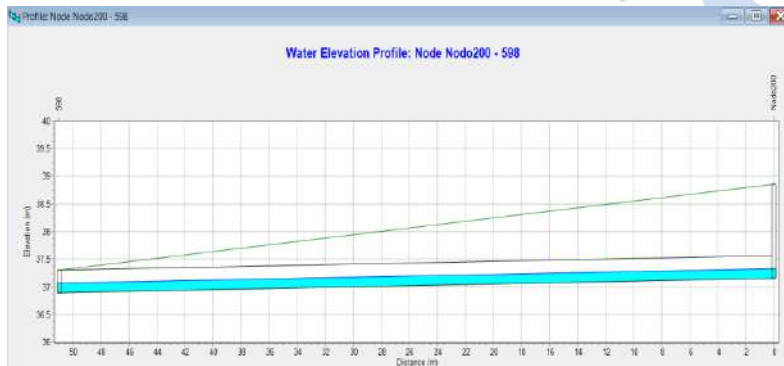
Sistema 1



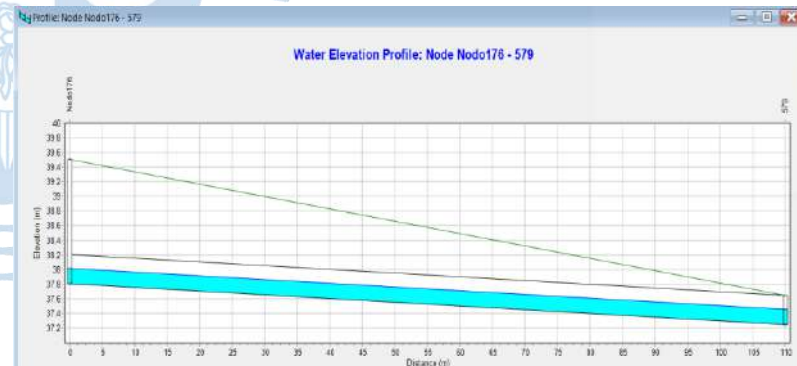
Sistema 2



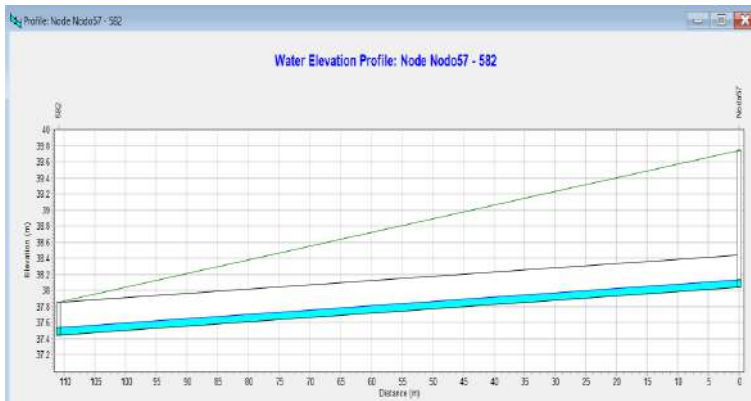
Sistema 3



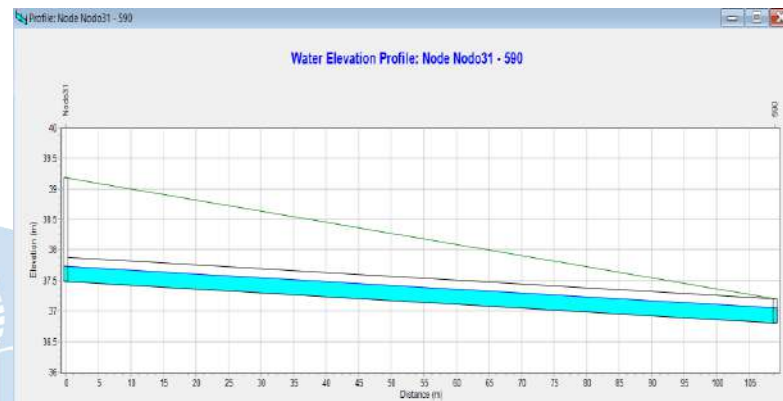
Sistema 4



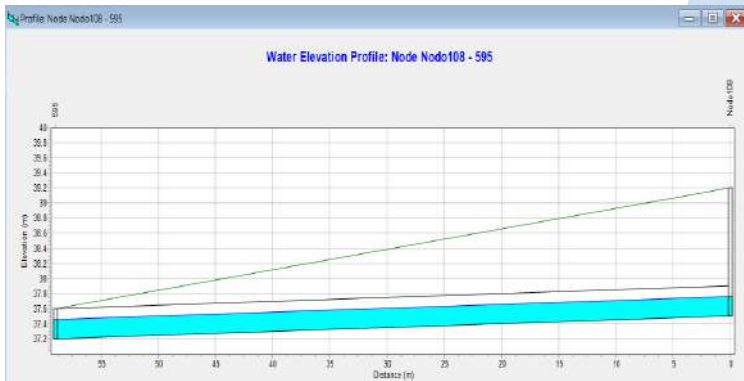
Sistema 5



Sistema 6



Sistema 7

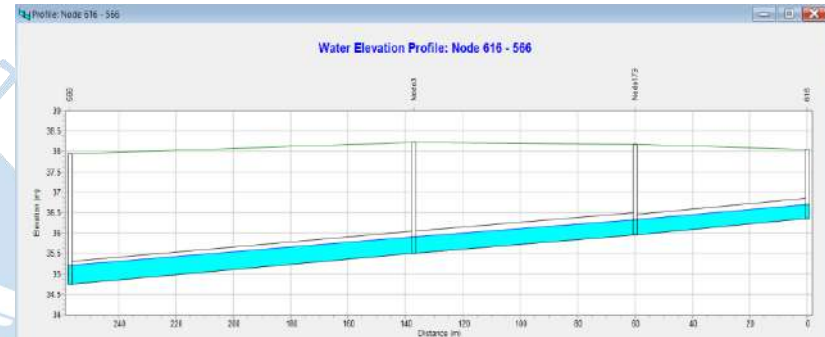
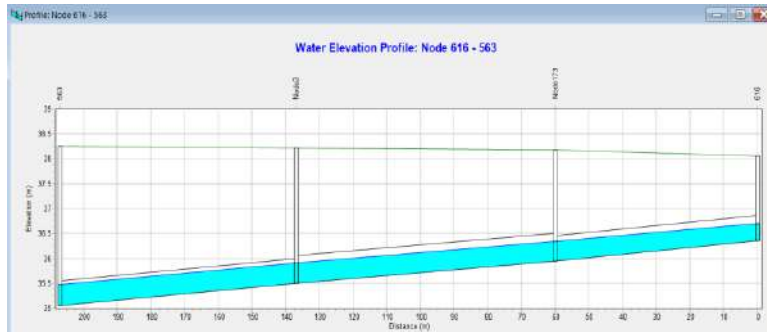


Sistema 8



## C.1.2. Alternativa 2

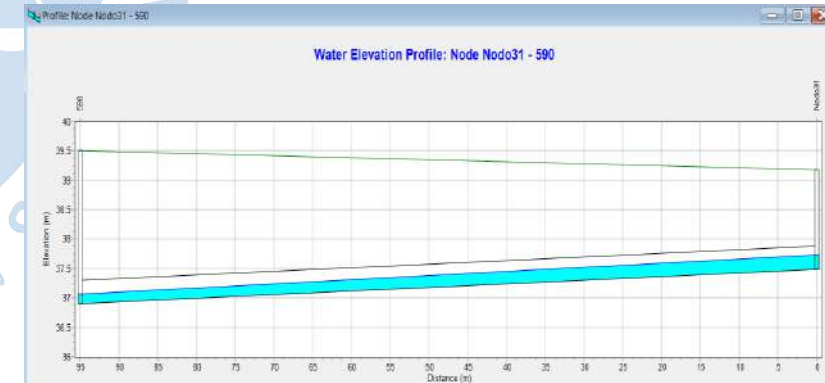
### Sistema 1



### Sistema 2

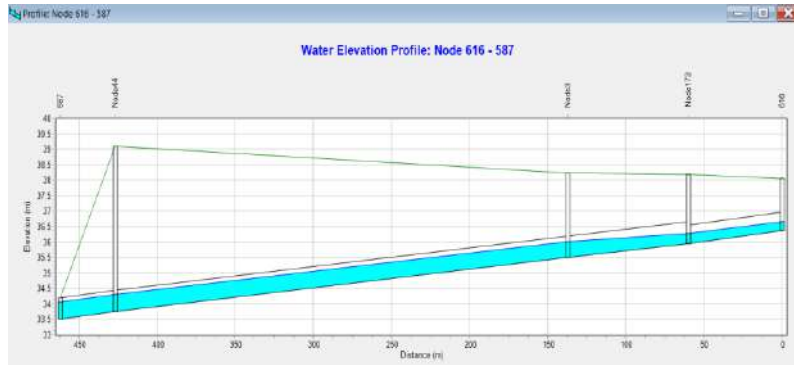


### Sistema 3



### C.1.3. Alternativa 3

Sistema 1



Sistema 2



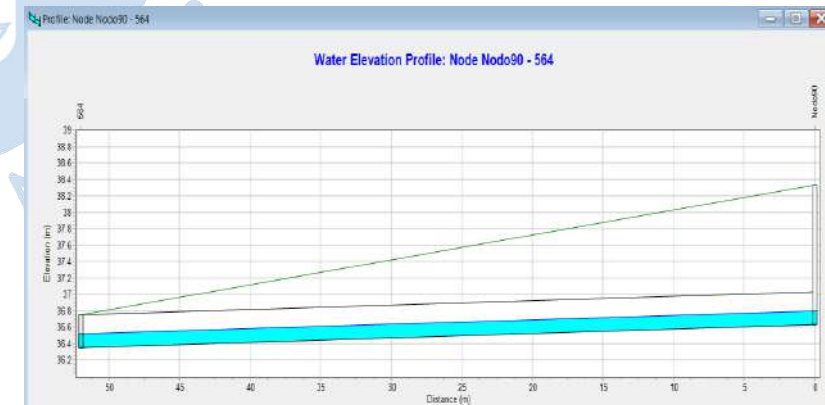
### C.2 Para $Tr = 50$ años

#### C.2.1. Alternativa 2

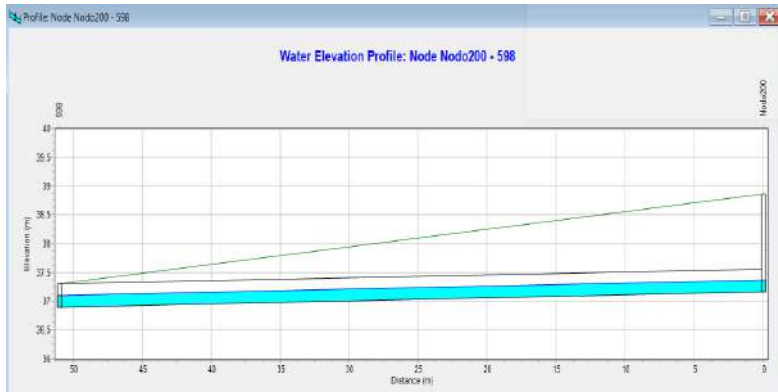
Sistema 1



Sistema 2



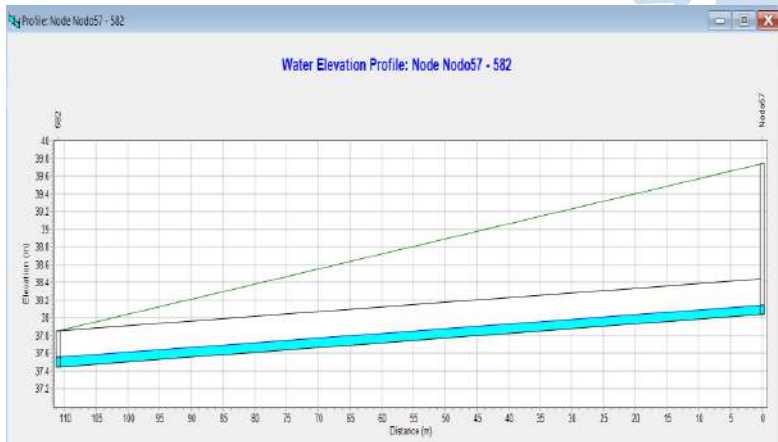
Sistema 3



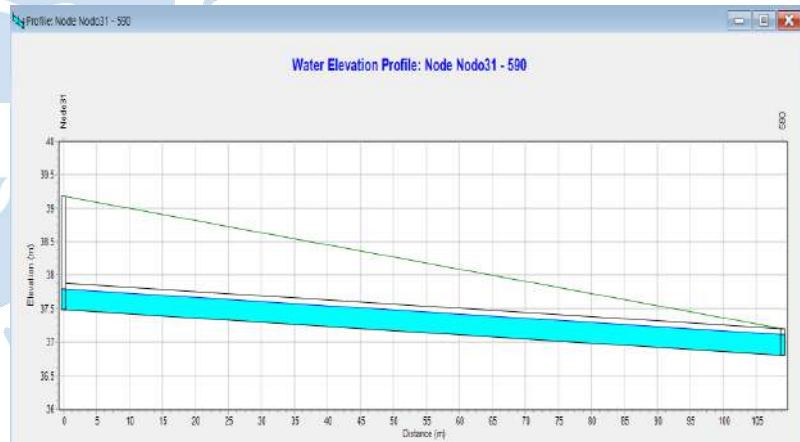
Sistema 4



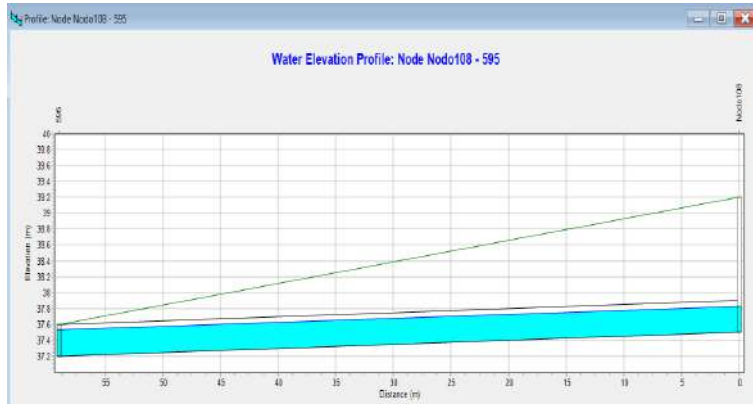
Sistema 5



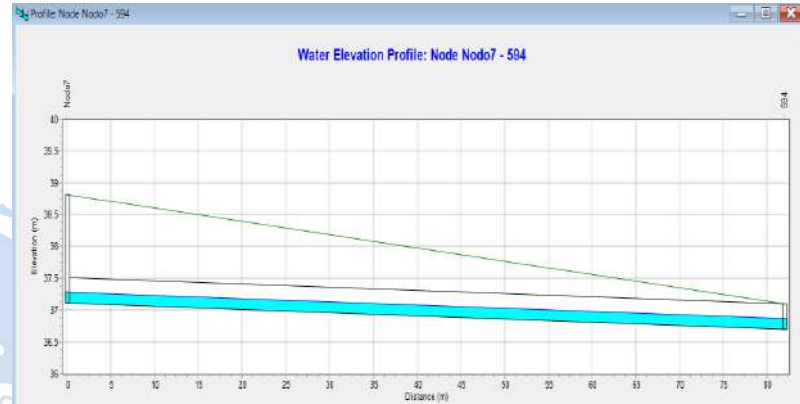
Sistema 6



Sistema 7

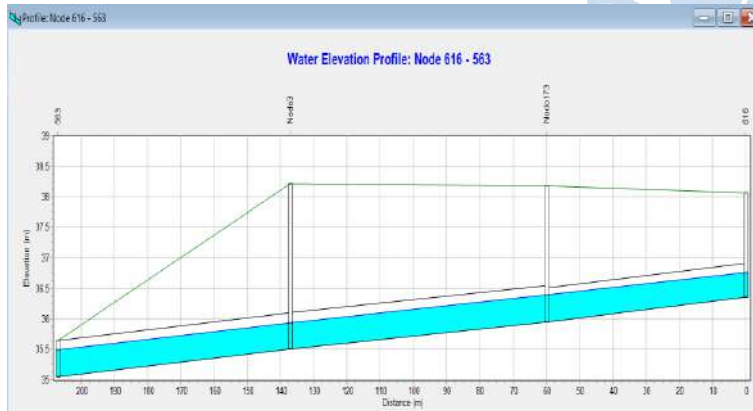


Sistema 8

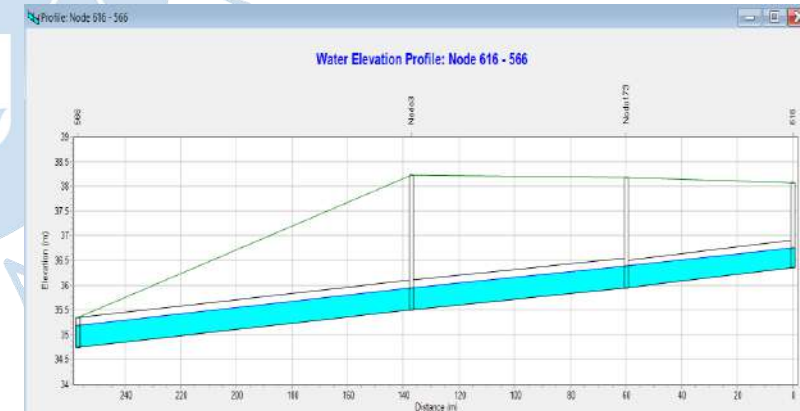


**C.2.2. Alternativa 2**

Sistema 1



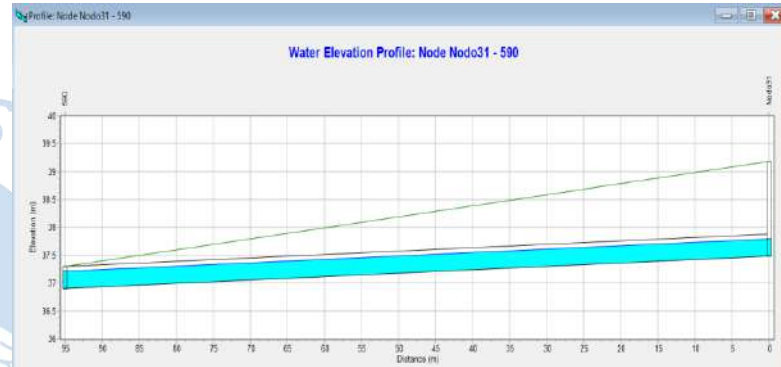
Sistema 2



Sistema 3

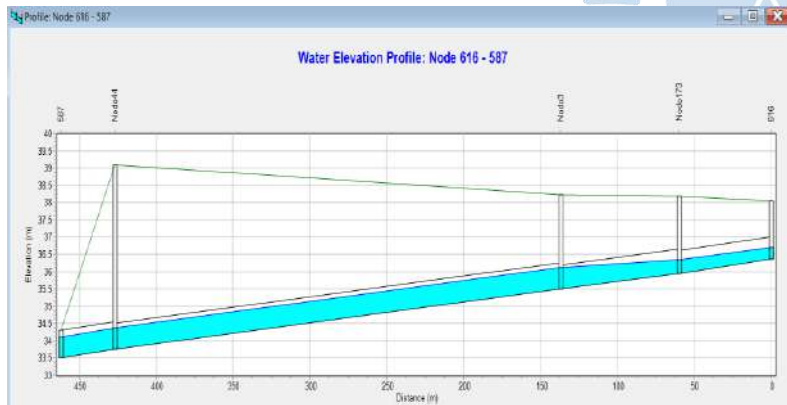


Sistema 4

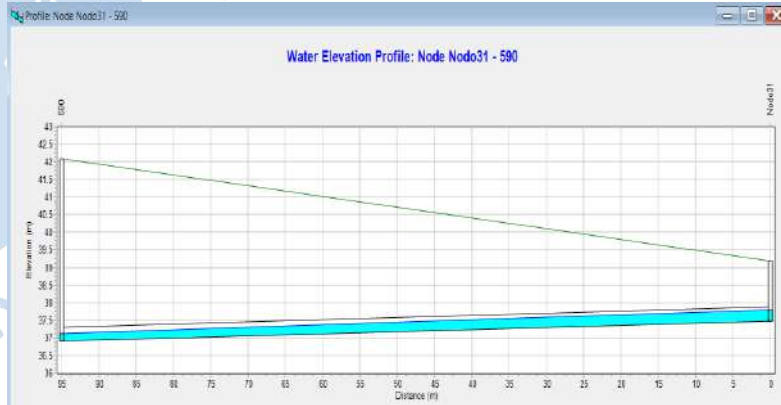


**C.2.3. Alternativa 3**

Sistema 1



Sistema 2



**D. Análisis de costos unitarios para alternativa 3**

***D.1 Para Tr = 25años***



## Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1201002	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLVUAIL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS		Fecha presupuesto	03/02/2022		
Subpresupuesto	001	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLVUAIL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS					
Partida	01.01.01	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO					
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB	1,520.30		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0147000038	JEFE DE SEGURIDAD		GLB		1.0000	1,200.00	1,200.00
							1,200.00
	Materiales						
0239500101	BOLETIN INFORMATIVO		und		1,000.0000	0.05	50.00
0253030033	EXTINTOR DE POLVO QUIMICO SECO 12KG		und		1.0000	119.00	119.00
0253030034	BOTIQUIN (equipado)		und		1.0000	21.30	21.30
0253030035	CAMILLA METALICA TIPO CANASTA DE RESCATE		und		0.5000	260.00	130.00
							320.30
Partida	01.01.02	CARTEL DE OBRA 2.40 X 1.20 M					
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und	1,210.26		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	8.0000	23.44	187.52
0147010004	PEON		hh	1.0000	8.0000	17.38	139.04
							326.56
	Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"		kg		0.5000	5.00	2.50
0238000000	HORMIGON		m3		0.3600	370.00	133.20
0239100099	CARTELE DE OBRA		und		1.0000	700.00	700.00
0245010007	TRIPLAY 4 X 8 X 6 MM.		pin		1.0000	48.00	48.00
							883.70
Partida	01.01.03	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD					
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB	1,740.00		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Materiales						
0239100100	CARTELES DE DESVÍO		und		16.0000	90.00	1,440.00
0243400036	SEÑALES PREVENTIVAS		und		10.0000	30.00	300.00
							1,740.00
Partida	01.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB	1,500.00		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Materiales						
0232970002	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION		GLB		1.0000	1,500.00	1,500.00
							1,500.00
Partida	01.02.02	BAÑOS PORTATIL STANDARD					
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und	260.00		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Materiales						
0210980002	BAÑO PORTATIL STANDARD		und		1.0000	260.00	260.00
							260.00

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201002 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	01.02.03	CASETA PARA ALMACEN Y/O GUARDIANA						
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB			2,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
0239130019	CASETA PARA GUARDIANA Y ALMACEN	GLB		1.0000	2,000.00	2,000.00	2,000.00	
<b>2,000.00</b>								
Partida	01.03.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO ASFALTICO						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 60.0000	EQ. 60.0000	Costo unitario directo por : m2			15.93	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	0.5000	0.0667	24.32	1.62		
0147010004	PEON	hh	1.6000	0.2133	17.38	3.71		
							<b>5.33</b>	
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.33	0.27		
0337600012	DISCOS DE CORTE DE 1/8"	pza		0.0010	25.00	0.03		
0349020007	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.1333	64.72	8.63		
0349060003	MARTILLO NEUMATICO DE 24 Kg.	hm	0.2500	0.0333	50.00	1.67		
							<b>10.60</b>	
Partida	01.03.02	DEMOLICION DE LOSA DE PISO - VEREDA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 70.0000	EQ. 70.0000	Costo unitario directo por : m2			13.66	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	0.5000	0.0571	24.32	1.39		
0147010004	PEON	hh	1.6000	0.1829	17.38	3.18		
							<b>4.57</b>	
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.57	0.23		
0337600012	DISCOS DE CORTE DE 1/8"	pza		0.0010	25.00	0.03		
0349020007	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.1143	64.72	7.40		
0349060003	MARTILLO NEUMATICO DE 24 Kg.	hm	0.2500	0.0286	50.00	1.43		
							<b>9.09</b>	
Partida	01.03.03	DEMOLICION DE JARDINERA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 60.0000	EQ. 60.0000	Costo unitario directo por : m2			15.93	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	0.5000	0.0667	24.32	1.62		
0147010004	PEON	hh	1.6000	0.2133	17.38	3.71		
							<b>5.33</b>	
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.33	0.27		
0337600012	DISCOS DE CORTE DE 1/8"	pza		0.0010	25.00	0.03		
0349020007	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.1333	64.72	8.63		
0349060003	MARTILLO NEUMATICO DE 24 Kg.	hm	0.2500	0.0333	50.00	1.67		
							<b>10.60</b>	

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201002 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	01.04.01	ELIMINACION DE DEMOLICIONES					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 170.0000	EQ. 170.0000	Costo unitario directo por : m3			18.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
014700023	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	2.0000	0.0941	25.12	2.36	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0471	17.38	0.82	
							<b>3.18</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.18	0.10	
0348040023	CAMION VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.	hm	1.0000	0.0471	218.30	10.28	
0349040007	CARGADOR SILLANTAS 80-95 HP 1.5-1.75 YD3	hm	0.5000	0.0235	195.68	4.60	
							<b>14.98</b>
Partida	01.04.02	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2			3.18
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0400	18.48	0.74	
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.0600	17.38	1.04	
							<b>1.78</b>
<b>Materiales</b>							
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0100	15.50	0.16	
0230990080	WINCHA	und		0.0030	13.90	0.04	
0244010000	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	24.90	0.50	
							<b>0.70</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.78	0.05	
0337020041	CORDEL	m		0.0020	6.90	0.01	
0349190003	NIVEL	HE	1.0000	0.0200	31.90	0.64	
							<b>0.70</b>
Partida	02.01.01.01	EXCAVACION DE MATERIAL DE CORTE CON MAQUINARIA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m3			3.44
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147030092	OPERARIO EQUIPO PESADO OPERARIO EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0160	25.45	0.41	
							<b>0.41</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.41	0.01	
0349060030	RETROEXCAVADORA 225 H.P.	hm	1.0000	0.0160	188.80	3.02	
							<b>3.03</b>

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201002 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.01.01.02		EXCAVACION PARA BUZONES					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m3			30.46	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.1000	23.44	2.34	
							2.34	
	<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.34	0.12	
0349040024	RETROEXCAVADOR S/ORUG 170-250HP 1.1-2.75		hm	1.0000	0.1000	280.00	28.00	
							28.12	
Partida	02.01.02.01		RELLENO CON MATERIAL PROPIO					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 130.0000	EQ. 130.0000	Costo unitario directo por : m3			25.68	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Mano de Obra</b>							
0147000023	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	1.0000	0.0615	25.12	1.54	
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.2462	17.38	4.28	
							5.82	
	<b>Materiales</b>							
0239050000	AGUA		m3		0.0050	2.00	0.01	
							0.01	
	<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		2.0000	5.82	0.12	
0348120094	CAMION CISTERNA 3500 GAL		hm	1.0000	0.0615	140.00	8.61	
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP		hm	1.0000	0.0615	20.42	1.26	
0349040021	RETROEXCAVADOR S/LLANTAS 58 HP 1 YD3.		hm	1.0000	0.0615	150.00	9.23	
0349080012	ZARANDA MECANICA		hm	1.0000	0.0615	10.20	0.63	
							19.85	
Partida	02.01.02.02		ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 180.0000	EQ. 180.0000	Costo unitario directo por : m3			21.38	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Mano de Obra</b>							
0147000023	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	2.0000	0.0889	25.12	2.23	
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0444	17.38	0.77	
							3.00	
	<b>Equipos</b>							
0348040023	CAMION VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.		hm	1.0000	0.0444	218.30	9.69	
0349040007	CARGADOR S/LLANTAS 80-95 HP 1.5-1.75 YD3		hm	1.0000	0.0444	195.68	8.69	
							18.38	

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201002 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.01.02.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO (GRAVA)						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 130.0000	EQ. 130.0000	Costo unitario directo por : m3			12.37	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	<b>Mano de Obra</b>							
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.2462	17.38	4.28	4.28	
	<b>Materiales</b>							
0205360011	GRAVA 3/4 - 1/2 PULGADA	m3		0.1000	80.00	8.00	8.00	
	<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	4.28	0.09	0.09	
Partida	02.02.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA GRP 400mm						
Rendimiento	ML/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : ML			137.84	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	0.5000	0.2000	23.44	4.69		
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.38	6.95	11.64	
	<b>Materiales</b>							
0201800002	LUBRICANTE PARA TUBERIA	gln		0.0120	38.00	0.46		
0204010011	ARENA PARA ENCAMADO DE TUBERÍA	m3		0.5700	60.00	34.20		
0273010041	TUBERIA DE GRP D=400mm	und		0.0850	338.68	28.79	63.45	
	<b>Equipos</b>							
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	hm	1.1200	0.4480	20.42	9.15		
0349060030	RETROEXCAVADORA 225 H.P.	hm	0.3000	0.1200	188.80	22.66		
0349340003	CAMION GRUA	hm	0.5000	0.2000	154.70	30.94	62.75	
Partida	02.02.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA GRP 600mm						
Rendimiento	ML/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : ML			151.65	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	0.5000	0.2000	23.44	4.69		
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.38	6.95	11.64	
	<b>Materiales</b>							
0201800002	LUBRICANTE PARA TUBERIA	gln		0.0120	38.00	0.46		
0204010011	ARENA PARA ENCAMADO DE TUBERÍA	m3		0.5700	60.00	34.20		
0273010046	TUBERIA DE GRP D=600mm	und		0.0850	501.18	42.60	77.26	
	<b>Equipos</b>							
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	hm	1.1200	0.4480	20.42	9.15		
0349060030	RETROEXCAVADORA 225 H.P.	hm	0.3000	0.1200	188.80	22.66		
0349340003	CAMION GRUA	hm	0.5000	0.2000	154.70	30.94	62.75	

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1201002	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS						
Subpresupuesto	001	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS		Fecha presupuesto	03/02/2022			
Partida	02.02.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA GRP 700mm						
Rendimiento	ML/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : ML			158.18	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	0.5000	0.2000	23.44	4.69	
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.4000	17.38	6.95	
							11.64	
	Materiales							
0201800002	LUBRICANTE PARA TUBERIA		gln		0.0120	38.00	0.46	
0204010011	ARENA PARA ENCAMADO DE TUBERÍA		m3		0.6200	60.00	37.20	
0273010045	TUBERIA DE GRP D=700mm		und		0.0850	579.00	49.22	
							86.88	
	Equipos							
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP		hm	1.1200	0.4480	20.42	9.15	
0349060030	RETROEXCAVADORA 225 H.P.		hm	0.3000	0.1200	188.80	22.66	
0349340003	CAMION GRUA		hm	0.4500	0.1800	154.70	27.85	
							59.66	
Partida	02.03.01	CONSTRUCCION DE BUZON DE INSPECCIÓN						
Rendimiento	und/DIA	MO. 4.5000	EQ. 4.5000	Costo unitario directo por : und			1,733.20	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	0.5000	0.8889	23.44	20.84	
0147010003	OFICIAL		hh	0.5000	0.8889	18.48	16.43	
0147010004	PEON		hh	1.0000	1.7778	17.38	30.90	
							68.17	
	Materiales							
0202040009	ALAMBRE NEGRO N°16		kg		0.6000	4.66	2.80	
0202040010	ALAMBRE NEGRO N°8		kg		0.3000	4.36	1.31	
0202970009	ACERO CORRUGADO 1/2"		kg		27.5200	3.00	82.56	
0204000000	ARENA FINA		m3		0.1000	55.00	5.50	
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"		m3		1.5700	85.00	133.45	
0205010004	ARENA GRUESA		m3		1.1500	50.00	57.50	
0221030003	TAPA DE CONCRETO ARMADO PARA BUZON		und		1.0000	285.00	285.00	
0221990043	CONCRETO FC=210 KG/CM2		m3		0.5200	370.00	192.40	
0221990044	ENCOFRADO BASES		m2		1.5000	48.46	72.69	
0223010001	CEMENTO PORTLAND TIPO V		BOL		20.5700	21.81	448.63	
0229010100	CURADOR		gln		0.3200	60.00	19.20	
0230020001	YESO DE 28 Kg		BOL		0.1000	15.50	1.55	
0244010042	MARCO DE F*F* Y TAPA DE CONCRETO D=0.6m		und		1.0000	265.00	265.00	
							1,567.59	
	Equipos							
0348960002	CIZALLA		hm	0.2500	0.4444	5.00	2.22	
0348990073	ENCOFRADO DE TECHO BUZÓN		und		1.2000	66.76	80.11	
0349070003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"		hm	1.0000	1.7778	8.50	15.11	
							97.44	

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201002 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.04.01	CONSTRUCCION DE SUMIDEROS					
Rendimiento	und/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : und			238.11
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
014701002	OPERARIO	hh	0.5000	1.0000	23.44	23.44	
014701003	OFICIAL	hh	0.5000	1.0000	18.48	18.48	
014701004	PEON	hh	1.0000	2.0000	17.38	34.76	
							76.68
<b>Materiales</b>							
0221990043	CONCRETO F'c=210 KG/CM2	m3		0.4000	370.00	148.00	
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL		0.1000	15.50	1.55	
							149.55
<b>Equipos</b>							
0349030072	COMPACTADORA DE 85 - 95 KG	hm	0.0304	0.0608	20.42	1.24	
0349070006	VIBRADOR DE 3/4" - 2" CONCRETO	hm	0.2981	0.5962	17.85	10.64	
							11.88
Partida	02.05.01	REJILLA PARA SUMIDEROS					
Rendimiento	und/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und			187.36
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
014701002	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	23.44	23.44	
014701003	OFICIAL	hh	0.5000	0.5000	18.48	9.24	
							32.68
<b>Materiales</b>							
0203030103	ACERO LISO EN VARILLAS 6m	var		2.0000	40.99	81.98	
0226050031	BISAGRA METALICA	und		4.0000	4.90	19.60	
0229200012	THINNER STANDER	gln		0.3500	23.90	8.37	
0230990058	SOLDADURA "CELLOCORD A.P."	kg		5.0000	4.95	24.75	
0254040006	PINTURA VINILICA	gln		0.2500	36.00	9.00	
0254060000	PINTURA ANTICORROSIVA	gln		0.2000	50.00	10.00	
							153.70
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	32.68	0.98	
							0.98
Partida	02.06.01	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E=3"					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2			62.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.0200	24.32	0.49	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0400	17.38	0.70	
							1.19
<b>Materiales</b>							
0213030012	ASFALTO 30-40	kg		13.8900	0.32	4.44	
0230860080	ADITIVO DE ADHERENCIA	kg		0.0530	4.20	0.22	
0234010054	DIESEL	gln		0.2000	0.98	0.20	
0238000000	HORMIGON	m3		0.1500	370.00	55.50	
							60.36
<b>Equipos</b>							
0349110093	RODILLO VIBRATORIO LISO	hm	1.0000	0.0200	40.00	0.80	
							0.80

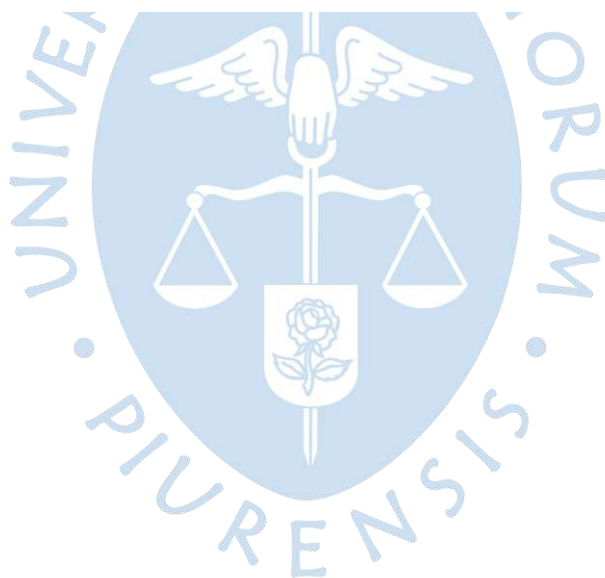
### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201002 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLVUAIL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLVUAIL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.06.02	REPOSICIÓN DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 0.075m					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m2			61.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.0356	23.44	0.83	
0147010004	PEON	hh	10.0000	0.1778	17.38	3.09	
<b>3.92</b>							
<b>Materiales</b>							
0230860080	ADITIVO DE ADHERENCIA	kg		0.0530	4.20	0.22	
0234010054	DIESEL	gln		0.2000	0.98	0.20	
0238000000	HORMIGON	m3		0.1500	370.00	55.50	
<b>55.92</b>							
<b>Equipos</b>							
0349030018	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 127 HP 8-23 TON	hm	1.0000	0.0178	35.00	0.62	
0349050008	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	hm	1.0000	0.0178	50.00	0.89	
<b>1.51</b>							
Partida	02.06.03	CONSTRUCCIÓN DE JARDINERAS					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000	Costo unitario directo por : m2			147.87
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.5000	24.32	12.16	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.48	9.24	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.5000	17.38	8.69	
<b>30.09</b>							
<b>Materiales</b>							
0204000000	ARENA FINA	m3		0.0050	55.00	0.28	
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0520	50.00	2.60	
0237000008	GRAS	m3		1.0000	112.00	112.00	
<b>114.88</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	30.09	0.90	
0349110093	RODILLO VIBRATORIO LISO	hm	0.1000	0.0500	40.00	2.00	
<b>2.90</b>							
Partida	02.06.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PAVIMENTO ADOQUINADO (INC. GAMA DE ARENA)					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000	Costo unitario directo por : m2			95.87
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.5000	24.32	12.16	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.48	9.24	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.5000	17.38	8.69	
<b>30.09</b>							
<b>Materiales</b>							
0204000000	ARENA FINA	m3		0.0050	55.00	0.28	
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0520	50.00	2.60	
0205030077	ADOQUINES DE CONCRETO 10x20 cm.	und		50.0000	1.20	60.00	
<b>62.88</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	30.09	0.90	
0349110093	RODILLO VIBRATORIO LISO	hm	0.1000	0.0500	40.00	2.00	
<b>2.90</b>							

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1201002	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA- TR 25 AÑOS						
Subpresupuesto	001	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS					Fecha presupuesto	03/02/2022
Partida	02.07.01	CONSTRUCCIÓN DE PARQUE HIDRICO						
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.6000	EQ. 1.6000	Costo unitario directo por : GLB			250,996.70	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0139100029	PARQUE E		GLB		1.0000	219,524.00	219,524.00	
0147010100	PARQUE PRINCIPAL		GLB		1.0000	31,472.70	31,472.70	
							250,996.70	
Partida	02.08.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA						
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB			2,100.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0147010097	LIMPIEZA FINAL DE OBRA (P)		GLB		1.0000	2,000.00	2,000.00	
							2,000.00	
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2,000.00	100.00	
							100.00	



**D.2 Para  $T_r = 50$  años**





## Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1201003	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLVUAIL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS		
Subpresupuesto	001	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLVUAIL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS	Fecha presupuesto	03/02/2022

Partida	01.02.03	CASETA PARA ALMACEN Y/O GUARDIANIA					
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB		2,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Materiales</b>						
0239130019	CASETA PARA GUARDIANIA Y ALMACEN	GLB		1.0000	2,000.00	2,000.00	
						2,000.00	

Partida	01.03.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO ASFALTICO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 60.0000	EQ. 60.0000	Costo unitario directo por : m2		15.93	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	0.5000	0.0667	24.32	1.62	
0147010004	PEON	hh	1.6000	0.2133	17.38	3.71	
						5.33	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.33	0.27	
0337600012	DISCOS DE CORTE DE 1/8"	pza		0.0010	25.00	0.03	
0349020007	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.1333	64.72	8.63	
0349060003	MARTILLO NEUMATICO DE 24 Kg.	hm	0.2500	0.0333	50.00	1.67	
						10.80	

Partida	01.03.02	DEMOLICION DE LOSA DE PISO - VEREDA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 70.0000	EQ. 70.0000	Costo unitario directo por : m2		13.66	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	0.5000	0.0571	24.32	1.39	
0147010004	PEON	hh	1.6000	0.1829	17.38	3.18	
						4.57	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.57	0.23	
0337600012	DISCOS DE CORTE DE 1/8"	pza		0.0010	25.00	0.03	
0349020007	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.1143	64.72	7.40	
0349060003	MARTILLO NEUMATICO DE 24 Kg.	hm	0.2500	0.0286	50.00	1.43	
						9.09	

Partida	01.03.03	DEMOLICION DE JARDINERA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 60.0000	EQ. 60.0000	Costo unitario directo por : m2		15.93	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	0.5000	0.0667	24.32	1.62	
0147010004	PEON	hh	1.6000	0.2133	17.38	3.71	
						5.33	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.33	0.27	
0337600012	DISCOS DE CORTE DE 1/8"	pza		0.0010	25.00	0.03	
0349020007	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.1333	64.72	8.63	
0349060003	MARTILLO NEUMATICO DE 24 Kg.	hm	0.2500	0.0333	50.00	1.67	
						10.80	



## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201003 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.01.01.02	EXCAVACION PARA BUZONES						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : m3			30.46	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	23.44	2.34	2.34	
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.34	0.12	0.12	
0349040024	RETROEXCAVADOR SIORUG 170-250HP 1.1-2.75	hm	1.0000	0.1000	280.00	28.00	28.12	
<b>RELLENO CON MATERIAL PROPIO</b>								
Partida	02.01.02.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 130.0000	EQ. 130.0000	Costo unitario directo por : m3			25.68	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147000023	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0615	25.12	1.54	1.54	
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.2462	17.38	4.28	5.82	
<b>Materiales</b>								
0239050000	AGUA	m3		0.0050	2.00	0.01	0.01	
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	5.82	0.12	0.12	
0348120094	CAMION CISTERNA 3500 GAL	hm	1.0000	0.0615	140.00	8.61	8.61	
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	hm	1.0000	0.0615	20.42	1.26	1.26	
0349040021	RETROEXCAVADOR SILLANTAS 58 HP 1 YD3.	hm	1.0000	0.0615	150.00	9.23	9.23	
0349080012	ZARANDA MECANICA	hm	1.0000	0.0615	10.20	0.63	0.63	
<b>ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b>								
Partida	02.01.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 180.0000	EQ. 180.0000	Costo unitario directo por : m3			21.38	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147000023	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	2.0000	0.0889	25.12	2.23	2.23	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0444	17.38	0.77	3.00	
<b>Equipos</b>								
0348040023	CAMION VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.	hm	1.0000	0.0444	218.30	9.69	9.69	
0349040007	CARGADOR SILLANTAS 80-95 HP 1.5-1.75 YD3	hm	1.0000	0.0444	195.68	8.69	18.38	

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1201003	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS					Fecha presupuesto	03/02/2022
Subpresupuesto	001	DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS						
Partida	02.01.02.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO (GRAVA)						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 130.0000	EQ. 130.0000	Costo unitario directo por : m3			12.37	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.2462	17.38	4.28	
							4.28	
	Materiales							
0205360011	GRAVA 3/4 - 1/2 PULGADA		m3		0.1000	80.00	8.00	
							8.00	
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		2.0000	4.28	0.09	
							0.09	
Partida	02.02.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA GRP 400mm						
Rendimiento	ML/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : ML			137.84	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	0.5000	0.2000	23.44	4.69	
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.4000	17.38	6.95	
							11.64	
	Materiales							
0201800002	LUBRICANTE PARA TUBERIA		gln		0.0120	38.00	0.46	
0204010011	ARENA PARA ENCAMADO DE TUBERÍA		m3		0.5700	60.00	34.20	
0273010041	TUBERIA DE GRP D=400mm		und		0.0850	338.68	28.79	
							63.45	
	Equipos							
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP		hm	1.1200	0.4480	20.42	9.15	
0349060030	RETROEXCAVADORA 225 H.P.		hm	0.3000	0.1200	188.80	22.66	
0349340003	CAMION GRUA		hm	0.5000	0.2000	154.70	30.94	
							62.75	
Partida	02.02.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA GRP 700mm						
Rendimiento	ML/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : ML			158.18	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	0.5000	0.2000	23.44	4.69	
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.4000	17.38	6.95	
							11.64	
	Materiales							
0201800002	LUBRICANTE PARA TUBERIA		gln		0.0120	38.00	0.46	
0204010011	ARENA PARA ENCAMADO DE TUBERÍA		m3		0.6200	60.00	37.20	
0273010045	TUBERIA DE GRP D=700mm		und		0.0850	579.00	49.22	
							86.88	
	Equipos							
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP		hm	1.1200	0.4480	20.42	9.15	
0349060030	RETROEXCAVADORA 225 H.P.		hm	0.3000	0.1200	188.80	22.66	
0349340003	CAMION GRUA		hm	0.4500	0.1800	154.70	27.85	
							59.66	

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201003 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.02.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA GRP 800mm						
Rendimiento	ML/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : ML			166.27	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147010002	OPERARIO	hh	0.5000	0.2000	23.44	4.69		
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.38	6.95		
							11.84	
<b>Materiales</b>								
0201800002	LUBRICANTE PARA TUBERIA	gln		0.0120	38.00	0.46		
0204010011	ARENA PARA ENCAMADO DE TUBERÍA	m3		0.5500	60.00	33.00		
0273010043	TUBERIA DE GRP D=800mm	und		0.0850	671.00	57.04		
							90.50	
<b>Equipos</b>								
0349030001	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 4 HP	hm	1.1000	0.4400	20.42	8.98		
0349060030	RETROEXCAVADORA 225 H.P.	hm	0.3000	0.1200	188.80	22.66		
0349340003	CAMION GRUA	hm	0.5250	0.2100	154.70	32.49		
							64.13	
Partida	02.03.01	CONSTRUCCION DE BUZON DE INSPECCIÓN						
Rendimiento	und/DIA	MO. 4.5000	EQ. 4.5000	Costo unitario directo por : und			1,733.20	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0147010002	OPERARIO	hh	0.5000	0.8889	23.44	20.84		
0147010003	OFICIAL	hh	0.5000	0.8889	18.48	16.43		
0147010004	PEON	hh	1.0000	1.7778	17.38	30.90		
							68.17	
<b>Materiales</b>								
0202040009	ALAMBRE NEGRO N°16	kg		0.6000	4.66	2.80		
0202040010	ALAMBRE NEGRO N°8	kg		0.3000	4.36	1.31		
0202970009	ACERO CORRUGADO 1/2"	kg		27.5200	3.00	82.56		
0204000000	ARENA FINA	m3		0.1000	55.00	5.50		
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		1.5700	85.00	133.45		
0205010004	ARENA GRUESA	m3		1.1500	50.00	57.50		
0221030003	TAPA DE CONCRETO ARMADO PARA BUZON	und		1.0000	285.00	285.00		
0221990043	CONCRETO F'c=210 KG/CM2	m3		0.5200	370.00	192.40		
0221990044	ENCOFRADO BASES	m2		1.5000	48.46	72.69		
0223010001	CEMENTO PORTLAND TIPO V	BOL		20.5700	21.81	448.63		
0229010100	CURADOR	gln		0.3200	60.00	19.20		
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL		0.1000	15.50	1.55		
0244010042	MARCO DE F*F* Y TAPA DE CONCRETO D=0.6m	und		1.0000	265.00	265.00		
							1,567.59	
<b>Equipos</b>								
0348960002	CIZALLA	hm	0.2500	0.4444	5.00	2.22		
0348990073	ENCOFRADO DE TECHO BUZÓN	und		1.2000	66.76	80.11		
0349070003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	1.7778	8.50	15.11		
							97.44	

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201003 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.04.01	CONSTRUCCION DE SUMIDEROS					
Rendimiento	und/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : und			238.11
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	0.5000	1.0000	23.44	23.44	
0147010003	OFICIAL	hh	0.5000	1.0000	18.48	18.48	
0147010004	PEON	hh	1.0000	2.0000	17.38	34.76	
							76.68
<b>Materiales</b>							
0221990043	CONCRETO FC=210 KG/CM2	m3		0.4000	370.00	148.00	
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL		0.1000	15.50	1.55	
							149.55
<b>Equipos</b>							
0349030072	COMPACTADORA DE 85 - 95 KG	hm	0.0304	0.0608	20.42	1.24	
0349070006	VIBRADOR DE 3/4" - 2" CONCRETO	hm	0.2981	0.5962	17.85	10.64	
							11.88
Partida	02.05.01	REJILLA PARA SUMIDEROS					
Rendimiento	und/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por : und			187.36
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	23.44	23.44	
0147010003	OFICIAL	hh	0.5000	0.5000	18.48	9.24	
							32.68
<b>Materiales</b>							
0203030103	ACERO LISO EN VARILLAS 6m	var		2.0000	40.99	81.98	
0226050031	BISAGRA METALICA	und		4.0000	4.90	19.60	
0229200012	THINNER STANDER	gln		0.3500	23.90	8.37	
0230990058	SOLDADURA "CELLOCORD A.P."	kg		5.0000	4.95	24.75	
0254040006	PINTURA VINILICA	gln		0.2500	36.00	9.00	
0254060000	PINTURA ANTICORROSIVA	gln		0.2000	50.00	10.00	
							153.70
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	32.68	0.98	
							0.98
Partida	02.06.01	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO MEZCLADO EN PLANTA E=3"					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2			62.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.0200	24.32	0.49	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0400	17.38	0.70	
							1.19
<b>Materiales</b>							
0213030012	ASFALTO 30-40	kg		13.8900	0.32	4.44	
0230860080	ADITIVO DE ADHERENCIA	kg		0.0530	4.20	0.22	
0234010054	DIESEL	gln		0.2000	0.98	0.20	
0238000000	HORMIGON	m3		0.1500	370.00	55.50	
							60.36
<b>Equipos</b>							
0349110093	RODILLO VIBRATORIO LISO	hm	1.0000	0.0200	40.00	0.80	
							0.80

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201003 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida	02.06.02	REPOSICION DE GARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 0.075m					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m2			61.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.0356	23.44	0.83	
0147010004	PEON	hh	10.0000	0.1778	17.38	3.09	
							<b>3.92</b>
<b>Materiales</b>							
0230860080	ADITIVO DE ADHERENCIA	kg		0.0530	4.20	0.22	
0234010054	DIESEL	gln		0.2000	0.98	0.20	
0238000000	HORMIGON	m3		0.1500	370.00	55.50	
							<b>55.92</b>
<b>Equipos</b>							
0349030018	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 127 HP 8-23 TON	hm	1.0000	0.0178	35.00	0.62	
0349050008	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	hm	1.0000	0.0178	50.00	0.89	
							<b>1.51</b>
Partida	02.06.03	CONSTRUCCIÓN DE JARDINERAS					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000	Costo unitario directo por : m2			147.87
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.5000	24.32	12.16	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.48	9.24	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.5000	17.38	8.69	
							<b>30.09</b>
<b>Materiales</b>							
0204000000	ARENA FINA	m3		0.0050	55.00	0.28	
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0520	50.00	2.60	
0237000008	GRAS	m3		1.0000	112.00	112.00	
							<b>114.88</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	30.09	0.90	
0349110093	RODILLO VIBRATORIO LISO	hm	0.1000	0.0500	40.00	2.00	
							<b>2.90</b>
Partida	02.06.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PAVIMENTO ADOQUINADO (INC. CAMA DE ARENA)					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000	Costo unitario directo por : m2			95.87
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147000022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.5000	24.32	12.16	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5000	18.48	9.24	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.5000	17.38	8.69	
							<b>30.09</b>
<b>Materiales</b>							
0204000000	ARENA FINA	m3		0.0050	55.00	0.28	
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0520	50.00	2.60	
0205030077	ADOQUINES DE CONCRETO 10x20 cm.	und		50.0000	1.20	60.00	
							<b>62.88</b>
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	30.09	0.90	
0349110093	RODILLO VIBRATORIO LISO	hm	0.1000	0.0500	40.00	2.00	
							<b>2.90</b>

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 1201003 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS  
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA - TR 50 AÑOS Fecha presupuesto 03/02/2022

Partida 02.07.01 CONSTRUCCION DE PARQUE HIDRICO							
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.6000	EQ. 1.6000	Costo unitario directo por : GLB			259,700.90
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0139100029	PARQUE E		GLB		1.0000	227,155.00	227,155.00
0147010100	PARQUE PRINCIPAL		GLB		1.0000	32,545.90	32,545.90
							259,700.90
Partida 02.08.01 LIMPIEZA FINAL DE OBRA							
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB			2,100.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147010097	LIMPIEZA FINAL DE OBRA (P)		GLB		1.0000	2,000.00	2,000.00
							2,000.00
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2,000.00	100.00
							100.00

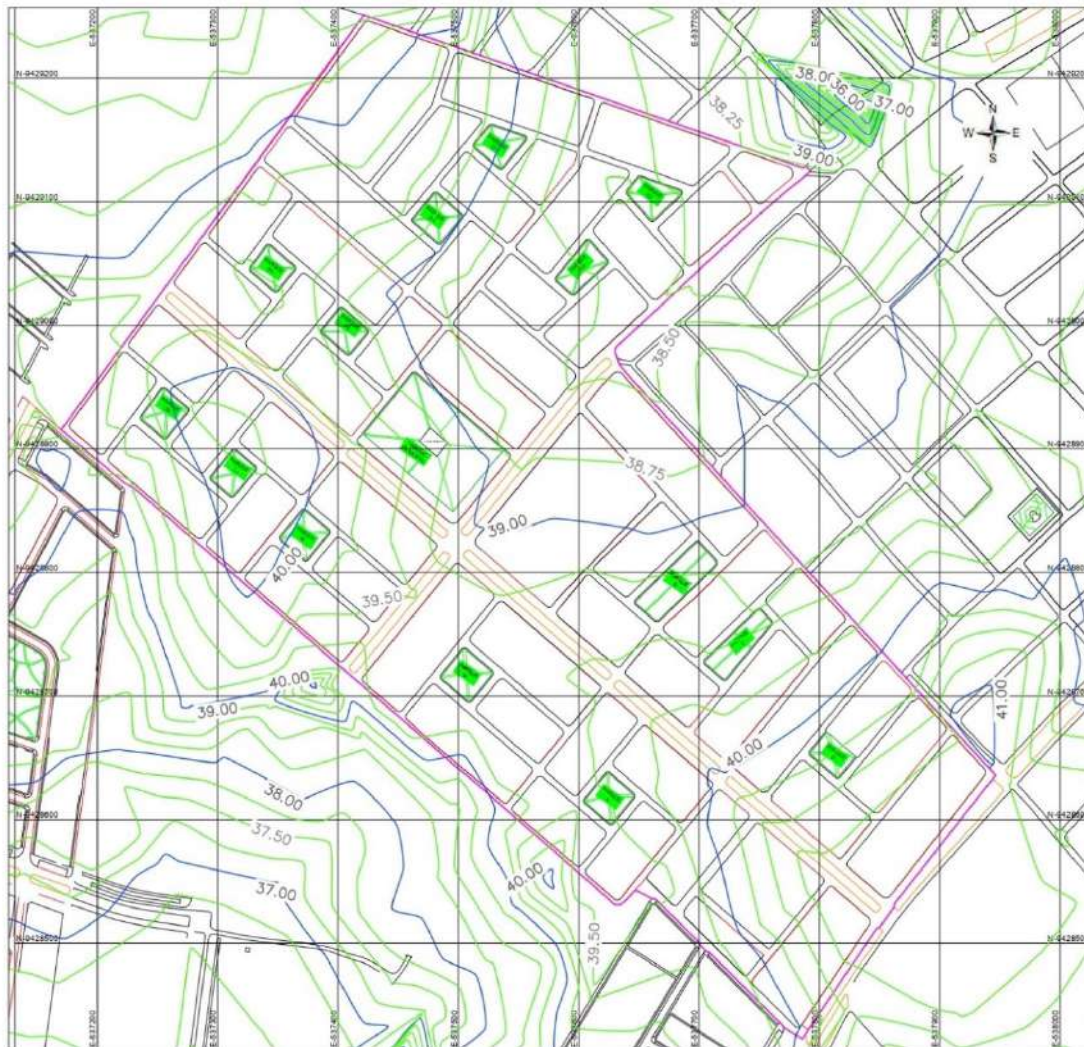




## Planos

### E.1 Plano topográfico de la Urb. Santa Margarita

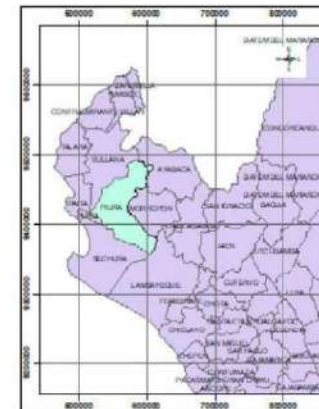





ESCALA: 1/4,000



MAPA DE DEPARTAMENTOS DEL PERÚ  
ESCALA: 10,000,000

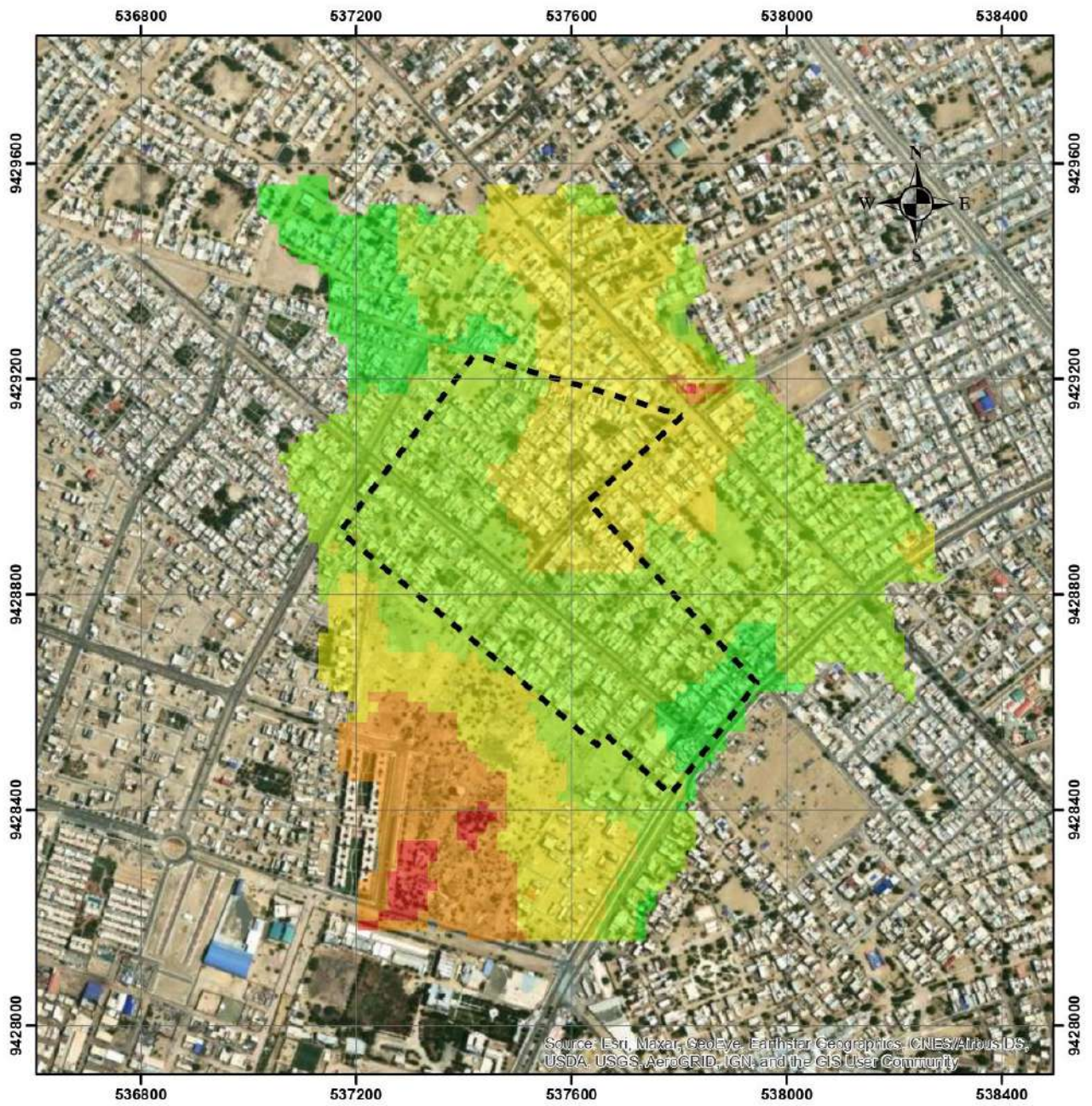


MAPA DE PROVINCIAS DE PIURA  
ESCALA: 1/5,000,000

 <b>UNIVERSIDAD DE PIURA</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		
	TÍTULO: <b>DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA CON EL SOFTWARE SWMM</b>		
Tutores: Paitillo Sojo Jorge Fernando Samarez Ayón David Lizardo	PLAN: <b>PLANO TOPOGRÁFICO DE LA URB. SANTA MARGARITA</b>		LÍNEA: <b>E-1</b>
Revisado por: Ing. Marina Farías	FECHA: <b>JULIO 2022</b>	ESCALA: <b>INDICADA</b>	UBICACIÓN: Departamento : Piura Provincia : Piura Distrito : 28 de Octubre

**E.2 Plano de elevaciones en el área de estudio**





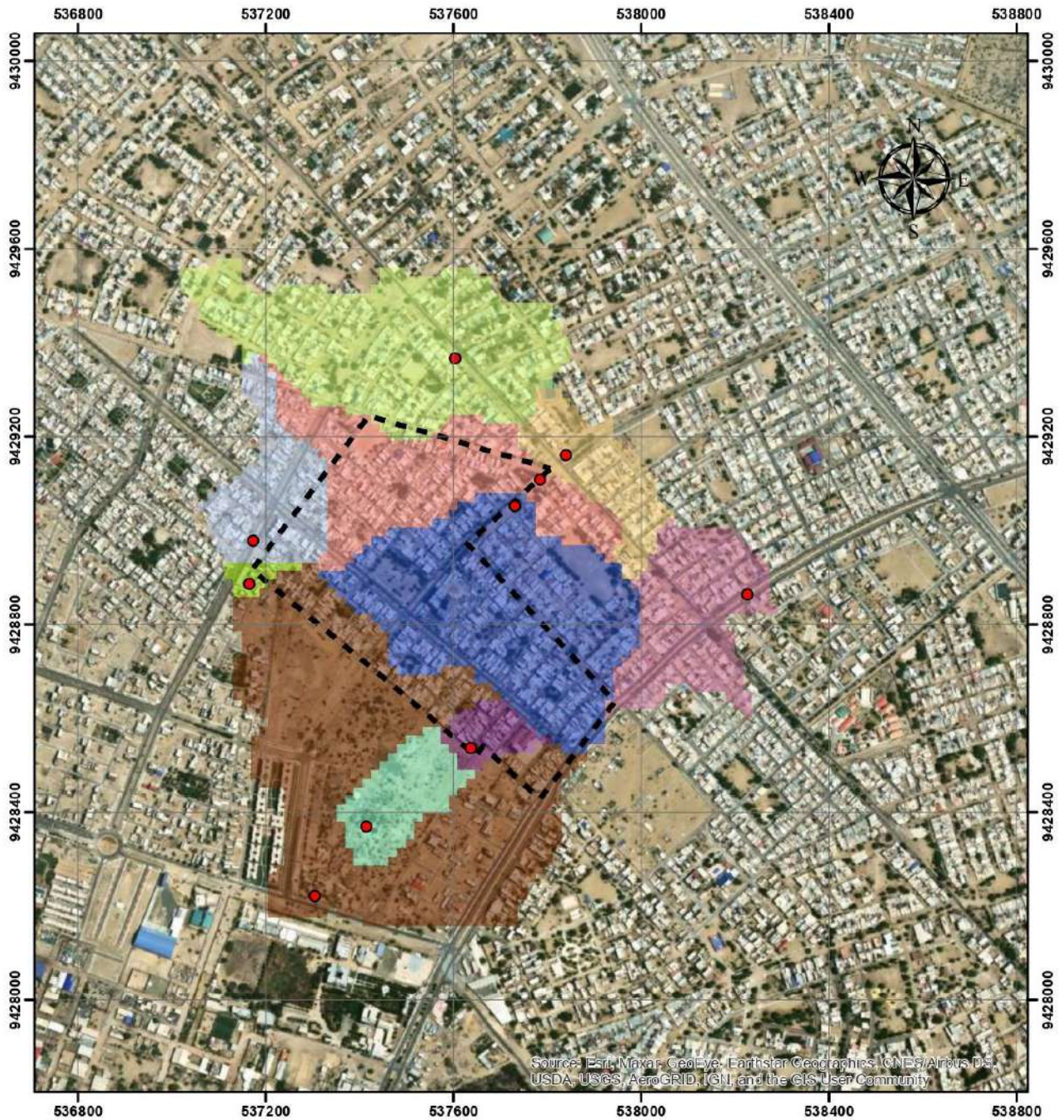
LEYENDA 1	
<span style="color: red;">■</span> 34.5 - 36.0 m s. n. m.	<span style="color: lightgreen;">■</span> 39.0 - 40.5 m s. n. m.
<span style="color: orange;">■</span> 36.0 - 37.5 m s. n. m.	<span style="color: green;">■</span> 40.5 - 42.1 m s. n. m.
<span style="color: yellow;">■</span> 37.5 - 39.0 m s. n. m.	

LEYENDA 2	
<span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span>	Urb. Santa Margarita

 UNIVERSIDAD DE PIURA	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA CON EL SOFTWARE SWMM	
Tesis de: Pottifo Sojo Jorge Fernando Somanes Ayón David Lizardo	PLANO: PLANO DE ELEVACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	LANINA: E-2
Realizado por: Ing. Marina Farfán	FECHA: JULIO 2022	ESCALA: INDICADA
		UBICACIÓN: Departamento : Piura Provincia : Piura Distrito : 26 de Octubre

**E.3 Plano de delimitación de cuencas urbanas en el área de estudio**





LEYENDA 1	
	Desfogue
	Urb. Santa Margarita

LEYENDA 2			
	Cuenca 1		Cuenca 4
	Cuenca 2		Cuenca 5
	Cuenca 3		Cuenca 6
	Cuenca 7		Cuenca 9
	Cuenca 10		Cuenca 8

UNIVERSIDAD DE PIURA Tesis: Pañoño Sojo Jorge Fernando Samonez Ayón David Lizardo Realizado por: Ing. Marina Farías	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA CON EL SOFTWARE SWMM.		
PLANO:	PLANO DE DELIMITACIÓN DE CUENCAS URBANAS EN EL AREA DE ESTUDIO	LAMINA:	E-3
FECHA:	JULIO 2022	ESCALA:	INDICADA
UBICACION:	Departamento : Piura Provincia : Piura Distrito : 26 de Octubre		

**E.4 Plano de flujo e identificación de zonas críticas de la Urb. Santa Margarita**





ESCALA: 14,000

LEYENDA	
	Zonas no Consideradas
	Zonas críticas
	Flechas de flujo



MAPA DE PROVINCIAS DEL PIURA  
ESCALA: 5,000,000

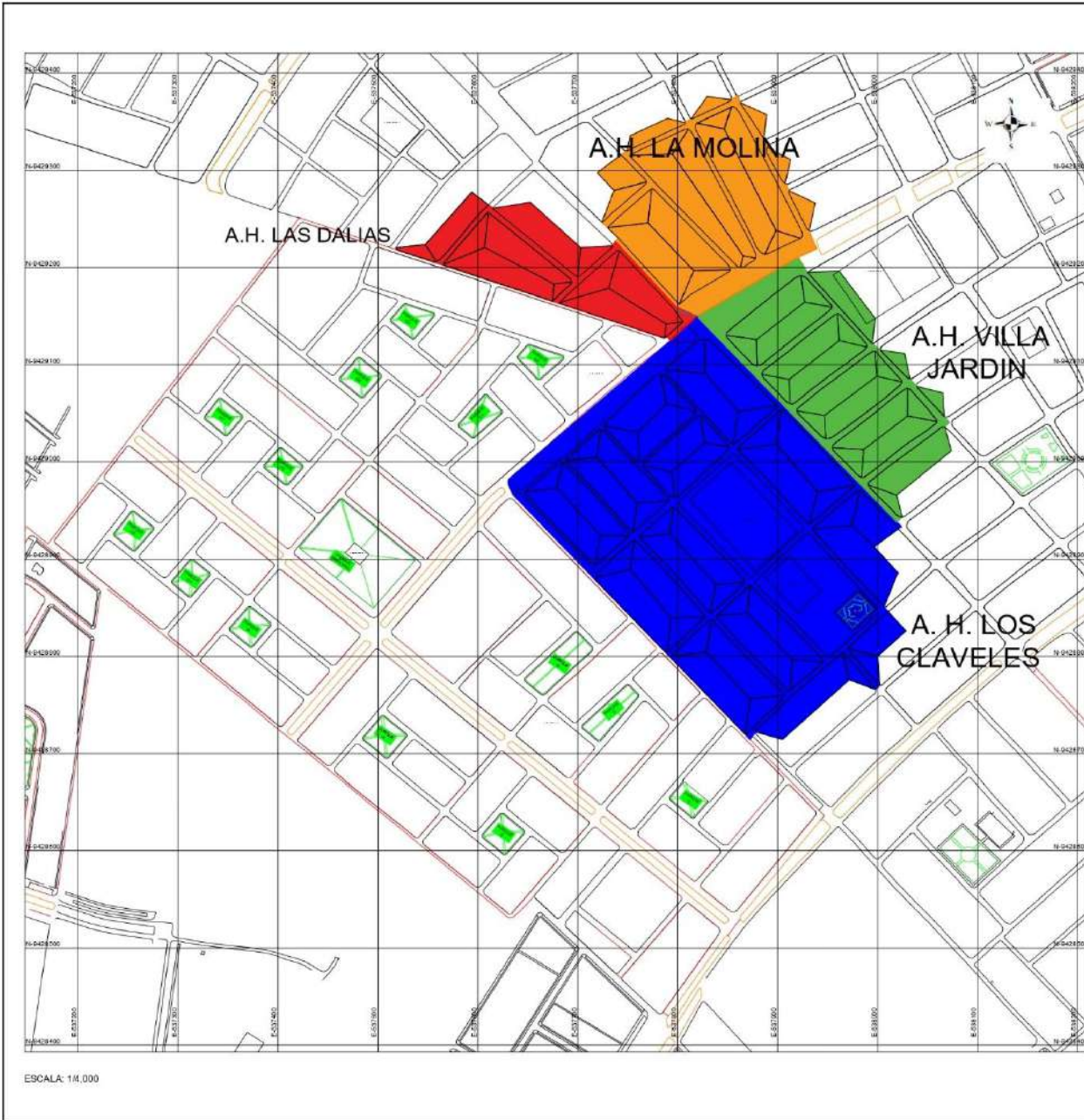


MAPA DE DISTRITOS DE PIURA  
ESCALA: 17,500,000

<p><b>UNIVERSIDAD DE PIURA</b></p>	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>		<p>160000</p>
	<p>TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA CON EL SOFTWARE SIMM</p>		
<p>Trabajo de:</p> <p>Profesor: Sr. Jorge Fernando Gómez Ayón, David Lizaso</p> <p>Elaborado por: Ing. Marco Forlino</p>	<p>FECHA:</p> <p>JULIO 2022</p>	<p>ESCALA:</p> <p>INDICADA</p>	<p>UBICACIÓN:</p> <p>Departamento: Piura</p> <p>Provincia: Piura</p> <p>Municipio: 05 de Octubre</p>
			<p>E-4</p>

**E.5 Plano de zonas aportantes a la zona crítica “Cinco esquinas”**

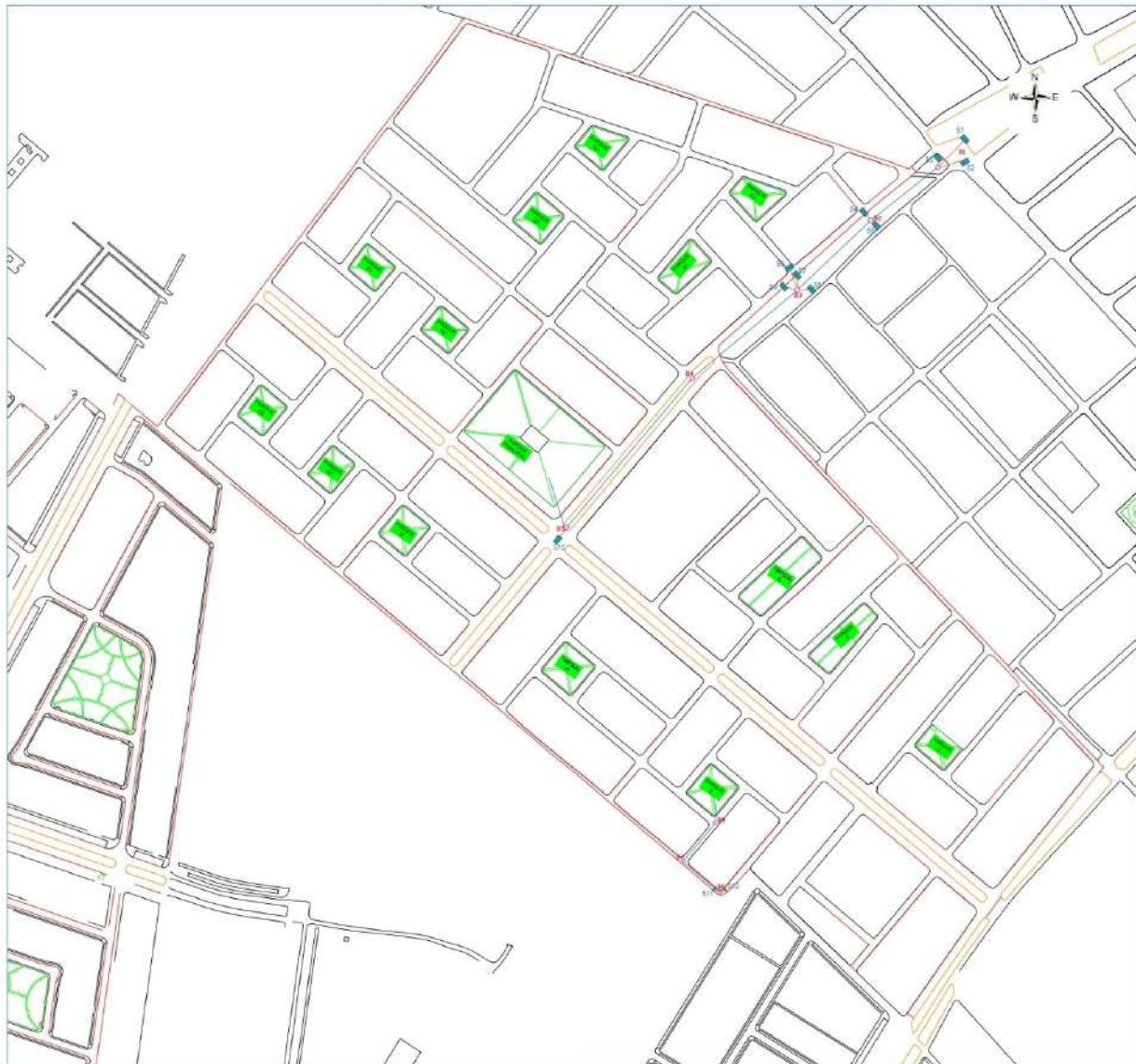




	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA CON EL SOFTWARE SWMM		
AUTOR: Rafael Sola, Jorge Farnachi, Germán Ayón, David López	FECHA: JULIO 2022	ESTADO: INICIADA	LÁMINA: E-5

**E.6 Plano de estructuras de captación y conducción en la Urb. Santa Margarita (Tr= 25 años)**





ESCALA 1/3,500

Buzones de inspección	
Simbología	Descripción
B1	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad
B2	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 2.2 m de profundidad
B3	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 2.7 m de profundidad
B4	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 2.7 m de profundidad
B5	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.5 m y 5.3 m de profundidad
B6	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad
B7	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad
B8	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad

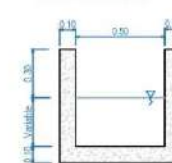
Sumideros			
Simbología	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
S1	5.1	0.7	0.6
S2	5.1	0.7	0.6
S3	5.1	0.7	0.6
S4	3.3	0.7	0.5
S5	3.3	0.7	0.5
S6	5.0	0.7	0.6
S7	5.0	0.7	0.6
S8	5.0	0.7	0.6
S9	5.0	0.7	0.6
S10	5.2	0.7	0.6
S11	4.5	0.7	0.6
S12	4.5	0.7	0.6

Leyenda	
	Tubería subterránea sifonada principal
	Tubería subterránea sifonada secundaria
	Punto de inspección
	Sumideros con rejilla

#### DETALLES Y DIMENSIONES DE REJILLAS

- Material: Hierro laminado.
- Dimensiones:
  - 0.55 x 1.00 m
  - Ancho de barras de 0.05m
- Longitud de rejilla corresponde a cada sumidero :
  - S1 , S2 y S3 : 5.1 m
  - S4 y S5 : 3.3 m
  - S6,S7,S8 y S9 : 5.0 m
  - S10 : 5.2 m
  - S11 y S12 : 4.5 m
- Orientación: Barras paralelas al flujo y también transversales .
- Espaciamento:
  - Barras paralelas: 0.05 m
  - Barras transversales: 0.17 m
- Las rejillas se ubicarán a lo largo del sumidero correspondiente.

#### SECCIÓN TRANSVERSAL DE SUMIDEROS



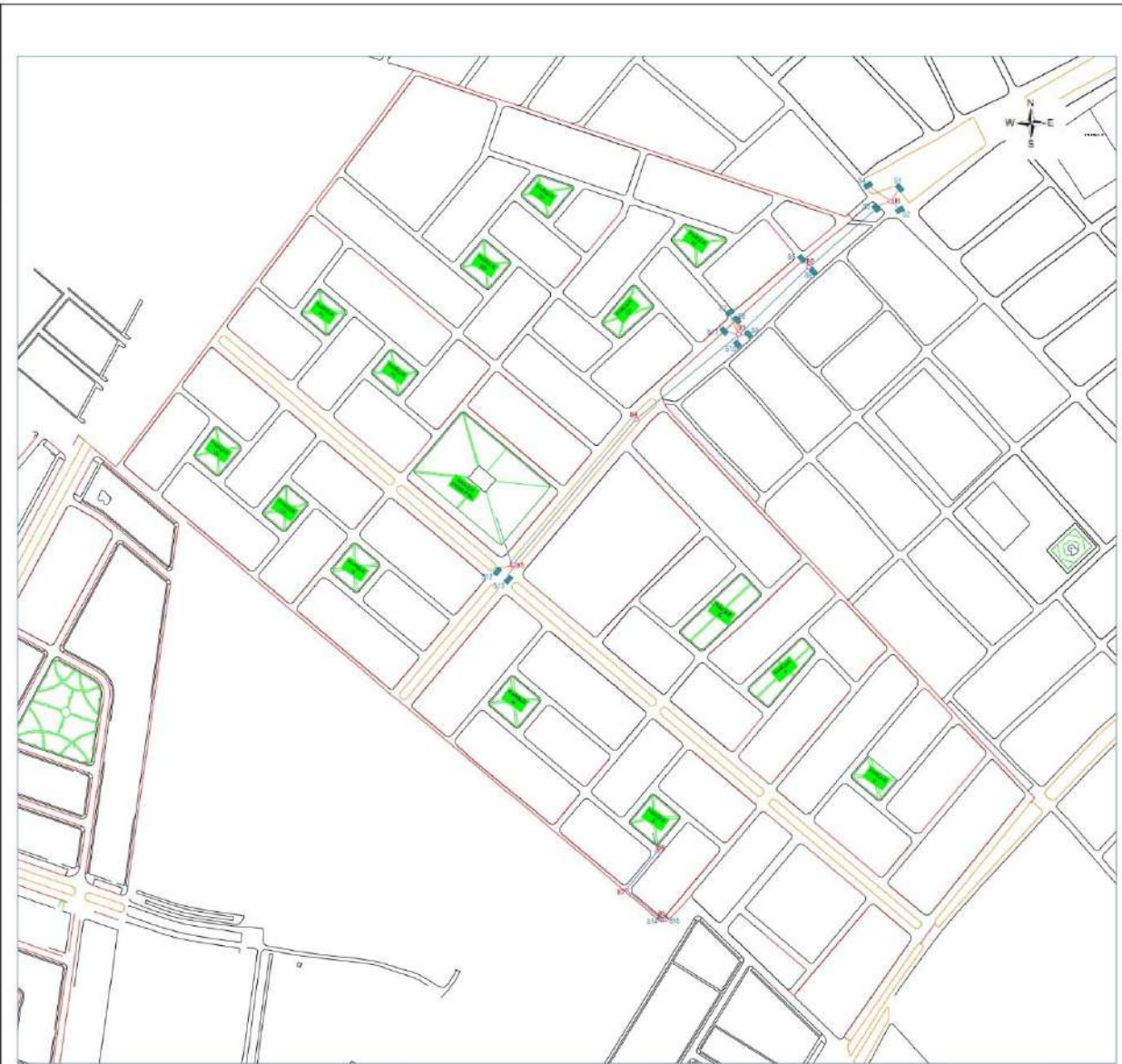
#### DETALLE DE REJILLA



<b>UNIVERSIDAD DE PIURA</b> <small>Teléfono: 051 81 222222</small> <small>Correo: info@up.edu.pe</small> <small>Web: www.up.edu.pe</small>	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	
	<small>TÍTULO:</small> DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA CON EL SOFTWARE SWMM <small>PLANO:</small> PLANO DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN EN LA URB. SANTA MARGARITA (REJILLAS) <small>FECHA:</small> JULIO 2022 <small>ESCALA:</small> 1:3500 <small>UBICACIÓN:</small> Departamento : Piura, Provincia : Piura, Distrito : Piura	
<small>PROFESOR:</small> Ing. Mario Forjas <small>PROFESORA:</small> Ing. María Forjas	<small>ALUMNO:</small> [Blank] <small>GRUPO:</small> [Blank]	<small>LÁMINA:</small> E-6

**E.7 Plano de estructuras de captación y conducción en la Urb. Santa Margarita (Tr= 50 años)**





ESCALA: 1/3,500

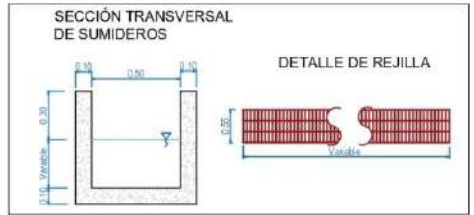
Buzones de inspección	
Simbología	Descripción
B1	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad
B2	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 2.2 m de profundidad
B3	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 2.7 m de profundidad
B4	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 3.7 m de profundidad
B5	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 5.3 m de profundidad
B6	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad
B7	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad
B8	Buzón de inspección de diámetro interior de 1.2 m y 1.7 m de profundidad

Sumideros			
Simbología	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)
S1	5.1	0.70	0.6
S2	5.1	0.70	0.6
S3	5.1	0.70	0.6
S4	5.1	0.70	0.6
S5	3.7	0.70	0.5
S6	3.7	0.70	0.5
S7	5.2	0.70	0.6
S8	5.2	0.70	0.6
S9	5.2	0.70	0.6
S10	5.2	0.70	0.6
S11	5.2	0.70	0.6
S12	4.5	0.70	0.6
S13	4.5	0.70	0.6
S14	5.1	0.70	0.6
S15	5.1	0.70	0.6

Leyenda	
	Tubo colector - 100cm diámetro
	Tubo de inspección - 100cm diámetro
	Red de inspección
	Sumidero colector

**DETALLES Y DIMENSIONES DE REJILLAS**

- Material: Hierro laminado.
- Dimensiones:
  - 0.55 x 1.00 m
  - Ancho de barras de 0.05m
- Longitud de rejilla corresponde a cada sumidero :
  - S1, S2, S3 y S4 : 5.1 m
  - S5 y S6 : 3.7 m
  - S7, S8, S9, S10 y S11 : 5.2 m
  - S12, S13 : 4.5 m
  - S14, S15 : 5.1 m
- Orientación: Barras paralelas al flujo y también transversales.
- Espaciamiento:
  - Barras paralelas: 0.05 m
  - Barras transversales: 0.17 m
- Las rejillas se ubicarán a lo largo del sumidero correspondiente.



<p>UNIVERSIDAD DE PIURA</p>	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA URB. SANTA MARGARITA DE LA CIUDAD DE PIURA CON EL SOFTWARE SWMM	
Tutores: Pájito Solís Jorge Fernando Serrano Ayón David Lizardo	TEMA: PLANO DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN EN LA URB. SANTA MARGARITA (PI-SO-004)	LÍNEA: TÍTULO: FECHA: ESCALA: FECHA DE ENTREGA: INGENIERO: INGENIERO AUXILIAR: INGENIERO AUXILIAR:
Fecha: 01/07/2022 Ing. Martha Farías	Fecha: 01/07/2022 Ing. Martha Farías	Departamento: Piura Fecha: 28 de Octubre E-7