



UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Análisis y diseño de drenaje pluvial para A.H. Los Algarrobos I y II etapa (Piura)

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Mireya Patricia Quintana Ordoñez

**Asesor(es):
Dr. Ing. Jorge Demetrio Reyes Salazar**

Piura, marzo de 2021



Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a Dios por permitirme dar este paso tan importante para mi desarrollo profesional, a mis padres por brindarme la oportunidad de estudiar en mi alma mater, hermanos por alegrar mis días y amigos por su apoyo incondicional.

Mireya





Agradecimientos

Agradezco el apoyo brindado en todo momento por mi asesor de tesis el Dr. Jorge Reyes, por compartir su conocimiento y tiempo con el fin de lograr un estudio en favor de la mejora de calidad de vida a una porción de la comunidad piurana, yendo de la mano siempre con el lema “mejores personas, mejores profesionales”.





Resumen

La presente tesis aborda el diseño del drenaje pluvial por gravedad del A.H. Los Algarrobos I y II etapa en la ciudad de Piura. La zona de estudio presenta riesgo de inundación debido a lluvias, además de carecer de vías de acceso pavimentadas.

El estudio inició con la descripción de la zona con alcance a niveles socioeconómicos, educativos y de calidad de vida de los pobladores para sustentar la magnitud del diseño. Posteriormente, con el fin de obtener las diferencias de cotas para el diseño, se llevó a cabo un levantamiento topográfico, el cual contó con el apoyo de la Universidad de Piura mediante el préstamo de equipos, el estudio topográfico también involucró el procesamiento de datos, generación de modelo digital del terreno y obtención de cotas de buzones en la zona. Luego, en función a la ubicación de las viviendas y la topografía previamente medida, se trazó en planta la dirección del flujo del agua superficial y se definieron cuarenta y nueve tramos y sus pendientes. La caracterización del suelo en la zona está sustentada en un estudio previo realizado por la Universidad de Piura denominado "Construcción del sistema de Drenaje Pluvial por Gravedad de la Franja Central de la Ciudad de Piura". Finalmente, aplicando la Norma Técnica OS. 060 (2006) bajo al método racional, se calculó el caudal pico (Q).

Para el diseño de las cunetas se aplicó el software HCANALES; a partir de caudales, pendientes, rugosidad del material y geometría rectangular se calcularon los tirantes en cada tramo y se adicionó borde libre de 25% como mínimo para finalmente definir geometrías con dimensiones adecuadas para construcción, lo que resultó en ocho tipos de secciones transversales de concreto de espesor 10 cm y rejillas metálicas para evitar el ingreso de residuos sólidos. Finalmente, se realizó un estudio preliminar de construcción con precios unitarios, presupuesto y cronograma.



Tabla de contenido

Introducción	19
Capítulo 1 Aspectos generales	21
1.1. Antecedentes.....	21
1.2. Ámbito del estudio	22
1.2.1. Ubicación geográfica	22
1.2.2. Condiciones climatológicas	24
1.3. Infraestructura y servicios básicos	24
1.3.1. Vivienda.....	24
1.3.2. Servicios básicos.....	27
1.3.3. Pistas y veredas	30
1.3.4. Situación actual: Reconstrucción de Piura.....	33
1.4. Educación.....	34
1.5. Salud	34
1.6. Situación económica.....	35
1.7. Río Piura.....	36
1.7.1. Origen y recorrido del Río Piura.....	36
1.7.2. Pendientes promedio.....	37
1.7.3. Drenes de la ciudad de Piura.....	37
Capítulo 2 Problemática	41
2.1. Descripción del problema.....	41
2.2. Causas del problema	45
2.3. Efectos del problema.....	45
2.3.1. Influencia del Fenómeno El Niño en la economía de Piura	46
2.4. Objetivos.....	46
2.4.1. Objetivo general.....	46

2.4.2. Objetivos específicos.....	46
Capítulo 3 Marco teórico.....	47
3.1. Conceptos básicos	47
3.1.1. Periodo de retorno.....	47
3.1.2. Probabilidad de no ocurrencia	47
3.1.3. Precipitación.....	48
3.1.4. Duración	48
3.1.5. Intensidad.....	48
3.1.6. Frecuencia	49
3.1.7. Curvas IDF.....	49
3.1.8. Drenaje urbano	50
3.1.9. Tipos de drenaje urbano	50
3.1.10. Componentes	50
3.2. El Fenómeno El Niño.....	51
3.2.1. Origen de los conceptos.....	51
3.2.2. Eventos El Niño más fuertes.....	52
3.2.3. Predictibilidad del Fenómeno El Niño Global	54
3.3. Normativa	54
3.3.1. Alternativas de evacuación de agua de lluvias: Norma OS.060.....	54
3.3.2. Consideraciones básicas de diseño	55
Capítulo 4 Estudios previos	57
4.1. Estudio topográfico	57
4.1.1. Condiciones de área de estudio.....	57
4.1.2. Nivelación topográfica	57
4.1.3. Instrumentos	60
4.1.4. Errores	62
4.1.5. Resultados	63
4.2. Estudio de mecánica de suelos.....	63
4.2.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....	63
4.2.2. Clasificación del suelo	63
4.2.3. Resultados	63
4.3. Proyecto “Construcción del sistema de Drenaje Pluvial por Gravedad de la Franja Central de la Ciudad de Piura”	67

4.3.1. Fase de Pre-Factibilidad	67
Capítulo 5 Estudio hidrológico	73
5.1. Consideraciones.....	73
5.2. Método racional	73
5.2.1. Coeficiente de escorrentía	74
5.2.2. Intensidad de lluvia	78
5.2.3. Área de drenaje	82
5.2.4. Información pluviométrica.....	85
5.2.5. Cálculo del caudal pico Q	87
Capítulo 6 Diseño hidráulico de drenaje pluvial	89
6.1. Criterios de diseño.....	89
6.1.1. Coeficiente de Rugosidad “n” de Manning.....	89
6.1.2. Velocidad mínima.....	90
6.1.3. Velocidad máxima.....	90
6.1.4. Pendiente mínima	90
6.2. Diseño de cunetas	90
6.2.1. Sección transversal de cuneta.....	90
6.2.2. Capacidad de cuneta.....	91
6.2.3. Dimensionamiento mínimo de cuneta.....	94
6.2.4. Borde libre mínimo.....	94
6.2.5. Dimensionamiento de cuneta con HCANALES.....	95
6.3. Diseño de rejillas.....	102
6.3.1. Eficiencia hidráulica.....	102
6.3.2. Dimensionamiento de rejillas	103
Capítulo 7 Costos, Presupuesto y Programación	105
7.1. Metrados	105
7.1.1. Metrado de movimiento de tierras.....	106
7.1.2. Metrado de cunetas	106
7.1.3. Metrado de rejillas	107
7.2. Análisis de costos unitarios	107
7.3. Presupuesto.....	110
7.4. Cronograma	111

Conclusiones.....	113
Recomendaciones.....	115
Referencias bibliográficas.....	117
Apéndices.....	121
Apéndice A: Medidas de lecturas de levantamiento topográfico con teodolito.....	123
Apéndice B: Cálculo de caudal pico “Q”	126
Apéndice C: Resultados HCANALES por tramo.....	128
Apéndice D: Planos.....	129
Plano C-01: Cotas y dirección de flujo de agua superficial.....	130
Plano PL-01: Perfil longitudinal cunetas-calle N, calle H y pasaje 1.....	131
Plano PL-02: Perfil longitudinal cunetas-calle I y pasaje 2.....	132
Plano PL-03: Perfil longitudinal cunetas-calle 2, calle paralela av. Los Algarrobos y pasaje 15’	133
Plano PL-04: Perfil longitudinal cunetas-av. D y pasaje 14.....	134
Plano PL-05: Perfil longitudinal cunetas-calle paralela av. Los Algarrobos, calle J y calle G.....	135
Plano PL-06: Perfil longitudinal cunetas-av. C y pasaje 16.....	136
Plano PL-07: Perfil longitudinal cunetas-pasaje 12, pasaje 13, pasaje 14 y pasaje 15.....	137
Plano PL-08: Perfil longitudinal cunetas-pasaje 10, pasaje 11, pasaje 13.....	138
Plano SC-01: Tipo de sección de cunetas según tramo.....	139
Plano SC-02: Sección de cunetas.....	140

Lista de tablas

Tabla 1. Tipo de vivienda- Distrito de Piura	24
Tabla.2. Población damnificada según provincia a mayo 2017 (Piura)	25
Tabla 3. Distribución de casas-A.H. Los Algarrobos	26
Tabla 4. Viviendas con abastecimiento de agua potable.....	28
Tabla 5. Red pública de alcantarillado	29
Tabla 6. Tipo de alumbrado en viviendas	29
Tabla 7. E.E.S.S. dañados por provincia (mayo 2017)	35
Tabla 8. Efectos ocasionados por falta o ineficiencia de drenaje pluvial en Piura	45
Tabla 9. Valorización de pérdidas por sectores	46
Tabla 10. Número de golpes – Ensayo SPT	64
Tabla 11. Coeficientes de escorrentía para áreas urbanas	75
Tabla 12. Cálculo de coeficiente de escorrentía	76
Tabla 13. Ecuaciones empleadas para el cálculo del tiempo de concentración.....	79
Tabla 14. Coeficiente de Rugosidad de Manning según material de cunetas	89
Tabla 15. Velocidades máximas según material de tuberías de alcantarillado (m/s)	90
Tabla 16. Tipo de cuneta por tramo del área de estudio.....	97
Tabla 17. Dimensiones de rejillas.....	103
Tabla 18. Resistencias para Rejillas tipo W-19 pesadas.....	104
Tabla 19. Metrado de longitud según sección de cuneta	105

Tabla 20. Metrado de excavación de zanjas para cunetas	106
Tabla 21. Metrado de concreto para cunetas.....	107
Tabla 22. Metrado colocación de rejillas	107
Tabla 23.Tabla salarial Hora Hombre (H.H.) Construcción Civil del Perú.....	108



Lista de figuras

Figura 1. Ubicación del Asentamiento Humano Los Algarrobos.....	23
Figura 2. Ubicación de la microcuenca (zona de estudio) en el A.H. Los Algarrobos	23
Figura 3. Poblaciones urbana y rural en la Región de Piura (2003-2015).....	25
Figura 4. Viviendas en intersección de Avenida R con Pasaje 15	26
Figura 5. Viviendas en Avenida Los Algarrobos	27
Figura 6. Cajas de registro en zona de estudio	28
Figura 7. Servicio de electricidad en zona de estudio.....	30
Figura 8. Infraestructura vial en Avenida R.....	30
Figura 9. Infraestructura vial en Avenida Los Algarrobos	31
Figura 10. Estado de infraestructura vial en Pasaje 15	31
Figura 11. Estado de infraestructura vial en Avenida D.....	32
Figura 12. Carencia de veredas-Av. Los Algarrobos	32
Figura 13. Vivienda ubicada por debajo de la cota del terreno	33
Figura 14. IEI 010 -Alrededores de la zona de estudio (IV etapa A.H. Los Algarrobos)	34
Figura 15. Croquis de reconocimiento del río Piura y sus afluentes de cabecera	38
Figura 16. Tramos de pendientes del río Piura	39
Figura 17. Mapa de hidrografía y de drenes-Distrito de Piura.....	40
Figura 18. Caudal del río Piura promedio anual medido en el Puente Sánchez-Los Ejidos.....	41
Figura 19. Ubicación de 30 microcuencas.....	43

Figura 20. Laguna en la II Etapa del A.H. Los Algarrobos por precipitaciones	45
Figura 21. Curvas IDF para la ciudad de Piura (1983-2017)	49
Figura 22. Regiones de acción del fenómeno “El Niño”	54
Figura 23. Representación de nivelación trigonométrica	58
Figura 24. Representación de Nivelación Geométrica	58
Figura 25. Representación de Nivelación Barométrica Simple	59
Figura 26. Representación de Nivelación Barométrica Compuesta	59
Figura 27. Teodolito	60
Figura 28. Trípode	60
Figura 29. Mira	61
Figura 30. Jalón.....	61
Figura 31. Cinta métrica	62
Figura 32. Nivel esférico.....	62
Figura 33. Ensayo SPT en zona de estudio	65
Figura 34. Muestreo de suelo en zona de estudio.....	66
Figura 35. Trazo de las vías evacuadoras y conductos cubiertos de la Alternativa No. 1-Etapa Pre-Factibilidad.....	70
Figura 36. Trazo de las vías evacuadoras y conductos cubiertos de la Alternativa No. 2-Etapa Pre-Factibilidad.....	71
Figura 37. Trazo de las vías evacuadoras y conductos cubiertos de la Alternativa No. 3-Etapa Pre-Factibilidad.....	72
Figura 38. Ubicación del tramo 33-34	81
Figura 39. Delimitación de áreas verdes en la microcuenca.....	83
Figura 40. División de áreas tributarias en la microcuenca	83
Figura 41. Ubicación del tramo 2-3	84

Figura 42. Área tributaria de los tramos 1-2 y 2-3 de techo y áreas.....	85
Figura 43. Fórmula de Manning – Determinación de Caudal en cunetas triangulares	92
Figura 44. Sección transversal de cuneta	93
Figura 45. Sección transversal de cuneta	94
Figura 46. Sección típica de calzada	95
Figura 47. Diseño de cuenta de Tramo 2-3-HCANALES.....	96
Figura 48. Dimensiones de cuenta de Tramo 2-3	97
Figura 49. Dimensiones de cuenta tipo C1.....	98
Figura 50. Dimensiones de cuenta tipo C2.....	98
Figura 51. Dimensiones de cuenta tipo C3.....	99
Figura 52. Dimensiones de cuenta tipo C4.....	99
Figura 53. Dimensiones de cuenta tipo C5.....	100
Figura 54. Dimensiones de cuenta tipo C6.....	100
Figura 55. Dimensiones de cuenta tipo C7.....	101
Figura 56. Dimensiones de cuenta tipo C8.....	101
Figura 57. Vista en planta de rejilla GR-18.....	103
Figura 58. Isométrico de rejilla GR-18.....	103



Introducción

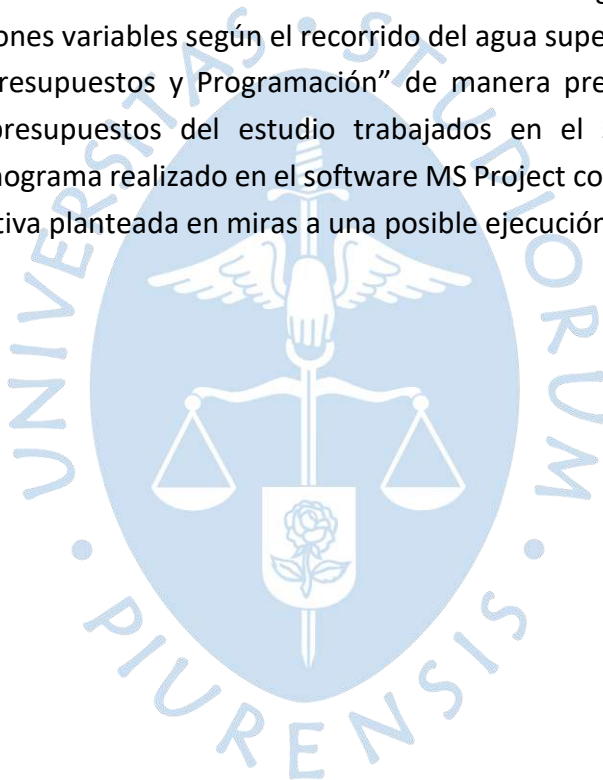
El diseño de drenaje pluvial es normado en zonas urbanas del Perú desde el 2006 mediante la Norma Técnica OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano”. No se puede especificar el porcentaje del territorio del Perú que carece de drenaje pluvial, lo que sí se puede afirmar es que queda un largo camino por recorrer para lograr implementarlo en todo el territorio nacional.

Específicamente en la ciudad de Piura, se observa una deficiencia en dicho tema, reflejo de ello son las consecuencias como inundaciones de calles cuando se produce una lluvia típica estacional. Si tratamos el tema del Fenómeno El Niño lo que se haya logrado hacer en nuestra región queda bastante corto.

Como piuranos la época de lluvias estacionales que suelen darse durante el periodo de verano, la infraestructura tanto pública como privada se ve dañada en mayor o menor medida dependiendo de la intensidad y duración de la precipitación. Sin embargo, durante el Fenómeno El Niño es donde se presentan los daños más considerables. Un ejemplo de ello son los eventos extraordinarios ocurridos en los años 1983, 1998 y el más reciente en el 2017. Aquel fatídico 27 de marzo del 2017 con el desborde del río Piura, la población piurana recordó la importancia de tener un correcto diseño de drenaje pluvial en nuestra región. Tomando dicho suceso como punto de partida en favor de la mejora de la calidad de vida de una proporción de la sociedad piurana, se escogió la I y II Etapa del A.H. Los Algarrobos para el diseño de su drenaje pluvial urbano, que comprende parte de un estudio previo realizado por la Universidad de Piura denominado “Construcción del sistema de Drenaje Pluvial por Gravedad de la Franja Central de la Ciudad de Piura”, en específico la Cuenca C-03 con una extensión de 0.8 Has.

Para llevar a cabo el estudio, el trabajo se ha estructurado en siete capítulos. El Capítulo 1 “Aspectos Generales” se explican el contexto y condiciones en las cuales se plantea una alternativa de solución a dicha problemática como delimitación del área de trabajo, condiciones climatológicas, infraestructura y servicios básicos, situación económica, de salud y educativa en la región de Piura. Seguido a ello, en el Capítulo 2 “Problemática” busca expresar la causalidad y efectos del nulo manejo del agua superficial al momento de

presentarse una precipitación en el A.H. Los Algarrobos, definiendo gracias a ello el objetivo general, objetivos específicos y justificación de este estudio. En el Capítulo 3 “Marco Teórico” se presentan los conceptos principales en los cuales se desarrollará el estudio. En el Capítulo 4 “Estudios Previos” se muestra los estudios necesarios para obtener la data para iniciar con el diseño del drenaje pluvial, como son el estudio topográfico, Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y de Clasificación de Suelo, también describe brevemente el Proyecto “Construcción del sistema de Drenaje Pluvial por Gravedad de la Franja Central de la Ciudad de Piura” realizado por la Universidad de Piura para que se entienda la relación del presente estudio con dicho proyecto. En el Capítulo 5 “Estudio hidráulico e hidrológico” se explica brevemente como mediante el método racional se ha logrado calcular el caudal pico “Q”. En el Capítulo 6 “Diseño hidráulico de Drenaje Pluvial” se detalla la opción de solución empleada empleando el software HCANALES, la cual consta de dos cunetas de sección rectangular, una a cada lado de la calzada, de dimensiones variables según el recorrido del agua superficial. Finalmente, en el Capítulo 7 “Costos, Presupuestos y Programación” de manera preliminar se adjuntan los precios unitarios y presupuestos del estudio trabajados en el software S10 Costos y Presupuestos y el Cronograma realizado en el software MS Project con el fin de medir el costo y tiempo de la alternativa planteada en miras a una posible ejecución en un futuro.



Capítulo 1

Aspectos generales

1.1. Antecedentes

La presente tesis plantea complementar las investigaciones realizadas previamente sobre el análisis y diseño de drenaje pluvial para zonas urbanas. Se tomaron en cuenta referencias nacionales.

A nivel nacional se cuenta con la Norma Técnica de Drenaje Pluvial Urbano codificada como Norma OS.060 (2006) la cual define los criterios de diseño para lograr la elaboración de proyectos de drenaje pluvial urbano que perciben la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas generadas por las precipitaciones sobre un área urbana.

Entre las tesis de pregrado en el Perú que han tomado el drenaje pluvial urbano como tema de estudio se han considerado como fuente de información las siguientes:

- (i) Análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la Urb. Angamos” (Granda 2013). La tesis concluyó en que el software SWMM genera valores más precisos que el método racional. Es de importancia puesto que en el área de estudio de la cuenca también se planea usar el método racional para su análisis hidrológico.
- (ii) “Sistema de drenaje pluvial para el distrito de Mariano Melgar, Arequipa” (Gonzales & Velazo, 2014) concluyó que, se debe considerar un crecimiento poblacional con planificación debido a las variaciones que esto significa en la cuenca, con el fin de lograr un sistema de drenaje eficiente. A su vez establece que, el método racional no logra describir la variación en el espacio y tiempo de la escorrentía superficial en comparación del método de la aproximación de la onda cinemática.
- (iii) “Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM” (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2007). El estudio muestra la importancia de la realización de un expediente técnico con sustento técnico correcto con la finalidad de que el sistema de drenaje logre su objetivo tras su ejecución. Se debe prestar atención a que al estado real en campo sea apto para la ejecución de redes de drenaje, la deficiencia de vías de acceso a la ciudad y la deficiencia en el orden urbano.

(iv) “Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura” (Hernández, 2018). La tesis plantea una solución al drenaje pluvial de la Urb. El Chilcal, puesto que, al estar en zona de depresión es vulnerable a inundaciones ante precipitaciones de cualquier tipo. El diseño realizado en los criterios de la norma de drenaje pluvial urbano (OS.060) involucra el uso de rejillas de captación transversales, tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio, bombas tornillo de Arquímedes.

(v) “Diseño del drenaje pluvial de la cuenca Ignacio Merino de Piura usando el programa SWMM”(Cateriano & Menacho, 2019). El estudio emplea el programa Storm Water Management Model, para el cálculo de los caudales de escorrentía superficial y la ubicación de las zonas más vulnerables en la cuenca. El diseño contempló sumideros, conductos, cisternas y cámaras de bombeo.

1.2. Ámbito del estudio

La zona de estudio corresponde a la microcuenca ubicada en la I y II Etapa del Asentamiento Humano Los Algarrobos, ubicada en el departamento de Piura, provincia de Piura y distrito de Piura (Figura 1).

1.2.1. Ubicación geográfica

La ciudad de Piura se sitúa a $05^{\circ}11'50''$ de latitud Sur y a $80^{\circ}37'14''$ de longitud Oeste, a una altura de 29 m.s.n.m. la parte extrema del noroeste del país, limitando al este con Cajamarca, oeste con el Océano Pacífico, norte con Tumbes y Ecuador y sur con el departamento de Lambayeque. Piura se encuentra en el medio de la cuenca hidrográfica del río del mismo nombre, atravesando a la ciudad de norte a sur, motivo por el cual la ciudad presenta esa misma pendiente general (Instituto de Hidráulica Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, 2009).

El Asentamiento Humano Los Algarrobos se encuentra localizado al noroeste de la ciudad de Piura, aproximadamente a 4.4 km de la Plaza de Armas. Sus coordenadas son $5^{\circ}10'18.69''$ latitud Sur y $80^{\circ}38'52.36''$ longitud Oeste. Respecto a las altitudes topográficas, la provincia de Piura se encuentra a 29 m.s.n.m. (Instituto Vial Provincial de Piura, 2010), mientras que la zona de estudio a un nivel entre los 35 m.s.n.m. y los 43 m.s.n.m.

La microcuenca se encuentra representada con el fin de analizarla, por un polígono de 10 lados comprendiendo un área aproximada de 8.1 hectáreas (Figura 2). Para localizarla con exactitud dentro del Asentamiento Humano Los Algarrobos se han establecido los siguientes límites:

- (i) Por el norte: Calle N
- (ii) Por el sur: Avenida R
- (iii) Por el este: Calle G y Calle H
- (iv) Por el oeste: Avenida Los Algarrobos

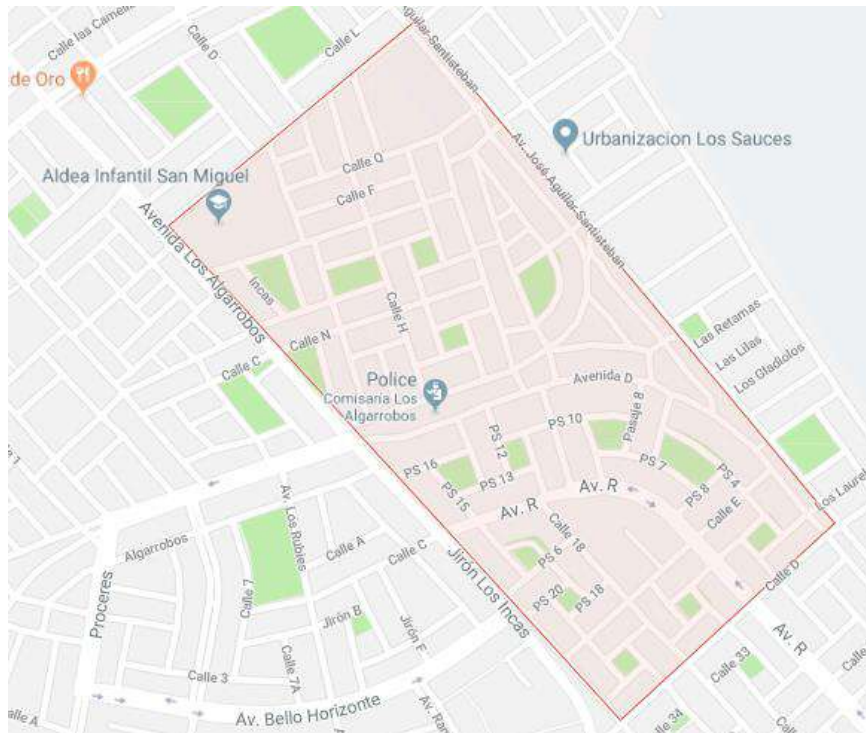


Figura 1. Ubicación del Asentamiento Humano Los Algarrobos

Fuente: Google Maps, 2018

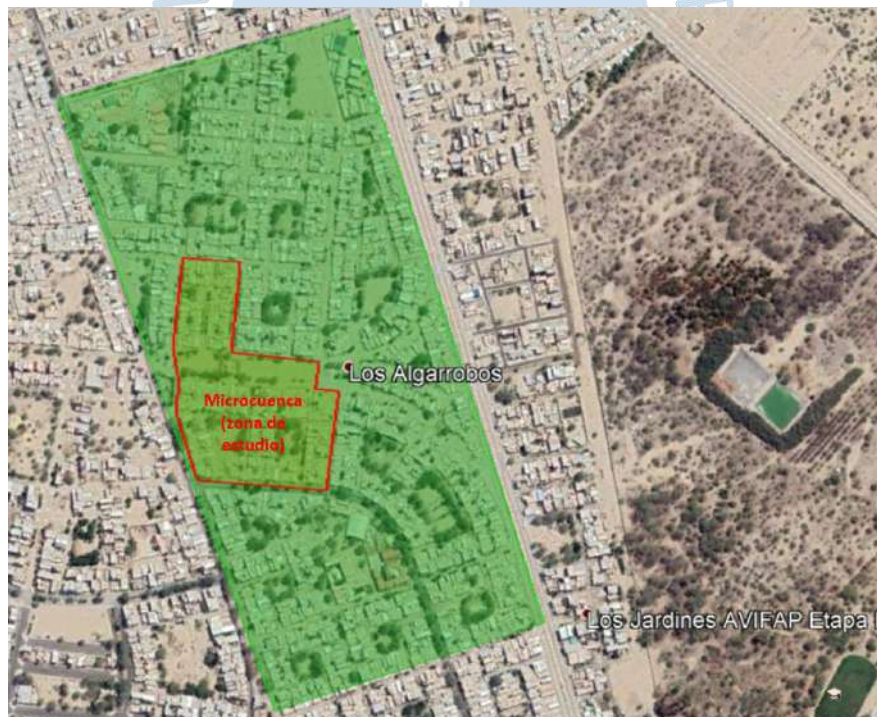


Figura 2. Ubicación de la microcuenca (zona de estudio) en el A.H. Los Algarrobos

Fuente: Google Maps, 2018

1.2.2. Condiciones climatológicas

El Mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 1988), clasifica el clima de la ciudad de Piura como húmedo y cálido con deficiencia de lluvia en la mayor parte del año.

El aire no presenta variaciones destacables en su temperatura máxima promedio del aire a lo largo del año, los valores van desde 27,6 °C hasta 34,1°C, presentando las máximas mediciones durante el verano. En cuanto a los valores promedios de la temperatura mínima del aire fluctúan entre 17,0 °C a 23,1°C, su comportamiento es similar al de la temperatura máxima. (Weather Spark, s.f.)

La presencia de lluvias aumenta entre diciembre y abril, debido al aporte de humedad desde la vertiente oriental y occidental norte. Aproximadamente en el primer trimestre del año las lluvias acumulan 142,9 mm (Weather Spark, s.f.).

La humedad es mayor durante 6 meses, entre el 9 de diciembre y el 10 de junio, presentando un nivel de comodidad bochornoso e insoportable durante el 30% del tiempo. (Weather Spark, s.f.).

1.3. Infraestructura y servicios básicos

1.3.1. Vivienda

El distrito de Piura cuenta con 33,987 casas, la mayoría de las casas son viviendas independientes, presentándose en menor medida las viviendas improvisadas. Las viviendas cuentan con servicios básicos como el de agua potable y energía eléctrica (Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED, 2017). Dependiendo del tipo de material de construcción, el número de casa se distribuye según muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Tipo de vivienda- Distrito de Piura

Material de construcción predominante en las paredes	Nro. de viviendas
Ladrillo o bloque de cemento	27833
Piedra o sillar con cal o cemento	100
Adobe	1321
Tapia	12
Quincha	333
Piedra con barro	51
Madera	335
Triplay/calamina/estera	4002
Total	33987

Fuente: CENEPRED, 2017

En Piura, se puede apreciar que la población urbana presenta un claro aumento, mientras que la población rural descende año tras año (Figura 3). Al día de hoy, el 74.2% del total de la población del departamento de Piura es urbana. El crecimiento de la población urbana en nuestro departamento se centra principalmente en las ciudades de Piura, Paita, Sullana y Sechura como resultado de la emigración de la población de las zonas rurales, principalmente de los distritos de la sierra, en búsqueda de oportunidades de empleo y estudio (Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR, 2017)



Figura 3. Poblaciones urbana y rural en la Región de Piura (2003-2015)

Fuente: CENEPRED, 2017

El sector vivienda en la Región Piura fue impactado por El Niño Costero 2017 de manera considerable. Se debe tener en cuenta que la provincia de Piura por su mayor concentración poblacional del departamento del mismo nombre, presentó perjuicios en una cantidad más considerable, mayor que en las otras provincias.

En la Tabla 2 se detalla de manera cuantitativa los daños de las viviendas en cada distrito de la Región Piura, actualizada a mayo del 2017.

Tabla.2. Población damnificada según provincia a mayo 2017 (Piura)

Provincia	No. de viviendas colapsadas	No. de viviendas inhabitables
Piura	6570	1456
Morropón	1005	573
Paita	1391	631
Sechura	382	433
Huancabamba	165	401
Ayabaca	273	193
Talara	344	36
Sullana	189	193
Total	10319	3916

Fuente: CENEPRED, 2017

La zona de estudio presenta 296 casas, en la cual un 90% están construidas de cemento y ladrillo y el 10% restante de material noble o triplay con calamina y estera, en la Figura 4 y

Figura 5 se muestran ambos tipos de materiales con los que fueron edificadas. Se encuentran distribuidas por manzanas como se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Distribución de casas-A.H. Los Algarrobos

Manzana	N° de casas
M1	30
A1	32
B1	32
H1	36
G	33
F1	32
I1	31
J1	37
K	33
Total	296

Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Viviendas en intersección de Avenida R con Pasaje 15

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Viviendas en Avenida Los Algarrobos

Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Servicios básicos

En las ciudades de Piura, Sullana, Talara, Paita y Chulucanas, los servicios que corresponden al agua potable como su producción y distribución, igualmente que el servicio de desagüe que comprende su recolección, tratamiento y alcantarillado sanitario; el servicio de disposición sanitaria de excretas, tienen como responsable a la Empresa Prestadora de Servicios Grau EPS S.A. (Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR, 2017).

La carencia de un servicio adecuado de agua y saneamiento posee un impacto negativo sobre la salud de las personas, su futuro desarrollo y calidad de vida (Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR, 2017).

En el departamento de Piura, el servicio de electrificación que es brindado por ENOSA, Dicha empresa realiza concesiones para la distribución y comercialización de energía eléctrica en las regiones de Tumbes y Piura (Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR, 2017).

1.3.2.1. **Servicio de agua potable.** Las modalidades de suministro de agua potable en las casas del distrito están dadas en un 82.5% mediante una instalación a la red pública dentro de la vivienda. Un 6.5% accede por pilones y 5.9% se abastece por camiones o cisternas. El porcentaje de viviendas que no tienen acceso a una red de agua potable es el 2.9%, es decir, 786 viviendas (Fuente, año). La distribución por número de vivienda se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Viviendas con abastecimiento de agua potable

Viviendas con abastecimiento de agua	N. de viviendas
Red pública de agua dentro de la vivienda	22 175
Red pública de agua fuera de la vivienda	173
Pilón de uso público	1 734
Camión, cisterna u otro similar	1 576
Pozo	219
Rio, acequia, manantial	786
Otro tipo	204
Total	26 867

Fuente: Empadronamiento Distrital de Población y Vivienda, 2012-2013

Las viviendas localizadas en la zona de estudio presentan en su totalidad (296 casas) el servicio de agua potable, como evidencia de ello poseen cajas de registro para medidor de agua potable como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Cajas de registro en zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

1.3.2.2. **Servicio de desagüe.** Respecto al servicio de desagüe o alcantarillado, 77.5% de viviendas posee conexión una red pública de desagüe, mientras que el 15.1% solo posee pozos negros o letrinas. Existe aún un 5% que no cuenta con servicios higiénicos (Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED, 2017). La distribución de número de viviendas dependiendo del tipo de red pública de alcantarillado que poseen se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Red pública de alcantarillado

Viviendas con servicios higiénico	No. de viviendas
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	20 835
Red pública de desagüe fuera de la vivienda	156
Pozo séptico	408
Pozo negro, letrina	4 052
Río, acequia o canal	76
No tiene	1 340
Total	26 867

Fuente: Empoderamiento Distrital de Población y Vivienda, 2012-2013

Las viviendas localizadas en la zona de estudio presentan en su totalidad (296 casas) el servicio de desagüe, como evidencia de ello presentan cajas de registro de desagüe como se muestra en la Figura 6

1.3.2.3. Servicio de electrificación. El 90.8% de las viviendas en el distrito de Piura, poseen energía eléctrica y alumbrado público en su barrio o domicilio, el resto de viviendas (9,2%) utiliza combustibles o simplemente no tiene alumbrado (Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED, 2017). La Tabla 1.6, muestra la cantidad de viviendas según el tipo de alumbrado que poseen.

Tabla 6. Tipo de alumbrado en viviendas

Tipo de alumbrado	No. de viviendas
Electricidad	24 384
Kerosene, mechero, lamparín	85
Petróleo, gas, lámpara	49
Vela	1 908
Otro	185
No tiene	256
Total	26 867

Fuente: Empadronamiento distrital de población y vivienda, 2012-2013

Las 296 viviendas de la zona de estudio presentan el servicio de electrificación, como se muestra de ello todas cuentan con medidor de electricidad y postes de luz. La Figura 7 evidencia tal situación.



Figura 7. Servicio de electricidad en zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

1.3.3. Pistas y veredas

La zona de estudio muestra carencia de pistas, puesto que únicamente se encuentran pavimentadas la Avenida R (Figura 8) y Avenida Los Algarrobos (Figura 9), los km restantes únicamente se encuentran a nivel de terreno de arena como se puede apreciar en la Figura 10 y Figura 11.



Figura 8. Infraestructura vial en Avenida R
Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Infraestructura vial en Avenida Los Algarrobos
Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Estado de infraestructura vial en Pasaje 15
Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Estado de infraestructura vial en Avenida D
Fuente: Elaboración propia

Respecto a las veredas, todas las manzanas cuentan con dicha infraestructura, excepto en las casas ubicadas en la Avenida Los Algarrobos, como se puede apreciar en la Figura.13 Debido a que algunas viviendas fueron construidas previamente a la ejecución de las veredas, han quedado en un nivel inferior a la cota del terreno, lo cual podría causar estragos si no se atiende oportunamente el tema del drenaje de las precipitaciones, como ejemplo se puede apreciar la Figura 12.



Figura 22. Carencia de veredas-Av. Los Algarrobos
Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Vivienda ubicada por debajo de la cota del terreno

Fuente: Elaboración propia

1.3.4. Situación actual: Reconstrucción de Piura

El Congreso de la República en 2017 por medio de la Ley No. 30556, “se aprueba de carácter extraordinario las disposiciones para las intervenciones del Gobierno Nacional frente a desastres y la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios. Se declara prioritaria, de interés nacional y necesidad pública la implementación de un Plan Integral para la Reconstrucción con Cambios, con enfoque de gestión del riesgo de desastres, para la reconstrucción y construcción de la infraestructura pública y viviendas afectadas por desastres naturales con un nivel de emergencia 4 y 5, así como para la implementación de soluciones integrales de prevención”.

En junio del presente año el presidente Martín Vizcarra dio el anuncio que a través de la firma del contrato “gobierno a gobierno” con Reino Unido se daría inicio a las obras de reconstrucción en Piura, de modo que ambos países asistirán técnicamente a la Autoridad para la Reconstrucción (ARCC). La ejecución del drenaje pluvial de la ciudad de Piura está comprendida en los trabajos a nivel nacional que se realizarán, de modo que este estudio de tesis podría servir como apoyo a este paso en la mejora de la infraestructura de nuestra región.

El 9 de junio de 2020 fue publicado en el Diario “El Peruano” el D.S. N.º 139-2020-EF, el cual autoriza la transferencia de Partidas en el Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2020 a favor del Ministerio de Agricultura y Riego, del Gobierno Regional de Piura y de diversos Gobiernos Locales.

A la fecha, respecto al realizado por la Universidad de Piura denominado “Elaboración de los estudios de Pre Factibilidad y Factibilidad del proyecto: Construcción del sistema de

evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura”, no se han emitido mayores estudios posteriores del tema.

1.4. Educación

En el departamento de Piura, hay 542,162 estudiantes sin considerar a los universitarios (Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR, 2017), de los cuales:

- (i) 508,710 corresponden a la educación básica regular.
- (ii) 9,498 pertenecen en la básica alternativa.
- (iii) 692 pertenecen a la básica especial.
- (iv) 9,302 pertenecen a la educación técnica.
- (v) 13,960 pertenecen entre educación pedagógica y tecnológica (no universitaria).

El área urbana del distrito de Piura al 2016 contaba con 465 instituciones, con un total de 32,927 alumnos (Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED, 2017). Dentro de la zona de estudio, no existe ningún centro educativo, sin embargo, en la zona aledaña se ubica la Institución educativa inicial (IEI) 010 (Figura 14), de gestión pública tipo directa con alumnado mixto.



Figura 24. IEI 010 -Alrededores de la zona de estudio (IV etapa A.H. Los Algarrobos)

Fuente: Google Maps, 2018

1.5. Salud

En 1946 la Organización Mundial de la Salud (OMS), tras una evolución conceptual del término “salud” la define como un estado pleno de bienestar de carácter físico, mental y social, sin presencia de afecciones o enfermedades.

Se debe tener en cuenta, el incremento de la capacidad de respuesta efectiva frente a los riesgos sanitarios se da únicamente si se cuenta con información verídica de los requerimientos de salud de la población y las insuficiencias en los sistemas de salud, agua y

saneamiento generados por las inundaciones, al igual que la comunicación de la información en forma pertinente a la población. La situación del sector salud en la Región Piura posterior a “El Niño Costero 2017” se vio perjudicada por medio del daño a la infraestructura de los centros de salud como se puede apreciar en la Tabla 7 (Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR, 2017).

Tabla 7. E.E.S.S. dañados por provincia (mayo 2017)

Provincia	Cantidad de E.E.S.S. afectados
Piura	57
Morropón	33
Sullana	24
Ayabaca	20
Sechura	10
Talara	8
Huancabamba	7
Paita	5
Total	164

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil, 2017

En la zona de estudio no se encuentra localizado ningún establecimiento de salud.

1.6. Situación económica

El Gobierno Regional de Piura en el 2017, afirmó que las actividades primarias y secundarias poseían diversificación en Piura a nivel departamental y en menor porcentaje las actividades terciarias. Dichas actividades han promovido un crecimiento económico y por ende generan el incremento del PBI.

Cada una de las provincias de Piura económicamente se caracteriza por:

- (i) Piura: Centro financiero, económico y administrativo del territorio.
- (ii) Sullana: Zona agropecuaria de exportación.
- (iii) Talara: Explotación petrolífera y pesquera. Adicionalmente la oferta turística de playas.
- (iv) Paita: Principal puerto de embarque y desembarque marítimo. Presenta actividad pesquera artesanal e industrial, además es el centro de la Zona Especial de Desarrollo de Paita.
- (v) Sechura: Pesca industrial y artesanal, la producción minerales y fosfatos.
- (vi) Morropón: Agricultura.
- (vii) Ayabaca: Agricultura (básicamente de autoconsumo).

- (viii) Huancabamba: Agricultura (básicamente de autoconsumo). Presenta bajos niveles de productividad.

La actividad económica que genera más valor agregado es la manufactura. Seguida de (Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR, 2017):

- (i) Comercio
- (ii) Extracción de petróleo, gas y minerales
- (iii) Agricultura
- (iv) Ganadería
- (v) Caza
- (vi) Silvicultura
- (vii) Construcción

En la zona de estudio se desarrollan actividades económicas en bajo porcentaje, como tiendas de abarrotes de pequeño tamaño principalmente ubicadas a lo largo de la Avenida R, debido a que en su mayor parte se trata de áreas con construcciones de viviendas o parques.

1.7. Río Piura

En promedio la cuenca del río Piura posee un área de drenaje de 12,216 km² con una pendiente promedio de 0.16% (Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED, 2017).

1.7.1. Origen y recorrido del Río Piura

Como muestra la publicación denominada “Diagnóstico de la cuenca del río Piura con enfoque de gestión de riesgo” realizada por el Gobierno Regional de Piura en 2001, el distrito de Piura forma parte de la cuenca del río Piura, que pertenece a su vez al sistema hidrográfico de la gran cuenca del Pacífico. Su origen se encuentra en la quebrada de Paratón ubicada a 3400 m.s.n.m. en las periferias del cerro Paratón, luego al unirse con la quebrada Cashapite se forma la quebrada Chalpa y esta última, al unirse con la quebrada Overal da paso al inicio del río Huarmaca. En la localidad de Serrán, dicho río recibe el aporte del Chignia o San Martín. La unión del río Huarmaca, río Pusmalca y el Pata originan el río Canchaque cuyo recorrido es la dirección nor-oeste hasta unirse con el río Bigote.

La unión del río Canchaque y el río Bigote toma el nombre del río Piura, con dirección nor-oeste a Tambogrande, el mismo que al llegar hasta Curumuy recorre en trayectoria oeste y luego en dirección sur-oeste que al llegar a Catacaos se desvía al sur hasta la depresión de la Laguna Ramón con un área de 12 km² de espejo de agua llamada “La Niña”. Dicha laguna se enlaza con la Laguna Ñapique que posee 8 km² de espejo de agua por su lado norte. Ambas lagunas al presentarse el Fenómeno El Niño colman su capacidad y el agua se dirige siguiendo su cauce natural hacia la Laguna Las Salinas, con un espejo de agua de 150 km² y finalmente

se enlaza con el Estuario de Virrilá con una desembocadura final en el Océano Pacífico (Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Chira-Piura et al., 2001). La Figura 15 muestra el Río Piura y sus afluentes.

1.7.2. Pendientes promedio

El río Piura tiene una longitud aproximada de 295 km, de los cuales los primeros 32 km presentan una pendiente pronunciada. Del recorrido restante, comprendido entre Malacasí y la desembocadura las pendientes promedios son suaves y varían según los tramos siguientes (Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Chira-Piura et al., 2001) :

- (i) El tramo inicial de 32 km.: 7.80%.
- (ii) Malacasí y confluencia Huarmaca – Chignia: 0.35%
- (iii) Tambogrande – Malacasí: 0.13%
- (iv) Piura-Tambogrande: 0.08%
- (v) Laguna Ramón – Ciudad de Piura: 0.03 %

En la Figura 16 se aprecian los tramos definidos anteriormente.

1.7.3. Drenes de la ciudad de Piura

El sistema de drenaje de la ciudad de Piura (ver Figura 16), está formado por los drenes: Sullana, Gullman, César Vallejo, Marcavelica, Petroperú, Santa Rosa, Japón Turquía, Sechura, 66, etc. La mayoría de los drenes citados convergen en las Lagunas Santa Julia y Coscomba. El principal de los anteriormente citados es el dren Sechura, compuesto por un canal superficial de forma trapezoidal revestido de concreto y luego de sección natural, evacua hacia el mar las precipitaciones acumuladas en las Lagunas Coscomba y Santa Julia (INDECI OEA, 2009).

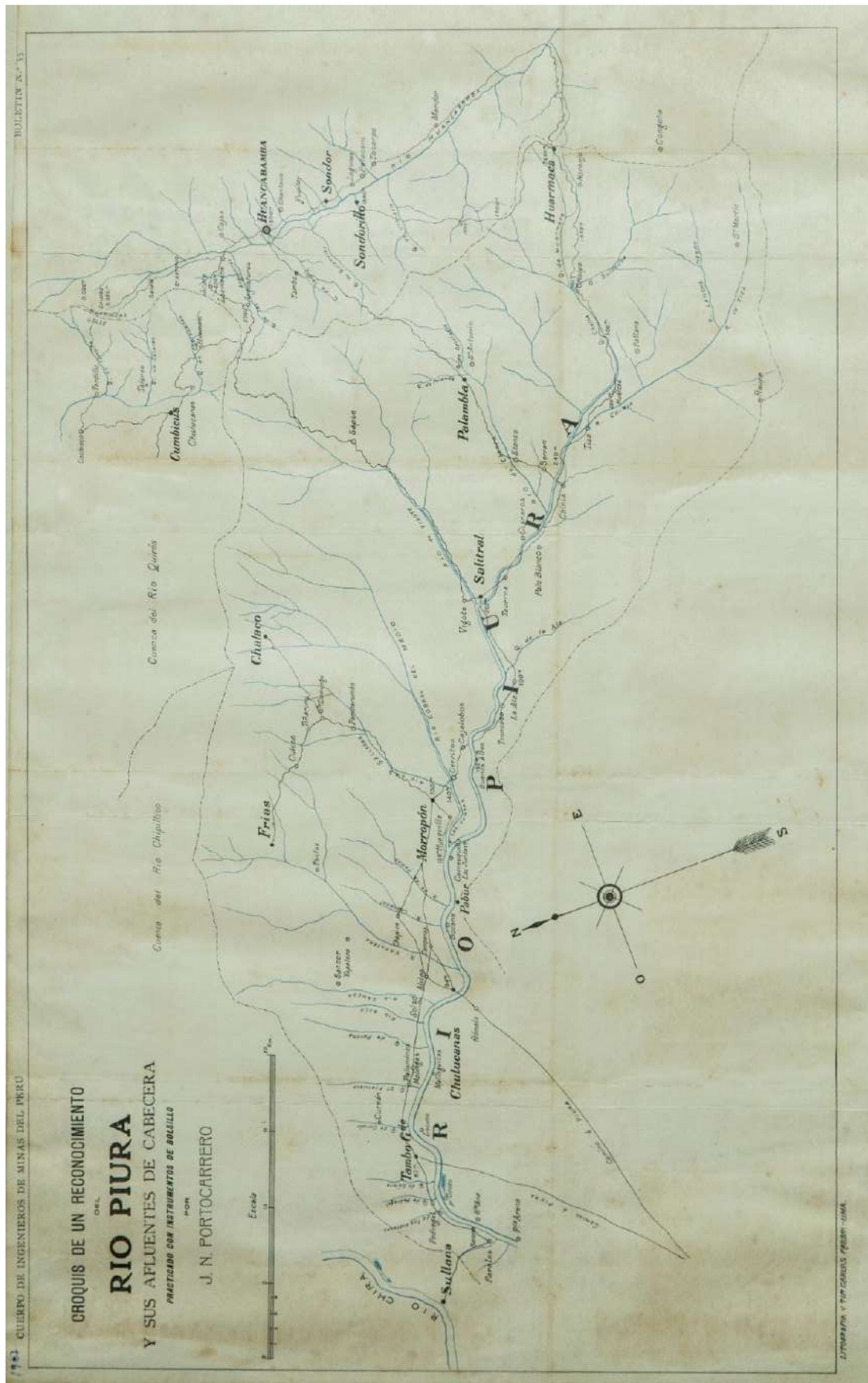
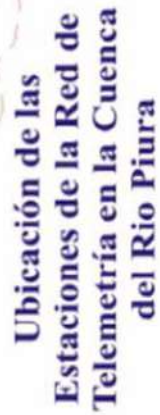


Figura 15. Croquis de reconocimiento del río Piura y sus afluentes de cabecera
Fuente: Portocarrero, 1907



Fuente: Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Chira-Piura, 2001

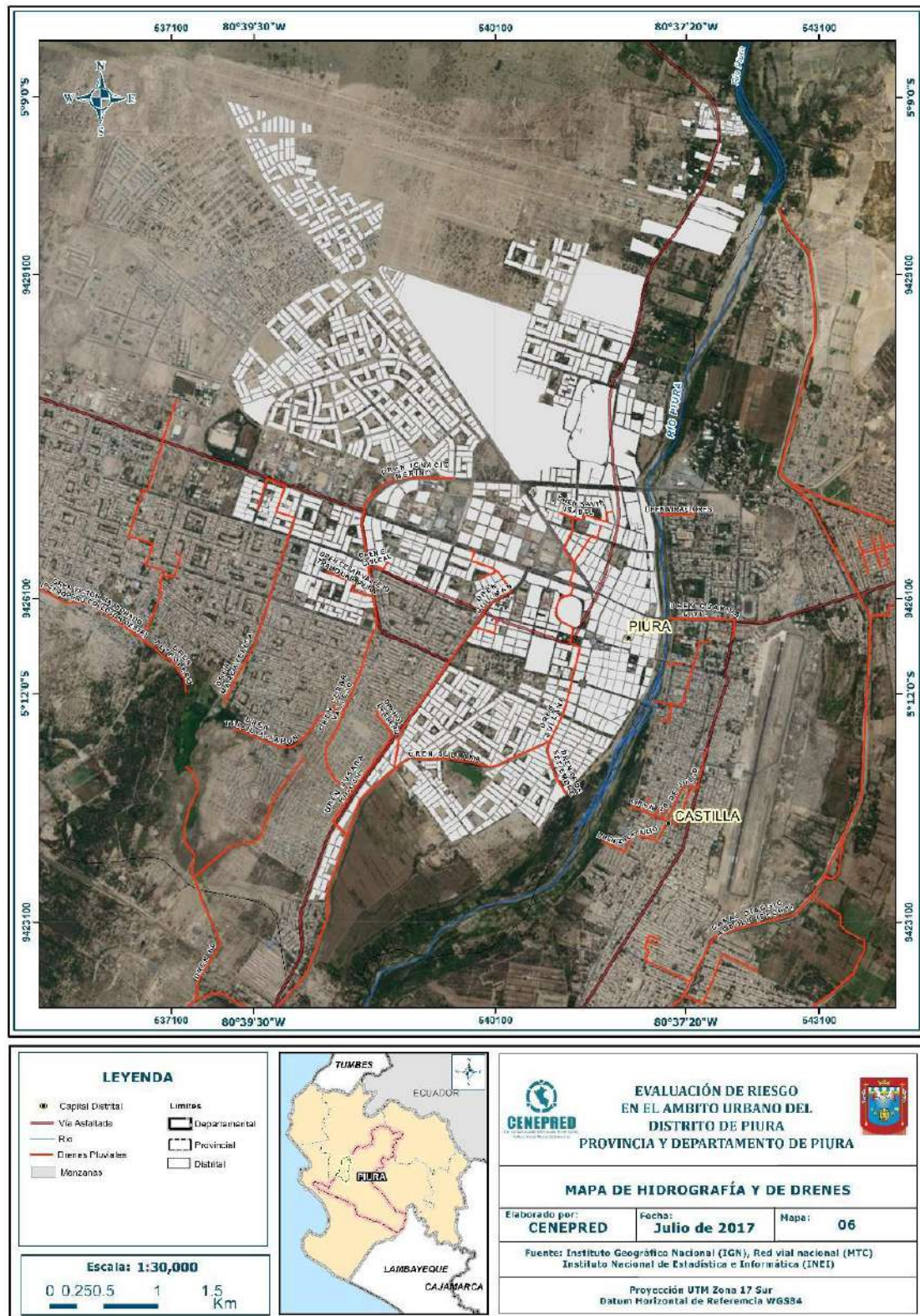


Figura 27. Mapa de hidrografía y de drenes-Distrito de Piura

Fuente: Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2017

Capítulo 2

Problemática

2.1. Descripción del problema

En el Perú hasta el 2018 se ha presentado el Fenómeno El Niño en 44 ocasiones. Dicho fenómeno, en conjunto con las lluvias estacionales propias de Piura, siempre conllevan a generar estragos en la sociedad, puesto que en general como ciudad hay muchas carencias a nivel de infraestructura de drenaje pluvial. En la Figura 18 se pueden apreciar el caudal promedio del río Piura desde enero a diciembre desde 1920 hasta el 2017.

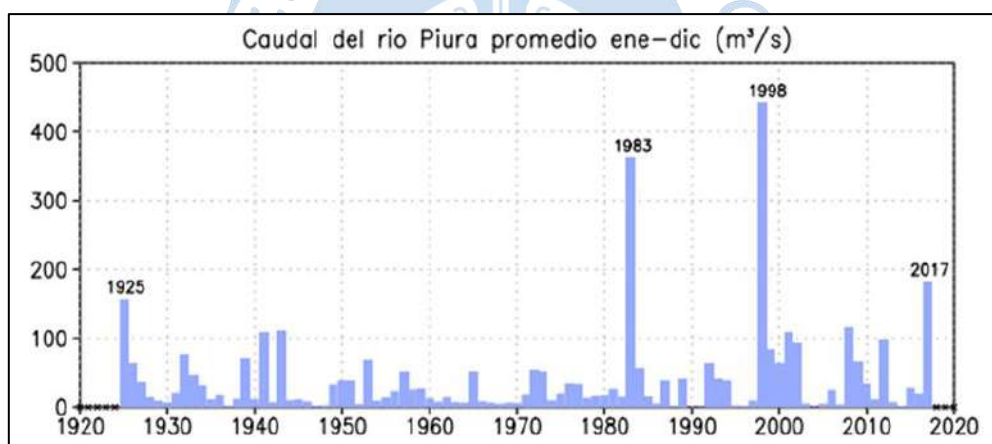


Figura 18. Caudal del río Piura promedio anual medido en el Puente Sánchez-Los Ejidos
Fuente: Takahashi, 2017

El último suceso de precipitaciones de magnitud extraordinaria producido en el 2017, ocasiono que Piura se paralizara por el desborde del río del mismo nombre tras recibir un caudal de 3 468 m³/s a causa de las precipitaciones generadas por el Niño Costero. Según el reporte oficial del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) este suceso significó la muerte de 20 personas, desaparición de otras 3 y 50 personas resultaron heridas. Visto desde el punto de vista económico e infraestructura comprometida algunas consecuencias fueron: 22 120 viviendas destruidas, 70 Instituciones Educaciones destruidas e inhabitables, 6 establecimientos de salud destruidos e inhabitables, 674 km de caminos rurales destruidos, 416 km de carreteras destruidas y 32 puentes destruidos (INDECI, 2017).

En la ciudad de Piura, las zonas más afectadas fueron las urbanizaciones aledañas al río Piura como lo son Urb. Miraflores, Urb. Santa Isabel, Urb. Cocos del Chipe, Urb. Quinta Ana María, entre otras donde el nivel del agua era en promedio 1.50 m generando la evacuación inmediata de sus residentes y daños en económicos en sus hogares. Sin embargo, las urbanizaciones más alejadas también se vieron afectadas por la ausencia de un sistema de drenaje que conduzca y evacue el agua de las lluvias. En las urbanizaciones de las zonas más altas de Piura el drenaje se dio por gravedad, sin embargo, en las ubicadas en zonas con cotas bajas o en “cuencas ciegas” nunca se produjo. En muchos casos estas urbanizaciones contaban con un sistema de bombeo, pero se debe tener en cuenta que esta solución no debería ser tomada como una de largo plazo.

El estudio realizado por la Universidad de Piura denominado “Elaboración de los estudios de Pre Factibilidad y Factibilidad del proyecto: “Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura”, define a la franja central de la Ciudad de Piura hidrográficamente organizada en 3 cuencas: Cuenca Ignacio Merino, Cuenca El Chilcal, y la Cuenca Japón, con 6, 8 y 8 urbanizaciones y asentamientos humanos respectivamente. Dichos sectores poblados, al no contar hasta la fecha con un apropiado sistema de evacuación de aguas pluviales, siguen siendo altamente vulnerables a las inundaciones generadas por las precipitaciones, ya sean estacional o correspondientes al FEN. Con respecto a la franja central, ésta tiene una extensión de 483.48 Has, de las cuales solo poseen drenaje pluvial un 14.37 %. A su vez, dicho estudio muestra la división de la franja central en 30 subcuencas de menor dimensión (C: 01, C: 02, ..., C: 30), separadas debido a las diferencias de relieves que se presentan, y que conlleva a un sistema de drenaje variado (Figura 19).

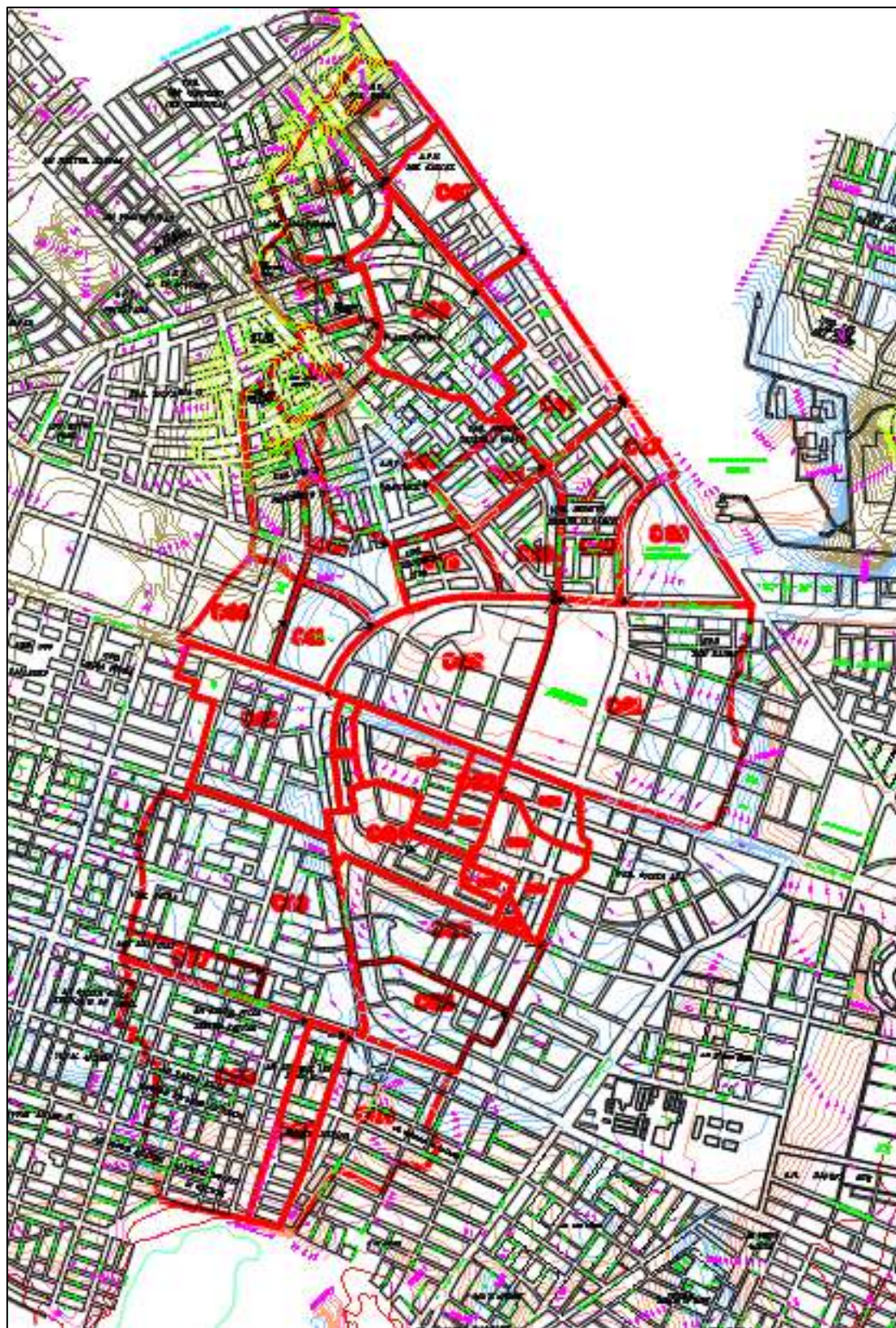


Figura 19. Ubicación de 30 microcuencas

Fuente: Universidad de Piura, 2002

El A.H. Los Algarrobos, se encuentra definido en el estudio en mención por las cuencas C: 02 y C: 03 que pertenecen a la Cuenca Ignacio Merino.

Se tomó como objetivo de estudio la cuenca C: 03, correspondiente a la I y II Etapa de A.H. Los Algarrobos, con una extensión de 8.1 Has. Dicha extensión, se consideró adecuada para elaboración de un estudio de tesis de pregrado. Se escogió la cuenca C: 03, puesto que respecto al área total que abarca la franja central de Piura, el A.H. Los Algarrobos es una de las zonas más desatendidas por el gobierno local, por lo que se decidió darle prioridad debido a las necesidades que presenta. Esto, se evidencia notoriamente en la carencia de vías de acceso pavimentadas o a nivel de afirmado y un sistema de drenaje pluvial. Lo cual produce un malestar en los habitantes de la zona, que van desde lagunas formadas por las precipitaciones impidiendo el libre tránsito peatonal y de vehículos; hasta la formación de focos infecciosos de enfermedades como el dengue debido a la acumulación de agua en las calles. En la Figura 20 se puede observar la laguna formada por las precipitaciones, su ubicación exacta es al lado derecho de la comisaría Los Algarrobos. El servicio de evacuación del agua de lluvia a través de los drenes, canales y casetas de bombeo existentes en el área objetivo del estudio, es nula (0%). Además, la zona carece de vías de acceso pavimentadas o a nivel de afirmado, es decir todos los caminos son de arena; por lo tanto, ni siquiera sus vías pueden ser usadas como medio de evacuación de las aguas de lluvia. Se debe agregar a ello, que posee un relieve cuyas pendientes naturales generan pequeñas lagunas donde deposita el agua, por lo expuesto, se convierte en un punto vulnerable en época de precipitaciones, es decir es una zona inundable. La demanda que exigen los eventos de lluvias intensas presentes en la ciudad de Piura plantea un claro problema para este sector.

Por lo anteriormente expuesto, mediante esta investigación se pretende contribuir a evitar estragos en el A.H. Los Algarrobos (I y II etapa) ante futuras precipitaciones. El sistema de drenaje pluvial, mayor o menor, permitirá asegurar la captación y desalojo de las aguas de lluvia, dirigiéndolas hacia el troncal principal “Canal Vía y conducto cubierto Los Algarrobos” previsto a realizarse en la Calle 2 del A.H. en mención, definido previamente en el estudio realizado “Elaboración de los estudios de Pre Factibilidad y Factibilidad del proyecto: Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura”. Cabe resaltar que los troncales detallados en el estudio no están contruidos en su totalidad.



Figura 20. Laguna en la II Etapa del A.H. Los Algarrobos por precipitaciones

Fuente: Walac Noticias, 2017

2.2. Causas del problema

Se presenta como causa directa del problema de drenaje pluvial presente en el A.H. Los Algarrobos la ausencia de un sistema de evacuación de aguas pluviales. A su vez, causas indirectas, insuficientes medidas al momento de prevenir y mitigar los desastres en la ciudad de Piura.

2.3. Efectos del problema

Los efectos ante tal problemática se pueden catalogar en directos e indirectos como se expone en la Tabla 8 (Instituto de Hidráulica Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, 2009).

Tabla 8. Efectos ocasionados por falta o ineficiencia de drenaje pluvial en Piura

Efectos Directos	Efectos Indirectos
Elevados índices de enfermedades y riesgo de contraerlas.	Elevados gastos de salud por enfermedades.
Viviendas inundadas y deterioradas.	Desvalorización de viviendas por inundaciones.
Deterioro de infraestructura urbana e Inadecuada prestación de servicios públicos.	Bajos niveles de aporte económico de la población al PBI.
	Elevados índices de morbilidad.
	Deterioro y bajos niveles de desarrollo urbano de la ciudad de Piura.

Fuente: Universidad de Piura, 2009

Como efecto final se definen bajos niveles de desarrollo económico y social de la población de la ciudad de Piura.

2.3.1. Influencia del Fenómeno El Niño en la economía de Piura

En el 2017, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) por medio de un reporte afirmó que Piura presentó uno de los crecimientos económicos más bajos a nivel nacional, decreciendo 3.33% su crecimiento económico como resultado de la baja producción agrícola de productos como la uva, mango, arroz cáscara, huevos y leche, al igual que la disminución en la fabricación de productos congelados (harina y aceite de pescado).

El Niño costero produjo consecuencias negativas en el sector agrícola y pesquero de Piura, generando un decrecimiento en la producción y la veda de anchoveta y ausencia de algunas especies, respectivamente (RPP Noticias, 2018).

En la Tabla 9 se muestran las pérdidas económicas por sector en la región Piura tras El Niño costero 2017:

Tabla 9. Valorización de pérdidas por sectores

Sector	Valorización aproximada
Vivienda	S/. 608 054 000
Transportes	S/. 415 996 488
Agricultura	S/. 212 201 741
Educación	S/. 65 647 351
Infraestructura de Riego Mayor	S/. 7 407 866
Salud	S/. 7 000 000
Total	S/. 1 316 307 446

Fuente: INDECI, 2017

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Realizar el diseño de un eficiente sistema de drenaje pluvial para las etapas I y II del Asentamiento Humano Los Algarrobos como solución a la falta de evacuación del agua de lluvias, tanto estacionales como las del Fenómeno El Niño global o costero.

2.4.2. Objetivos específicos

- (i) Ubicar las zonas donde se acumula de manera excesiva el agua y zonas de posible evacuación.
- (ii) Minorizar el aniego de las precipitaciones en zonas cercanas de manera que mejore la calidad de vida de los residentes.
- (iii) Plantear un cronograma y presupuesto de obra que permita ejecutar el proyecto.

Capítulo 3

Marco teórico

3.1. Conceptos básicos

Las definiciones que se muestran a continuación, han sido colocadas con la finalidad de proporcionar un mayor entendimiento al presente trabajo de tesis.

3.1.1. *Periodo de retorno*

El periodo de retorno (T_r) de los datos, es el intervalo promedio de un periodo de tiempo dentro del cual se producirá un evento de igual o mayor magnitud como mínimo de una vez (Breña & Jacobo, 2006).

3.1.2. *Probabilidad de no ocurrencia*

La probabilidad de ocurrencia de un evento externo, “ p ”. $p = P(X \geq x_T)$. Esta probabilidad se relaciona con el periodo de retorno T_r :

$$p = \frac{1}{T_r}$$

La probabilidad de no ocurrencia relaciona el periodo de retorno con las probabilidades de no ocurrencia en un año cualquiera “ p ” de la siguiente forma:

$$P(X < x_T) = 1 - p = 1 - \frac{1}{T_r}$$

Para un período de retorno de “ n ” años, la probabilidad de no ocurrencia de la lluvia es:

$$P(X < x_T) = \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n$$

Para el drenaje urbano, el evento a considerar es el escurrimiento superficial que generan las precipitaciones que generan las precipitaciones (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2007)

3.1.3. Precipitación

La precipitación se define como la humedad que se origina en las nubes y llega a la superficie del suelo en todas sus formas. El porcentaje que escurrimiento superficial es proporcional a la intensidad de la precipitación pluvial. Por dicho motivo, el estudio para el diseño de drenaje pluvial nace de la evaluación de estudios de precipitación en la zona. (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2007).

3.1.4. Duración

La duración de una precipitación comprende la cantidad de tiempo entre el inicio y fin de la lluvia (Norma OS.060, 2006).

3.1.5. Intensidad

La intensidad de la lluvia se define como el caudal de la precipitación pluvial en un área por unidad de tiempo. Su medición se realiza en milímetros por hora (mm/h) o en litros por segundo por hectárea (l/s/ha) (Norma OS.060, 2006).

La intensidad es medida en unidades de profundidad por tiempo y representa la tasa temporal de precipitación. La intensidad puede ser de dos tipos: la intensidad promedio o intensidad instantánea. La intensidad promedio se expresa de la siguiente manera (Chow et al., 1994):

$$i = \frac{P}{T_d}$$

Donde:

P : Profundidad de lluvia en mm o pulg

T_d : Duración en horas

Según la Norma OS.060:

- (i) Se deberá usar la curva IDF propia de la zona si en su entorno se encuentra una estación pluviográfica.
- (ii) En caso de que en la zona de estudio únicamente exista información pluviométrica, se deberá encontrar la distribución de frecuencia de la máxima precipitación en un periodo de 24 horas de la estación, seguido a ello se calcularán precipitaciones de duraciones menores a 24 horas y el periodo de retorno correspondiente.
- (iii) Para el cálculo de la intensidad se deberá emplear la fórmula explicada líneas arriba o de lo contrario usar las curvas IDF establecidas por un estudio regional cuyas tablas se pueden encontrar en las Tablas 3 a y 3 b de la norma.

- (iv) Si el método racional empleado tiene una intensidad menor a 1 horas, deberá asegurarse que sea válida la curva IDF.

3.1.6. Frecuencia

La frecuencia de una precipitación es el intervalo de ocurrencia que un evento es igualado o excedido en un intervalo de tiempo determinado (Norma OS.060, 2006).

3.1.7. Curvas IDF

Las curvas IDF resumen y definen las relaciones entre las propiedades de las precipitaciones, duración, frecuencia e intensidad. La intensidad de la precipitación depende de la duración de la misma de manera inversamente proporcional. La selección del nivel de probabilidad para el diseño de drenaje pluvial dependerá de las condiciones técnicas y económicas relacionadas con los perjuicios y daños que causen en el entorno dichas precipitaciones (Cárdenas Fleires, 2006).

Las relaciones muestran variación en la intensidad de la lluvia dependiendo de diferentes duraciones según cada probabilidad de ocurrencia. Es de utilidad debido a que es posible estimar de manera indirecta el escurrimiento de pequeñas cuencas impermeables dependiendo de la lluvia caída. La forma exponencial de las curvas muestra que la intensidad para una misma frecuencia disminuye cuando aumenta la duración de la precipitación (Rojas Naira & Humpiri Pari, 2007). En el caso de la ciudad de Piura, para el presente estudio se ha empleado como referencia las curvas IDF de la Figura 21.

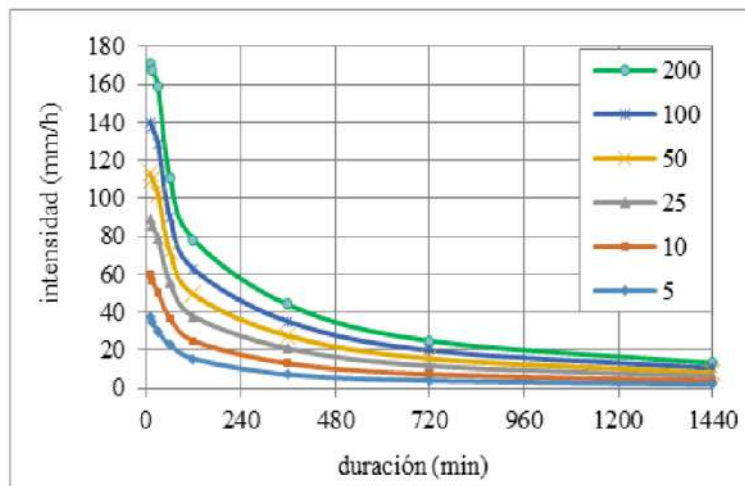


Figura 21. Curvas IDF para la ciudad de Piura (1983-2017)

Fuente: Farías & Ruiz, 2018

3.1.8. Drenaje urbano

Se define sistema de drenaje urbano, (Breña & Jacobo, 2006), a los materiales y/o conjunto de acciones que evitan los efectos negativos de las aguas pluviales en el cotidiano desenvolvimiento de los habitantes. Es decir, cumplen con un objetivo definido.

3.1.8.1. Importancia del drenaje urbano. Un sistema de drenaje urbano o sistema de alcantarillado está formado por conductos e instalaciones complementarias de manera que aseguren la operación, mantenimiento y reparación del mismo. Tiene como objetivo principal la evacuación de agua pluviales o residuales para evitar la generación y propagación de padecimientos (Comisión Nacional del Agua, 2007).

3.1.9. Tipos de drenaje urbano

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Comisión Nacional del Agua, 2007), permite visualizar la necesidad de las ciudades de desalojar el agua de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas de interés. Además, se requiere deshacerse de las aguas que han servido para su aseo y consumo. Como solución a ello, se diseñan dos tipos de drenaje: pluvial y de aguas servidas, respectivamente.

Según el tipo de agua que evacuan se clasifican en:

- (i) Drenaje de aguas servidas: Denominada agua residual, corresponde al agua suministrada con el fin de que los ciudadanos puedan satisfacer sus necesidades humanas y desarrollar un buen nivel de vida.
- (ii) Drenaje pluvial: Agua resultante de las precipitaciones sobre un área urbana. Dicha agua si no es conducida correctamente causaría daños en la población y ser un riesgo para la salud.

En la presente tesis al tener como objetivo evitar los daños causados por las precipitaciones, se centrará el estudio únicamente en el drenaje pluvial.

La urbanización de una zona incrementa la proporción de suelos impermeables y acelera el tiempo de respuesta a las precipitaciones, provocando el aumento de los volúmenes escurridos y de los caudales máximos hacia aguas abajo. Esto genera que mayor escorrentía superficial directa ya que disminuye el almacenamiento en el suelo y la evaporación. Los estudios para el diseño de drenaje pluvial deben tener en cuenta los cambios que podrían afectar a la red (Comisión Nacional del Agua, 2007).

3.1.10. Componentes

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Comisión Nacional del Agua, 2007), expone los componentes principales de un sistema de drenaje pluvial según la función que cumplirán dentro del sistema, se agrupan por:

- (i) Estructuras de captación: Su función es la recolección de las aguas que serán transportadas. Como estructuras de captación se emplean sumideros con rejilla en su superficie para evitar el ingreso de material no deseado generando posibles obstrucciones. También pueden existir estructuras de captación en el interior de los hogares.
- (ii) Estructuras de conducción: Su función es el transporte de las aguas que ingresaron por medio de las estructuras de captación hacia el vertedero. Las estructuras como conductos cerrados (tuberías) y conductos abiertos (canales) componen este conjunto de estructuras.
- (iii) Estructuras de conexión y mantenimiento: Su función es conectar y propiciar el mantenimiento de los conductos que componen la red de drenaje. Los buzones de inspección constituyen las estructuras de este tipo.
- (iv) Estructuras de vertido: Su función es proteger y mantener sin obstáculos la descarga final evitando daños en el tramo final. En el caso de un sistema de tuberías, dichos daños podrían ser causados por el propio flujo de salida o la corriente de agua.
- (v) Instalaciones complementarias: Se considera a todas aquellas instalaciones que no necesariamente forman parte de todos los sistemas de alcantarillado, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Por ejemplo, las plantas de bombeo.
- (vi) Disposición final: La disposición final del agua es de suma importancia en el proyecto debido a que de no definirse previamente a la ejecución del proyecto de drenaje causaría impactos negativos en el medio ambiente.

3.2. El Fenómeno El Niño

3.2.1. Origen de los conceptos

En 1981 se publicó un reporte en el Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima sobre una fuerte contracorriente oceánica que trasladó aguas cálidas desde Ecuador hacia La Libertad mostrándose como posible causante del aumento de calor, lluvias e inundaciones en la zona norte de la costa peruana durante el mismo año. Al año siguiente, 1982, los marinos de Paita comenzaron a llamar a este fenómeno como “corriente del Niño” debido a que se hacía presente antes de la Navidad. En 1926, el científico Murphy en su artículo publicado en la revista *Geographical Review* denominó la contracorriente como “El Niño” haciendo énfasis en la alteración del ecosistema formado por aves guaneras y peces en la costa peruana sumado a los efectos ya mencionados, de esta forma el fenómeno se hizo mundialmente conocido. Como consecuencia de ello en el año 1929, el oceanógrafo Berlage muestra la relación entre la corriente oceánica cálida anormalmente fuerte y la variación oceánica a mayor escala. En 1969, Bjerknes explicó que existía un mecanismo físico como generador de

la interacción entre la atmósfera y el océano denominándolo de esta manera “El Niño-Oscilación Sur (ENOS)”, explicando que la fase cálida de este fenómeno puede ser llamada “El Niño global” puesto que sus impactos no solo se dan en la costa del Perú, sino a lo largo del Pacífico ecuatorial central. En 1987 Deser y Wallace demostraron que existen eventos de Fenómeno El Niño que no coinciden con la fase de la “Oscilación Sur” puesto que, mediante la comparación de las variaciones asociadas a dicho fenómeno, según las temperaturas en el Puerto Chicama en La Libertad y las correspondientes al “Índice de Oscilación Sur” eran similares, pero no exactamente iguales. En el 2012, el Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” definió que el “El Niño Costero” conlleva un aumento anómalo de la temperatura del mar frente al Perú independientemente de que ocurra con “El Niño-Oscilación Sur”(Takahashi, 2017).

3.2.2. Eventos El Niño más fuertes

De 1578 a 2018 en el Perú se ha presentado el Fenómeno El Niño en 44 ocasiones. Únicamente 8 de los 44 se han considerado como Mega Niño es decir de carácter extraordinario en los años 1578, 1720, 1878, 1891, 1925, 1983, 1998 y 2017. Como se mostró en la publicación denominada el “Fenómeno El Niño en el Perú en 1578 y el Pago de Impuestos” escrita por el Ingeniero Arturo Rocha Felices, el Primer Mega Niño en el Perú se presentó en el año 1578, trayendo como consecuencia que los departamentos más afectados fueran La Libertad y Piura (INDECI, 2017)

Los eventos El Niño más fuertes teniendo en cuenta el promedio anual del caudal del río Piura y los impactos producidos al norte de la costa debido a las inundaciones causadas por las precipitaciones, se tiene que en los últimos 100 años se presentaron en 1925, 1983, 1998 y 2017 (Takahashi, 2017). Este último, se presentó durante la época de verano, donde se presentaron condiciones océano-atmosféricas poco usuales, que fueron definidas como el Fenómeno El Niño Costero, situación que generó un incremento en la concentración de humedad en la atmósfera, de modo que se desarrolló un anómalo comportamiento de las lluvias. La máxima precipitación diaria en la ciudad de Piura, durante el verano 2017, fue 158,6 mm/día, trayendo como consecuencia que los departamentos más afectados fueran La Libertad y Piura (Takahashi, 2017).

3.2.2.1. Fenómeno El Niño Costero de 2017. Como expone el Informe Técnico Extraordinario presentado por el "Estudio Regional del Fenómeno El Niño" (ENFEN) (2017), en enero de 2017 la temperatura de la superficie del mar se incrementó abruptamente, contra los pronósticos de los modelos climáticos internacionales y del Programa "Estudio Regional del Fenómeno El Niño" (ENFEN), puesto que en puntos de la costa norte del Perú la temperatura aumentó a valores mayores a 26°C, al mismo tiempo que el Pacífico ecuatorial central se producía la transición de La Niña a neutral. De modo que, se activó la segunda banda de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) intensa y fuertemente al frente de la costa peruana produciendo lluvias de extraordinaria intensidad en la zona norte.

El debilitamiento de los vientos alisios en el sur durante enero del 2017 causó un calentamiento costero, a la par que se intensificó la segunda banda de la ZCIT en Ecuador a su zona sur generando que los vientos alisios fueran débiles y las temperaturas aumenten en la costa norte hasta abril (Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN), 2017).

El Niño Costero posee una dinámica más rápida que el ENOS, puesto que la capa de agua que se debe calentar es de 30 m, a comparación de los "FEN globales" de 100 m. El calentamiento del agua del mar puede ocurrir en escala de semanas (Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN), 2017).

3.2.2.2. Regiones de monitoreo del fenómeno El Niño. Se han definido cuatro regiones (Figura 22), Región Niño 4, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 1+2, de acción del Fenómeno El Niño a lo largo del Océano Pacífico definidas des Oeste a Este (Instituto Oceanográfico de la Armada del Perú, 2008).

- (i) Regiones Niño 4 y 3: Se ubican el lado occidental del Océano Pacífico. Presentan las máximas variaciones en la temperatura superficial del mar.
- (ii) Región Niño 3.4: Es una subregión ubicada entre las regiones Niño 4 y 3. Se caracteriza por ser un excelente indicador la relación entre el Índice de Oscilación Sur y la temperatura superficial del mar.
- (iii) Región Niño 1+2: Ubicada en las costas de Perú y Ecuador incluyendo las Islas Galápagos. Dicha región es un buen indicador sobre los cambios generados por El Niño en las variaciones de la costa del Océano Pacífico de América del Sur.

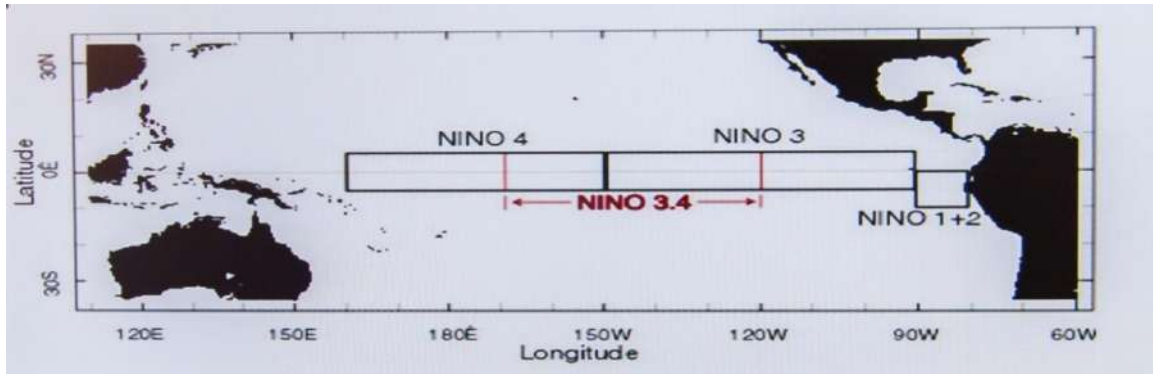


Figura 22. Regiones de acción del fenómeno “El Niño”

Fuente: Universidad de Piura, 2015

3.2.3. Predictibilidad del Fenómeno El Niño Global

El ENOS permite predecir el clima a nivel global en una escala de tiempo interanual, según el artículo titulado Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero” (Takahashi & Martínez, 2016). Gracias al estudio del ENOS se permite predecir con meses de anticipación puesto que se ha realizado gran cantidad de investigaciones, produciendo modelos climáticos computacionales empleados para pronóstico.

3.3. Normativa

La presente tesis tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de drenaje pluvial conveniente para las etapas I y II del A.H. Los Algarrobos; perteneciendo este espacio al territorio de la República del Perú. Se pretende, por medio de la norma nacional Norma OS. 060, hacer referencia al marco legal que acompañará la investigación a lo largo de su desarrollo. De esta manera se asegura su completa compatibilidad del diseño, con lo establecido previamente en el territorio peruano.

3.3.1. Alternativas de evacuación de agua de lluvias: Norma OS.060

La Norma OS.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), presenta tres tipos de sistemas de evacuación de aguas pluviales: por gravedad, bombeo o mixto.

3.3.1.1. Sistema de evacuación por gravedad. El sistema de evacuación para anular la posibilidad de obstrucción debe descargar libremente a una altura mayor a 1.00 m. En caso de descargar al mar, la tubería o canal debe estar por encima de 1.50 m sobre el nivel del mar. A su vez, en caso de ríos o lagos las tuberías o canales deben estar como mínimo por encima de 1.00 m de altura sobre el nivel del agua para un periodo de retorno de 50 años. En el caso de que la tubería descargue a un cuerpo de agua cuyo nivel de agua varíe se debe asegurar que dichas aguas no ingresen al desagüe, para ello se emplea una válvula de retención de mareas.

3.3.1.2. Sistema de evacuación por bombeo. En caso que la evacuación por gravedad no sea posible, se considerará la evacuación por bombeo por medio del uso de bombas fijas o móviles. Se debe tener en cuenta fuentes de energía alternativa al sistema cuando el sistema de bombeo sea accionado por sistemas eléctricos.

3.3.1.3. Sistema de evacuación mixto. De existir limitaciones para el uso de los sistemas de evacuación por gravedad y evacuación por bombeo, se puede emplear un sistema de involucre ambos. Se empleará un sistema por gravedad cuando las condiciones lo permitan, se colocará una compuerta tipo charnela para bloquear el retorno a través de la salida y posteriormente se emplearán equipos de bombeo.

3.3.2. Consideraciones básicas de diseño

En la Norma OS.060 (2006), drenaje mayor es aquel que evacua caudales que ocurren con baja frecuencia y emplea las vías como canales de evacuación tomando como bordes los sardineles de las veredas. El sistema de drenaje menor forma parte del sistema de drenaje mayor, evacúa caudales con frecuencia entre 2 y 10 años.

Las consideraciones básicas para el diseño de drenaje pluvial expuesto en la norma son los siguientes:

- (i) Para un drenaje mayor, los cuales deben ser calculados por medio de los métodos de Modelos de Simulación o Hidrograma Unitario. Únicamente se empleará el Método Racional para cuencas con un área menor a los 13 km².
- (ii) El periodo de retorno debe ser mayor o igual a 25 años.
- (iii) La ecuación de Manning permitirá determinar la escorrentía superficial generada por una precipitación dentro de un área de drenaje urbano en un periodo de retorno, con la cual se calculará el caudal a tubo lleno que fluirá por la tubería.

Dónde:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \rightarrow Q = VA \rightarrow Q = \frac{AR^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

- V: Velocidad media de desplazamiento (m/s)
 - R: Radio medio hidráulico (m)
 - S: Pendiente de la canalización
 - n: Coeficiente de rugosidad de Manning.
 - A: Sección transversal de la canalización (m²)
 - Q: Caudal (Escorrentía superficial pico) (m³/s)
- (iv) Las lagunas de retención (Ponding) es un criterio de control empleado para disminuir el caudal pico. Dichas estructuras son reservorios pequeños con descarga regulada que acumulan el agua generada por el aumento del caudal pico, de no ser así este volumen de agua causaría daño en la estructura de drenaje. Para su diseño de deberán aplicar el método de tránsito a través de reservorios.
- (v) Para la evacuación del sistema mayor de drenaje se empleará una calle principal con gran capacidad de drenaje, a la cual descargarán las vías calle por acción de gravedad.

Capítulo 4

Estudios previos

4.1. Estudio topográfico

Con el fin de realizar una investigación que pueda ser aplicada de manera posterior acorde a la realidad que actualmente posee el área de estudio, se procedió a realizar un levantamiento topográfico teniendo como objetivo la obtención de cotas de los buzones en toda la subcuenca.

4.1.1. Condiciones de área de estudio

Las características que presenta el área de estudio son las siguientes:

- (i) Presencia de tres avenidas: Avenida Los Algarrobos y Avenida R, a sus alrededores y la Avenida D que atraviesa el área.
- (ii) Ausencia de pistas secundarias.
- (iii) Presencia de veredas.
- (iv) Cuenta con sistema de agua y desagüe.
- (v) La superficie se encuentra formada de arena fina y de relieve plano.
- (vi) Ausencia de áreas verdes.

4.1.2. Nivelación topográfica

En el estudio se realizó una nivelación barométrica simple por medio del método del punto extremo. Los instrumentos empleados en dicha nivelación fueron un préstamo de la Universidad de Piura con el fin de disminuir el costo que comprendería realizarla. Adicionalmente a ello se requirió del apoyo de cuatro compañeros de estudio.

Se tuvieron las siguientes consideraciones para la realización del mismo:

- (i) En las calles principales, se considerarán diferentes pendientes en el mismo tramo, es decir cada pendiente entre dos cotas de buzón considerando el eje de cada carril.
- (ii) En las calles secundarias, el desnivel será considerado entre esquinas o cotas de buzón considerando el eje de cada calle.

4.1.2.1. Nivelación por pendientes o trigonométricas. La nivelación trigonométrica (Figura 23) se emplean aparatos como los teodolitos, estaciones totales o taquímetros que logran medir los ángulos de inclinación en las visuales, las cuales pueden tener una pendiente cualquiera (Santamaría & Sanz, 2005).

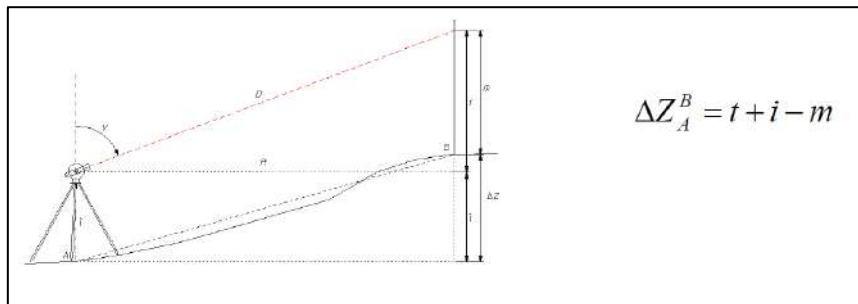


Figura 23. Representación de nivelación trigonométrica

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.2.2. Nivelación por alturas o geométricas. La nivelación geométrica (Figura 24) tiene como característica que las visuales son siempre horizontales, a diferencia de la trigonométrica anteriormente mencionada. Es el método con mayor exactitud para el cálculo de la variación de alturas.

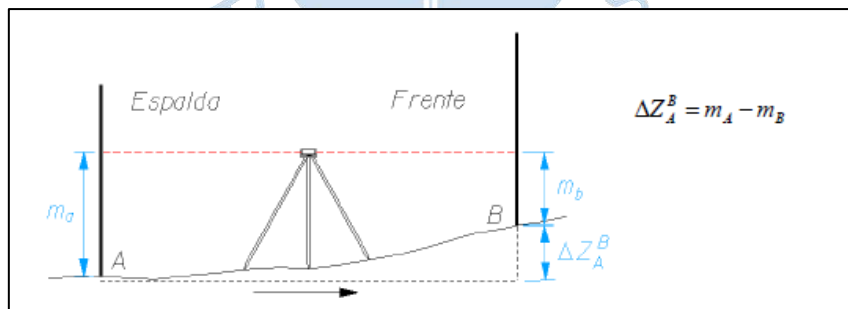


Figura 24. Representación de Nivelación Geométrica

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.2.3. Nivelación barométrica simple. La nivelación barométrica (Figura 25) simple se caracteriza por el uso de los barómetros, de manera que se obtiene el desnivel por la relación que existe entre las diferencias de altitud obtenida por medio únicamente de una sola determinación o medida (Santamaría & Sanz, 2005).

Los métodos de este tipo de nivelación son: Estaciones exteriores, estaciones recíprocas, estaciones equidistantes, el punto medio y el punto extremo. En el caso del estudio realizado se empleó el método del punto extremo.

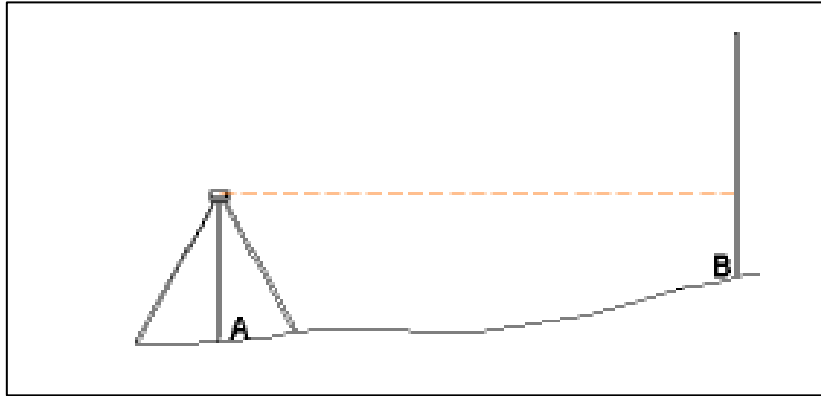


Figura 25. Representación de Nivelación Barométrica Simple

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.2.4. Nivelación barométrica compuesta. La nivelación barométrica compuesta (Figura 26) se emplea cuando los puntos se encuentran con mucha separación entre sí o la variación de altitud es mayor de la que se obtendría de realizarse una sola medida. De modo que se hace necesario emplear estaciones sucesivas (Santamaría & Sanz, 2005).

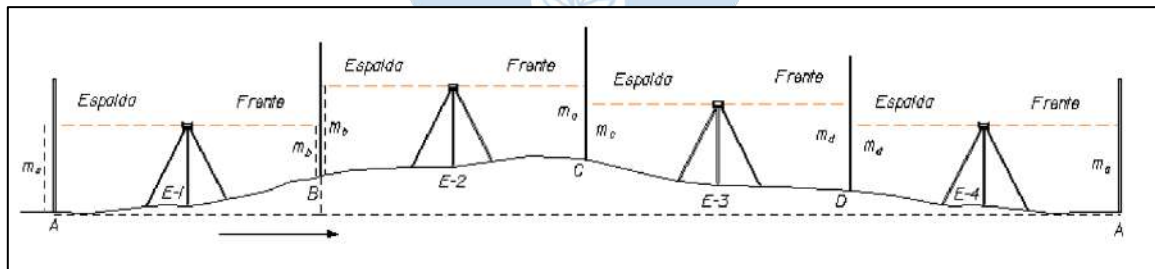


Figura 26. Representación de Nivelación Barométrica Compuesta

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.3. Instrumentos

4.1.3.1. Teodolito. Aparato topográfico que posee un sistema con la capacidad de obtener medidas de ángulos horizontales y verticales (Figura 27). Se mide con mucha precisión puesto que este básicamente mide ángulos. Su base está compuesta por plataformas nivelantes formada por tornillos nivelante. También cuenta con un nivel esférico, con el fin de lograr un plano horizontal previo (Santamaría & Sanz, 2005).



Figura 27. Teodolito

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.3.2. Trípode. El trípode (Figura 28) tiene como finalidad que el instrumento de medición, en este caso el teodolito, se sitúe a la altura del operador y quede fijamente unido al terreno. Pueden ser de madera o metálicos, poseen en la base regatones de hierro para lograr fijarse y estar estables en el suelo. En la parte superior posee una superficie circular o triangular donde se coloca el instrumento de medición, el cual se engancha por medio de un orificio central a través de un tornillo (Santamaría & Sanz, 2005)



Figura 28. Trípode

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.3.3. Mira. La mira (Figura 29) es una regla graduada que permite la medición de desniveles por medio del uso del instrumento de medición. Este instrumento debe garantizar ser inalterable por variaciones de temperatura con el fin de proveer una medición homogénea.

La graduación puede ser en centímetros o milímetros. Con el fin de garantizar la verticalidad posee un nivel esférico. (Santamaría & Sanz, 2005)



Figura 29. Mira

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.3.4. Jalón. Los jalones (Figura 30) son bastones metálicos, pintados de color blanco y rojo cada 10 centímetros. Tienen como finalidad visualizar puntos en el terreno. Con el fin de lograr la verticalidad necesaria, se usa un nivel esférico. (Santamaría & Sanz, 2005)



Figura 30. Jalón

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.3.5. Cinta métrica. La cinta métrica (Figura 31) se utiliza para la medida de distancias. Por lo general se emplean en distancias cortas y terrenos llanos. (Santamaría & Sanz, 2005)



Figura 31. Cinta métrica

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.3.6. Nivel esférico. El nivel esférico (Figura 32) se emplea para lograr la horizontalidad o verticalidad dependiendo del instrumento en el que se emplee (Santamaría & Sanz, 2005).



Figura 32. Nivel esférico

Fuente: Santamaría & Sanz, 2005

4.1.4. Errores

Inicialmente se debe dejar en claro la diferencia entre errores y equivocaciones (Santamaría & Sanz, 2005).

- (i) Errores: Son inevitables, generalmente muy pequeños. Ejemplo: Al medir varias veces se obtendrá 25.235, 25.233, 25.236 es decir ninguna será exacta pero sí se acercarán a la real.
- (ii) Equivocaciones: Son evitables, generalmente grandes. Ejemplo: Al momento de leer la distancia en lugar de anotar 25.335, colocamos 25.535.

4.1.4.1. Clasificación. Los errores se pueden clasificar en sistemáticos y accidentales (Santamaría & Sanz, 2005).

- (i) Error sistemático: Se generan por una ley determinada, que genera una causa constante para que suceda el error.
- (ii) Error accidental: Procede de una causa fortuita.

4.1.5. Resultados

Tras la toma de datos al realizar el estudio topográfico de la zona de estudio y el procesamiento de la data, se obtuvieron las cotas de los puntos. A su vez, se tomaron medidas de las longitudes horizontales entre puntos y ancho de vías. De manera que gracias a los anteriormente mencionado se obtuvo las pendientes que permitieron conocer el flujo que siguen las precipitaciones como se muestra en el Plano C-01 en la sección del Apéndice D, Las mediciones se muestran en el Apéndice A.

4.2. Estudio de mecánica de suelos

4.2.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

El ensayo de Penetración estándar (SPT) registra la resistencia del suelo según los golpes dados. Los golpes “N” necesarios para introducir un muestreado estándar de 1 pie en el terreno definirán de manera directa la resistencia del suelo, es decir a mayores golpes según la profundidad en que se den, se puede establecer una mayor resistencia del mismo en sus diferentes estratos.

4.2.2. Clasificación del suelo

El estudio de suelos realizado por la Universidad de Piura para el proyecto denominado “Construcción del sistema de evacuación de aguas pluviales por gravedad de la Franja Central de la Ciudad de Piura”, ha obtenido los resultados que se muestran en la Figura 33 y Figura 34, como se detallan a continuación:

- (i) De 0.00 a 0.75 m: Relleno conformado por arena limosa y resto de desmonte.
- (ii) De 0.75 a 0.90 m: Arena arcillosa (SC). Presenta 58% de arena fina y 42% de finos arcillosos de baja plasticidad LL=25. Muestra de color marrón amarillento.
- (iii) De 0.90 a 1.40 m: Arcilla arenosa de baja plasticidad (CL). Presenta 51% de arcilla de baja plasticidad LL=30 IP=17 y 49% de arena fina. Muestra color olivo.
- (iv) De 1.40 a 6.45 m: Arena limosa (SM). Presenta 87% de arena fina y 13% de finos limosos no plásticos. Muestra de color gris claro.

4.2.3. Resultados

Se obtuvo como resultado del análisis que son buenas características en toda la profundidad explorada. En la Tabla 10, se muestran el número de golpes según profundidad en el A.H. Los Algarrobos.

Tabla 10. Número de golpes – Ensayo SPT

Profundidad (m)	Número de golpes "N"
1.00	74
2.00	37
3.00	68
4.00	60
5.00	73
6.00	91

Fuente: Farías & Ruiz, 2018





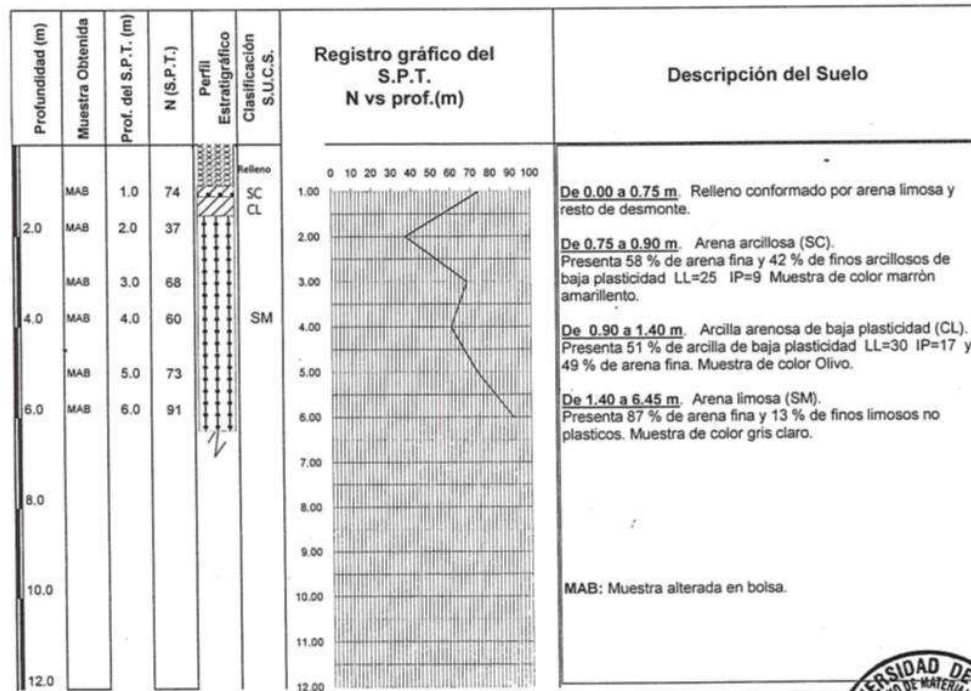
UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRUEBA ESTÁNDAR DE PENETRACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS
CON MUESTREADOR DE CAÑA PARTIDA
Norma : NTP - 339 - 133 - 1999

ORDEN DE SERVICIO N° : 13135
INFORME N° : 100705

SOLICITANTE : IHHS - UDEP
OBRA : CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES POR GRAVEDAD
DE LA FRANJA CENTRAL DE LA CIUDAD DE PIURA
UBICACIÓN : PIURA

Sondaje : S - 01
Localización : A.P.V. Los Sauces
Cota de superficie del terreno : 38.28 m.s.n.m.
Profundidad del nivel freático : No se encontró
Profundidad total del sondaje : 6.45 m
Método de perforación : Barreno manual
Método de limpieza : Barreno manual
Método de hincado del muestreador : Percusión
Tipo y diámetro del entubado : HW - diámetros: ext. 114,2 mm / int. 101,6 mm
Profundidad entubada : 0.00 m
Diámetro interior del muestreador : 38 mm
Tipo y diámetro de las varillas de perf. : AW - diámetros: ext. 44,4 / int. 30,9 mm
Fecha de inicio y fin del sondaje : 18/01/2010



Operador : Téc. Guadalupe Ruiz P.
Supervisor : Ing. José Ordinola E.

Ing. José Ordinola Enriquez
Jefe de Laboratorio

UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
JEFATURA
L. E. M. C.

Figura 33. Ensayo SPT en zona de estudio

Fuente: Universidad de Piura, 2002



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ORDEN DE SERVICIO: 13135
INFORME N°: 100261

EXPLORACIÓN Y MUESTREO DEL SUELO POR PERFORACIÓN CON BARRENO
Norma ASTM D 1452-80

Solicitante: IHHS - UDEP

Proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS PLUVIALES POR GRAVEDAD
DE LA FRANJA CENTRAL DE LA CIUDAD DE PIURA.

Ubicación: PIURA

Fecha de inicio: 18/01/2010

Dímetro del barreno: 4"

Fecha de fin: 18/01/2010

Cota de superficie del terreno: -

Perforación N°: 23

Profundidad del Nivel freático: 5.00 m

Tipo de barreno: Manual

Profundidad total de perforación: 6.00 m

PROFUNDIDAD (m.)	MUESTRA OBTENIDA	HUMEDAD (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	PERFIL ESTRATIGRÁFICO	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1.0						SM	De 0.00 a 0.45 m.: Relleno constituido por arena limosa, restos de ladrillo, Material orgánico (raíces) desechos de ladrillos.
2.0							De 0.45 a 1.00 m.: Arena limosa (SM). Presenta 83% de arena fina y 17% de finos limosos no plásticos. Muestra de color marrón amarillento claro.
3.0							De 1.00 a 6.00 m.: Arena pobremente graduada con limo (SP-SM). Presenta 91% de arena fina $C_u = 2.5$ $C_c = 0.9$ y 9% de finos limosos no plásticos. Muestra de color marrón amarillento claro. Clasificación AASHTO: A-3 (0).
4.0	Mab					SP-SM	Mab.: Muestra alterada en bolsa.
5.0							
6.0							

Operador: Tén. Wilfredo Lazo C.
Supervisor: Ing. José Ordinola E.

Ing. José Ordinola E. Enríquez
Jefe de Laboratorio



Figura 34. Muestreo de suelo en zona de estudio

Fuente: Universidad de Piura, 2002

4.3. Proyecto “Construcción del sistema de Drenaje Pluvial por Gravedad de la Franja Central de la Ciudad de Piura”

La zona del proyecto la constituye un área de 483,48 ha, correspondiente a la franja central de la Ciudad de Piura, por la que discurren 29 cuencas de escorrentías pluviales formadas de manera natural sobre las cuales se realizaron las habilitaciones urbanas que el crecimiento natural de la ciudad exigía, hasta configurar su actual situación. Las coordenadas UTM de los vértices del área de localización son:

- (i) Punto A: 9429344 N 538418 S
- (ii) Punto B: 9426810 N 540526 S
- (iii) Punto C: 9426490 N 538426 S
- (iv) Punto D: 9425425 N 538500 S

4.3.1. Fase de Pre-Factibilidad

La Fase de Pre-Factibilidad del Proyecto “Construcción del sistema de Drenaje Pluvial por Gravedad de la Franja Central de la Ciudad de Piura” consideró tres alternativas de solución, que fueron tomadas del Perfil de Pre Inversión y fueron denominadas como “Alternativa No.1”, “Alternativa No. 2” y “Alternativa No. 3”. Las alternativas se basaron en las cuencas determinadas en base a la topografía presentada en el Estudio de Cotas y Rasantes elaborado por la Municipalidad de Piura en febrero del 2002 (Instituto de Hidráulica Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, 2009).

Para ello se dividió la zona urbana de la ciudad de Piura en cuatro sectores, conformados por las urbanizaciones Los Jazmines, Bancarios II, Hermanos Cárcamo, Bello Horizonte, Mariscal Tito, Ignacio Merino, Los Tallanes, Chira Piura, El Chilcal, Santa Ana, San José, Piura, Las Malvinas, las AVP Santa Rosa, Los Sauces, La Primavera, Los Educadores, Los Rosales, 21 de Agosto, AVIFAP, ENTEL Perú y Norvisol; los A.A.H.H Santa Julia, Sector 11 de Abril, Fátima y Ricardo Jáuregui, Túpac Amaru, Jorge Chávez, Alfonso Ugarte, Enrique López Albújar, Ignacio Merino, Consuelo de Velasco, 31 de enero, San Pedro, José maría Arguedas, Jorge Basadre, Laguna Azul, Manuel Scorza, Susana Higushi, Señor de los milagros, San Juan, Bryce Echenique y Villa el triunfo; además de la Zona Industrial.

En el Perfil de Pre-Inversión, las tres alternativas consideradas tenían como punto final de evacuación de las aguas de drenaje pluvial el Río Piura. Las vías canal evacuadoras y conductos cubiertos irían de norte a sur, llegando a la calle Japón, llevándolas a la Laguna Santa Julia, ubicada en el centro-sur de la Ciudad de Piura, desde la cual se dirigirían al dren Sechura y finalmente conducidas al mar.

Sin embargo, durante la etapa de Prefactibilidad, se hizo la variación de dirigir las aguas a la Laguna Santa Julia debido a que esta zona se encontraba invadida por siete asentamientos humanos (Tupac Amaru II, Nuevo Horizonte, Jesús de Nazaret, Jorge Chávez II, Los Robles y La

Península) conformado por 1607 viviendas equivalente a 8035 habitantes. Por ello se decidió conectar la Laguna Santa Julia al Dren de Sechura, lo cual no tuvo éxito puesto que el dren no contaba con la capacidad suficiente para recibir el caudal estimado de aguas pluviales, -40.86 m³/S. Al intentar aumentar la sección del dren, se comprobó que no contaba con la carga suficiente para realizar una evacuación. Por dicho motivo se planteó la solución de que el dren Sechura fuera atravesado con un conducto cubierto a flujo libre con las siguientes características:

- (i) Se realizó el cálculo para un caudal de 2774 m³/S para 25 años como periodo de retorno.
- (ii) Sección rectangular de 7,8 m de base por 2,83 m de altura.
- (iii) Inicio en la calle Japón y termina en una sección del río Piura, ubicada en la progresiva Km 9+150, en la cual se puede realizar una descarga libre. La progresiva ha sido tomada desde la presa Los Ejidos.
- (iv) No entrega las aguas a la Laguna Santa Julia, con la finalidad de evitar pérdidas de carga hidráulica, sino que mantiene su pendiente. Cruza por debajo de ella.
- (v) Longitud total –hasta su entrega al río Piura- de 5323 m.
- (vi) Atraviesa el dren Sechura, mediante un sifón que ayuda a mantener la sección del conducto.

4.3.1.1. Alternativa No.1. Estudio elaborado por la Municipalidad de Piura en febrero del 2002. Los sectores que comprende el estudio son las cuencas Ignacio Merino, El Chilcal y Japón.

Se propuso como solución al problema de drenaje que la alternativa contemple el trazo de vías evacuadoras y conductos abiertos, los que funcionando de manera combinada entregarán el caudal pluvial al final de la calle Japón, como se muestra en la Figura 35.

Las calles y avenidas incluidas en el sistema de evacuación pluvial son las siguientes: Los Algarrobos – Av. Cesar Vallejo (Av. Sánchez Cerro), Ignacio Merino I – César Vallejo, Ignacio Merino – Av. “B” carril derecho y carril izquierdo – Vía Panamericana, Av. “D” – Vía Panamericana, Av. César Vallejo hasta la Av. Circunvalación, Av. Grau hasta Av. Cesar Vallejo, y calle 5 hasta la Av. César Vallejo.

Los conductos cubiertos: Vía Panamericana – César Vallejo – calle Japón y el Chilcal – Grau – César Vallejo.

4.3.1.2. Alternativa No.2. La Alternativa No. 2 se presentó como variación de la Alternativa No. 1, en el trazo del conducto cubierto. Al igual que la primera alternativa, se plantea un sistema de drenaje en el que se combinan las vías evacuadoras y conductos cubiertos proyectados a que se evacuara las aguas de lluvia al final de la calle Japón, el recorrido se detalla en la Figura 36.

El sistema de evacuación pluvial incluye las siguientes calles y avenidas: Los Algarrobos – Marcavelica (Av. Sánchez Cerro), Ignacio Merino I – César Vallejo, Ignacio Merino – Av. “B” carril derecho y carril izquierdo – Vía Panamericana, Av. “D” – Vía Panamericana, Av. César Vallejo hasta la Av. Circunvalación, Av. Grau hasta Av. Cesar Vallejo, y calle 5 hasta la Av. César Vallejo.

Los conductos cubiertos son los siguientes: Vía Panamericana – Jr. “J” – Jr. Tangará - El Chilcal – Grau – César Vallejo – Calle Japón.

4.3.1.3. Alternativa No.3. La Alternativa No.3 plantea evacuar las aguas pluviales a través de vías interceptoras superficiales hasta llegar a un conducto cubierto, como se grafica en la Figura 37.

El sistema de evacuación pluvial incluye las siguientes calles y avenidas: Los Algarrobos – Av. Cesar Vallejo (Av. Sánchez Cerro), Ignacio Merino I – César Vallejo, Ignacio Merino – Av. “B” carril derecho y carril izquierdo – Vía Panamericana, Av. “D” – Vía Panamericana, El Chilcal – Av. Grau hasta Av. César Vallejo y calle 5 hasta la Av. César Vallejo.

Los conductos cubiertos son los siguientes: Vía Panamericana a la altura de la Av. “C” continuando por la AV. Panamericana, a la Av. César Vallejo hasta el fin de la calle Japón.

En la Fase de Factibilidad se ha evaluado la Alternativa No. 3, seleccionada en el Estudio de Pre-Factibilidad. Con la información de caudales por tramos obtenidos del análisis hidrológico, se realizó una evaluación más profunda de la Alternativa No. 3, para la evacuación de las aguas pluviales de la franja central de la ciudad de Piura por gravedad. Se propuso la siguiente solución:

- (i) Conducto cubierto a flujo libre, de sección rectangular. De dimensiones de 8 m de base por 3 m de altura para el tramo Calle Japón-Dren Sechura de pendiente 0.4/00, mientras que del tramo Dren Sechura - río Piura, la sección será de 9 m de base por 3 m de altura de pendiente 0.3/00.
- (ii) No entrega aguas a la laguna, es decir no se producen perdidas hidráulicas.
- (iii) Longitud total hasta su entrega al río de 3,920 m.
- (iv) Se ha dimensionado un sifón que mantiene la sección del conducto del primer tramo, con cota superior 21,64 m, dejando una cobertura de 1,50 m para evitar la influencia de la presión del canal sobre la estructura del sifón. A la salida del sifón se da el empalme con el segundo tramo, este cambio se da para mantener la carga hidráulica en el conducto.
- (v) Se considera la descarga de los caudales pluviales al río Piura para 25 años como período de retorno.
- (vi) Se han realizado una corrida en el software Hec-Ras, se evaluaron los niveles de agua en el río Piura para los caudales 3900 m³/s y 2 774 m³/s.

Alternativa N°1:

- A. Canal Vía y conducto cubierto Los Algarrobos
- B. Conducto cubierto Ignacio Merino I
- C. Conducto cubierto Av. B
- D. Canal Vía Av. Grau
- E. Conducto cubierto Calle Los Andes – Av. Grau
- F. Conducto cubierto y Canal Vía Bancarios y Santa Ana
- G. Canal Vía Calle 5
- H1. Canal Vía Cesar Vallejo 1
- H2. Canal Vía Cesar Vallejo - Japón
- J. Conducto cubierto Av. Panamericana – Cesar Vallejo – Calle Japón
- K. Canal Vía Turquía

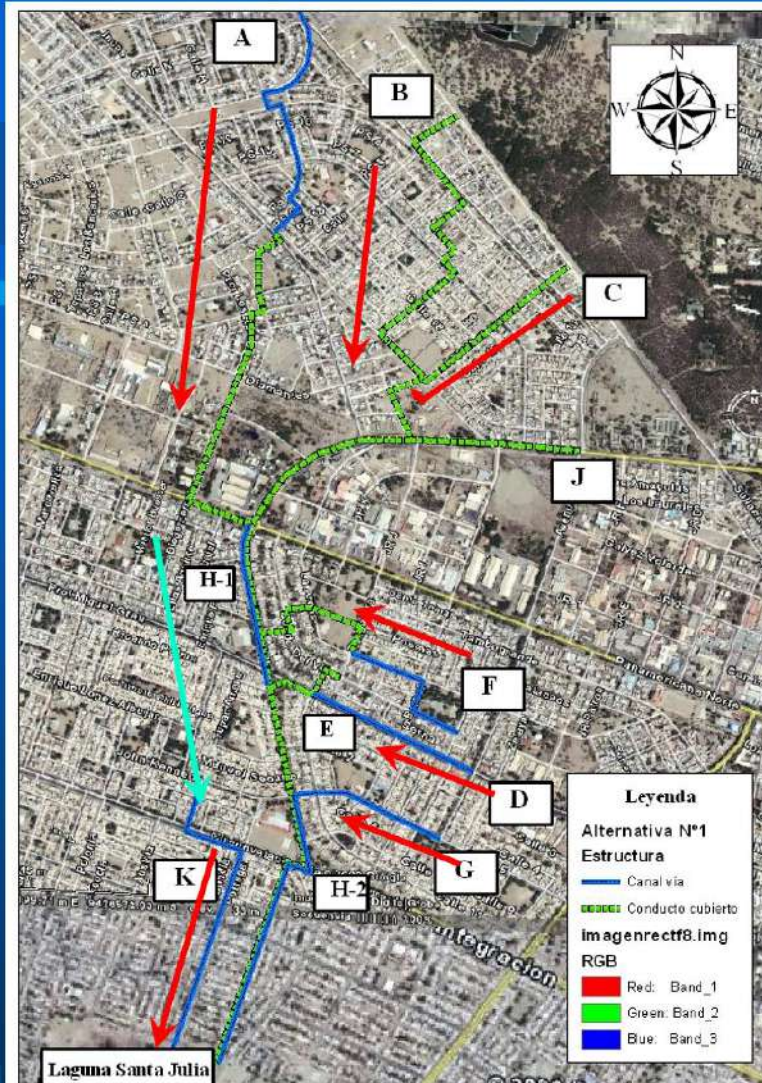


Figura 35. Trazo de las vías evacuadoras y conductos cubiertos de la Alternativa No. 1-Etapa Pre-Factibilidad

Fuente: Universidad de Piura, 2002

Alternativa N°2:

- A. Canal Vía y conducto cubierto Los Algarrobos
- B. Conducto Cubierto Ignacio Merino I
- C. Conducto Cubierto Av. B
- D. Canal Vía Av. Grau
- E. Conducto cubierto Calle Los Andes – Av. Grau
- F. Conducto cubierto y Canal Vía Bancarios y Santa Ana
- G. Canal Vía Calle 5
- J. Conducto cubierto Av. Panamericana – Cesar Vallejo – Calle Japón
- K. Canal Vía Turquía

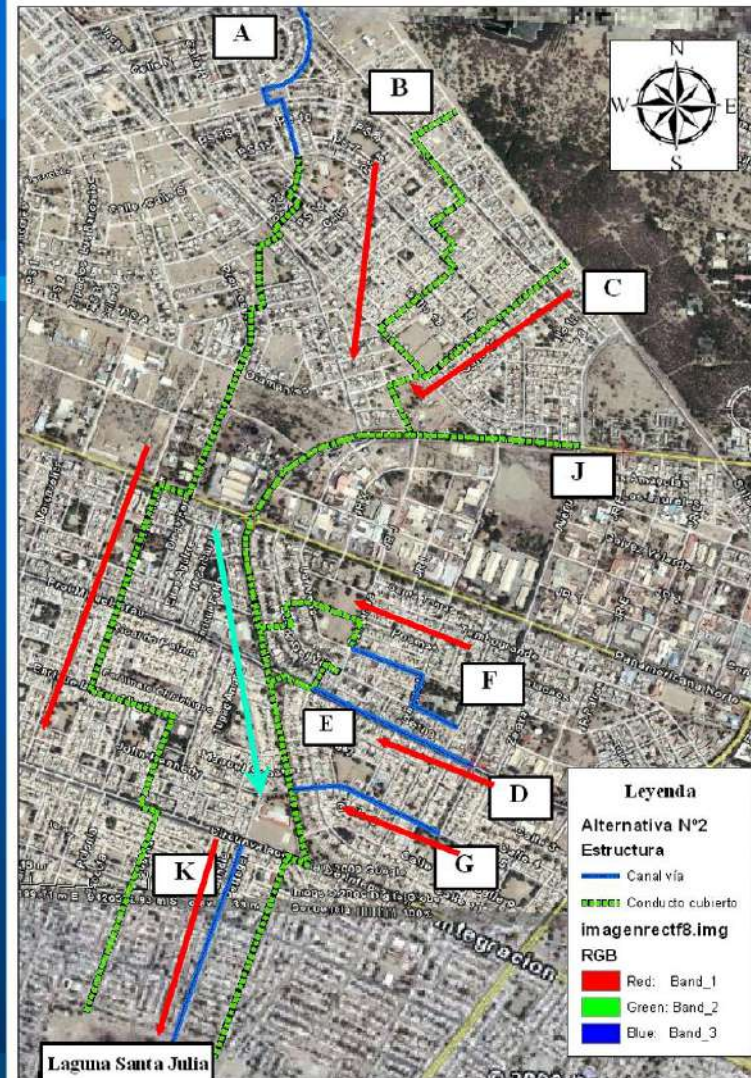


Figura 36. Trazo de las vías evacuadoras y conductos cubiertos de la Alternativa No. 2-Etapa Pre-Factibilidad

Fuente: Universidad de Piura, 2002

Alternativa N°3:

- A. Canal Vía y conducto cubierto Los Algarrobos
- B. Conducto cubierto Ignacio Merino I
- C. Conducto cubierto Av. B
- D. Canal Vía Av. Grau
- E. Conducto cubierto Calle Los Andes – Av. Grau
- F. Conducto cubierto y Canal Vía Bancarios y Santa Ana
- G. Canal Vía Calle 5
- J. Conducto cubierto Av. Panamericana – Cesar Vallejo – Calle Japón
- K. Canal Vía Turquía

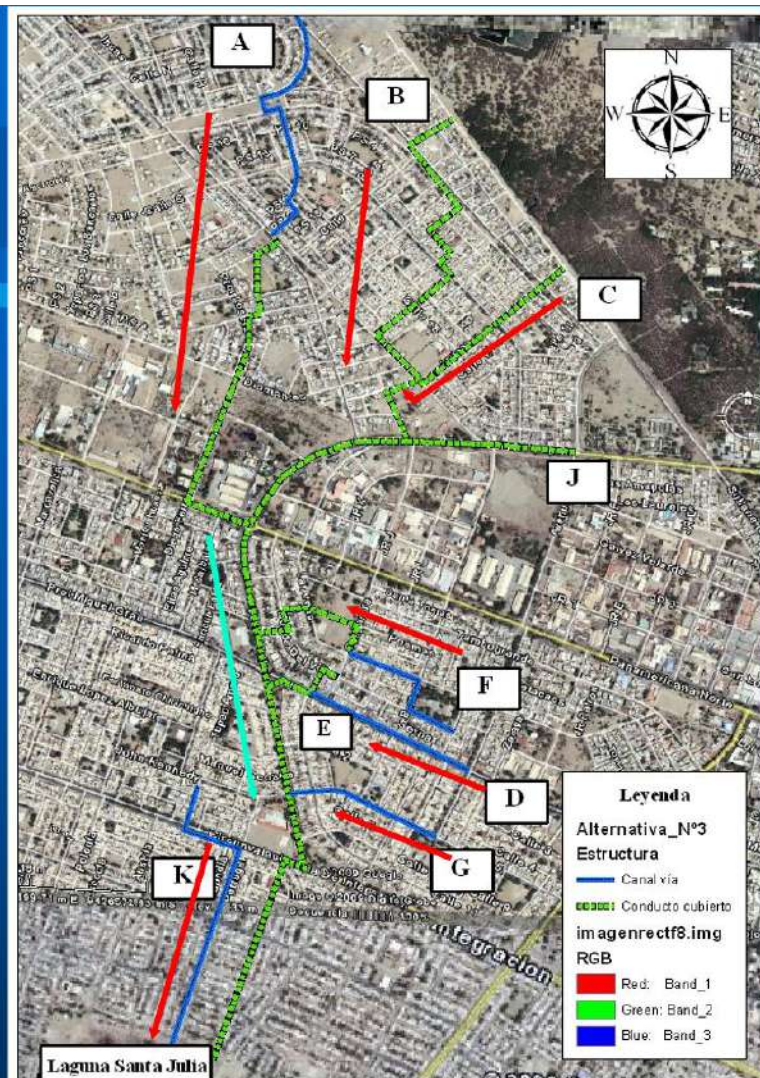


Figura 37. Trazo de las vías evacuadoras y conductos cubiertos de la Alternativa No. 3-Etapa Pre-Factibilidad

Fuente: Universidad de Piura, 2002

Capítulo 5

Estudio hidrológico

5.1. Consideraciones

Según establece la Norma OS.060 los caudales para sistemas de drenaje urbano serán calculados dependiendo del área de la cuenca.

- (i) Para áreas iguales o menores a 13 km², se emplea el método racional.
- (ii) Para áreas mayores a 13 km², se emplea el método de hidrograma.

En el caso del área del estudio, al representar un área total de 0.8 km² se empleará el Método Racional.

Por otro lado, el periodo de retorno debe ser mayor a 25 años.

5.2. Método racional

En zonas urbanas, el caudal pico proporcionado se calcula de la siguiente manera (Norma OS.060, 2006) :

$$Q = 0.278 \sum_{j=1}^m C_j \cdot A_j \cdot i_j$$

Donde:

- Q: Caudal pico (m³/s)
- I: Intensidad de la lluvia de diseño (mm/hora)
- A_j: Área de drenaje de la j-ésima de las subcuencas en km²
- C_j: Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuencas (adimensional)
- m: número de subcuencas drenadas por un alcantarillado

Este método presenta las siguientes limitaciones:

- (i) Únicamente proporciona el caudal pico y no el hidrograma creciente.
- (ii) Supone la uniformidad de la lluvia durante todo el periodo de tiempo (intensidad constante), esto solo ocurre cuando la duración de la lluvia es corta.
- (iii) Supone que la lluvia es uniforme en toda la extensión del área de la subcuenca, sin embargo, esto es cierto si el área fuera de dimensión pequeña
- (iv) Se asume que la precipitación es directamente proporcional a la escorrentía, contrario a la realidad puesto que ello depende de otros factores como precipitaciones antecedentes, condiciones de humedad antecedente del suelo, etc.
- (v) Se asume que el período de retorno de la precipitación y el de la escorrentía son los mismos.
- (vi) Los efectos de la retención de manera temporal del agua en los conductos, cauces o superficies de manera natural o artificial no son contemplados.

5.2.1. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C es la variable de menor precisión dentro del método racional. Se emplea en la fórmula para establecer la relación entre la tasa de lluvia y la tasa de escorrentía pico, lo cual no es acorde a la realidad, puesto que esto depende de la pendiente, del porcentaje de permeabilidad y características de encharcamiento de la superficie (Chow et al, 1994).

En la elección del valor del coeficiente de escorrentía se considerará los siguientes efectos (Norma OS.060, 2006) : Características de la superficie, tipo de área urbana, intensidad de la lluvia (teniendo en cuenta su tiempo de retomo), pendiente del terreno, condición futura dentro del horizonte de vida del proyecto. En la Tabla 11, se muestran los valores definidos según la Norma OS. 060.

Para el caso de áreas de drenaje con condiciones heterogéneas, el coeficiente de escorrentía será calculado como el promedio ponderado de los diversos coeficientes según cada tipo de cubierta (techos, pavimentos, áreas verdes, etc.), cuyo factor de ponderación corresponde al porcentaje del área de cada tipo con respecto al área total.

Tabla 11. Coeficientes de escorrentía para áreas urbanas

Características de la superficie	Coeficiente de Escorrentía
Calles	
Pavimento Asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de Adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y Azoteas	0,75 a 0,95
Césped, suelo arenoso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,05 a 0,10
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,10 a 0,15
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,15 a 0,20
Césped, suelo arcilloso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,13 a 0,17
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,18 a 0,22
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,25 a 0,35
Praderas	0,20

Fuente: Norma OS.060, 2006

5.2.1.1. Aplicación al área de estudio. En el caso de la zona de estudio se consideraron los siguientes coeficientes de escorrentía C:

- (i) Superficie de techo = 0.85
- (ii) Pavimento de concreto = 0.95
- (iii) Pavimento de asfalto = 0.80
- (iv) Césped = 0.15
- (v) Superficie de vereda = 0.80

La medición de las áreas se dio por medio del trabajo en campo empleando la cinta métrica, como son las correspondientes a los pavimentos, veredas y césped. Sin embargo, las superficies de techo se realizaron con el uso del software Google Earth Pro.

Como resultado se obtuvo un coeficiente de escorrentía promedio igual a 0.84. En la Tabla 12, se especifica el cálculo realizado. Dicho coeficiente será empleado para todos los tramos con el fin de calcular el caudal pico “Q”.

Tabla 12. Cálculo de coeficiente de escorrentía

Tramo	Ancho de vereda (m)	Ancho de pavimento (m)	Superficie de techo (m²)	Pavimento de concreto (m²)	Pavimento de asfalto (m²)	Césped (m²)	Superficie de Vereda (m²)	A total (m2)	C prom.
	C		0.85	0.95	0.80	0.15	0.80		
1-2	1.20	6.60	1473.41	347.03	0.00	0.00	126.19	1946.63	0.86
2-3	1.20	6.60	1493.34	370.26	0.00	0.00	134.64	1998.24	0.87
6-5	1.20	7.60	1182.31	404.32	0.00	0.00	127.68	1714.31	0.87
5-4	1.20	7.60	1109.40	430.54	0.00	0.00	135.96	1675.90	0.87
13-14	1.20	13.60	337.02	773.57	0.00	0.00	136.51	1247.10	0.91
14-10	1.20	13.60	640.35	720.94	0.00	0.00	127.22	1488.51	0.89
10-11	1.20	13.60	250.69	279.21	0.00	0.00	49.27	579.17	0.89
11-12	1.20	13.60	3640.11	1773.30	0.00	0.00	312.94	5726.35	0.88
12-19	1.20	17.60	821.15	805.90	0.00	0.00	109.90	1736.95	0.89
15-16	1.20	13.60	1966.98	778.60	0.00	0.00	137.40	2882.98	0.87
16-17	1.20	13.60	1873.98	953.63	0.00	0.00	168.29	2995.90	0.88
17-18	1.20	13.60	1365.75	711.69	0.00	0.00	125.59	2203.03	0.88
18-19	1.20	13.60	1288.39	741.61	0.00	0.00	130.87	2160.87	0.88
19-20	1.20	17.60	1245.95	863.81	0.00	0.00	117.79	2227.55	0.89
20-26	1.20	11.60	1294.96	719.20	0.00	0.00	148.80	2162.96	0.88
21-22	1.20	6.60	1495.82	414.28	0.00	0.00	150.65	2060.75	0.87
22-23	1.20	6.60	1555.15	508.33	0.00	499.93	184.85	2748.26	0.74
24-25	1.20	4.60	749.34	221.08	0.00	308.96	115.34	1394.72	0.71
25-26	1.20	4.60	1273.44	246.38	0.00	0.00	128.54	1648.36	0.86
26-32	1.20	11.60	1818.57	639.16	0.00	0.00	132.24	2589.97	0.87
28-29	1.20	8.60	313.40	445.91	0.00	389.25	124.44	1273.00	0.67
29-30	1.20	8.60	1338.92	444.79	0.00	0.00	124.13	1907.84	0.87
30-31	1.20	8.60	613.95	418.73	0.00	341.51	116.86	1491.05	0.71
33-34	1.20	8.60	500.46	0.00	637.35	0.00	177.86	1315.67	0.82
34-35	1.20	8.60	1843.56	0.00	614.38	0.00	171.46	2629.40	0.84

Tramo	Ancho de vereda (m)	Ancho de pavimento (m)	Superficie de techo (m²)	Pavimento de concreto (m²)	Pavimento de asfalto (m²)	Césped (m²)	Superficie de Vereda (m²)	A total (m²)	C prom.
	C		0.85	0.95	0.80	0.15	0.80		
35-36	1.20	8.60	586.36	0.00	401.53	0.00	112.06	1099.95	0.83
36-37	1.20	8.60	377.92	0.00	449.69	0.00	125.50	953.11	0.82
1-6	1.20	13.60	1110.74	651.03	0.00	0.00	114.89	1876.66	0.88
3-4	1.20	13.60	1261.67	710.46	0.00	0.00	125.38	2097.51	0.88
6-7	1.20	13.60	1894.44	767.58	0.00	0.00	135.46	2797.48	0.88
5-8	1.20	9.10	1525.83	475.93	0.00	0.00	125.52	2127.28	0.87
4-9	1.20	13.60	1480.48	711.82	0.00	0.00	125.62	2317.92	0.88
7-13	1.20	13.60	1771.47	798.86	0.00	0.00	140.98	2711.31	0.88
8-14	1.20	9.10	1889.33	566.20	0.00	0.00	149.33	2604.86	0.87
9-10	1.20	13.60	1572.13	843.20	0.00	0.00	148.80	2564.13	0.88
13-15	1.20	13.60	193.08	797.64	0.00	0.00	140.76	1131.48	0.91
11-17	1.20	6.60	378.82	308.62	0.00	0.00	112.22	799.66	0.88
15-21	1.20	13.60	277.08	895.97	0.00	0.00	158.11	1331.16	0.91
17-23	1.20	4.60	1574.31	265.42	0.00	0.00	138.48	1978.21	0.86
23-29	1.20	4.60	1203.02	305.03	0.00	838.63	159.14	2505.82	0.62
18-24	1.20	7.60	1682.24	470.44	0.00	0.00	148.56	2301.24	0.87
24-30	1.20	7.60	1023.70	485.87	0.00	628.72	153.43	2291.72	0.68
25-31	1.20	9.60	972.02	630.24	0.00	622.24	157.56	2382.06	0.69
31-36	1.20	9.60	1057.57	490.85	0.00	0.00	122.71	1671.13	0.88
22-28	1.20	8.60	1414.61	580.33	0.00	885.96	161.95	3042.85	0.66
28-34	1.20	8.60	985.41	545.41	0.00	0.00	152.21	1683.03	0.88
21-27	1.20	13.60	637.06	842.66	0.00	0.00	148.70	1628.42	0.90
27-33	1.20	13.60	1238.68	999.87	0.00	0.00	176.45	2415.00	0.89
32-37	1.20	11.60	1911.65	677.44	0.00	0.00	140.16	2729.25	0.87
C promedio									0.84

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia “i” se define como la tasa promedio de lluvia (mm/h) en el drenaje de una cuenca o subcuenca. La intensidad depende del periodo de retorno y duración de lluvia de diseño (Chow et al., 1994).

La esorrentía logra su valor máximo cuando toda la cuenca contribuye al flujo en su salida para un tiempo de concentración t_c , es decir, el periodo de tiempo en el cual una gota de lluvia fluye desde el punto más lejano hasta el punto de interés en la cuenca (Chow et al., 1994).

El tiempo de concentración t_c en un punto al interior de un sistema de drenaje pluvial es igual al valor de la suma del tiempo de entrada t_0 y del tiempo de flujo t_f , lo cual se representa por medio de la siguiente ecuación (Norma OS.060, 2006) :

$$t_c = t_0 + t_f$$

El tiempo de entrada o de ingreso t_0 , puede conocerse experimentalmente a través de observaciones en campo o empleando las ecuaciones presentadas en la Tabla 13. De no existir alcantarillado aguas arriba, también se puede emplear para el cálculo del tiempo de concentración.

El tiempo de flujo t_f , se calcula aplicando la ecuación:

$$t_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i}$$

Donde:

- L_i : Longitud del i-ésimo conducción (ducto o canal) a lo largo de la trayectoria del flujo
- V_i : Velocidad del flujo en el ducto o canalización.

Se debe tener en cuenta que según explica la Norma OS.060:

- (i) El tiempo de entrada aumenta proporcionalmente según la distancia que tiene que viajar el agua y si la retención en la superficie de contacto aumenta; y por lo contrario disminuye cuando la pendiente y la impermeabilidad aumenta.
- (ii) El tiempo de concentración debe ser mayor o igual a 10 minutos.
- (iii) De todas las rutas que podrían formar diferentes flujos hasta llegar a un punto de interés dentro de la cuenca, el tiempo de concentración del área siempre será el mayor de ellos.

Tabla 13. Ecuaciones empleadas para el cálculo del tiempo de concentración

Método y fecha	Fórmula para t_c (minutos)	Observaciones
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$ L= longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida. m. S= pendiente promedio de la cuenca, m/m	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ L= longitud del curso del agua más largo, m. H= diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.	Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izar (1946)	$t_c = \frac{525 \cdot (0.0000276 \cdot i + c) \cdot L^{0.33}}{S^{0.333} \cdot i^{0.667}}$ i= intensidad de lluvia, mm/h c= coeficiente de retardo L=longitud de la trayectoria, m. S= pendiente de trayectoria de flujo, m/m.	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Publica Rosad, para flujo superficial en caminos y áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800 .

Fuente: Chow et al, 1994

Tabla 13. Ecuaciones empleadas para el cálculo del tiempo de concentración (continuación)

Método y fecha	Fórmula para t_c (minutos)	Observaciones
Federal Aviación Administration (1970)	$t_c = 0.7035 \frac{(1.1 - C) \cdot L^{0.50}}{S^{0.333}}$ C= coeficiente de escorrentía del método racional. L= longitud de flujo superficial, m. S= pendiente de la superficie	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engieres; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero ha sido frecuentemente usado en cuencas urbanas.
Ecuaciones de onda cinemática Márgala y Finley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{7 \cdot L^{0.6} \cdot n^{0.6}}{I^{0.4} \cdot S^{0.3}}$ L= longitud del flujo superficial, m. n= coeficiente de rugosidad de Nanning. I= intensidad de lluvia mm/h. S= pendiente de la superficie m/m	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para t_c .
Ecuación de retardo SCS(1973)	$t_c = \frac{0.0136 \cdot L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ L= longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), m. CN= Número de curva SCS S= pendiente promedio de la cuenca, m/m.	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencias a la sobreestimación; se aplicarán factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67 \times$ retardo de la cuenca

Fuente: Chow et al., 1994.

Aplicación al área de estudio

En caso del área de estudio a modo de explicación, se tomará como ejemplo de ejercicio el tramo 33-34, cuya ubicación se muestra en la Figura 38. La velocidad inicial de 1.69 m/s surge de la iteración inicial de la velocidad de 1 m/s, hasta que ambas velocidades sean iguales o con una variación del orden de 0.01 m/s.

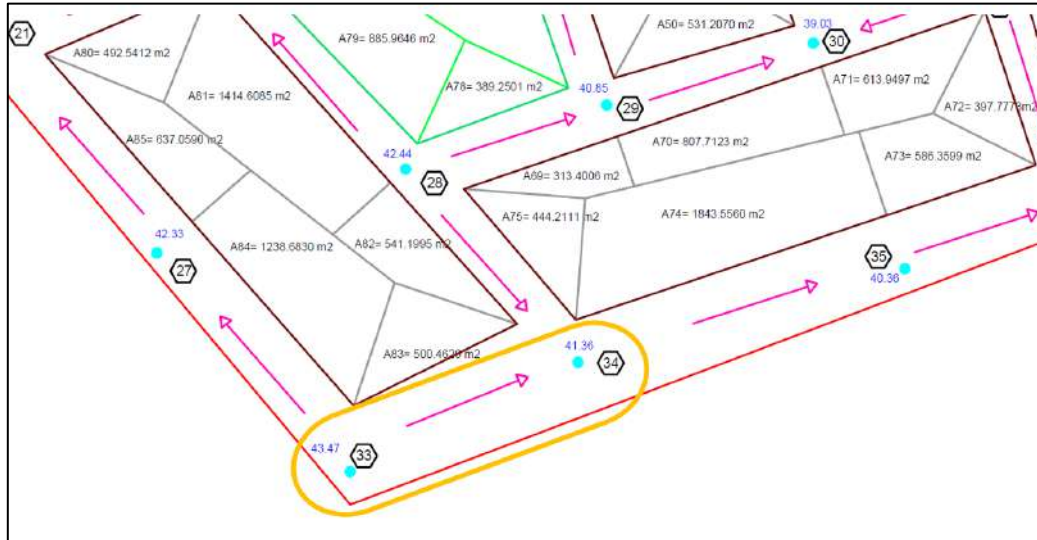


Figura 38. Ubicación del tramo 33-34

Fuente: Elaboración propia

Datos previos:

- Longitud de conducción longitudinal vía = 74.11 m
- Velocidad= 1.69 m/s
- Dimensión transversal de vía = 4.3 m
- Pendiente transversal = 0.02 m/m

Cabe resaltar que se ha dividido el ancho de la vía en dos, es decir el ancho total es 8.6 m.

Aplicando las fórmulas anteriormente establecidas:

Cálculo de t_f

$$t_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i}$$

Para que t_f sea en min, se realiza la conversión de la velocidad de m/s a m/min.

$$\text{Velocidad (m/min)} = \frac{1.69}{60} = 0.0282 \text{ m/min}$$

$$t_f = \frac{74.11}{0.282} = 0.73 \text{ min}$$

Cálculo de t_0

Según las características del área de estudios se ha decidido emplear la fórmula de Kirpich.

$$t_0 = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Donde:

- S (m/m): Pendiente promedio de la cuenca
- L (m): Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salina

$$t_0 = 0.01947 * 4.3^{0.77} * 0.02^{-0.385} = 0.27 \text{ min}$$

Cálculo de t_c

Aplicando la fórmula de la Norma OS.060:

$$t_c = t_0 + t_f = 0.27 + 0.73 = 1.00 \text{ min}$$

Sin embargo, por normativa se empleará un t_c igual a 10 min.

5.2.3. Área de drenaje

Se entiende por área de drenaje, al área drenada dentro de una corriente en un punto dado. Se deben medir el área total que aporta al sistema y las subáreas que contribuyen a cada punto de entrada (Chow et al., 1994).

Las líneas que limitan las áreas de drenaje vienen dadas por la ubicación de los conductos subterráneos, parques ya sean pavimentados o no, césped y pendiente de las vías, entre otras características de la urbanización (Chow et al., 1994).

Aplicación al área de estudio

En el caso del área de estudio se procedió de la siguiente manera.

1. Se definieron los tramos del sistema de drenaje. Un total de 49 tramos.
2. En el software Google Earth Pro se delimitó las áreas de techos y áreas verdes que aportarían a cada tramo (Figura 39).
3. Se pasó dichas áreas a AutoCad 2D. En dicho software se dividió cada una de las áreas en 4 secciones, se calculó las dimensiones y se direccionó a qué tramo del drenaje aportaría.
4. Para cada tramo, se calculó las dimensiones de cada área. Tener en cuenta que se adicionó a las áreas de techo y áreas verdes, las áreas de calzada y veredas calculadas previamente. Es decir, se calculó el área tributaria (Figura 40).

Tener en cuenta que únicamente el área tributaria previa en los tramos iniciales del drenaje es 0.

$$A_{\text{Tributaria Tramo } j} = A_{\text{calzada } j} + A_{\text{vereda}} + A_{\text{verdes}} + A_{\text{techo}} + A_{\text{Tributaria Tramo } i}$$

Donde:

- $A_{\text{Tributaria Tramo } j}$ = Área tributaria del tramo en estudio.
- $A_{\text{Tributaria Tramo } i}$ = Área tributaria del tramo previo.



Figura 39. Delimitación de áreas verdes en la microcuenca
Fuente: Elaboración propia

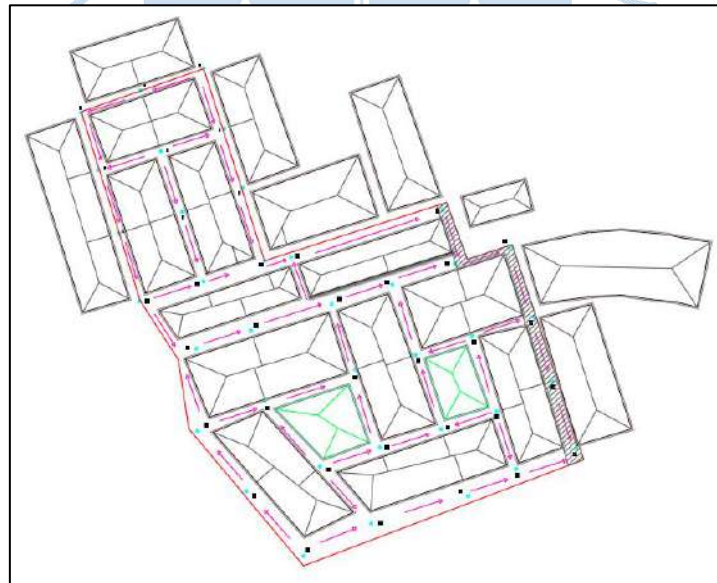


Figura 40. División de áreas tributarias en la microcuenca
Fuente: Elaboración propia

En caso de los cruces, se aplicó la teoría de las bifurcaciones, entendiéndose como el ingreso del caudal en una sola dirección y salida por 2 o más. Se decidió seguir el estudio

realizado por Siancas (2018), en el cual se puede apreciar el modelamiento y comportamiento del caudal de escorrentía.

El 70 % del área total que comprende un tramo se aportará al tramo que sigue la misma dirección y el 30% a aquel tramo que corresponde a la dirección perpendicular.

En el caso del área de estudio, tomando como ejemplo el tramo 2-3 cuya ubicación se muestra en la Figura 41, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cálculo área tributaria Tramo 2-3 (tramo inicial)

Las áreas tributarias del tramo 2-3 se muestran en la Figura 42.

$$A_{techo} = 764.44 + 728.89 = 1493.43 \text{ m}^2$$

$$A_{pavimento} = \text{Ancho} * \text{Largo} = 6.60 * 56.10 = 370.26 \text{ m}^2$$

$$A_{vereda} = \text{Ancho} * \text{Largo} = 1.20 * 56.10 = 134.64 \text{ m}^2$$

$$A_{cesped} = 0 \text{ m}^2$$

$$A_{Tributaria \text{ Tramo } 1-2} = 1493.43 + 370.26 + 134.64 + 0 = 1998.24 \text{ m}^2$$

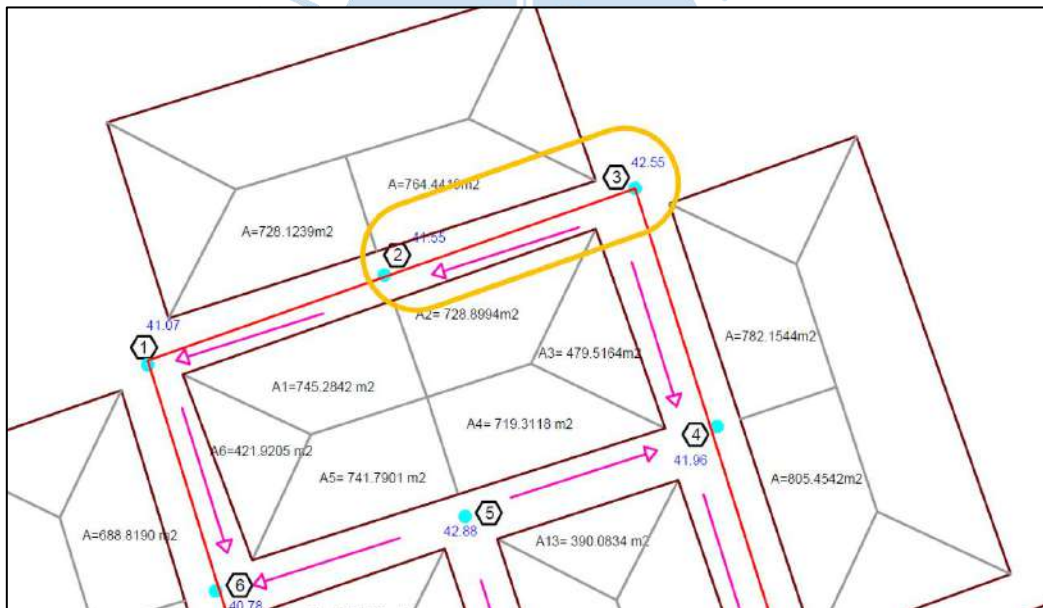


Figura 41. Ubicación del tramo 2-3

Fuente: Elaboración propia

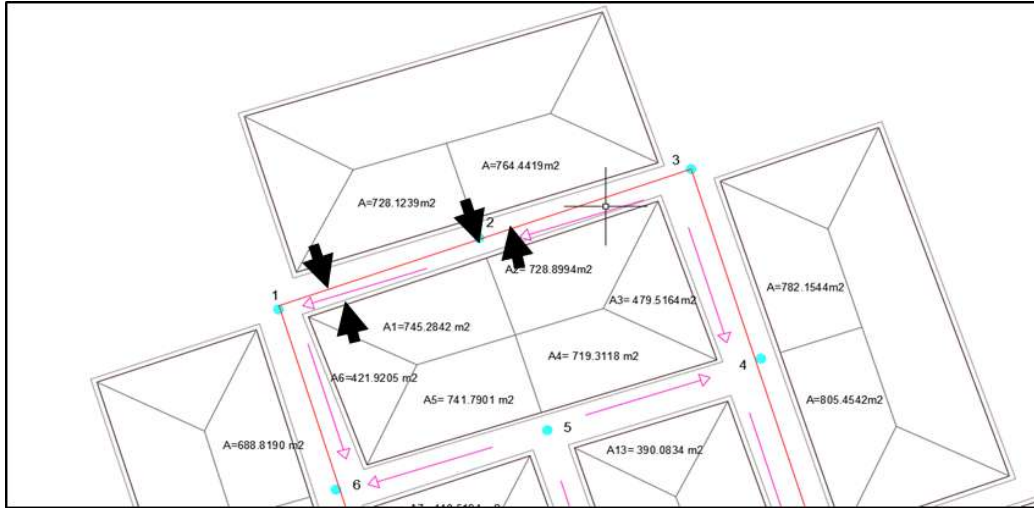


Figura 42. Área tributaria de los tramos 1-2 y 2-3 de techo y áreas

Fuente: Elaboración propia

Cálculo área tributaria Tramo 1-2

Respecto al tramo 1-2, su área tributaria parcial comprende:

$$A_{techo} = 728.12 + 745.28 = 1473.40 \text{ m}^2$$

$$A_{pavimento} = \text{Ancho} * \text{Largo} = 6.60 * 52.58 = 347.03 \text{ m}^2$$

$$A_{vereda} = \text{Ancho} * \text{Largo} = 6.60 * 1.20 = 126.19 \text{ m}^2$$

$$A_{cesped} = 0 \text{ m}^2$$

$$A_{Tributaria \text{ Tramo } 1-2 \text{ parcial}} = 1473.40 + 347.03 + 126.19 + 0 = 1946.69 \text{ m}^2$$

Sin embargo, el Área total acumulada corresponde a:

$$\begin{aligned} A_{Tributaria \text{ Tramo } 1-2 \text{ acumulada}} &= A_{Tributaria \text{ Tramo } 1-2 \text{ parcial}} + A_{Tributaria \text{ Tramo } 2-3} \\ &= 1998.24 + 1946.69 = 3944.87 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{Tributaria \text{ Tramo } 1-2 \text{ acumulada}} = 1998.24 + 1946.69 = 3944.87 \text{ m}^2$$

5.2.4. Información pluviométrica

En el diseño de un drenaje pluvial urbano se debe dimensionar la magnitud de la precipitación que será captada por la red aplicando las curvas IDF disponibles para la localidad en estudio (Chow et al., 1994).

Aplicación al área de estudio

En el área de estudio se aplicó según la normativa, la ecuación IDF calculada en un trabajo de investigación previo realizado en la ciudad de Piura. Es decir, representa muy bien la realidad de las características de las precipitaciones que se producen en la zona de estudio.

En la investigación “Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero. Caso: ciudad de Piura” (Farías y Ruiz, 2018) se describe el proceso para la actualización de las curvas IDF existentes para la región Piura agregando los Fenómenos El Niño ocurridos a partir del ajuste de los modelos Log-Normal 3p y Doble Gumbel.

La metodología seguida para la obtención de la ecuación de las curvas IDF fue la siguiente:

Inicio

- Recopilación de información histórica pluviométrica y pluviográfica
- Organización de la información

Procesamiento

- Análisis de tormentas
- Relleno de datos faltantes
- Definición de la base de datos: pruebas de hipótesis

Modelación probabilística

- Ajuste de los modelos
- Pruebas de bondad de ajuste
- Estimación de intensidades

Curvas IDF

- Gráfico de curvas IDF
- Determinación matemática de las curvas IDF

Finalmente, la ecuación de la intensidad en mm/h queda expresada:

$$i_t^T = \frac{2327 \ln(T) - 2085}{(t + 75)^{0.912}}$$

Donde

- T (años) = Periodo de retorno
- t (min) = Tiempo de concentración

Cálculo de i en Tramo 2-3

Datos

- T = 25 años
- t = 10 min

Fórmula

$$i_t^T = \frac{2327 \ln(25) - 2085}{(10 + 75)^{0.912}} = 94.01 \text{ mm/h}$$

5.2.5. Cálculo del caudal pico Q

Se aplicó la fórmula del método racional expuesta en la Norma OS.060 a todos los tramos del sistema de drenaje con el fin de calcular el caudal en cada una de las calles.

$$Q = 0.278 \sum_{j=1}^m C_j \cdot A_j \cdot i_j$$

Donde:

- Q: Caudal pico (m³/S)
- I: Intensidad de la lluvia de diseño (mm/hora)
- C_j: Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuencas (adimensional)
- A_j: Área de drenaje de la j-ésima de las subcuencas en km²
- m: número de subcuencas drenadas por un alcantarillado

Cálculo de Q en el Tramo 2-3

Datos

- Coeficiente de escorrentía (c) = 0.84
- Área de drenaje (A) = 1,315.67 m² = 0.0013 km²
- Intensidad de lluvia (i) = 94.01 mm/h

Fórmula

$$Q = 0.278 (0.84 * 0.0013 * 94.01) = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de Q máximo

El Q máximo se da al final del recorrido del sistema de drenaje de las aguas de la precipitación, es decir, en el Tramo 32-37.

Datos

- Coeficiente de escorrentía (c) = 0.84
- Área de drenaje (A) = 87,346.34 m² = 0.0873 Km²
- Intensidad de lluvia (i) = 94.01 mm/h

Fórmula

$$Q = 0.278 (0.84 * 0.0873 * 94.01) = 1.92 \text{ m}^3/\text{s}$$

En el Apéndice B se muestra el cálculo del caudal máximo por cada tramo de la zona de estudio.



Capítulo 6

Diseño hidráulico de drenaje pluvial

6.1. Criterios de diseño

Según establece la Norma OS.060, los criterios aplicados en el diseño hidráulico para colectores de agua podrán ser los mismos a utilizar en el caso del diseño de conductos cerrados.

6.1.1. Coeficiente de Rugosidad “n” de Manning

El coeficiente de Rugosidad “n” de Manning es el parámetro cuya medición es la resistencia presente en las canalizaciones al flujo (Norma OS.060, 2006).

El cálculo o selección del coeficiente de Manning, se deberá tener en cuenta la experiencia previa del especialista o se podrá apoyar de casos similares, publicaciones o tablas con data recopilada en campo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008). Los valores determinados en la Norma OS. 060 se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Coeficiente de Rugosidad de Manning según material de cunetas

Cunetas de las Calles	Coeficiente de Rugosidad
	<i>N</i>
a. Cuneta de Concreto con acabado paleteado	0,012
b. Pavimento Asfáltico	
1) Textura Lisa	0,013
2) Textura Rugosa	0,016
c. Cuneta de concreto con Pavimento Asfáltico	
1) Liso	0,013
2) Rugoso	0,015
d. Pavimento de Concreto	
1) Acabado con llano de Madera	0,014
2) Acabado escobillado	0,016
e. Ladrillo	0,016
f. Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de n, en:	0,002

Fuente: Norma OS.60, 2006

6.1.2. Velocidad mínima

La velocidad mínima es de 0.90 m/s, considerada también la de autolimpieza puesto que tiene como fin evitar la sedimentación de las partículas de arena y grava acarreada por el agua de lluvia (Norma OS.060, 2006).

6.1.3. Velocidad máxima

La velocidad máxima se encuentra en función del material empleado en el sistema de drenaje pluvial, como se especifica en la Tabla 15. (Norma OS.060, 2006).

Tabla 15. Velocidades máximas según material de tuberías de alcantarillado (m/s)

Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)	
Material de la Tubería	Agua con fragmentos de Arena y Grava
Asbesto Cemento	3,0
Hierro Fundido Dúctil	3,0
Cloruro de Polivinilo	6,0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3,0
Arcilla Vitrificada	3,5
Concreto Armado de:	
140 Kg/cm ²	2,0
210 Kg/cm ²	3,3
250 Kg/cm ²	4,0
280 Kg/cm ²	4,3
315 Kg/cm ²	5,0
Concreto Armado de curado al vapor > 280 Kg/cm ²	6,6

Fuente: Norma OS.060, 2006

6.1.4. Pendiente mínima

La pendiente mínima es aquella pendiente que satisfaga la velocidad mínima de 0.90 m/s (Norma OS.060, 2006).

6.2. Diseño de cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales sin revestir o revestidas abiertas en el terreno, se ubican a un solo lado, ambos de la calzada o en la zona central de la vía con dos carriles (cuneta medianera). Tiene como objetivo la captación, conducción y evacuación de los flujos superficiales de agua (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

6.2.1. Sección transversal de cuneta

Las cunetas construidas pueden ser de tener una sección transversal de tipo circular, triangular, trapezoidal, compuesta o en V (Norma OS.060, 2006).

La profundidad de la cuneta es igual a la variación vertical desde el fondo hasta el nivel del borde la rasante.

6.2.2. Capacidad de cuneta

La capacidad de las cuentas se encuentra en función de la rugosidad del material, sección transversal (Figura 43 y Figura 44) y pendiente. (Norma OS.060, 2006).

Se emplea la ecuación de Manning para el cálculo de la capacidad de cuenta, expresada de la siguiente manera:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \rightarrow Q = VA \rightarrow Q = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Donde:

- V: Velocidad media de desplazamiento (m/s)
- R: Radio medio hidráulico (m)
- S: Pendiente de la canalización
- N: Coeficiente de rugosidad de Manning
- A: Sección transversal de la canalización (m²)
- Q: Caudal (escorrentía superficial pico) (m³/s)

La sección transversal generalmente usada posee una sección transversal de triángulo rectángulo, cuyo cateto es el sardinel y la hipotenusa, la pendiente de la vía.

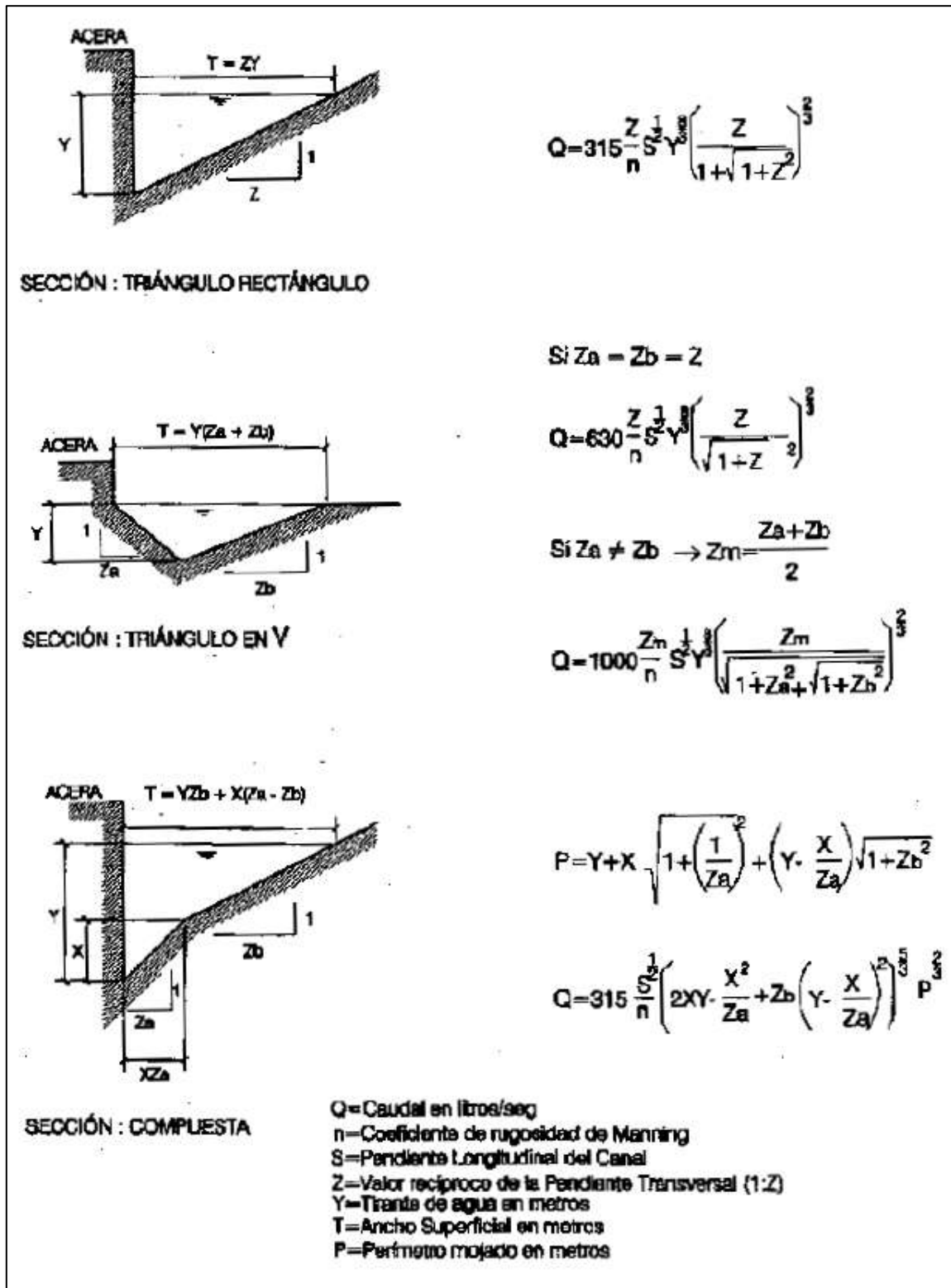


Figura 43. Fórmula de Manning – Determinación de Caudal en cunetas triangulares

Fuente: Norma OS.060, 2006

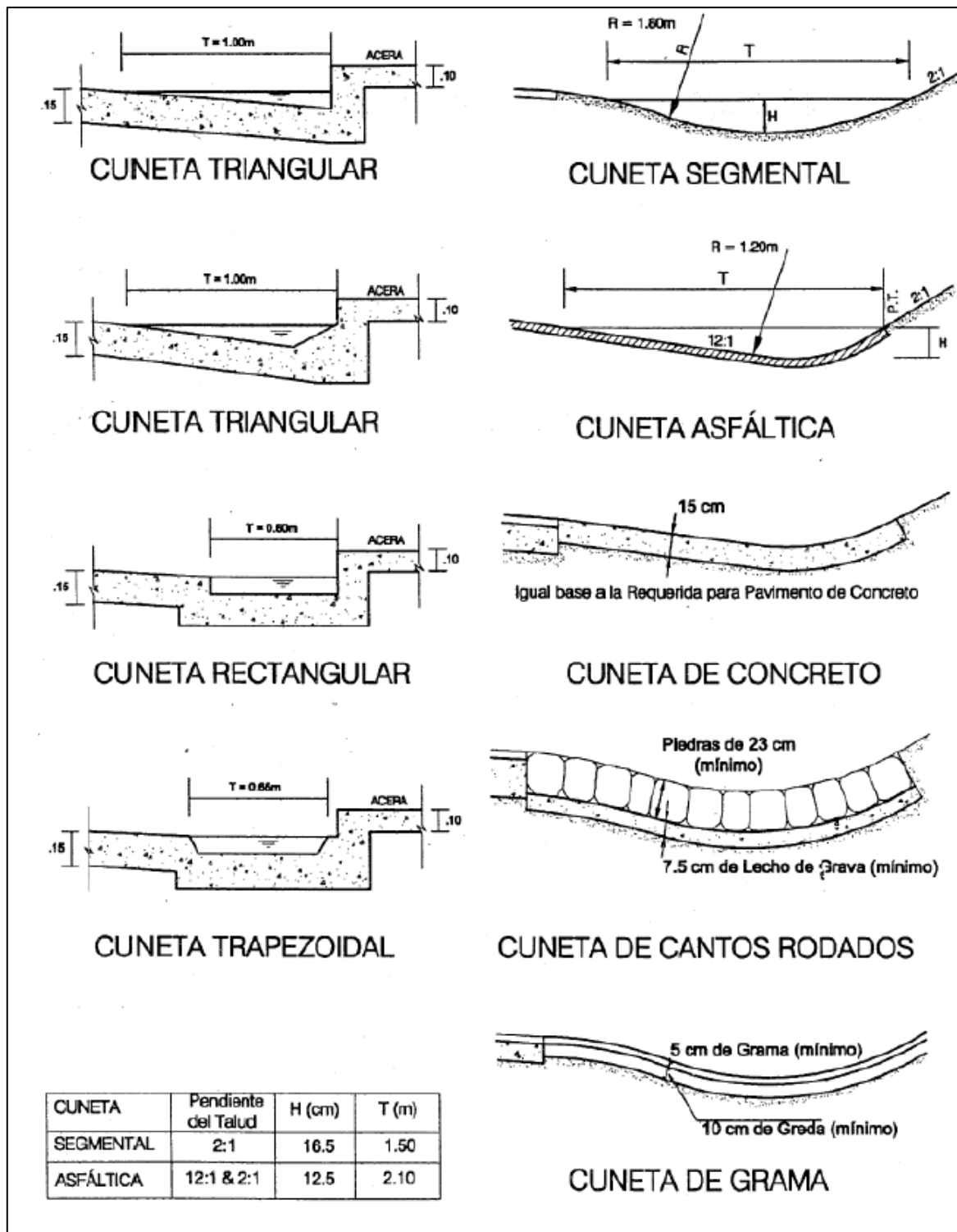


Figura 44. Sección transversal de cuneta

Fuente: Norma OS.060, 2006

6.2.3. Dimensionamiento mínimo de cuneta

Dependiendo del tipo de sección de cuneta que se emplee en el drenaje pluvial, su ancho y profundidad variará. Además, existen otras medidas que cambiarán puesto que dependen de las anteriormente mencionadas como:

- Perímetro mojado P (m): Longitud del contorno del área que tiene contacto con el agua.
- Radio hidráulico (m): Cociente entre el área de una corriente y su perímetro mojado.
- Espejo de agua T (m): Medida del ancho de la sección donde la altura del agua es igual al tirante.

La Figura 45 presenta las fórmulas de las medidas mencionadas anteriormente según el tipo de sección transversal.

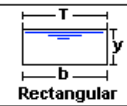
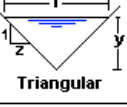
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico R_h (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2\sqrt{y(D-y)}}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 45. Sección transversal de cuneta

Fuente: Chow et al, 1994

6.2.4. Borde libre mínimo

El borde libre de una cuneta es la variación de altura entre la superficie de rodadura y el nivel cuando ocurre el máximo flujo esperado. Este parámetro es de suma importancia puesto que protege a la zona de estudio de posibles desbordes afectando a las veredas o calzadas.

La Norma OS.060 no especifica un valor mínimo para esta dimensión. Sin embargo, en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008) especifica que se debe considerar un mínimo del 25% de la altura o diámetro de la estructura.

6.2.5. Dimensionamiento de cuneta con HCANALES

HCANALES es una herramienta de cálculo creada por Máximo Villón Bejar que permite calcular el tirante normal, tirante crítico, resalto, curva de remanso, el caudal y otros parámetros para el Diseño de Canales considerando las secciones transversales de las cunetas de forma triangular, rectangular, trapezoidal, parabólica y circular.

6.2.5.1. Aplicación al área de estudio. Para el diseño de drenaje pluvial de la zona de estudio, se decidió colocar una cuneta de concreto de sección rectangular (talud $Z=0$) sin reforzar en cada lado de la calzada por calle. Por dicho motivo el caudal de escorrentía calculado por medio del método racional, se dividió a la mitad (Figura 46).

Las cunetas al estar diseñadas de concreto se consideraron en todo el diseño un Coeficiente rugosidad de Manning “n” de 0.013.

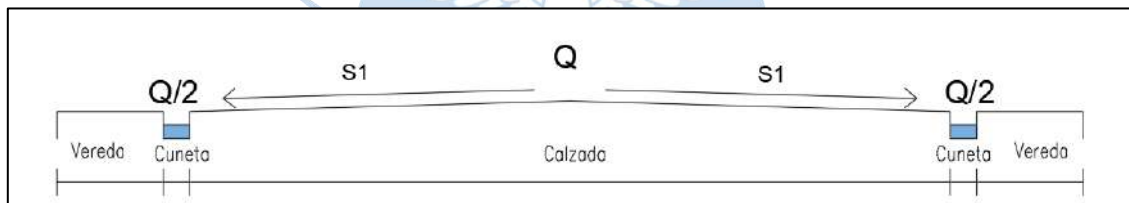


Figura 46. Sección típica de calzada

Fuente: Elaboración propia

Diseño de cunetas en Tramo 2-3

Datos de vía:

- Longitud de vía = 56.10 m
- Ancho de vía = 36.60 m
- Pendiente longitudinal = 1.78%
- Caudal de diseño = $\frac{0.04 \text{ m}^3/\text{s}}{2} = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$
- Coeficiente de rugosidad = 0.013

Al ser una cuneta de sección rectangular, el Talud es 0. Se decidió asumir un ancho de solera (b) de 0.30 m.

Al ingresar los datos en el programa HCANALES en la sección de cálculo de tirante normal, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se pueden visualizar en la Figura 47:

- Tirante normal (y) = 0.06 m
- Área hidráulica (A) = 0.02 m²
- Espejo de agua (T) = 0.03 m
- Número de Froude (F) = 1.64
- Tipo de flujo = Supercrítico
- Perímetro mojado (p) = 0.42 m
- Radio hidráulico (R) = 0.04 m
- Velocidad (v) = 1.24 m/s
- Energía específica (E) = 0.14 m-Kg/Kg

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:

Tramo: Revestimiento:

Datos:

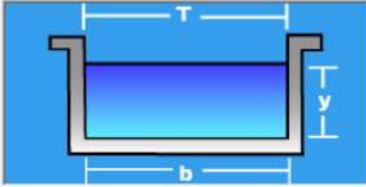
Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m

Área hidráulica (A): m²

Espejo de agua (T): m

Número de Froude (F):

Tipo de flujo:

Perímetro (p): m

Radio hidráulico (R): m

Velocidad (v): m/s

Energía específica (E): m-Kg/Kg

Figura 47. Diseño de cuenta de Tramo 2-3-HCANALES

Fuente: Elaboración propia

Análisis de resultados

La velocidad de la escorrentía en el Tramo 2-3 es de 1.24 m/s, cumpliendo de esta manera con la normativa puesto que es mayor a 0.90 m/s.

Respecto al tirante normal " y ", es de 0.06 m o 6 cm. Como se puede apreciar si se decide diseñar la cuneta con una profundidad de 15 cm, dejando un borde libre de 9 cm que corresponde a un 60% cumpliendo con el mínimo de 25%. Sin embargo, por un tema de constructibilidad y continuidad al momento de una posible ejecución de dicha obra, se decidió por una profundidad de 30 cm.

Finalmente se obtuvo una cuneta de sección rectangular de 30 cm x 30 cm (Figura 48).

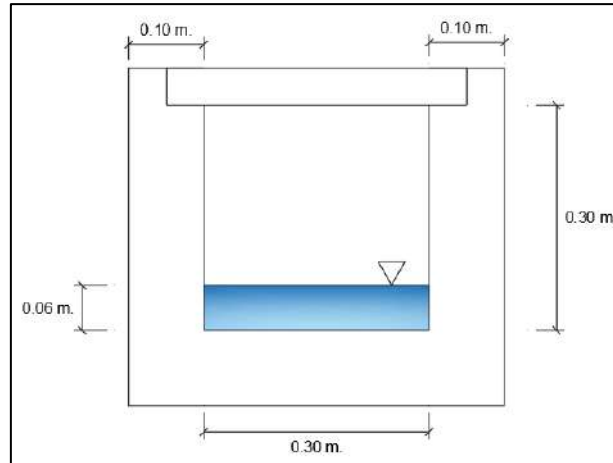


Figura 48. Dimensiones de cuenta de Tramo 2-3

Fuente: Elaboración propia

En toda el área de estudio se aplicarán cunetas rectangulares con ocho tipos de secciones (Figura 49, Figura 50, Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56), distribuidas como se muestra en la Tabla 16 cuyo cálculo se especifica en el Apéndice C.

Tabla 16. Tipo de cuneta por tramo del área de estudio

TRAMO	Tipo de cuneta	TRAMO	Tipo de cuneta
33-34	C1 (30cmx30cm)	3-4	C1 (30cmx30cm)
28-34	C1 (30cmx30cm)	6-5	C1 (30cmx30cm)
34-35	C1 (30cmx30cm)	5-4	C1 (30cmx30cm)
35-36	C1 (30cmx30cm)	4-9	C1 (30cmx30cm)
31-36	C1 (30cmx30cm)	9-10	C1 (30cmx30cm)
36-37	C1 (30cmx30cm)	6-7	C4 (40cmx40cm)
27-33	C1 (30cmx30cm)	7-13	C4 (40cmx40cm)
21-27	C1 (30cmx30cm)	5-8	C1 (30cmx30cm)
21-22	C1 (30cmx30cm)	8-14	C1 (30cmx30cm)
22-28	C1 (30cmx30cm)	13-14	C6 (50cmx50cm)
28-29	C1 (30cmx30cm)	14-10	C6 (50cmx50cm)
29-30	C1 (30cmx30cm)	10-11	C6 (50cmx50cm)
23-29	C1 (30cmx30cm)	13-15	C5 (40cmx50cm)
22-23	C1 (30cmx30cm)	15-16	C7 (60cmx50cm)
17-23	C1 (30cmx30cm)	16-17	C7 (60cmx50cm)
30-31	C1 (30cmx30cm)	11-17	C3 (30cmx50cm)
30-24	C4 (40cmx40cm)	17-18	C7 (60cmx50cm)
25-31	C1 (30cmx30cm)	11-12	C7 (60cmx50cm)
25-24	C2 (30cmx40cm)	12-19	C7 (60cmx50cm)
25-26	C1 (30cmx30cm)	18-19	C7 (60cmx50cm)
18-24	C4 (40cmx40cm)	19-20	C8 (60cmx80cm)
15-21	C1 (30cmx30cm)	20-26	C8 (60cmx80cm)
2-3	C1 (30cmx30cm)	26-32	C8 (60cmx80cm)
1-2	C1 (30cmx30cm)	32-37	C8 (60cmx80cm)
1-6	C4 (40cmx40cm)		

Fuente: Elaboración propia

(i) C1 (30 cm x 30 cm)

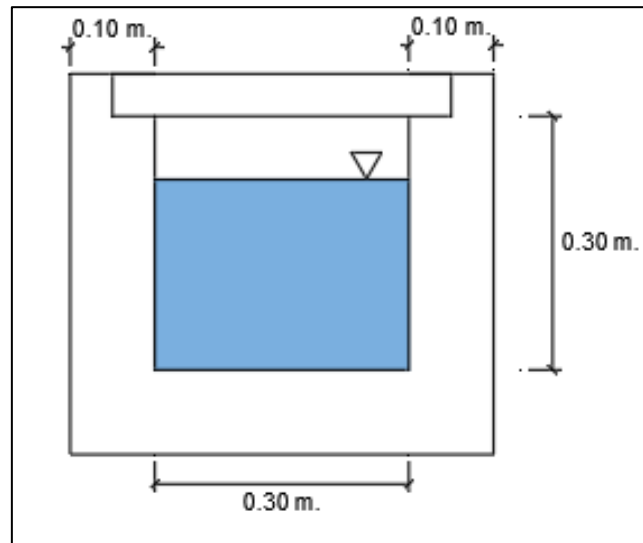


Figura 49. Dimensiones de cuenta tipo C1

Fuente: Elaboración propia

(ii) C2 (30 cm x 40 cm)

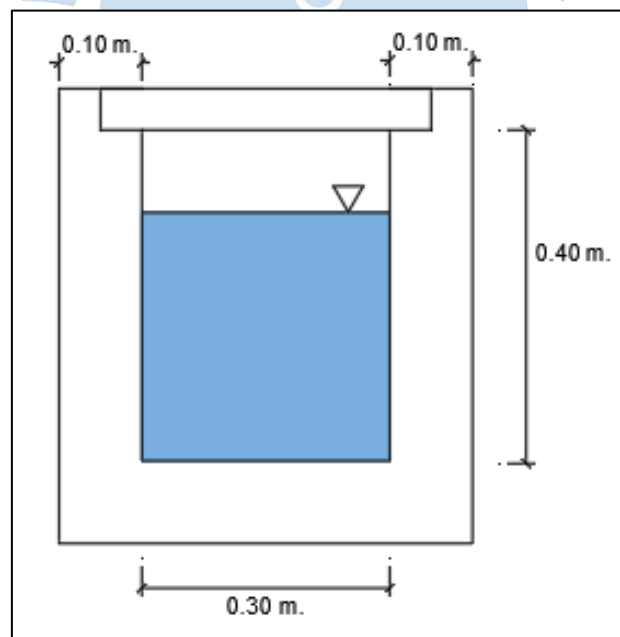


Figura 50. Dimensiones de cuenta tipo C2

Fuente: Elaboración propia

(iii) C3 (30 cm x 50 cm)

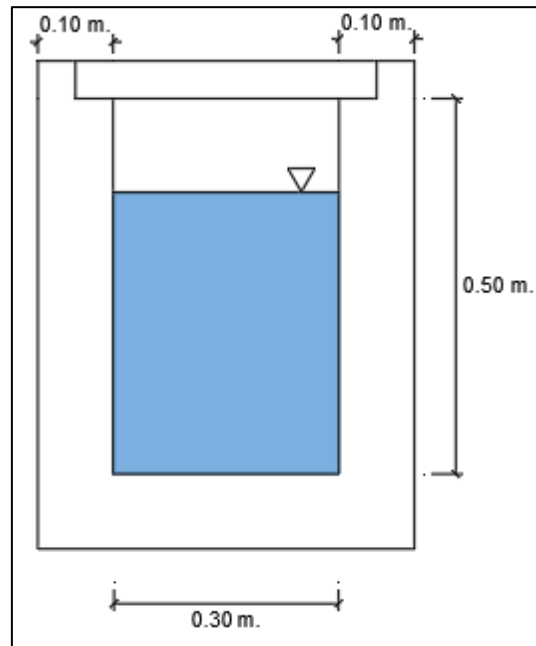


Figura 51. Dimensiones de cuenta tipo C3

Fuente: Elaboración propia

(iv) C4 (40 cm x 40 cm)

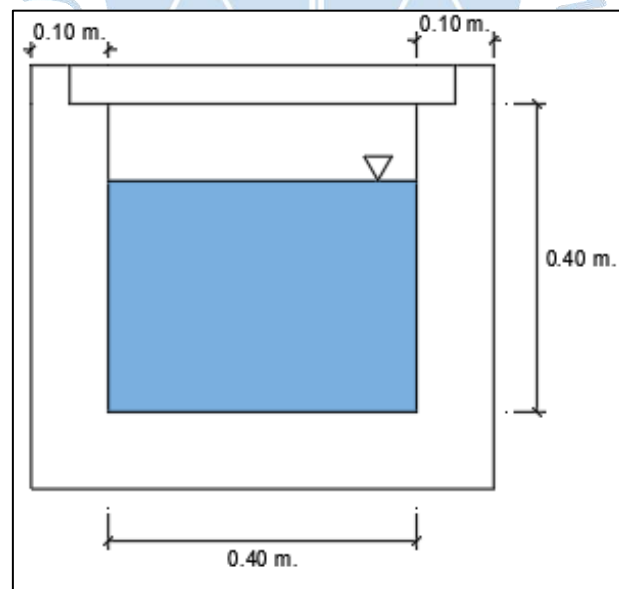


Figura 52. Dimensiones de cuenta tipo C4

Fuente: Elaboración propia

(v) C5 (40 cm x 50 cm)

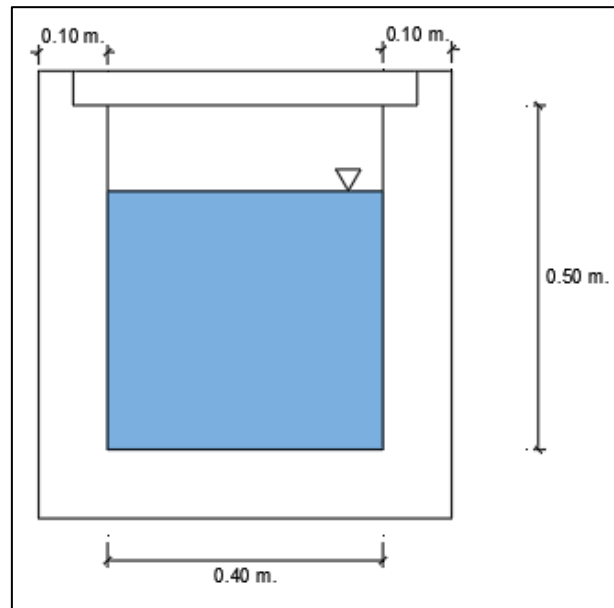


Figura 53. Dimensiones de cuenta tipo C5

Fuente: Elaboración propia

(vi) C6 (50 cm x 50 cm)

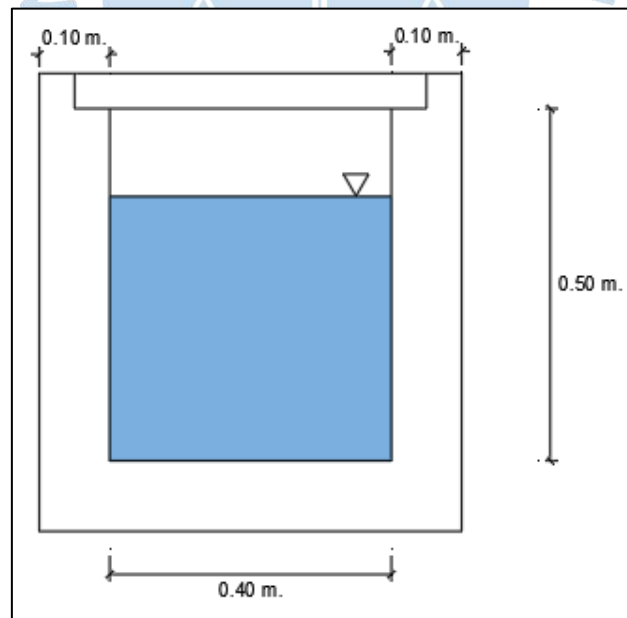


Figura 54. Dimensiones de cuenta tipo C6

Fuente: Elaboración propia

(vii) C7 (60 cm x 50 cm)

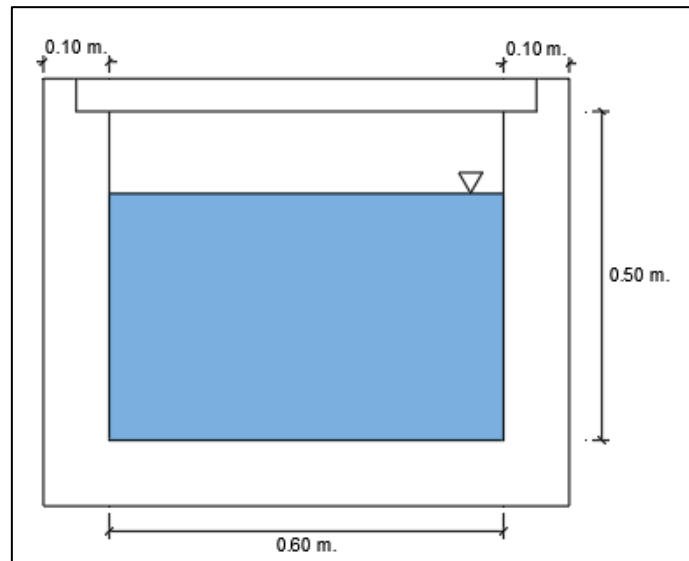


Figura 55. Dimensiones de cuenta tipo C7

Fuente: Elaboración propia

(viii) C8 (60 cm x 80 cm)

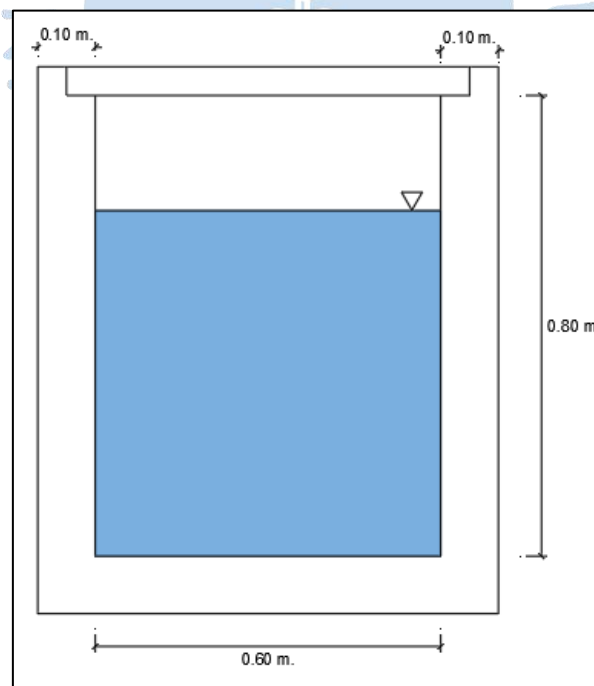


Figura 56. Dimensiones de cuenta tipo C8

Fuente: Elaboración propia

En los planos: PL-01, PL-02, PL-03, PL-04, PL-05, PL-06, PL-07, PL-08 de la sección se muestran los perfiles longitudinales por cada tramo de la zona de estudio, para que permita un mejor entendimiento del desarrollo del estudio A su vez, en los planos SC-01 se muestra en planta el tipo de cuneta según el tramo y el plano SC-02 el detalle de cada tipo de ellas.

6.3. Diseño de rejillas

Las rejillas son estructuras metálicas que poseen aberturas de uniforme tamaño que retienen los sólidos flotantes o suspendidos en el agua proveniente de las precipitaciones o de aguas residuales de modo que limita el acceso de estos a la red de drenaje (Norma OS.060, 2006).

La Norma OS.060 clasifica a las rejillas según el material con el que están elaboradas en rejillas de fierro fundido o de fierro laminado, y según su posición con respecto al desplazamiento del flujo del agua en rejillas horizontales, verticales u horizontales y verticales.

Las rejillas tienen la capacidad de adaptarse a la geometría del lugar y tener un marco rectangular, triangular o circular dependiendo de los requerimientos (Norma OS.060, 2006).

En la práctica usualmente se fabrican de dimensiones rectangulares y de manera industrial de dimensiones de 45 mm x 100 mm (18" x 40") y 60 mm x 100 mm (24" x 40"). Con separaciones entre barras igual a 20 mm (3/4"), 35 mm (1 3/8") o 50 mm (2").

6.3.1. Eficiencia hidráulica

La eficiencia hidráulica se define como el cociente entre el caudal interceptado por él y el que deja pasar a través de él (Gómez & Russo, 2009).

$$E = \frac{Q_{int}}{Q}$$

Donde:

- E: Eficiencia hidráulica de la estructura de captación.
- Q_{int} : Caudal captado por la estructura de captación.
- Q: Caudal de paso por la cuneta.

La eficiencia hidráulica se encuentra en función de parámetros como (Gómez & Russo, 2009):

- (i) Caudal de paso por la cuneta (Q)
- (ii) Tipo de rejilla de captación
- (iii) La pendiente longitudinal
- (iv) Rugosidad
- (v) Geometría de la cuneta
- (vi) Bombeo transversal de la calle
- (vii) Factor de colmatación

6.3.2. Dimensionamiento de rejillas

En el área de estudio se emplearán rejillas electrosoldadas W19-4 pesadas en el modelo GR-18, debido a que este tipo de rejillas están diseñadas para tráfico de tipo liviano y pesado, en carga de tipo rodante o estática. En la Tabla 17 se muestran las dimensiones de las rejillas dependiendo del ancho de las cunetas.

Tabla 17. Dimensiones de rejillas

Ancho (b)	Largo (l)	Modelo de rejilla	Medidas de platinas	Medida de la barra
0.30 m	1.00 m	GR-18	2" * 3/8"	3/8*
0.40 m	1.00 m	GR-18	2" * 3/8"	3/8*
0.50 m	1.00 m	GR-18	2" * 3/8"	3/8*
0.60 m	1.00 m	GR-18	2" * 3/8"	3/8*

Fuente: Elaboración propia

A modo de detalle, se presentan vista de planta (Figura 57) e isométrico (Figura 58) del tipo de rejillas a emplear:

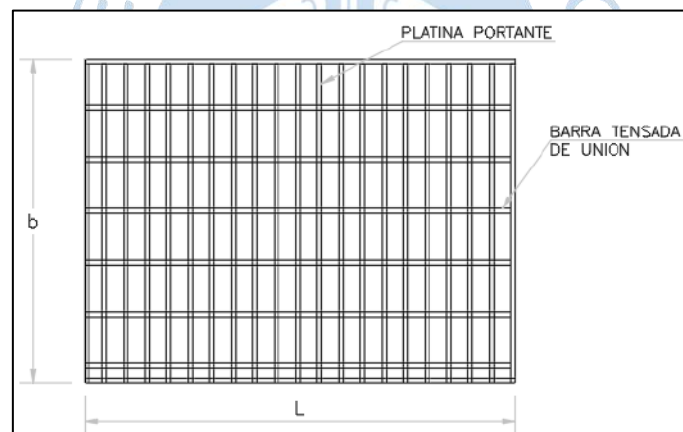


Figura 57. Vista en planta de rejilla GR-18

Fuente: Elaboración propia

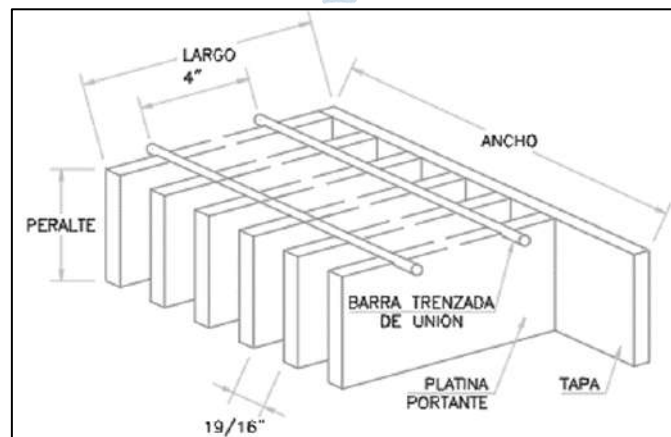


Figura 58. Isométrico de rejilla GR-18

Fuente: Elaboración propia

Según la norma americana de la NAAMM MBG 532-09 Edición 5, se muestra en la Tabla 18 las resistencias basadas en las especificaciones nominales para ASTM A36, por dicho motivo la capacidad real puede cambiar según las variaciones permitidas de las propiedades físicas del acero que se emplea.

Tabla 18. Resistencias para Rejillas tipo W-19 pesadas

Tabla de resistencias para Rejillas tipo W19 Pesadas										
Modelo de Rejilla	Medida de Platinas de Carga	Peso Kg/m ²	Medida de Barra en Pulg.	H-25 Camión	H-20 Camión	H-15 Camión	Automóvil	5 TON Montacarga	3 TON Montacarga	1 TON Montacarga
Espacio máximo entre apoyos en mm										
GR-11	1" x 1/4"	47	1/4	304	254	228	304	177	152	177
GR-12	1" x 3/8"	68	3/8	355	330	279	406	228	203	228
GR-13	1-1/4" x 1/4"	58	1/4	381	330	304	431	228	203	254
GR-14	1-1/4" x 3/8"	84	3/8	457	406	355	584	304	254	355
GR-15	1-1/2" x 1/4"	68	1/4	457	406	355	584	279	254	330
GR-16	1-1/2" x 3/8"	100	3/8	558	508	457	762	355	330	482
GR-17	2" x 1/4"	89	1/4	609	558	508	939	406	381	558
GR-18	2" x 3/8"	131	3/8	762	711	660	1168	558	533	838
GR-19	2-1/2" x 1/4"	110	1/4	762	711	685	1320	558	558	863
GR-20	2-1/2" x 3/8"	163	3/8	1016	965	914	1498	787	787	1270
GR-21	3" x 1/4"	131	1/4	990	939	889	1574	762	762	1244
GR-22	3" x 3/8"	204	1/2	1320	1270	1244	1803	1092	1117	1549
GR-23	4" x 1/4"	173	1/4	1498	1473	1447	2108	1270	1295	1803
GR-24	4" x 3/8"	270	1/2	1727	1727	1752	2413	1676	1727	2057
GR-25	5" x 1/2"	446	1/2	2388	2413	2464	3886	2311	2362	2845
GR-26	6" x 1/2"	534	1/2	2870	2896	2032	4648	2769	2845	3429

Fuente: Catálogo-Grating Perú



Capítulo 7

Costos, Presupuesto y Programación

El presupuesto comprende la construcción de cunetas de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 10 cm de espesor de dimensiones especificadas en la sección 6.2.4.1. Cabe resaltar que la infraestructura vial de la zona es casi nula, sin embargo, el presupuesto elaborado en este estudio no incluye la ejecución de las pistas pendientes.

El metrado se dividió según las secciones transversales de las cunetas como se especifica en la Tabla 19 y según las partidas del presupuesto del apartado 7.3. Las partidas son: trazo y replanteo, excavación de zanjas, eliminación de material excedente, encofrado de cunetas, concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para cunetas y colocación de cunetas.

7.1. Metrados

La Tabla 19 muestra las longitudes según el tipo de cuneta.

Tabla 19. Metrado de longitud según sección de cuneta

Sección de cuneta			
Dimensiones	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (m)
C1 (30x30)	30.00	30.00	3,325.64
C2 (30x40)	30.00	40.00	96.12
C3 (30x50)	30.00	50.00	93.52
C4 (40x40)	40.00	40.00	577.76
C5 (40x50)	40.00	50.00	117.30
C6 (50x50)	50.00	50.00	260.84
C7 (60x50)	60.00	50.00	820.38
C8 (60x80)	60.00	80.00	449.16

Longitud total (m) 5,740.72

Fuente: Elaboración propia

7.1.1. *Metrado de movimiento de tierras*

Trazo y replanteo

El metrado del trazo y replanteo se ha obtenido de la multiplicación de los anchos de vía multiplicado por la longitud de la misma, ya que no se considerará únicamente el ancho de la cuenta puesto que de ejecutarse debe tenerse en cuenta también la vía.

Área total: 29,807.52 m²

7.1.2. *Metrado de cunetas*

Excavación de zanjas

En la Tabla 20 se describe la excavación con cunetas según las secciones definidas previamente. El rendimiento dependerá del método constructivo que se decida usar, manual o con equipos. En el caso de este estudio, se estableció el uso de equipos. En total, el estudio realizado comprende un metrado de excavación de cuentas de 967.69 m³.

Tabla 20. Metrado de excavación de zanjas para cunetas

Dimensiones	Volumen (m ³)
C1 (30x30)	299.31
C2 (30x40)	11.53
C3 (30x50)	14.03
C4 (40x40)	92.44
C5 (40x50)	23.46
C6 (50x50)	65.21
C7 (60x50)	246.11
C8 (60x80)	215.60
Volumen total (m ³)	967.69

Fuente: Elaboración propia

Eliminación de material excedente

Factor de esponjamiento: 1.25

Volumen total: 1,206.01 m³

Encofrado de cuneta

Área total: 4,525.96 m²

Concreto de cunetas $f'c=210$ kg/cm²

Espesor de cuneta: 0.10 m

La Tabla 21 muestra los metrados de concreto a emplear según el tipo de sección de cunetas descritos previamente, comprendiendo un total de 6.77 m³. El tipo de concreto a emplear es de resistencia $f'c=210$ kg/cm² en cilindros a los 28 días.

Tabla 21. Metrado de concreto para cunetas

Dimensiones	Volumen (m3)
C1 (30x30)	2.99
C2 (30x40)	0.11
C3 (30x50)	0.12
C4 (40x40)	0.69
C5 (40x50)	0.16
C6 (50x50)	0.39
C7 (60x50)	1.31
C8 (60x80)	0.99
Volumen total (m3)	6.77

Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Metrado de rejillas

Colocación de rejillas

La Tabla 22 muestra el metrado en unidades de m2 de las rejillas a emplear según el ancho de las secciones de las cunetas descritas previamente, de dicho modo, se han agrupado en 4 tipos de ancho: 30 cm, 40 cm, 50 cm y 60 cm. El metrado también se puede emplear para la fabricación, sin embargo, esta no ha sido comprendida en este estudio, puesto que depende mucho del método de fabricación si es in situ o se prefabricado.

Tabla 22. Metrado colocación de rejillas

Ancho (cm)	Longitud (m)	Área (m ²)
30.00	3,515.28	1,054.58
40.00	695.06	278.02
50.00	260.84	130.42
60.00	1,269.54	761.72

Fuente: Elaboración propia

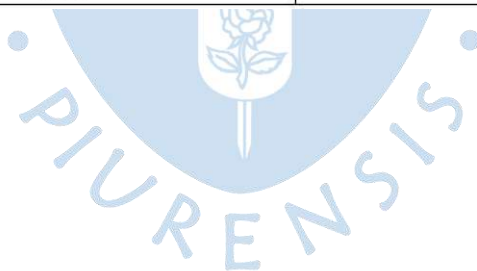
7.2. Análisis de costos unitarios

El análisis de costos unitarios ha sido empleado con el fin de que se pueda apreciar bajo qué condiciones fue presupuestado el presente estudio, es decir, rendimientos, materiales, mano de obra, herramientas y/o equipo empleado en cada partida. La Tabla 7.5 es el sustento del costo empleado de la hora hombre (H.H.) según construcción civil, ya que dicho monto varía año a año. Si se decide emplear el presente presupuesto en un futuro, debe tenerse en cuenta realizar el ajuste necesario en dicho momento de los precios expuestos en el análisis de costos unitarios.

Tabla 23.Tabla salarial Hora Hombre (H.H.) Construcción Civil del Perú

TABLA SALARIAL - RESUMEN DE CÁLCULO COSTO DE LA HORA HOMBRE (H.H.) CONSTRUCCIÓN CIVIL DEL PERÚ VIGENCIA: 01/06/2019 al 31/05/2020				
Nº	DESCRIPCIÓN	CATEGORIA		
		OPERARIO	OFICIAL	PEON
1	JORNAL BASICO ACTUAL (J.B.A.)	70.30	55.40	49.70
		OPERARIO (32%)	OFICIAL (30%)	PEON (30%)
2	BONIFICACION UNIFICADA DE LA CONSTRUCCION (B.U.C.)	22.50	16.62	14.91
		OPERARIO (122.52%)	OFICIAL (122.52%)	PEON (122.52%)
3	LEYES SOCIALES SOBRE LA (J.B.A) 122.52%	86.13	67.88	60.89
		OPERARIO (12%)	OFICIAL (12%)	PEON (12%)
4	LEYES SOCIALES SOBRE BONIFICACIONES (B.U.C.) 12%	2.70	1.99	1.79
		OPERARIO	OFICIAL	PEON
5	MOVILIDAD	8.00	8.00	8.00
		OPERARIO	OFICIAL	PEON
6	OVEROL	0.60	0.60	0.60
		OPERARIO	OFICIAL	PEON
7	SEGURO DE VIDA (EsSalud)	0.20	0.20	0.20
		OPERARIO	OFICIAL	PEON
JORNAL POR DÍA		190.43	150.69	136.09
P/CONDICIONES NORMALES, JORNAL HORA HOMBRE (H.H).		23.80	18.84	17.01
CONCLUSIÓN: COSTO HORA HOMBRE (H.H) P/EXPEDIENTE TÉCNICO				
Nº	DESCRIPCIÓN	MONTO S/.		
1	OPERADOR ELECTRO MECÁNICO	25.28		
2	OPERADOR EQUIPO PESADO	24.79		
3	OPERADOR TOPOGRAFO	24.69		
4	OPERADOR EQUIPO MEDIANO	24.57		
5	OPERARIO	23.80		
6	OFICIAL	18.84		
7	PEÓN	17.01		

Fuente: CAPECO, 2019



Análisis de Precios Unitarios

Presupuesto	1101001 DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL A.H. LOS ALGARROBOS I Y II ETAPA					
Subpresupuesto	001 DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL A.H. LOS ALGARROBOS I Y II ETAPA					
Partida	01.01 TRAZO Y REPLANTEO INICAL					
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		2.37
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	18.84	0.38
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0400	17.01	0.68
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0200	24.69	0.49
						1.55
	Materiales					
0204030005	ACERO CORRUGADO Ø 1/2"	kg		0.0297	3.57	0.11
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	2.54	0.03
0276010010	WINCHA METALICA	und		0.0030	75.00	0.23
						0.37
	Equipos					
03010000020001	NIVEL	hm	1.0000	0.0200	8.00	0.16
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0200	12.00	0.24
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.55	0.05
						0.45
Partida	01.02 SEGURIDAD					
Rendimiento	sem/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : sem		750.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0103030007	JEFE DE SEGURIDAD	sem		1.0000	750.00	750.00
						750.00
Partida	02.01 EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA CUNETAS					
Rendimiento	m3/DIA	4.5000	EQ. 4.5000	Costo unitario directo por : m3		31.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.7778	17.01	30.24
						30.24
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	30.24	1.51
						1.51
Partida	02.02 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km					
Rendimiento	m3/DIA	130.0000	EQ. 130.0000	Costo unitario directo por : m3		26.24
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0615	18.84	1.16
						1.16
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.16	0.06
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	2.0000	0.1231	118.64	14.60
0301220004	CAMION VOLQUETE	hm	1.0000	0.0615	169.49	10.42
						25.08
Partida	02.03 ENCOFRADO DE CUNETAS					
Rendimiento	m2/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m2		62.82
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	23.80	19.04
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	18.84	30.14
						49.18
	Materiales					
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 1	kg		0.1000	4.20	0.42
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CAI	kg		0.2000	3.81	0.76
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		5.0000	2.00	10.00
						11.18
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	49.18	2.46
						2.46

Partida	02.04	CONCRETO CANALETAS $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$					
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3		520.91	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	23.80	19.04	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	18.84	15.07	
0101010005	PEON	hh	4.0000	3.2000	17.01	54.43	
						88.54	
	Materiales						
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.5510	177.00	97.53	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5510	156.00	85.96	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1770	5.00	0.89	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 bol			9.8400	22.72	223.56	
						407.94	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	88.54	4.43	
03012900010003	VIBRADOR A GASOLINA	hm	1.0000	0.8000	12.50	10.00	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11	hm	1.0000	0.8000	12.50	10.00	
						24.43	
Partida	03.01	COLOCACIÓN DE REJILLA METÁLICA					
Rendimiento	m/DIA	30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m		17.22	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	23.80	6.35	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.5333	18.84	10.05	
						16.40	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	16.40	0.82	
						0.82	

7.3. Presupuesto

El presupuesto mostrado es a manera de resumen de los expuesto en las secciones 7.1 y 7.2. El presupuesto incluye el costo directo, gastos generales, utilidad e IGV, siendo un total de S/. 792,845.98. Cabe acotar nuevamente que dicho presupuesto no comprende la ejecución de las pistas carentes en la zona ni la fabricación de las rejillas.

A continuación, se describirá brevemente cada una de las partidas:

- (i) Trazo y replanteo inicial, m^2 : Percibe el replanteo según los planos que se realicen en su momento en el terreno y niveles fijando los ejes de referencia y estacas de nivelación.
- (ii) Seguridad, sem: Se empleará a un jefe de seguridad.
- (iii) Excavación manual de zanjas para cunetas, m^3 : Las cuentas serán excavadas de manera exacta según dimensiones especificadas en los planos. Se debe tener en cuenta el riesgo de derrumbe que puede existir o filtraciones de agua.
- (iv) Eliminación de material excedente $DM=10 \text{ km}$, m^3 : El material excedente de las excavaciones, corte y colocación de materiales será retirado de la zona de la obra a un área asignada. Se almacenará en montículos, los cuales al final del día serán transportados al botadero establecido.
- (v) Encofrado de cunetas, m^2 : Los encofrados serán de madera lo suficientemente rígida para resistir el concreto que será vaciado.
- (vi) Concreto de cuentas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, m^3 : Las cunetas tendrán un espesor de 10 cm, con una resistencia de 210 kg/cm^2 a los 28 días.

(vii) Coloración de rejillas, m: Instalación final de rejillas metálicas. No incluye suministro.

Presupuesto

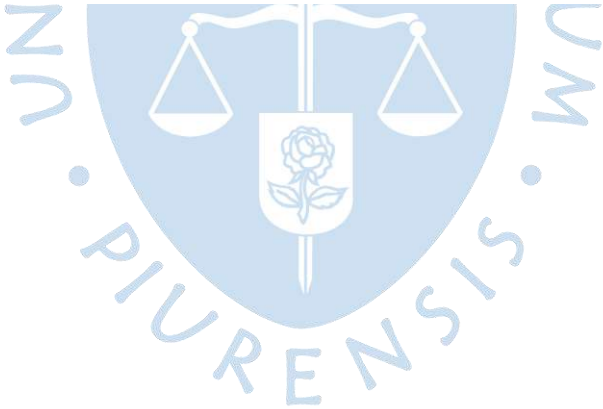
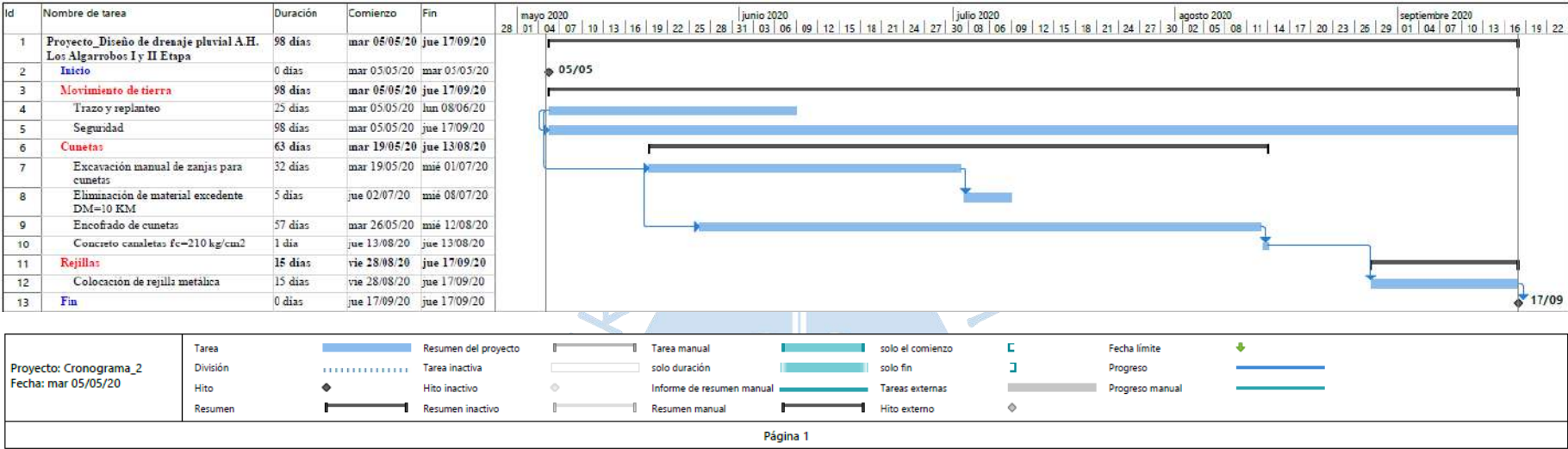
Presupuesto 1101001 DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL A.H. LOS ALGARROBOS I Y II ETAPA
 Subpresupuesto 001 DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL A.H. LOS ALGARROBOS I Y II ETAPA
 Cliente UNIVERSIDAD DE PIURA
 Lugar PIURA - PIURA - PIURA Costo al 20/04/2020

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				85.643.82
01.01	TRAZO Y REPLANTEO INICAL	m2	29.807.52	2.37	70.643.82
01.02	SEGURIDAD	sem	20.00	750.00	15.000.00
02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA CUNETAS	m3	964.81	31.75	30.632.72
02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km	m3	1.206.01	26.24	31.645.70
02.03	ENCOFRADO DE CUNETAS	m2	4.525.96	62.82	284.320.81
02.04	CONCRETO CANALETAS $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	m3	6.75	520.91	3.516.14
03	REJILLAS				98.855.20
03.01	COLOCACIÓN DE REJILLA METÁLICA	m	5.740.72	17.22	98.855.20
	Costo Directo				534.614.39
	Gastos Generales				83.827.54
	Utilidad				53.461.44
	SubTotal				671.903.37
	I.G.V.:				120.942.61
	Total de Presupuesto				792.845.98
SON : QUINIENTOS TRENTICUATRO MIL SEISCIENTOS CATORCE Y 39/100 NUEVOS SOLES					

7.4. Cronograma

Según los rendimientos planteados en la sección de Análisis de costos unitarios del apartado 7.2, se ha podido elaborar el cronograma que se muestra a continuación. De manera que la ejecución de dicho estudio se podría realizar en 98 días hábiles, contando con la mano de obra calificada y las herramientas y equipos necesarios. El trazo y replanteo se ejecutaría en 25 días, seguido a ello la excavación de las cuentas en 32 días, el encofrado y desencofrado en 57 días y el vaciado de concreto en 1 día. Finalmente, la colocación de las rejillas en 15 días. La duración en total podría disminuir si se aumenta la cantidad de mano de obra y de herramientas o quipos. Dicho cronograma debe ser tomado como análisis previo, sin descartar un estudio de proceso constructivo al momento de la ejecución del proyecto.

Cronograma



Conclusiones

En la presente tesis se diseñó el sistema de drenaje pluvial para las etapas I y II del Asentamiento Humano Los Algarrobos con el fin de solucionar la problemática de la falta de evacuación del agua de lluvias tanto estacionales como las del Fenómeno El Niño global o costero. A su vez, lograr reducir el aniego de las precipitaciones en zonas aledañas de manera que mejore la calidad de vida de los residentes. Dicho sistema comprende una cuneta rectangular a cada lado de la vía fabricada de concreto con un espesor de 10 cm cuyas dimensiones de sección transversal varían según su recorrido del agua de lluvia cubiertas con rejillas electrosoldadas W-19 de tipo GR-18. Previamente a la elección de este sistema se evaluó emplear como una vía canal, sin embargo, en los tramos de baja pendiente no se logró tener la velocidad mínima de 0.9 m/s para evitar la sedimentación de modo que dicha solución fue descartada. El agua de lluvia será vertida finalmente en el río Piura siguiendo el Proyecto previamente formulado por la Universidad de Piura denominado “Construcción del sistema de evacuación de las aguas pluviales por gravedad en la franja central de la ciudad de Piura”.

Se emplearon la Norma de Drenaje Pluvial (Norma OS.060) y el método racional para el cálculo del caudal pico debido a que el área que comprendía el objeto de estudio es menor a los 13 km², 0.8 km², para una precipitación con un periodo de retorno (Tr) de 25 años y una intensidad (i) máxima de 94.01 mm/h para 10 minutos de duración.

Por medio del uso del software HCANALES se calcularon para cada tramo del área de trabajo, los tirantes normales y velocidades del flujo con el fin de cumplir con la normativa en el dimensionamiento de las cunetas, asegurar su correcto funcionamiento y evitar así zonas de estancamiento de agua o desborde del flujo.

Si bien el diseño se ha realizado para un periodo de retorno (Tr) de 25 años, el diseño planteado cuenta con un 25 % de margen libre como mínimo en todo su recorrido, de modo que de volverse el margen libre nulo tendrá la capacidad de funcionar bajo un caudal de 2.66 m³/s en lugar de 1.92 m³/s, comprendiendo un periodo de retorno (Tr) de 60 años aproximadamente con una intensidad de 129 mm/h para 10 minutos de duración.

Con el fin de lograr una futura aplicación del diseño planteado, se elaboró de manera preliminar precios unitarios, presupuestos y cronograma del proyecto.



Recomendaciones

Previo a la ejecución del drenaje pluvial en la zona de estudio, se recomienda pavimentar las vías puesto que al ser un terreno que en su mayoría está conformado por arena, tendría grandes efectos negativos sobre la infraestructura que comprende el drenaje pluvial.

Cabe resaltar que, de lograrse una ejecución del estudio, previa aceptación de la población, durante el proceso de la misma se recomienda concientizar a los moradores de la zona que el proyecto comprenderá cunetas de profundidades hasta 80 cm que podrían causar accidentes como caídas. Para evitar dichos accidentes se colocarán rejillas en la superficie de la cuneta, sin embargo, su permanencia y buen desempeño dependerá del buen uso de las mismas.

Finalmente, se invita a que futuras investigaciones comprendan la evaluación del presente estudio desde el punto de vista constructivo a nivel de detalle, con el fin de lograr la ejecución de modo que mejore la calidad de vida de la población del A.H. Los Algarrobos.



Referencias bibliográficas

- Breña Puyol, A. F. y Jacobo Villa, M. A. (2006). Principios y fundamentos de la hidrología superficial. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Cárdenas Fleires, R. R. (2006). Diseño De Un Sistema De Drenaje Pluvial Optimo Y Funcional Para El Sector “La Rotaria” De La Parroquia Raúl Leoni De Maracaibo. Edo.- Zulia. [Tesis de grado, Universidad Rafael Urdaneta]. Repositorio Institucional - Universidad Rafael Urdaneta.
- Cateriano Huatuco, F. A. y Menacho Girón, L. E. (2019). Diseño de drenaje pluvial de la cuenca Ignacio Merino de Piura usando el programa SWMM. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional - Universidad de Piura.
- Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. CENEPRED (2017). Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y pluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura Piura <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3-/documento/4023>
- Centro Regional de Planeamiento Estratégico – CEPLAR. (2017). Plan de Desarrollo Piura Regional Concertado 2016 -2021. Gobierno Regional de Piura, <http://www.regionpiura.gob.pe/documentos/ceplar/pdrc2016-2021.pdf>
- Chow, V. T., Maidment D. R. y Mays, L. W. (1994). Hidrología aplicada. Mc GrawvHill.
- Chow, V. T. (2005). Hidráulica de canales abiertos (1a. ed.). Mc GrawvHill.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/Libros/03CarcamosDeBombeoParaAlcantarilladoFuncionaleHidraulico.pdf>
- Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). (2017). Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN EL NIÑO COSTERO 2017. http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes-/imarpe_infteo_informe__tecnico_extraordinario_001_2017.pdf
- Farías, M., y Ruiz, M. (19 de julio de 2018). Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero. Caso: ciudad de Piura. 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Innovation in Education and Inclusion”. <http://www.laccei.org/LACCEI2018-Lima/meta/FP191.html>

- Gómez, M., & Russo, B. (2009). Eficiencia hidráulica de rejillas transversales continuas. Jornadas de Ingeniería Del Agua. Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/7172?locale-attribute=es>
- Gonzales Remond, A. R. y Velazco Madrid, A. A. (2014). Sistema de drenaje pluvial para el distrito de Mariano Melgar, Arequipa. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional - Universidad Católica de Santa María.
- Google (s.f.) [Google Maps]
- Hernández Jiménez, M. (2018). Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional - Universidad de Piura.
- Instituto de Hidráulica Hidrología e Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura. (2009). Estudio de Prefactibilidad "Construcción de un sistema de evacuación de aguas pluviales por gravedad en la Franja Central de la Ciudad de Piura". Universidad de Piura.
- Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI. (2017). Séptimo Boletín Estadístico Virtual del INDECI de la Gestión Reactiva. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201708091706381.pdf>.
- Instituto Nacional de Defensa Civil y Organización de los Estados Americanos. (2009). Estudio: Mapa de peligros de la ciudad de Piura. Informe Final. [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/INFORME%20PRINCIPAL%20DEL%20%20ESTUDIO%20MAPA%20DE%20PELIGROS%20DE%20PIURA%20\(VOLUMEN%20I\).pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/INFORME%20PRINCIPAL%20DEL%20%20ESTUDIO%20MAPA%20DE%20PELIGROS%20DE%20PIURA%20(VOLUMEN%20I).pdf)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Perú. (2008). El Niño: Generalidades. Instituto Oceanográfico de La Armada Del Perú. <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php>
- Instituto Vial Provincial de Piura. (2010). Plan Vial Provincial Participativo 2010-2019. http://www.proviasdes.gob.pe/planes/piura/pvpp/PVPP_Piura.pdf
- Issuu Inc (9 de noviembre de 2011). Catálogo-Grating Perú. <https://issuu.com/grating/docs/grating-rejillas-industriales>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. <https://doi.org/10.1038/embor.2012.128>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). Norma OS.060. Drenaje Pluvial Urbano. <https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Habilitaciones%20Urbanas/22%20OS.060%20DRENAJE%20PLUVIAL%20URBANO.pdf>
- Piura fue una de las regiones con menos crecimiento económico en el 2017. (14 de marzo 2018). RPP Noticias. <https://rpp.pe/peru/piura/piura-es-una-de-las-regiones-con-menos-crecimiento-economico-en-el-2017-noticia-1110344>
- Portocarrero, J. (1907). Croquis de un reconocimiento del río Piura y sus afluentes de cabecera. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/172826>
- Rojas Naira, P. C. y Humpiri Pari, V. H. (2007). Evaluación, Diseño y Modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM [Tesis de grado,

Universidad Nacional del Altiplano-Puno]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

Santamaría Peña, J. y Sanz Méndez, T. (2005). Manual de prácticas de topografía y cartografía. Universidad de la Rioja. <https://doi.org/ISBN:84-689-4103-4>

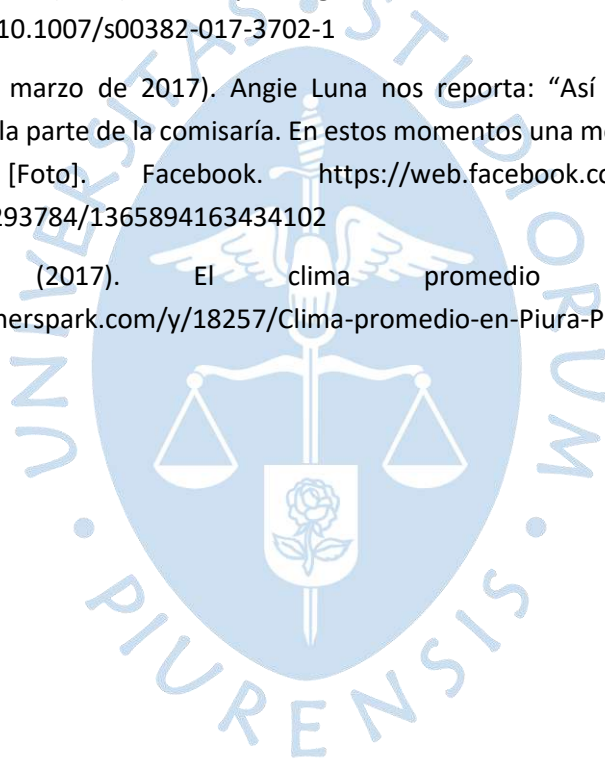
Sistema de gestión de la cuenca del río Piura. (2001). Diagnóstico de la Cuenca del Río Piura con enfoque de gestión de riesgos y énfasis en los recursos agua, suelo y cobertura vegetal. Autoridad Autónoma de la Cuenca Hidrográfica Chira, <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/34>

Takahashi Guevara, K. (2017). Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero.” Boletín Técnico: “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”. http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/Divulgacion_PPR_El_Nino_IGP_201704.pdf

Takahashi, K. y Martínez, A. (2016). The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>

Walac Noticias. (18 de marzo de 2017). Angie Luna nos reporta: “Así se encuentra el A.H. Los Algarrobos, por la parte de la comisaría. En estos momentos una motobomba esta evacuando el agua” [Foto]. Facebook. <https://web.facebook.com/WalacNoticias/photos/a.1053964041293784/1365894163434102>

Weather Spark. (2017). El clima promedio en Piura, Perú. <https://es.weatherspark.com/y/18257/Clima-promedio-en-Piura-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>





Apéndices





Apéndice A: Medidas de lecturas de levantamiento topográfico con teodolito

COTAS									
Estación	Cota buzón	Hteodolito	Cotab+Hteod	Hi	Hm	Hs	Hm-Hi	Hs-Hm	Cota punto
33	43.47	1.450	44.920						
A				1.415	1.560	1.705	0.145	0.145	43.36
B				1.475	1.760	2.045	0.285	0.285	43.16
C				1.690	2.070	2.450	0.380	0.380	42.85
D				2.040	2.380	2.720	0.340	0.340	42.54
27				2.130	2.590	3.050	0.460	0.460	42.33
33	43.47	1.450	44.920						
E				1.750	2.020	2.290	0.270	0.270	42.90
F				2.275	2.590	2.905	0.315	0.315	42.33
H				2.845	3.160	3.475	0.315	0.315	41.76
H	41.76	1.450	43.210						
34				1.794	1.850	1.906	0.056	0.056	41.36
35				2.610	2.850	2.610	0.240	0.240	40.36
36				3.010	3.590	4.170	0.580	0.580	39.62
34	41.36	1.440	42.80						
28				0.085	0.360	0.635	0.275	0.275	42.44
28	42.44	1.390	43.830						
29				2.755	2.980	3.205	0.225	0.225	40.85
30				4.325	4.800	5.275	0.475	0.475	39.03
31				3.385	4.110	4.835	0.725	0.725	39.72
25				5.030	5.430	5.030	0.400	0.400	38.40
22				2.920	3.290	3.660	0.370	0.370	40.54

COTAS									
Estación	Cota buzón	Hteodolito	Cotab+Hteod	Hi	Hm	Hs	Hm-Hi	Hs-Hm	Cota punto
22	40.54	1.351	41.891						
23				1.176	1.591	2.006	0.415	0.415	40.30
I				1.246	1.491	1.736	0.245	0.245	40.40
I	42.44	1.460	43.898						
21				2.482	2.498	2.515	0.016	0.016	41.40
21	41.40	1.460	42.860				0.000		
J				2.430	2.510	2.590	0.080	0.080	40.35
K				3.150	3.330	3.510	0.180	0.180	39.53
15				3.820	4.140	4.460	0.320	0.320	38.72
15	38.72	1.460	40.180						
16				1.180	1.730	1.180	0.550	0.550	38.45
17				1.210	1.880	2.550	0.670	0.670	38.30
17	38.30	1.510	39.810						
L				1.400	1.540	1.680	0.140	0.140	38.27
18				1.782	2.050	2.318	0.268	0.268	37.76
18	37.76	1.473	39.23						
24				0.683	0.983	1.283	0.300	0.300	38.25
M				1.323	1.593	1.863	0.270	0.270	37.64
19				1.544	1.793	2.042	0.249	0.249	37.44
20				1.583	2.103	2.623	0.520	0.520	37.13
20	37.13	1.420	38.550						
26				1.725	2.040	2.350	0.315	0.310	36.51
32				1.790	2.590	3.390	0.800	0.800	35.96

COTAS									
Estación	Cota buzón	Hteodolito	Cotab+Hteod	Hi	Hm	Hs	Hm-Hi	Hs-Hm	Cota punto
37				2.280	3.180	4.075	0.900	0.895	35.37
12				0.750	1.060	1.370	0.310	0.310	37.49
12	37.49	1.370	38.860						
11				0.270	0.720	1.170	0.450	0.450	38.14
10				0.135	0.650	1.165	0.515	0.515	38.21
10	38.21	1.600	39.81						
14				0.485	0.760	1.035	0.275	0.275	39.05
9				0.090	0.240	0.390	0.150	0.150	39.57
9	39.57	1.520	41.090						
N				0.227	0.390	0.553	0.163	0.163	40.70
N	40.70	1.510	42.210						
4				0.120	0.250	0.380	0.130	0.130	41.96
4	41.96	1.540	43.500						
3				0.675	0.950	1.225	0.275	0.275	42.55
3	42.55	1.550	44.100						
2				2.025	2.550	3.075	0.525	0.525	41.55
1				2.505	3.030	3.555	0.525	0.525	41.07
1	41.07	1.600	42.670						
6				0.065	0.265	0.465	0.200	0.200	42.41
6	42.41	1.600	44.005						
5				0.705	0.975	1.245	0.270	0.270	43.03
7				0.650	0.970	1.290	0.320	0.320	43.04
13				2.665	3.245	3.825	0.580	0.580	40.76

Apéndice B: Cálculo de caudal pico “Q”

Tramo	Área (m²)	Área acum (m²)	Datos subcuena				Datos cuneta						Tr (años)	I (mm/h)	c	Q (m³/S)	Q (l/s)	D (m)	V (m/s)
			Ancho L/2 (m)	s (m/m)	T0(min)	V (m/s)	L(m)	tv (min)	tc acum (min)	tc usado (min)	n	s							
33-34	1315.67	1315.67	4.30	0.02	0.27	1.69	74.11	0.73	1.00	10.00	0.01	0.03	25.00	94.01	0.84	0.03	28.86	0.15	1.69
28-34	1683.03	1683.03	4.30	0.02	0.27	1.48	63.42	0.71	0.98	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.04	36.92	0.19	1.48
34-35	2629.40	5628.10	4.30	0.02	0.27	1.86	71.44	0.64	1.62	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.12	123.46	0.31	1.86
35-36	1099.95	6728.05	4.30	0.02	0.27	2.04	46.69	0.38	2.00	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.15	147.59	0.32	2.04
31-36	1671.13	1671.13	4.30	0.02	0.27	0.66	51.13	1.30	1.57	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.04	36.66	0.28	0.66
36-37	953.11	9352.29	4.30	0.02	0.27	3.02	52.29	0.29	2.29	10.00	0.01	0.04	25.00	94.01	0.84	0.21	205.16	0.31	3.02
27-33	2415.00	2415.00	6.80	0.02	0.38	1.57	73.52	0.78	1.17	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.05	52.98	0.22	1.57
21-27	1628.42	4043.42	6.80	0.02	0.38	1.76	61.96	0.59	1.75	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.09	88.70	0.27	1.76
21-22	2060.75	3192.91	3.30	0.02	0.22	1.60	62.77	0.65	2.41	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.07	70.04	0.25	1.60
22-28	3042.85	3042.85	4.30	0.02	0.27	2.08	67.48	0.54	0.81	10.00	0.01	0.03	25.00	94.01	0.84	0.07	66.75	0.21	2.08
28-29	1273.00	1273.00	4.30	0.02	0.27	1.72	51.85	0.50	0.77	10.00	0.01	0.03	25.00	94.01	0.84	0.03	27.93	0.15	1.72
29-30	1907.84	2824.40	4.30	0.02	0.27	2.21	51.72	0.39	1.16	10.00	0.01	0.04	25.00	94.01	0.84	0.06	61.96	0.20	2.21
23-29	2505.82	2862.26	2.30	0.02	0.17	1.20	66.31	0.92	1.69	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.06	62.79	0.27	1.20
22-23	2505.82	8741.58	2.30	0.02	0.17	0.97	77.02	1.33	3.73	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.19	191.76	0.53	0.97
17-23	2151.31	13755.15	2.30	0.02	0.17	3.33	57.70	0.29	4.02	10.00	0.01	0.04	25.00	94.01	0.84	0.30	301.74	0.36	3.33
30-31	1491.05	1491.05	4.30	0.02	0.27	1.34	48.69	0.60	0.87	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.03	32.71	0.19	1.34
24-30	2291.72	6607.17	3.80	0.02	0.25	0.54	63.93	1.96	3.12	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.14	144.94	0.61	0.54
25-31	2382.06	2382.06	4.80	0.02	0.29	1.68	65.65	0.65	0.95	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.05	52.25	0.21	1.68
24-25	1394.72	3367.16	2.30	0.02	0.17	1.48	48.06	0.54	1.49	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.07	73.86	0.27	1.48
25-26	1648.36	3620.80	2.30	0.02	0.17	1.58	53.56	0.57	1.51	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.08	79.43	0.27	1.58
18-24	2301.24	12275.57	3.80	0.02	0.25	2.18	61.90	0.47	3.60	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.27	269.28	0.42	2.18
15-21	1331.16	4242.42	6.80	0.02	0.38	2.59	65.88	0.42	2.18	10.00	0.01	0.04	25.00	94.01	0.84	0.09	93.06	0.22	2.59
2-3	1998.24	1998.24	3.30	0.02	0.22	1.57	56.10	0.59	0.81	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.04	43.83	0.20	1.57

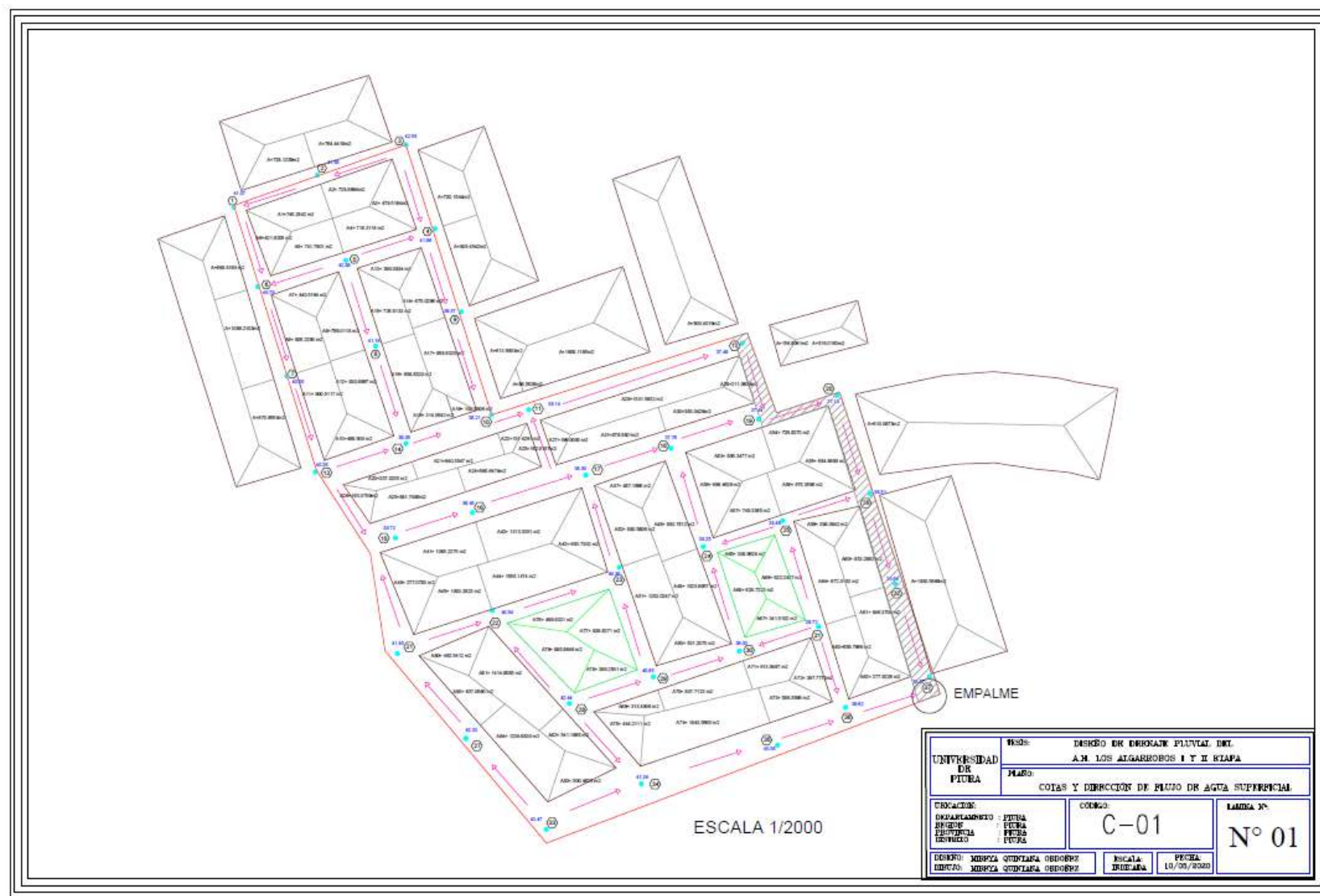
Tramo	Área (m²)	Área acum (m²)	Datos subcuenca				Datos cuneta						Tr (años)	I (mm/h)	c	Q (m³/S)	Q (l/s)	D (m)	V (m/s)
			Ancho L/2 (m)	s (m/m)	T0(min)	V (m/s)	L(m)	tv (min)	tc acum (min)	tc usado (min)	n	s							
1-2	1946.63	3944.87	3.30	0.02	0.22	1.45	52.58	0.60	1.42	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.09	86.54	0.29	1.45
1-6	1876.66	5821.53	6.80	0.02	0.38	1.28	47.87	0.62	2.04	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.13	127.70	0.37	1.28
3-4	2097.51	2097.51	6.80	0.02	0.38	1.34	52.24	0.65	1.03	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.05	46.01	0.22	1.34
6-5	1714.31	1714.31	3.80	0.02	0.25	2.02	53.20	0.44	0.68	10.00	0.01	0.04	25.00	94.01	0.84	0.04	37.61	0.16	2.02
5-4	1675.90	1675.90	3.80	0.02	0.25	1.45	56.65	0.65	0.89	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.04	36.76	0.19	1.45
4-9	2317.92	6091.33	6.80	0.02	0.38	2.96	52.34	0.29	1.33	10.00	0.01	0.05	25.00	94.01	0.84	0.13	133.62	0.25	2.96
9-10	2564.13	8655.46	6.80	0.02	0.38	2.45	62.00	0.42	1.75	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.19	189.87	0.33	2.45
6-7	2797.48	10333.32	6.80	0.02	0.38	1.47	56.44	0.64	2.68	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.23	226.68	0.47	1.47
7-13	2711.31	13044.63	6.80	0.02	0.38	1.55	58.74	0.63	3.31	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.29	286.15	0.51	1.55
5-8	2127.28	2127.28	4.55	0.02	0.28	2.01	52.30	0.43	0.72	10.00	0.01	0.03	25.00	94.01	0.84	0.05	46.67	0.18	2.01
8-14	2604.86	4732.14	4.55	0.02	0.28	2.49	62.22	0.42	1.13	10.00	0.01	0.03	25.00	94.01	0.84	0.10	103.81	0.24	2.49
13-14	1247.10	4899.60	6.80	0.02	0.38	2.10	56.88	0.45	3.76	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.11	107.48	0.27	2.10
14-10	1488.51	11120.25	6.80	0.02	0.38	2.31	53.01	0.38	4.14	10.00	0.01	0.02	25.00	94.01	0.84	0.24	243.94	0.38	2.31
10-11	579.17	20354.87	6.80	0.02	0.38	2.58	20.53	0.13	4.28	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.45	446.52	0.49	2.58
13-15	1131.48	10523.61	6.80	0.02	0.38	2.76	58.65	0.35	3.67	10.00	0.01	0.03	25.00	94.01	0.84	0.23	230.85	0.34	2.76
15-16	2882.98	17649.02	6.80	0.02	0.38	1.65	57.25	0.58	4.25	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.39	387.16	0.57	1.65
16-17	2995.90	20644.92	6.80	0.02	0.38	1.27	70.12	0.92	5.17	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.45	452.88	0.71	1.27
11-17	799.66	5341.54	3.30	0.02	0.22	1.08	46.76	0.72	4.97	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.12	117.18	0.39	1.08
17-18	2203.03	17067.37	6.80	0.02	0.38	1.06	52.33	0.82	5.99	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.37	374.40	0.70	1.06
11-12	5726.35	31422.76	6.80	0.02	0.38	1.14	130.39	1.91	6.87	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.69	689.31	0.92	1.14
12-19	1736.95	33159.71	7.00	0.02	0.39	1.12	45.57	0.68	7.55	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	0.73	727.41	0.96	1.12
18-19	2160.87	31503.81	6.80	0.02	0.38	1.99	54.53	0.46	6.45	10.00	0.01	0.01	25.00	94.01	0.84	0.69	691.09	0.70	1.99
19-20	2227.55	66891.07	7.00	0.02	0.39	1.06	49.08	0.77	7.64	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	1.47	1467.36	1.39	1.06
20-26	2162.96	69054.03	7.00	0.02	0.39	1.29	62.00	0.80	8.44	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	1.51	1514.81	1.28	1.30
26-32	2589.97	75264.80	7.00	0.02	0.39	1.37	55.10	0.67	9.11	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	1.65	1651.05	1.30	1.37
32-37	2729.25	87346.34	7.00	0.02	0.39	1.37	58.40	0.71	9.83	10.00	0.01	0.00	25.00	94.01	0.84	1.92	1916.08	1.40	1.37

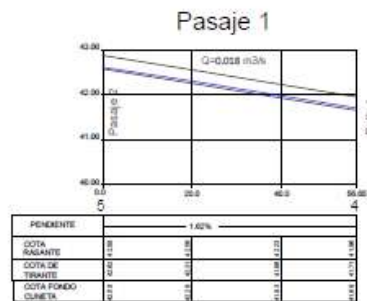
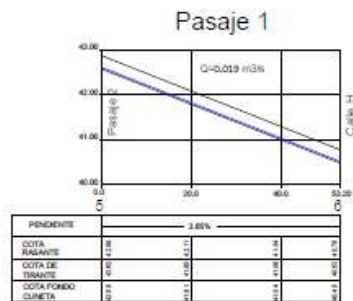
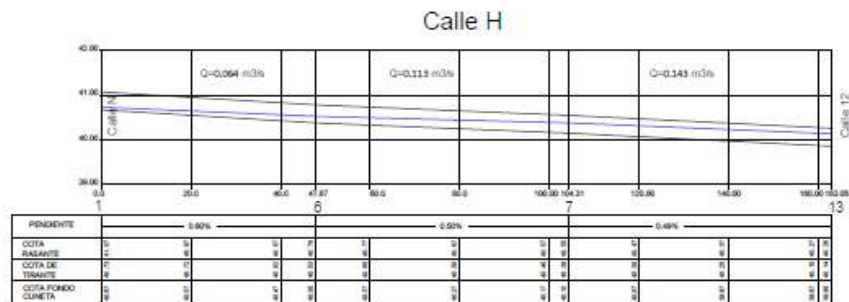
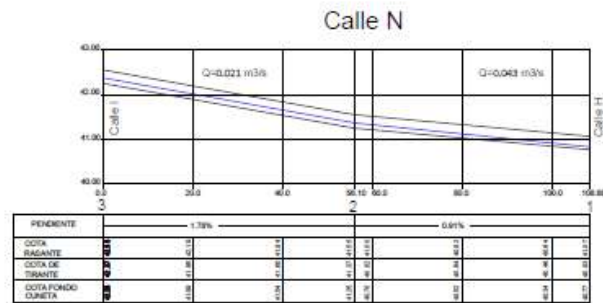
Apéndice C: Resultados HCANALES por tramo

TRAMO	Q/2 (m ³ /s)	n	s (%)	Ancho de vía libre (m)	b Hcanales (m)	y Hcanales (m)	E Hcanales (m- kg/kg)	Número de Froude (F)	V(m/s) > 0.9 m/s	Tipo de flujo	Tirante libre (cm)	Tirante libre (%) >25%	V< 4.5 m/s	B cuneta (cm)	H cuneta (cm)
33-34	0.01	0.01	2.85%	8.00	0.30	0.04	0.12	2.07	2.07	Supercrítico	26.20	87%	Sí	30.00	30.00
28-34	0.02	0.01	1.78%	8.00	0.30	0.05	0.12	1.60	1.16	Supercrítico	24.68	82%	Sí	30.00	30.00
34-35	0.06	0.01	1.40%	8.00	0.30	0.13	0.26	1.36	1.55	Supercrítico	16.74	56%	Sí	30.00	30.00
35-36	0.07	0.01	1.58%	8.00	0.30	0.14	0.29	1.43	1.70	Supercrítico	15.52	52%	Sí	30.00	30.00
31-36	0.02	0.01	0.20%	8.00	0.30	0.11	0.13	0.53	0.55	Subcrítico	18.90	63%	Sí	30.00	30.00
36-37	0.10	0.01	8.13%	8.00	0.30	0.14	0.46	2.18	2.52	Supercrítico	16.42	55%	Sí	30.00	30.00
27-33	0.03	0.01	1.55%	13.00	0.30	0.07	0.15	1.52	1.26	Supercrítico	22.99	77%	Sí	30.00	30.00
21-27	0.04	0.01	1.50%	13.00	0.30	0.10	0.21	1.46	1.45	Supercrítico	19.84	66%	Sí	30.00	30.00
21-22	0.04	0.01	1.37%	6.00	0.30	0.09	0.18	1.41	1.31	Supercrítico	21.12	70%	Sí	30.00	30.00
22-28	0.03	0.01	2.82%	8.00	0.30	0.07	0.21	2.06	1.66	Supercrítico	23.31	78%	Sí	30.00	30.00
28-29	0.01	0.01	3.07%	8.00	0.30	0.04	0.12	2.14	1.28	Supercrítico	26.36	88%	Sí	30.00	30.00
29-30	0.03	0.01	3.52%	8.00	0.30	0.06	0.22	2.30	1.75	Supercrítico	24.10	80%	Sí	30.00	30.00
23-29	0.03	0.01	0.83%	4.00	0.30	0.10	0.16	1.09	1.07	Supercrítico	20.18	67%	Sí	30.00	30.00
22-23	0.10	0.01	0.37%	4.00	0.30	0.13	0.44	2.22	2.49	Supercrítico	17.17	57%	Sí	30.00	30.00
17-23	0.15	0.01	3.37%	4.00	0.30	0.19	0.56	0.56	2.69	Supercrítico	11.31	38%	Sí	30.00	30.00
30-31	0.02	0.01	1.42%	8.00	0.30	0.05	0.11	1.47	1.05	Supercrítico	24.79	83%	Sí	30.00	30.00
30-24	0.07	0.01	1.22%	6.80	0.40	0.17	0.25	1.55	1.62	Supercrítico	23.00	58%	Sí	40.00	40.00
25-31	0.03	0.01	1.87%	9.00	0.30	0.07	0.16	1.68	1.34	Supercrítico	23.50	78%	Sí	30.00	30.00
25-24	0.04	0.01	0.31%	4.00	0.30	0.16	0.19	0.62	0.78	Subcrítico	14.14	47%	Sí	30.00	30.00
25-26	0.04	0.01	3.70%	4.00	0.30	0.07	0.26	2.35	1.93	Supercrítico	23.14	77%	Sí	30.00	30.00
18-24	0.13	0.01	0.50%	6.80	0.40	0.26	0.35	0.79	1.28	Subcrítico	13.64	34%	Sí	40.00	40.00
15-21	0.05	0.01	4.07%	13.00	0.30	0.07	0.30	2.46	2.09	Supercrítico	22.60	75%	Sí	30.00	30.00
2-3	0.02	0.01	1.78%	6.00	0.30	0.06	0.14	1.64	1.24	Supercrítico	24.13	80%	Sí	30.00	30.00

TRAMO	Q/2 (m³/s)	n	s (%)	Ancho de vía libre (m)	b Hcanales (m)	y Hcanales (m)	E Hcanales (m- kg/kg)	Número de Froude (F)	V(m/s) > 0.9 m/s	Tipo de flujo	Tirante libre (cm)	Tirante libre (%) >25%	V< 4.5 m/s	B cuneta (cm)	H cuneta (cm)
1-2	0.04	0.01	0.91%	6.00	0.30	0.12	0.19	1.11	1.21	Supercrítico	18.03	60%	Sí	30.00	30.00
1-6	0.06	0.01	0.60%	12.80	0.40	0.15	0.21	0.87	1.06	Subcrítico	24.92	62%	Sí	40.00	40.00
3-4	0.02	0.01	1.13%	13.00	0.30	0.04	0.13	1.30	1.08	Supercrítico	25.95	87%	Sí	30.00	30.00
6-5	0.02	0.01	3.85%	7.00	0.30	0.04	0.16	2.41	2.41	Supercrítico	25.90	86%	Sí	30.00	30.00
5-4	0.02	0.01	1.62%	7.00	0.30	0.05	0.12	1.57	1.14	Supercrítico	24.61	82%	Sí	30.00	30.00
4-9	0.07	0.01	4.57%	13.00	0.30	0.09	0.39	2.57	2.43	Supercrítico	20.84	69%	Sí	30.00	30.00
9-10	0.09	0.01	2.19%	13.00	0.30	0.15	0.29	1.98	1.94	Supercrítico	14.53	48%	Sí	30.00	30.00
6-7	0.11	0.01	0.50%	12.80	0.40	0.23	0.31	0.82	1.23	Subcrítico	16.92	42%	Sí	40.00	40.00
7-13	0.14	0.01	0.49%	12.80	0.40	0.28	0.36	0.79	1.29	Subcrítico	12.35	31%	Sí	40.00	40.00
5-8	0.02	0.01	3.29%	8.50	0.30	0.05	0.17	2.23	1.56	Supercrítico	25.02	83%	Sí	30.00	30.00
8-14	0.05	0.01	3.39%	8.50	0.30	0.09	0.30	2.22	2.03	Supercrítico	21.48	72%	Sí	30.00	30.00
13-14	0.05	0.01	2.13%	12.60	0.50	0.07	0.15	1.95	1.59	Supercrítico	43.24	86%	Sí	50.00	50.00
14-10	0.12	0.01	1.58%	12.60	0.50	0.13	0.80	1.66	1.88	Supercrítico	37.00	74%	Sí	50.00	50.00
10-11	0.22	0.01	1.41%	12.60	0.50	0.21	0.34	1.50	2.14	Supercrítico	29.16	58%	Sí	50.00	50.00
13-15	0.12	0.01	2.63%	12.80	0.40	0.13	0.39	2.03	2.27	Supercrítico	37.30	75%	Sí	40.00	50.00
15-16	0.19	0.01	0.47%	12.40	0.60	0.23	0.33	0.90	1.37	Subcrítico	26.93	54%	Sí	60.00	50.00
16-17	0.23	0.01	0.21%	12.40	0.60	0.36	0.36	0.56	1.05	Subcrítico	14.17	28%	Sí	60.00	50.00
11-17	0.06	0.01	0.34%	6.00	0.30	0.22	0.26	0.61	0.89	Subcrítico	28.15	56%	Sí	30.00	50.00
17-18	0.19	0.01	0.15%	12.40	0.60	0.35	0.35	0.48	0.89	Subcrítico	14.76	30%	Sí	60.00	50.00
11-12	0.34	0.01	0.50%	12.40	0.60	0.35	0.49	0.87	1.62	Subcrítico	15.00	30%	Sí	60.00	50.00
12-19	0.36	0.01	0.11%	12.80	0.60	0.27	0.44	1.35	2.21	Supercrítico	22.56	45%	Sí	60.00	50.00
18-19	0.35	0.01	0.58%	12.40	0.60	0.34	0.49	0.95	1.72	Subcrítico	16.43	33%	Sí	60.00	50.00
19-20	0.73	0.01	0.60%	12.80	0.60	0.44	0.81	0.84	2.04	Subcrítico	36.00	45%	Sí	60.00	80.00
20-26	0.76	0.01	1.00%	12.80	0.60	0.50	0.82	1.14	2.52	Supercrítico	29.93	37%	Sí	60.00	80.00
26-32	0.83	0.01	1.00%	12.80	0.60	0.54	0.87	1.12	2.56	Supercrítico	26.34	33%	Sí	60.00	80.00
32-37	0.96	0.01	1.00%	12.80	0.60	0.61	0.96	1.08	2.64	Supercrítico	19.43	24%	Sí	60.00	80.00

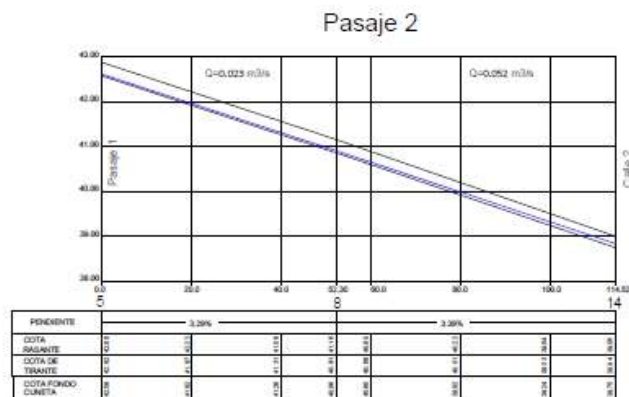
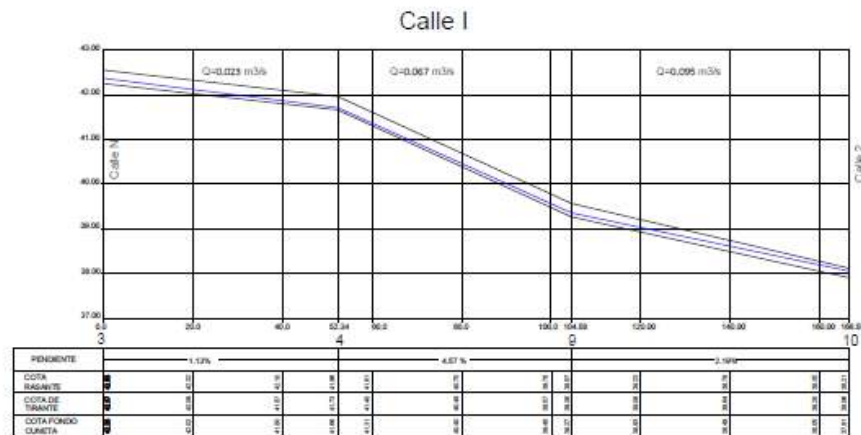
Apéndice D: Planos





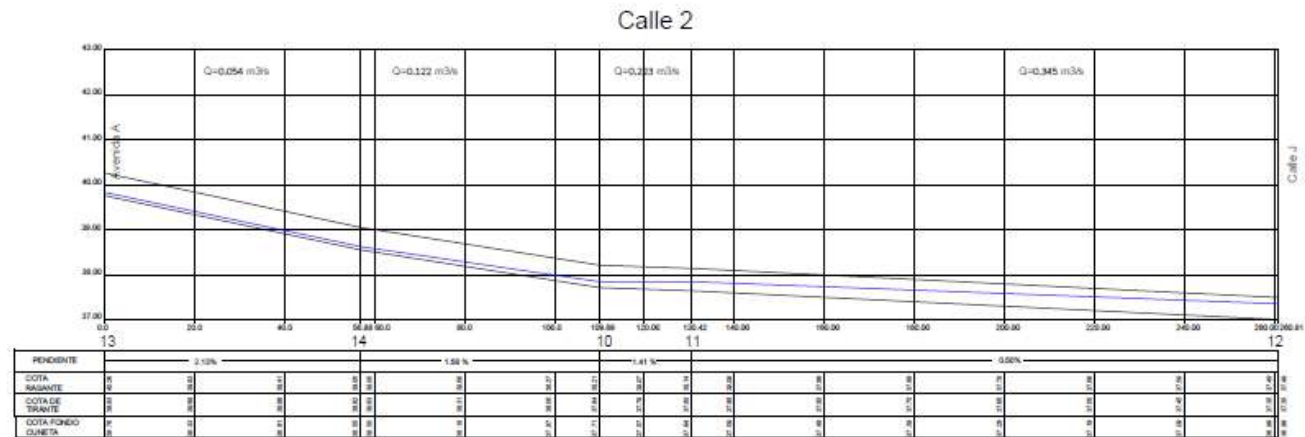
ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD DE PIURA	TÍTULO	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL A.B. LOS ALGARROBOS I Y II ELAPA	
	PLANO	PERFIL LONGITUDINAL CUNETAS CALLE N, CALLE H Y PASAJE 1	
ELABORADO POR: DISEÑADOR: REVISOR: AUTORIZADO:	CÓDIGO:	LÁMINA N°	
ELABORADO POR: DISEÑADOR: REVISOR: AUTORIZADO:	CÓDIGO:	PL-01	N° 02
ELABORADO POR: DISEÑADOR: REVISOR: AUTORIZADO:	CÓDIGO:	FECHA: 10/05/2009	

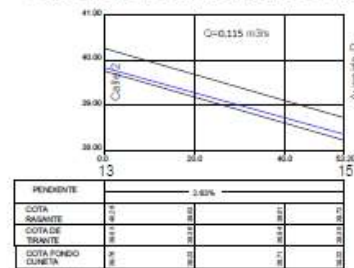


ESCALA 1/2000

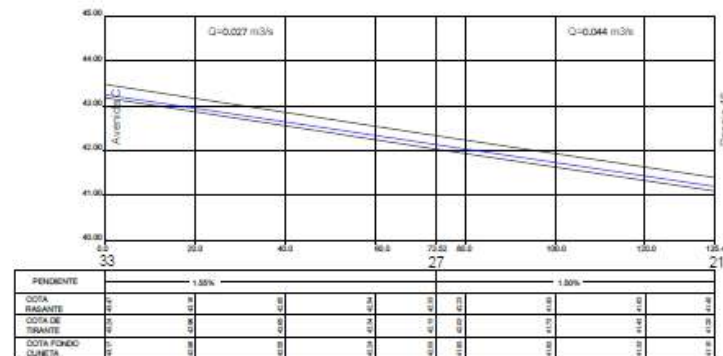
UNIVERSIDAD DR PIURA	TITULO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL A.B. LOS ALGARROBOS 1 Y 2 ELAPA	
	PLANO: PERFIL LONGITUDINAL CUNETAS CALLE I Y PASAJE 2	
ELABORADOR: DEPARTAMENTO : PIURA OFICINA : PIURA PROYECTO : PIURA	CODIGO: PL-02	LAMINA N°: N° 03
DISEÑO: MERITA QUINTANA OCHOA DIBUJO: MERITA QUINTANA OCHOA	ESCALA: INDICADA	FECHA: 10/05/2020



Calle Paralela Avenida Los Algarrobos



Pasaje 15'



ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO	TÍTULO:	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL A.B. LOS ALGARROBOS I Y II ELAP	
	PLANO:	PERFIL LONGITUDINAL CUNETAS CALLE 2, CALLE PARALELA AV. LOS ALGARROBOS Y PASAJE 15'	
TITULACIÓN:	PROYECTO:	CÓDIGO:	LÁMINA N°
	PROYECTO:	PL-03	N° 04
DISEÑO:	REVISIÓN:	ESCALA:	FECHA:
DISEÑO:	REVISIÓN:	ESCALA:	FECHA:

Gráfico 1: Evolução da taxa de juros real (R_t) e da taxa de câmbio (R_c) em função da taxa de inflação (P_i) para o Brasil, 1994-2004. O gráfico mostra duas linhas: uma para a taxa de câmbio (R_c) e outra para a taxa de juros real (R_t). Ambas as taxas aumentam com a taxa de inflação. A taxa de câmbio (R_c) é representada por uma linha azul e a taxa de juros real (R_t) por uma linha verde. O eixo horizontal representa a taxa de inflação (P_i) em percentuais, variando de 0,0 a 40,0. O eixo vertical representa a taxa de juros real (R_t) e a taxa de câmbio (R_c) em percentuais, variando de 17,00 a 40,00. A taxa de câmbio (R_c) é sempre superior à taxa de juros real (R_t). A taxa de câmbio (R_c) é representada por uma linha azul e a taxa de juros real (R_t) por uma linha verde. O eixo horizontal representa a taxa de inflação (P_i) em percentuais, variando de 0,0 a 40,0. O eixo vertical representa a taxa de juros real (R_t) e a taxa de câmbio (R_c) em percentuais, variando de 17,00 a 40,00. A taxa de câmbio (R_c) é sempre superior à taxa de juros real (R_t).

PONDERANTE	- 0,34%			
COTA INFLANTE	3	2	39	56
COTA DESEFLANTE	3	2	39	56
COTA FONDO QUANTIA	3	2	39	56

Gráfico de perfil longitudinal da Avenida 7. O eixo vertical representa a elevação em metros (36,00 a 39,00). O eixo horizontal representa a distância em metros (0,0 a 65,57). A curva vertical é definida por $Q=0,354 \text{ m}^3/\text{s}$. O perfil da estrada é mostrado com uma inclinação de 0,11%.

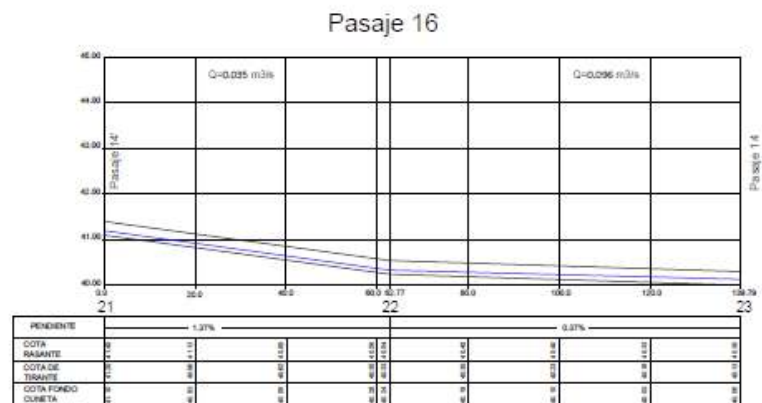
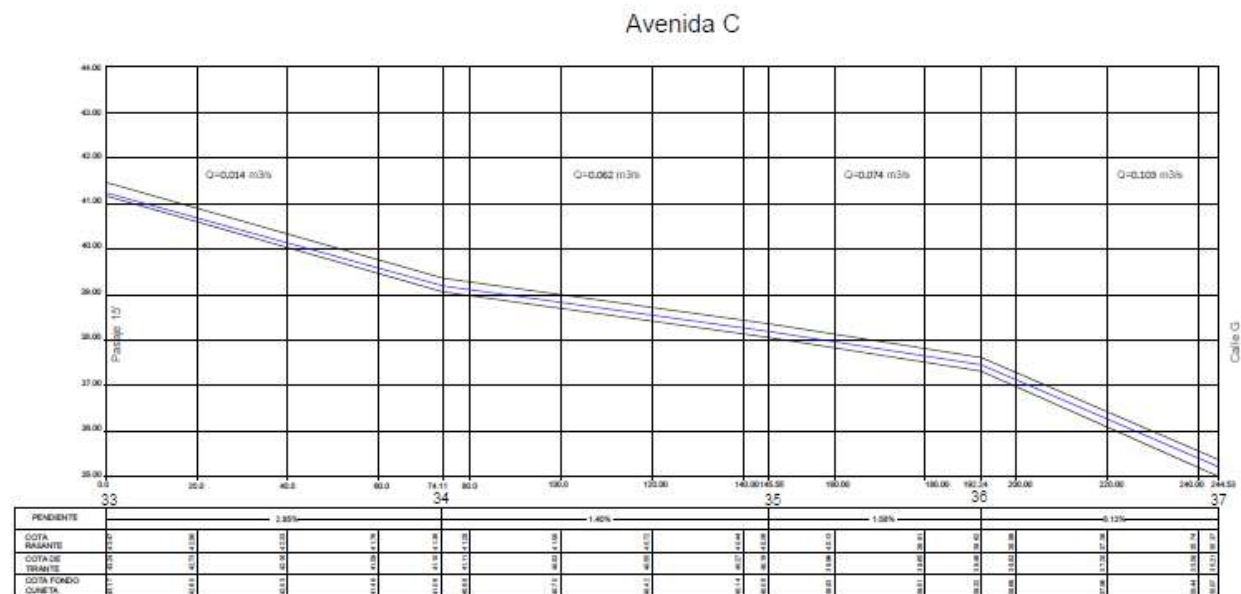
PONTE	0	1	2	3
COTA RIGANTE	36,00	36,00	36,00	36,00
COTA DE TRANSITO	36,00	36,00	36,00	36,00
COTA FONDO CUNETAS	36,00	36,00	36,00	36,00

Gráfico de perfil longitudinal da estrada. O eixo horizontal representa a distância em metros, variando de 0+00 a 143+00. O eixo vertical representa a elevação em metros, variando de 24,00 a 40,00. Três perfis são mostrados: o perfil de projeto (linha verde), o perfil existente (linha amarela) e a média (linha azul). A inclinação da estrada é de 1,00%. O gráfico também indica a cota de fundo da cuneta em cada ponto de controle.

PONTOS	1,00%			1,00%			1,00%		
	0	25	50	75	100	125	150	175	200
COTA	37,00	36,80	36,60	36,40	36,20	36,00	35,80	35,60	35,40
DESAFIA	37,00	36,80	36,60	36,40	36,20	36,00	35,80	35,60	35,40
COTA DE	37,00	36,80	36,60	36,40	36,20	36,00	35,80	35,60	35,40
TRANSITO	37,00	36,80	36,60	36,40	36,20	36,00	35,80	35,60	35,40
COTA FONDO	37,00	36,80	36,60	36,40	36,20	36,00	35,80	35,60	35,40
CUNETA	37,00	36,80	36,60	36,40	36,20	36,00	35,80	35,60	35,40

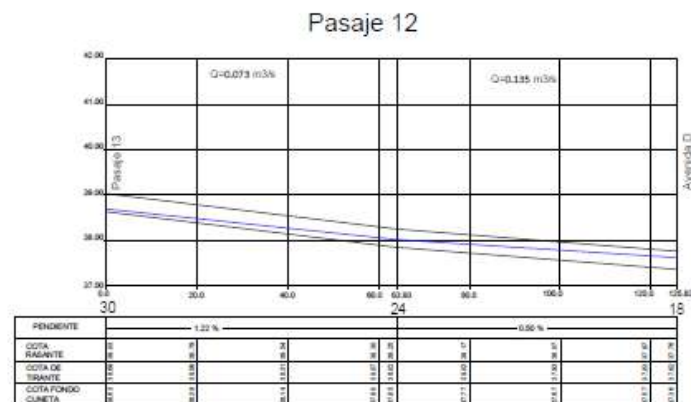
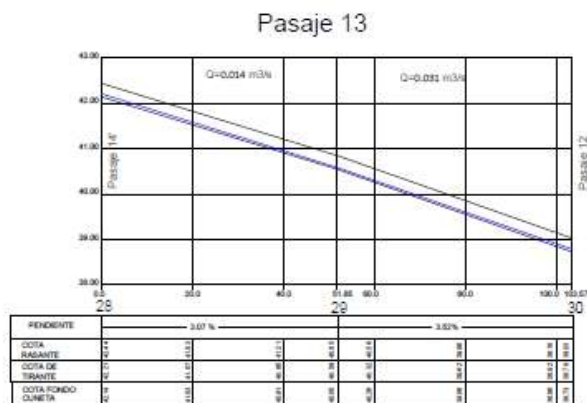
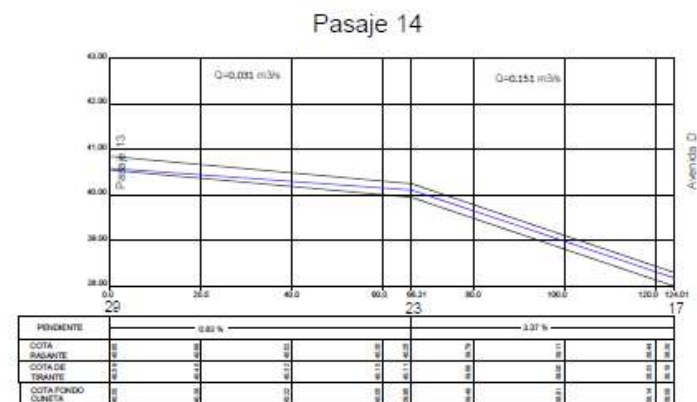
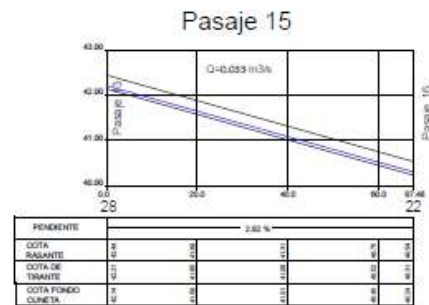
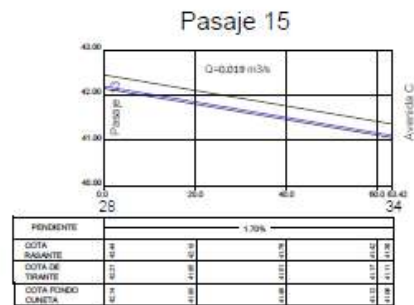
ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD DE PUERTO	TIPO:	DISEÑO DE DRAINAJE PLUVIAL DEL A.E. LOS ALGARROBOS I Y II ETAPA		
	PLANO:	PERFIL LONGITUDINAL CUNETAS CALLE PARALELA AV. LOS ALGARROBOS, CALLE IV Y CALLE G		
EDIFICACION:	CODIGO:	LÁMINA N°		N° 06
PREABTAMENTO ESPACIO PROTECTOR DISEÑO	PUERTA PUERTA PUERTA PUERTA	PL-05		
DISEÑO: DISEÑO:	MUESTA MUESTA	QUINTANA QUINTANA	ORDENES ORDENES	FECHA: 10/05/2020
				ENCUEN ENCUENADA



ESCALA 1/2000

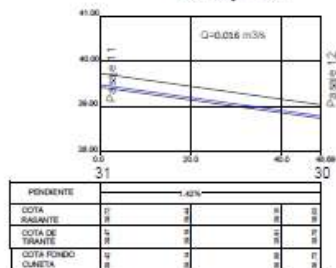
TÍTULO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL A.B. LOS ALGARROBOS 1 Y 2 NIAPA	
UNIVERSIDAD DR. PIURA	PLANO: PERFIL LONGITUDINAL CUNETAS AVENIDA C Y PASAJE 16
DIRECCIÓN: DRENTAMUNDO: PIURA DISEÑO: PIURA DISEÑO: PIURA	CÓDIGO: PL-06 LÁMINA N°: N° 07
DISEÑO: MONTE GUZMÁN GODOFRE EDICIÓN: MONTE GUZMÁN GODOFRE	FECHA: 10/05/2020



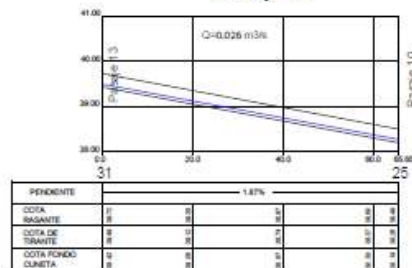
ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD DE PUJUA	TITULO: DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL A.B. LOS ALGARROBOS 1 Y 2 ELIAPA	
	PLANO: PERFIL LONGITUDINAL CUNETAS PASAJE 15, PASAJE 14, PASAJE 13 Y PASAJE 12	
UBICACION: DEPARTAMENTO : PUJUA DISTRITO : PUJUA DISTRITO : PUJUA	CODIGO: PL-07	LAMINA N°: N° 08
ELABORADO: MONTE GUERRA GONZALEZ DISEÑO: MONTE GUERRA GONZALEZ	FECHA: DICIEMBRE	FECHA: 10/05/2020

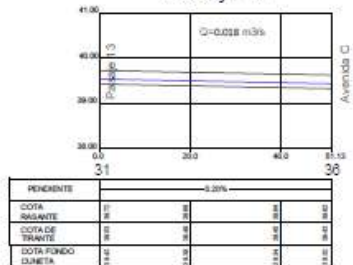
Pasaje 13



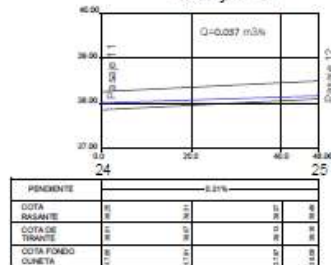
Pasaje 11



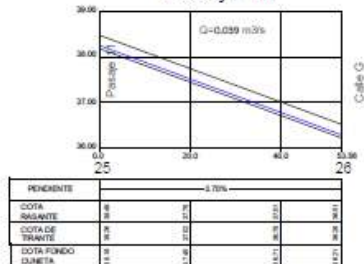
Pasaje 11



Pasaje 10



Pasaje 10



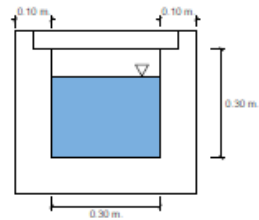
ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD DE PIURA	TITULO:	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL A.E. LOS ALCARRUBOS I Y II NIAPA	
	PLANO:	PERFIL LONGITUDINAL CUNETAS PASAJE 13, PASAJE 11 Y PASAJE 10	
UBICACION: DEPARTAMENTO : PIURA PROVINCIA : PIURA DISTRITO : PIURA	CODIGO:	PL-08	LAMINA N° N° 09
DISEÑO: MERITA QUINTANA OCHOA DIBUJO: MERITA QUINTANA OCHOA	ESCALA: INDICADA	FECHA: 10/05/2009	

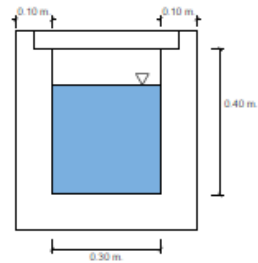


UNIVERSIDAD DE PUURA	TÍTULO:	DISEÑO DE DECKING PLUVIAL DEL A.M. LOS ALGARROBOS I Y II ELAPA	
	PLANO:	TIPO DE SECCION DE CUBIERTA SEGUN TRAMO	
TITULACION: ENCARGAMIENTO : PUURA REGISTRO : PUURA PROTECCION : PUURA RESERVO : PUURA		CODIGO: SC-01	LAMINA N°: N° 10
DISEÑO : MURTA DIBUJO : MURTA	QUETZILAA QUETZILAA	ESCALA: EDUCADA	FECHA: 10/05/2003

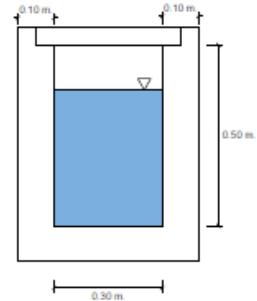
SECCIÓN CUNETA TIPO C1



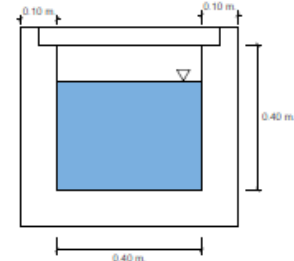
SECCIÓN CUNETA TIPO C2



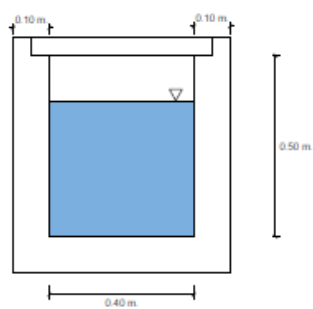
SECCIÓN CUNETA TIPO C3



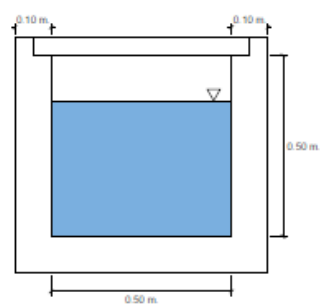
SECCIÓN CUNETA TIPO C4



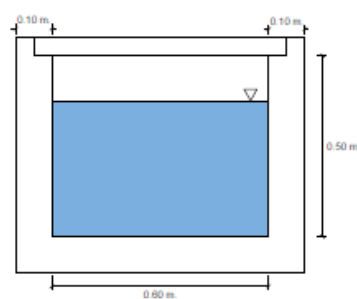
SECCIÓN CUNETA TIPO C5



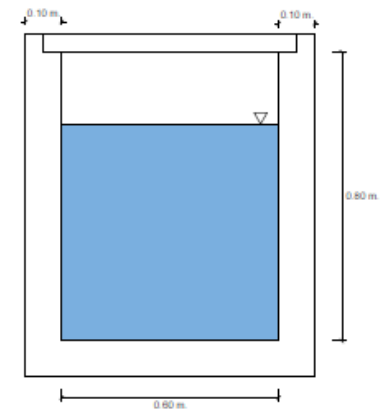
SECCIÓN CUNETA TIPO C6



SECCIÓN CUNETA TIPO C7



SECCIÓN CUNETA TIPO C8



ESCALA 1/12.50

UNIVERSIDAD DE PUERTO	TÍTULO:	DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL A.M. LOS ALGARROBOS I Y II ETAPA	
	PLANO:	SECCIÓN DE CUNETAS	
CODIFICACIÓN:	CÓDIGO:	LÁMINA N°	
DEPARTAMENTO : PUERTO	SC-02	N° 11	
REGION : PUERTO			
PROVINCIA : PUERTO			
DEPARTAMENTO : PUERTO			
CONSEJO: JUNTA QUINCEA ORDEN	ESCALA:	FECHA:	
DISEÑO: JUNTA QUINCEA ORDEN	1:1	10/05/2020	