



UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño de sistema de drenaje pluvial del Asentamiento Humano Los Algarrobos II y IV Etapa (Piura-Piura)

Tesis para optar el Título
de Ingeniero Civil

Ari Fernando Cubas López

Asesor:
Dr. Ing. Jorge Demetrio Reyes Salazar

Piura, noviembre de 2021



A mi familia y novia, por todo su apoyo y comprensión.





Resumen

Teniendo como base el estudio “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” llevado a cabo durante los años 2009 y 2010 por la Municipalidad de Piura, el cual muestra diversas zonas con riesgo de inundación y una solución a nivel Piura; se plantea un sistema de drenaje pluvial en una de las zonas de riesgo, siendo ésta, las etapas II y IV del Asentamiento Humano Los Algarrobos.

Se planteó dicha solución tomando en cuenta la topografía de la zona, obtenida a través de planos previamente elaborados por la Municipalidad de Piura respaldados por las múltiples visitas de campo; la normativa nacional sobre sistemas de drenaje pluvial en el Perú y la información sobre la naturaleza de las precipitaciones en la Región.

El drenaje pluvial consiste en la implementación de estructuras de captación y transporte, encargadas de la recepción y transporte de las aguas de lluvia o pluviales desde los puntos críticos o cuencas ciegas de la zona hacia la troncal principal planteado por el estudio anteriormente mencionado. Las estructuras de captación que se utilizarán son sumideros de rejillas en calzada, siendo el material de las rejillas de hierro fundido; mientras que las estructuras de transporte serán tuberías de políéster reforzado.



Tabla de contenido

Introducción.....	13
Capítulo 1	15
Aspectos generales.....	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Ámbito del proyecto.....	16
1.2.1 Ubicación geográfica	16
1.2.2 Condiciones climatológicas.....	16
1.2.3 Infraestructura	17
1.2.4 Servicios básicos	18
1.2.4.1 Energía eléctrica.....	18
1.2.4.2 Agua potable.....	18
1.2.4.3 Alcantarillado.....	19
1.2.4.4 Salud	19
1.2.4.5 Educación	20
1.2.5 Situación económica	20
1.2.6 Hidrografía.....	21
1.3 Planteamiento del problema.....	23
1.3.1 Identificación del problema	23
1.3.2 Formulación del problema.....	24
1.4 Justificación.....	24
1.5 Objetivos.....	26
1.5.1 Objetivo general.....	26
1.5.2 Objetivos específicos.....	26
Capítulo 2	27
Marco teórico	27
2.1 Aspectos hidrológicos.....	27

2.1.1	<i>Método racional</i>	27
2.1.2	<i>Periodo de retorno de diseño</i>	28
2.1.3	<i>Escorrentía superficial</i>	28
2.1.3.1	Coeficiente de escorrentía	28
2.1.4	<i>Intensidad de precipitación</i>	30
2.1.4.1	Curvas IDF.....	31
2.1.5	<i>Área de la cuenca</i>	31
2.1.6	<i>Tiempo de concentración</i>	32
2.2	Drenaje pluvial.....	34
2.3	Alcantarillado.....	34
2.4	Consideraciones del diseño hidráulico según Norma	35
2.5	Valores de diseño.....	36
2.5.1	<i>Principios de diseño de estructuras de captación</i>	36
2.5.2	<i>Principios de diseño de estructuras de conducción</i>	41
2.5.3	<i>Principios de diseño de estructuras de inspección</i>	43
2.6	Estación de bombeo.....	44
2.6.1	<i>Definición</i>	44
2.6.2	<i>Tipos de estación de bombeo</i>	44
2.6.3	<i>Tipos de bombas</i>	45
2.6.4	<i>Bomba tornillo de Arquímedes</i>	45
2.7	FEN	47
2.7.1	<i>FEN global</i>	47
2.7.2	<i>FEN costero</i>	48
Capítulo 3		51
Características del Asentamiento Humano Los Algarrobos, etapas II y IV Etapa		51
3.1	Estudio hidrológico	51
3.1.1	<i>Ubicación de la cuenca</i>	51
3.1.2	<i>Área y perímetro de la cuenca</i>	52
3.2	Climatología.....	53
3.3	Estudio topográfico.....	53
3.3.1	<i>Altimetría</i>	58
3.3.2	<i>Planimetría</i>	58
Capítulo 4		61
Propuesta de diseño de drenaje pluvial		61

4.1	Bases de diseño	61
4.1.1	<i>Estudio de suelos</i>	61
4.1.2	<i>Caudal de diseño</i>	61
4.1.3	<i>Áreas tributarias</i>	63
4.1.4	<i>Periodo de retorno de diseño</i>	66
4.2	Diseño hidráulico	67
4.2.1	<i>Cálculo de caudales</i>	69
4.2.2	<i>Capacidad hidráulica</i>	71
4.2.3	<i>Dimensionamiento de estructuras de captación</i>	73
4.2.4	<i>Dimensionamiento de estructuras de conducción</i>	75
4.2.5	<i>Selección de bombas y estación de bombeo</i>	78
4.2.5.1	Estación de bombeo	78
4.2.5.2	Tipos de bombas	78
4.2.5.3	Ubicación de la estación de bombeo.....	80
4.2.6	<i>Cálculo de capacidad de bombas tornillo de Arquímedes</i>	80
Conclusiones		83
Glosario		85
Referencias bibliográficas		89
Apéndices		93
Apéndice A.....		95
Apéndice B.....		98
Apéndice C.....		101
Apéndice D.....		104
Anexos		107
Anexo A.....		109
Anexo B.....		110
Anexo C.....		117
Anexo D.....		118
Planos		119

Lista de tablas

Tabla 1. Número de establecimientos de salud en el distrito de Piura.....	18
Tabla 2. Tipo de alumbrado en las viviendas del distrito de Piura.....	18
Tabla 3. Viviendas con abastecimiento de agua en el distrito de Piura	19
Tabla 4. Viviendas con servicios higiénicos en el distrito de Piura	19
Tabla 5. Tipo de seguro médico por habitante en el distrito de Piura	20
Tabla 6. Nivel educativo por habitante en el distrito de Piura.....	20
Tabla 7. Actividades económicas por habitante en el distrito de Piura	21
Tabla 8. Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional	29
Tabla 9. Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas. Para 5 y 10 años de período de retorno	30
Tabla 10. Coeficientes de escorrentía promedio para áreas rurales.....	30
Tabla 11. Clasificación propuesta para las cuencas.....	32
Tabla 12. Resumen de ecuaciones de tiempos de concentración	33
Tabla 13. Velocidades límites admisibles en cunetas.....	40
Tabla 14. Diámetros mínimos de colectores	41
Tabla 15. Velocidades máximas para tuberías de alcantarillado (m/s)	42
Tabla 16. Coeficiente de rugosidad en tuberías.....	43
Tabla 17. Espaciamiento entre registros.....	44
Tabla 18. Cotas de los puntos de la cuenca.....	54
Tabla 19. Pendientes de los tramos de la cuenca.....	56
Tabla 20. Distribución de las áreas acumuladas por tramos.....	65
Tabla 21. Solución planteada por punto	67
Tabla 22. Solución planteada por tramos	67
Tabla 23. Puntos críticos o cuencas ciegas en la zona de estudio	73
Tabla 24. Valores de diseño de sumideros con rejilla en calzada	75
Tabla 25. Especificaciones de las rejillas de los sumideros	75
Tabla 26. Puntos de llegada al troncal principal	76
Tabla 27. Valores de diseño de tuberías	77

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de hidrografía y de drenes	22
Figura 2. Mapa de cuencas ciegas	23
Figura 3. Secciones transversales de cunetas.....	37
Figura 4. Secciones transversales de triángulo rectángulo	37
Figura 5. Sumideros laterales en sardinel o solera.....	38
Figura 6. Sumideros de fondo.....	39
Figura 7. Sumideros mixtos o combinados.....	39
Figura 8. Distribución de sumideros en las intersecciones de cruces	40
Figura 9. Esquema típico de estación de bombeo con bombas tornillo de Arquímedes	46
Figura 10. Ubicación de la cuenca de estudio.....	52
Figura 11. Área y perímetro de la cuenca de estudio.....	52
Figura 12. Área y perímetro de la cuenca de estudio.....	53
Figura 13. Puntos de estudio de la cuenca.....	55
Figura 14. Sentidos del flujo.....	57
Figura 15. División de aguas de un tramo.....	62
Figura 16. División de aguas de un tramo a 2.....	63
Figura 17. División de aguas de un tramo a 3.....	63
Figura 18. Ejemplo de áreas tributarias.....	64
Figura 19. Canal vía rectangular perteneciente a la obra A entre la progresiva 0+00 y 0+293.15 colindante a la Calle 2	68
Figura 20. Esquema de sistema de drenaje pluvial - Planta.....	68
Figura 21. Esquema de sistema de drenaje pluvial – Perfil transversal.....	69
Figura 22. Secciones transversales de triángulo rectángulo.	71
Figura 23. Valores de diseño del sumidero para el punto 4.....	74
Figura 24. Valores de diseño de la tubería para el tramo 4-5.	76
Figura 25. Bomba serie vertical.....	79
Figura 26. Esquema típico de estación de bombeo pluvial inundada.	79
Figura 27. Ubicación de estación de bombeo.....	80



Introducción

Las precipitaciones regulares o de intensidad baja no suelen causar problemas en las zonas sobre las cuales caen, ya sea por su corta duración o por la poca cantidad de agua que éstas representan; sin embargo, existen precipitaciones con una intensidad muy alta y con duraciones prolongadas, tales como las presentadas durante El Fenómeno El Niño (FEN) conocido también como El Niño Oscilación del Sur (ENOS), o el recientemente nombrado El Niño costero.

Estas fuertes precipitaciones son sinónimo de problemas en diversas ciudades del norte del Perú, debido a la inexistencia de sistemas de drenaje de pluvial que presentan, razón por la cual suelen haber inundaciones especialmente en las ciudades costeras del Perú, sobresaliendo las ciudades de Piura, Tumbes, Lambayeque y Lima como las más perjudicadas, tal como se pudo apreciar en el pasado El Niño costero, ocurrido en el año 2017.

Es en la ciudad de Piura donde se propone el presente proyecto, en una de las zonas más afectadas cuya área de influencia son las etapas II y IV del Asentamiento Humano Los Algarrobos, que es parte de un proyecto mayor propuesto por la Universidad de Piura. Dicho sector no presenta un sistema de drenaje pluvial que permita la correcta evacuación de las aguas de lluvias, razón por la cual se plantea una solución óptima a dicho problema.



Capítulo 1

Aspectos generales

1.1 Antecedentes

Para la elaboración del presente estudio se ha hecho uso de trabajos anteriores, como tesis elaboradas en diversas universidades que validen su autenticidad y relevancia, tal es el caso de las tesis sobre temas relacionados a la implementación de sistemas de drenaje pluvial, realizadas con la asesoría de la Universidad de Piura u otras universidades como lo son: la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua y la Universidad Nacional del Altiplano.

Por parte de la Universidad de Piura se llevaron a cabo los siguientes estudios: en el año 2013, se desarrolló la tesis “Análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la Urb. Angamos” y en 2016 la tesis “Determinación de la tasa de infiltración de los pavimentos de adoquines en el casco urbano de la ciudad de Piura”.

La investigación realizada en la Urb. Angamos plantea un análisis de la red de drenaje pluvial perteneciente a esta zona a través del uso del software SWMM, brindando información sobre un correcto desempeño de un sistema de drenaje pluvial. La segunda investigación muestra el comportamiento de uno de los parámetros hidrológicos más influyentes en el drenaje pluvial urbano, como lo es la infiltración de los pavimentos.

Con respecto a los estudios realizados en otras universidades están: “Planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa” del 2004 llevado a cabo en la Universidad de San Carlos de Guatemala, la tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de La Concepción-Masaya” desarrollado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua en el año 2013; y la tesis “Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación de software SWMM” del año 2016 llevado a cabo en la Universidad Nacional del Altiplano.

Las tesis mencionadas no desarrolladas con la Universidad de Piura, si bien no muestran estudios en zonas aledañas o cercanas a la zona a evaluar, dan una descripción detallada sobre el diseño de un sistema de drenaje pluvial lo cual complementará a la información obtenida de bibliografía propiamente sobre drenaje pluvial, resultando de gran utilidad para la realización de la presente tesis.

Cabe destacar el estudio “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” llevado a cabo durante los años 2009 y 2010, el cual aporta información valiosa sobre parámetros hidrológicos de la zona donde se ubica el proyecto.

1.2 Ámbito del proyecto

1.2.1 Ubicación geográfica

Se consideró necesario indicar la ubicación de la ciudad de Piura, introduciendo primero el departamento del Perú, al que pertenece así como también la respectiva provincia y finalmente el distrito donde está ubicada.

El departamento de Piura tiene una superficie de 35892,49 km², que incluyen 1,32 km² de superficie insular oceánica, está ubicado en la parte nor occidental del país, entre la latitud Sur 4°04'50" y 6°22'10" y longitud Oeste 79°13'15" y 81°19'35". Limita por el norte con Tumbes y Ecuador; por el este, con Cajamarca y el Ecuador; por el oeste, con el Océano Pacífico; y por el sur, con Lambayeque (Municipalidad Provincial de Piura, 2017).

La provincia de Piura tiene una superficie de 6211,16 km², se encuentra en la parte central del departamento de Piura, entre la latitud Sur 04°39'11" y 05°11'50" y longitud Oeste 80°14'21" y 80°44'24". Limita por el norte con Sullana; por el este, con Ayabaca y Morropón; por el oeste, con Paíta y Sullana; y por el sur, con Sechura y Lambayeque (Municipalidad Provincial de Piura, 2010).

El distrito de Piura, donde se ubica la ciudad de Piura, se encuentra en la parte central occidental de la provincia de Piura, entre la latitud Sur 05°11'50" y longitud Oeste 80°37'34". Limita por el norte con Sullana y Tambo Grande; por el este, con Castilla; por el oeste, con Sullana; y por el sur, con Catacaos y 26 de Octubre (Municipalidad Provincial de Piura, 2010).

1.2.2 Condiciones climatológicas

En este aspecto se hablará del clima en toda la ciudad de Piura ya que la zona de estudio pertenece a ésta.

El clima en la ciudad de Piura se caracteriza principalmente por ser muy cálido y seco a lo largo del día y frío durante la noche con gradientes de hasta 12°C (Weather Spark, s.f.), siendo los meses de febrero y marzo los que presentan temperaturas más altas (34.1°C); y julio, agosto y septiembre los meses con temperaturas más bajas (17.1°C) (RPP Noticias,

2015). Existen estaciones en las que la temperatura aumenta drásticamente llegando incluso a tener valores de 37.2°C como ocurrió el día 10 de febrero del año 2015 con una sensación térmica de más de 40°C (RPP Noticias, 2015).

Presenta períodos lluviosos durante el verano abarcando los meses de diciembre hasta abril, las precipitaciones pueden ir desde una intensidad y duración pequeñas o ser muy intensas y largas como las que ocurren durante un FEN. Se han llegado a registrar valores de 81.5mm de precipitación durante el último Niño costero ocurrido en el año 2017 (El Tiempo, 2017).

1.2.3 Infraestructura

La infraestructura de una región abarca diversos aspectos como el vial, la educación, la economía, la sanidad, las comunicaciones, entre otros; sin embargo, se ha considerado tomar en cuenta solo algunos de estos, puesto que representan de mejor manera el impacto de algún evento meteorológico de gran envergadura como lo es un FEN, ya sea global o costero. Estos son:

- **Infraestructura vial:** En la extensión de la ciudad de Piura, el año 2015, se contaba con 8951 km de carreteras vecinales siendo un 17% de estas pavimentadas (Banco Central de Reserva del Perú Sucursal Piura, 2016). Claramente este sector es uno de los más afectados debido al poco porcentaje que presenta de zonas pavimentadas y siendo estas en su mayoría de asfalto, material que al entrar en contacto con el agua es altamente vulnerable a deteriorarse, aún más con el paso del tránsito. Además, en este sector también se pueden mencionar los puentes como vías de acceso; estos son el Bolognesi, San Miguel, Luis Sánchez Cerro y Andrés Avelino Cáceres, los cuales, durante el FEN costero, se vieron afectados al sobrepasar las aguas del río Piura los niveles de estos (El Comercio, 2017) y; al estar en contacto con las aguas del río y los sedimentos que estas llevan, debilitándose sus estructuras de forma considerable como el puente Luis Sánchez Cerro, donde se detectaron grietas en su estructura y veredas contiguas (El Comercio, 2017).
- **Infraestructura educativa:** Según el Mapa de Escuelas desarrollado por el Ministerio de Educación del Perú, existen 574 instituciones educativas en el distrito de Piura (ESCALE & Ministerio de Educación del Perú, s.f.). En este ámbito se puede recalcar el hecho que después del FEN costero del año 2017, 636 colegios se vieron afectados en la provincia de Piura, necesitando una mayor inversión para realizar los proyectos de mejoramiento y reconstrucción correspondientes (Calderón Salazar, 2017).
- **Infraestructura salud:** De acuerdo al INEI (2017), en el año 2016, el distrito de Piura contaba con 8 establecimientos de salud divididos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Número de establecimientos de salud en el distrito de Piura

	Tipo de establecimiento				
	Ministerio de salud		Seguro social de salud- EsSalud		Sanidad de la PNP
	Centro de salud	Puesto de salud	Hospital	Posta médica	Policlínico
Provincia de Piura	19	74	3	3	1
Distrito de Piura	3	2	1	1	1

Fuente: Informe de Evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura (2017)

1.2.4 Servicios básicos

Los datos correspondientes a la cantidad de viviendas (26,867), de habitantes (114,083) y los porcentajes correspondientes al acceso a los servicios pertenecen al “Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originada por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura, provincia y departamento de Piura. En el marco del D.U. N° 004 – 2017” realizado por el Gobierno Regional de Piura, 2017.

1.2.4.1 Energía eléctrica.

Este servicio es brindado por la compañía de electricidad ENOSA, que también realiza la distribución y comercialización de energía eléctrica para la región Trujillo.

El 90.8% de viviendas cuenta con un servicio de energía eléctrica y alumbrado público en su barrio o domicilio, el resto de viviendas (9,2%) utiliza combustibles o simplemente no tiene alumbrado.

Tabla 2. Tipo de alumbrado en las viviendas del distrito de Piura

TIPO DE ALUMBRADO	Nro.	%
Electricidad	24,384	90.8
Kerosene, mechero, lamparín	85	0.3
Petróleo, gas, lámpara	49	0.2
Vela	1,908	7.1
Otro	185	0.7
No tiene	256	1
TOTAL	26,867	100

Fuente: Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura (2017)

1.2.4.2 Agua potable

El servicio de agua potable se da en diversas modalidades. El 82.5% de las viviendas en el distrito cuenta con instalación a la red pública dentro de la vivienda, 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 de 2.9%, es decir, 786 viviendas.

Tabla 3. Viviendas con abastecimiento de agua en el distrito de Piura

VIVIENDAS CON ABASTECIMIENTO DE AGUA	Nro.	%
Red pública de agua dentro la vivienda	22,175	82.5
Red pública de agua fuera la vivienda	173	0.6
Pilón de uso público	1,734	6.5
Camión, cisterna u otro similar	1,576	5.9
Pozo	219	0.8
Río, acequia, manantial	786	2.9
Otro tipo	204	0.8
TOTAL	26,867	100

Fuente: Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura (2017)

1.2.4.3 Alcantarillado

El 77.5% de viviendas posee conexión a una red pública de desagüe, mientras que un 15.1% solo posee pozos negros o letrinas. Existe aún un 5% que no cuenta con servicios higiénicos.

Tabla 4. Viviendas con servicios higiénicos en el distrito de Piura

VIVIENDAS CON SERVICIOS HIGIÉNICO	Nro.	%
Red pública de desagüe dentro la vivienda	20,835	77.5
Red pública de desagüe fuera la vivienda	156	0.6
Pozo séptico	408	1.5
Pozo negro, letrina	4,052	15.1
Río, acequia o canal	76	0.3
No tiene	1,340	5
TOTAL	26,867	100

Fuente: Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura (2017)

1.2.4.4 Salud

El acceso a los servicios de salud está concentrado principalmente entre quienes tiene acceso a ESSALUD que son el 38.5%, al Seguro Integral de Salud (SIS) que son el 10.4% de habitantes y quienes no se han afiliado a algún tipo de seguro de salud, que son el 42.6%.

Tabla 5. Tipo de seguro médico por habitante en el distrito de Piura

TIPO DE SEGURO	Nro.	%
Essalud	43,973	38.5
FFAA - PNP	2,670	2.3
Seguro Privado	6,578	5.8
SIS	11,834	10.4
Otro	372	0.3
No tiene	48,656	42.6
TOTAL	114,083	100

Fuente. Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura (2017)

1.2.4.5 Educación

Existen instituciones educativas de diferentes niveles como: inicial, primaria, secundaria y superior. Según el Ministerio de Educación, al año 2016 el distrito de Piura contaba con 247 centros educativos en su área urbana. Además, existen 6 universidades, 5 de ellas privadas; y 4 Institutos de formación superior no universitaria.

La población por niveles educativo se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 6. Nivel educativo por habitante en el distrito de Piura

NIVEL EDUCATIVO	Nro.	%
Ningún nivel	1,301	1.5
Inicial	82	0.1
Primaria	10,735	12.6
Secundaria	32,654	38.3
Superior no universitaria	16,361	19.2
Superior universitaria	23,570	27.6
Posgrado u otro similar	588	0.7
TOTAL	85,291	100

Fuente: Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura (2017)

1.2.5 Situación económica

La actividad predominante en el distrito de Piura es la de prestación de servicios (46.7%), seguido por las actividades comerciales (15.5%) y trabajos del estado (15.5%). Las otras actividades que se pueden mencionar son la agricultura, pesca, etc.

Tabla 7. Actividades económicas por habitante en el distrito de Piura

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	Nro.	%
Agrícola	2,530	5.7
Pecuaria	259	0.6
Forestal	33	0.1
Pesquera	496	1.1
Minera	323	0.7
Artesanal	87	0.2
Comercial	6,862	15.5
Servicios	20,634	46.7
Otros	6,147	13.9
Estado/gobierno	6,837	15.5
TOTAL	44,208	100

Fuente: Informe de Evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura (2017)

1.2.6 Hidrografía

Según la Municipalidad Provincial de Piura & CENEPRED (2017) el sistema hídrico del distrito de Piura forma parte de la cuenca del río Piura, que pertenece a su vez a la red hidrográfica del Pacífico. El río Piura y sus afluentes presentan riberas conformadas por bordes bajos, con un promedio de altura de 2.0 a 2.5 m., siendo por estas características propensas a desbordarse en épocas de grandes avenidas (p. 21), además que con el paso de los años ocurre un proceso de colmatación en el fondo del río que limita cada vez más su capacidad, siendo este uno de los factores más determinantes en el desborde ocurrido durante el Fenómeno de El Niño costero del año 2017 ya que el caudal no era suficiente para que esto ocurra, pero al tener el río menor capacidad se produjo dicho desastre.

La cuenca del río Piura tiene un área de 10872.09 km² y una longitud aproximada de 280 km. Nace con el nombre de río Huarmaca en la cordillera andina de Huancabamba sobre los 3000 msnm, luego toma el nombre de río Canchaque, que al unirse con el río Bigote cambia su denominación por la de río Piura. Se dirige al noroeste hacia Tambogrande y luego hacia el suroeste hasta Sechura, en donde se desplaza a lo largo del límite norte del desierto de Sechura y finalmente desemboca en el mar (Municipalidad Provincial de Piura & CENEPRED, 2017).

La cuenca baja del río Piura abarca el territorio distrital de Piura, en donde el caudal del río aumenta gracias a los aportes de la irrigación San Lorenzo, que a su vez proporciona gran parte del caudal del río (Municipalidad Provincial de Piura & CENEPRED, 2017).

La figura 1 se presenta un mapa generado por el Gobierno Regional de Piura donde se representa la hidrografía y drenes en el distrito de Piura.

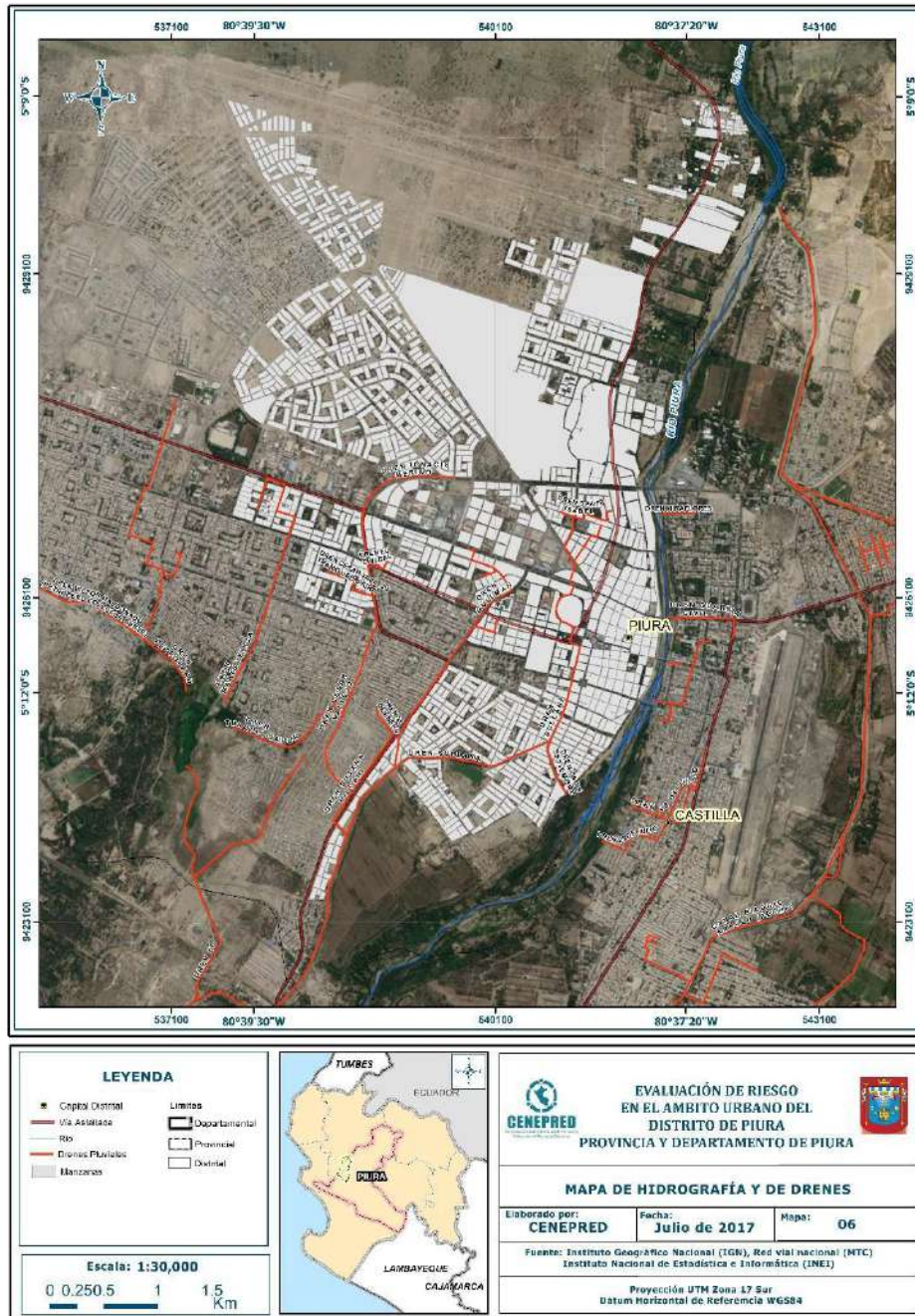


Figura 1. Mapa de hidrografía y de drenes

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura & CENEPRED (2017)

Hidrográficamente hablando, el río Piura es el único gran flujo de agua superficial que atraviesa el distrito de Piura; sin embargo, durante la ocurrencia de precipitaciones, de menor o mayor intensidad, se generan cuencas ciegas en ciertas zonas debido a la ubicación y topografía de estas, tales como las identificadas en El Chilcal e Ignacio Merino, además de unas de menor área, ubicadas en la zona de estudio de la presente tesis. El reconocimiento de dichos sectores es muy importante para cualquier estudio hidrológico orientado al drenaje pluvial, debido a que representan zonas de alto riesgo que siempre se verán afectadas ante cualquier precipitación, generando malestar en la población y otros problemas sociales. En la

figura 2 se presenta un mapa generado por el Gobierno Regional de Piura donde se representan dichas cuencas ciegas en el distrito de Piura.

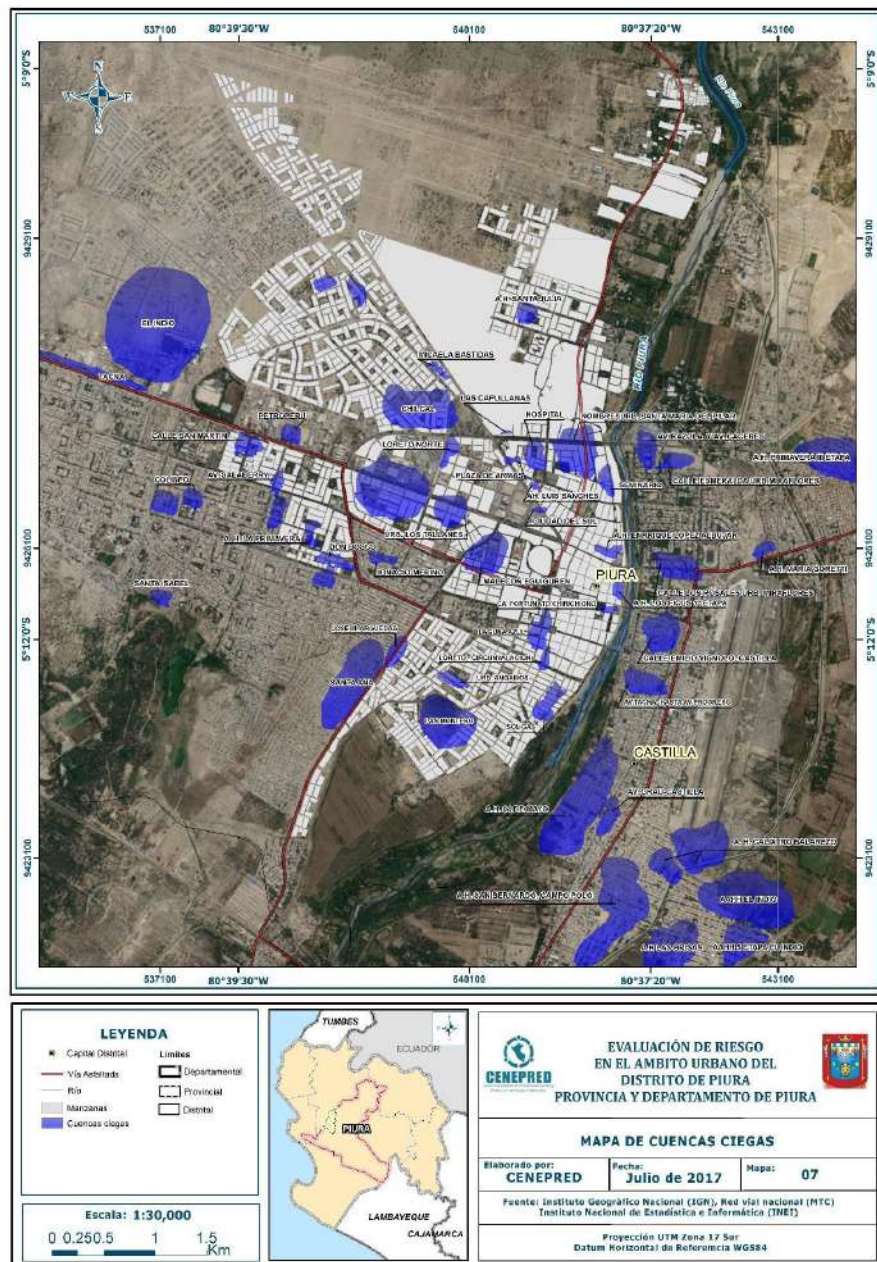


Figura 2. Mapa de cuencas ciegas

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura & CENEPRED (2017)

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Identificación del problema

La ciudad de Piura en general no cuenta con un sistema de drenaje pluvial óptimo, incluso hay sectores que ni siquiera cuentan con uno, tal es el caso del Asentamiento Humano Los Algarrobos.

El A.H. Los Algarrobos presenta una pendiente suave y moderada de entre 2° a 10° según el “Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Piura-Piura” (Municipalidad Provincial de Piura & CENEPRED, 2017) a lo largo de toda su extensión, lo cual facilita la escorrentía durante períodos de lluvias; sin embargo la mayoría de sus calles no cuentan con pavimentos y presentan suelos arenosos, lo cual dificulta el flujo de las aguas de lluvia hacia algún punto de drenaje.

El sistema de alcantarillado en el Asentamiento Humano Los Algarrobos, así como en otros lugares de la región, suele colapsar debido a que se superan los límites de su capacidad durante una fuerte precipitación, ya que estas redes no están diseñadas para soportar el aumento del volumen que implica una lluvia intensa. Este colapso de las redes trae consigo la aparición de focos infecciosos que conllevan a la posibilidad de generar enfermedades como zika o chikungunya provocados por la picadura de mosquitos de las especies *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, propios de situaciones de este tipo; además de las enfermedades ocasionadas por los malos olores a los que están expuestos los moradores de esta zona.

1.3.2 Formulación del problema

Inexistencia de un sistema de drenaje pluvial en el Asentamiento Humano Los Algarrobos II y IV Etapa que permita evitar inundaciones causadas por fuertes precipitaciones como las ocurridas durante FEN globales y costeros.

1.4 Justificación

El Fenómeno El Niño (FEN), conocido también como El Niño Oscilación del Sur (ENOS), consiste en la variación climática por la cual los vientos alisios, encargados de mover las aguas de la superficie del mar desde América hacia Australia, se debilitan y “la piscina de agua caliente” (zona del mar de las costas de Australia con temperaturas mayores de 20°C) aumenta su temperatura. Se caracteriza por la aparición de aguas superficiales relativamente más cálidas de lo normal frente a las costas del norte de Perú, lo que conlleva a la aparición de fuertes precipitaciones en estas costas y sequías en países como Australia, Indonesia y las Filipinas, así como también otros efectos alrededor del mundo. A su vez existe otro fenómeno que no es parte del ENOS llamado El Niño costero, cuyo nombre surgió para evitar confusiones con respecto al ENOS o FEN a nivel global; y según la Comisión Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), se refiere a cuando el aumento de temperatura superficial del mar trimestral frente a la costa del Perú excede su promedio en más de 0.4°C por tres o más meses consecutivos; generando el mismo efecto que tiene el ENOS en la costa del Perú con fuertes precipitaciones, pero en un periodo más corto.

Tal como se explicó, ambos fenómenos tienen repercusiones en las zonas costeras del Perú; las ciudades del norte como Tumbes, Lambayeque y Piura, son las que siempre se han visto más afectadas, con respecto al resto de la costa, por las fuertes precipitaciones que

caracterizan a los Fenómenos El Niño, ya sean globales o costeros. Así mismo, una de las regiones más golpeadas es la de Piura, tal como se pudo observar durante El Niño costero del 2017, en donde se presentaron inundaciones ocasionadas por las fuertes precipitaciones durante los meses de febrero y marzo; y por el desborde del río Piura los días 26 y 27 de marzo, afectando a las ciudades de Piura y Castilla; y zonas del Bajo Piura, Catacaos, Curamori, entre otros.

En la ciudad de Piura existen ciertos sectores en donde las inundaciones son más frecuentes, debido a la topografía o un deficiente sistema de drenaje pluvial, tal es el caso del sector Chilcal-Ignacio Merino, ubicada en una cuenca ciega (Municipalidad Provincial de Piura & CENEPRED, 2017), donde, durante la ocurrencia de El Niño costero del 2017, se vieron situaciones como el abandono de las casas por parte de los habitantes de esa zona, debido a inundaciones causadas por lluvias de hasta 81.5 mm en un día, así como también el colapso de las tuberías de alcantarillado, entre otros problemas. Para remediar esta situación lo único que pueden hacer es utilizar motobombas para drenar las aguas a alguna cisterna del Gobierno Regional y la Municipalidad Provincial de Piura (por el mal estado en el que se encuentran los drenes) debido a la falta de un correcto sistema de drenaje pluvial denotando la necesidad de uno.

Las zonas aledañas a estas cuencas ciegas también se ven afectadas por las fuertes precipitaciones, en parte debido a la falta de prevención, que implica un descuido de la situación de las calles y la ausencia de un sistema de drenaje pluvial. El A. H. Los Algarrobos es un claro ejemplo de este tipo de zonas, al carecer de pavimentación la mayoría de sus calles y tener un suelo arenoso, se generan situaciones muy complicadas para los moradores, quienes llevan años con la misma deplorable situación.

Por lo expuesto, con la finalidad de prevenir la ocurrencia de estas inundaciones, generadas por precipitaciones, y otros problemas afines, se consideró adecuada una propuesta de tesis donde se plantee el diseño de un sistema de drenaje pluvial en la zona que comprende el A. H. Los Algarrobos II y IV etapa, que presenta una extensión aproximada de 12 hectáreas, hacia el troncal principal “Canal Vía y conducto cubierto Los Algarrobos”, que a su vez dirigirá las aguas de lluvia a través de otros conductos subsiguientes hacia el río según la alternativa escogida en el estudio “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”, con su respectivo presupuesto y programación para así tenerlo como una base de futuros proyectos que se puedan aplicar a la zona de estudio. Es necesario resaltar que esta zona no representa un problema aislado sino que forma parte del conjunto de 30 subcuencas de la franja central de la ciudad de Piura.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

El objetivo general es plantear un diseño óptimo de un sistema de drenaje pluvial que se pueda implementar en la II y IV etapa del Asentamiento Humano Los Algarrobos para evacuar las aguas generadas por las precipitaciones estacionales y las del Fenómeno El Niño global o costero.

1.5.2 Objetivos específicos

- Proteger la red de drenaje de aguas residuales de la ciudad.
- Eliminar posibles focos de criaderos de zancudos que afectan la zona.
- Realizar un estudio hidrológico y topográfico para determinar los parámetros necesarios para el diseño del sistema de drenaje pluvial.



Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Aspectos hidrológicos

2.1.1 Método racional

Este método plantea que al ocurrir una precipitación de intensidad uniforme, tanto en el tiempo como en el espacio, sobre un área determinada, se llegará a un momento en el que la cantidad de agua que ha caído en dicha área sea igual a la cantidad que sale; siempre que ésta sea impermeable. Todo esto ocurrirá en una duración conocida como tiempo de concentración, t_c (Huamán Vidaurre, 2012).

$$Q = \frac{1}{360} * \sum_{j=1}^m C_j * I * A_j$$

Ecuación 1 - 1

Donde:

Q: Caudal pico en m^3/s .

I: Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h.

C_j : Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuenca.

A_j : Área de drenaje de la j-ésima subcuenca en km^2 .

m= Número de subcuencas a drenar.

Cabe recalcar que las subcuencas están definidas por las entradas o sumideros a los ductos y/o canalizaciones del sistema de drenaje.

De acuerdo a este postulado, se presentan ciertas limitaciones o restricciones del método, que son las siguientes:

- Uniformidad en el tiempo de la precipitación: implica que la intensidad es constante; sin embargo, en la práctica, esto solo es válido para duraciones muy cortas.
- Uniformidad en el espacio: implica tener la misma intensidad al mismo tiempo sobre toda el área tributaria; válido para áreas muy pequeñas.
- No considera el efecto de retención superficial, que aumenta con la permeabilidad del área.

- Coeficiente de escorrentía constante, válido solo en superficies impermeables.
- El caudal calculado tiene la misma frecuencia de la precipitación, válido sobre todo en superficies impermeables.

Debido a las limitaciones mencionadas se puede decir que esta fórmula presentará resultados aceptables siempre que el área sea pequeña, tenga un alto porcentaje de impermeabilidad y un tiempo de concentración corto. Es por eso que la *Norma OS.060 (2006)* restringe su uso para áreas menores a 13km² y se recomienda aplicarla en áreas 80% urbanizadas y con tc superiores a 10 minutos; si no se toman en cuenta estas sugerencias, los resultados tienden a ser mayores que los reales

En áreas pequeñas con tiempo de concentración menores que 05 minutos, para fines prácticos se utiliza dicho tiempo. En el punto de unión de dos colectores se toma el mayor tc de uno de ellos. Dicho tc es utilizado como duración de la precipitación para el cálculo de la intensidad de la familia de curvas IDF (Huamán Vidaurre, 2012).

2.1.2 Periodo de retorno de diseño

Según Chow, Maidment, & Mays (2000), se define como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. Hay diversos factores que influyen en su selección, tales como: la magnitud e importancia del proyecto, los riesgos y posibles daños que ocurrirán en la zona de estudio debido a las precipitaciones.

2.1.3 Escorrentía superficial

Según Linsley, Kohler, & Paulhus (1977), la escorrentía se define como la cantidad de precipitación que no es eliminada a través de los mecanismos de: almacenamiento de intercepción y depresión, evaporación durante la tormenta e infiltración; y que además avanza sobre la superficie de la tierra hasta llegar a cualquier depresión que pueda transportar una pequeña corriente de agua en flujo turbulento durante una lluvia y un período corto después del fin de esta.

Los mecanismos mencionados consisten en lo siguiente:

- Retención superficial: Incluye los mecanismos de intercepción, que es aquella parte de la lluvia que es depositada en la cobertura vegetal; y el almacenamiento superficial o almacenamiento de depresión, que consiste en otra parte de la lluvia que es depositada en depresiones del terreno.
- Evaporación: La definición hidrológica indica que es la “tasa neta de con de vapor hacia la atmósfera”.
- Infiltración: Paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra.

2.1.3.1 Coeficiente de escorrentía

Según la Norma OS.060 (2006), este coeficiente indica la cantidad de lluvia que escurre superficialmente, es decir la cantidad de escorrentía superficial de una cuenca. Para la

elección de este valor se deben tener en cuenta ciertos criterios como: grado de impermeabilización y pendiente de la superficie, características y condiciones del suelo, intensidad de la precipitación, la proximidad del nivel freático, el almacenamiento por depresiones del terreno, etc. La elección de este valor también dependerá del criterio del especialista encargado de esta labor. Además la Norma OS.060 (2006) plantea 3 tablas que se pueden utilizar para escoger este valor. Se muestran a continuación:

Tabla 8. Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional

Características de la Superficie	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1
Concreto/Techo	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51	0.58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

Tabla 9. Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas. Para 5 y 10 años de período de retorno

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	0.70 a 0.95
Césped, suelo arenoso	
Pendiente plana (0-2%)	0.05 a 0.10
Pendiente promedio (2-7%)	0.10 a 0.15
Pendiente pronunciada (>7%)	0.15 a 0.20
Césped, suelo arcilloso	
Pendiente plana (0-2%)	0.13 a 0.17
Pendiente promedio (2-7%)	0.18 a 0.22
Pendiente pronunciada (>7%)	0.25 a 0.35

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

Tabla 10. Coeficientes de escorrentía promedio para áreas rurales

Topografía y vegetación	Tipo de suelo		
	Marga arenosa	Marga arcillosa y limosa	Arcilla densa
Bosques			
Plano (0-5%)	0.1	0.3	0.4
Ondulado (5-10%)	0.25	0.35	0.5
Pronunciado (10-30%)	0.3	0.5	0.6
Pastos			
Plano (0-5%)	0.1	0.3	0.4
Ondulado (5-10%)	0.16	0.36	0.55
Pronunciado (10-30%)	0.22	0.42	0.6
Terrenos de cultivo			
Plano (0-5%)	0.3	0.5	0.6
Ondulado (5-10%)	0.4	0.6	0.7
Pronunciado (10-30%)	0.52	0.72	0.82

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

2.1.4 Intensidad de precipitación

Según la Norma OS.060 (2006), es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (l/s/ha).

La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje. Es decir, que para determinarla usando la curva intensidad - duración - frecuencia

(IDF) aplicable a la zona urbana del estudio, se usa una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y la frecuencia igual al recíproco del periodo de retorno del diseño de la obra de drenaje.

Su valor se obtiene a través de las Curvas IDF propias de cada zona a analizar.

2.1.4.1 Curvas IDF

Según la Norma OS.060 (2006), consisten en una familia de curvas que pueden ser definidas a través de gráficos o fórmulas que relacionan la intensidad de precipitación con su duración y frecuencia para una zona específica, determinadas por análisis estadísticos y ajustes de curvas.

La información para realizar estas curvas se puede obtener a través de pluviómetros o pluviógrafos presentes en los lugares de estudio; siendo los pluviógrafos la herramienta más conveniente ya que brinda las curvas de forma directa, mientras que la información brindada por los pluviómetros debe ser procesada empleando métodos como patrones de distribución de precipitación en el tiempo, ecuaciones de intensidad de precipitación, etc.

Además la Norma OS.060 (2006), nos indica que se puede calcular la intensidad de la precipitación del diseño, para una duración y período de retorno determinado, a través de las curvas IDF del “Estudio de la hidrología del Perú” y la expresión siguiente:

$$i_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} * \left(\frac{t+b}{t_g+b} \right)^{n-1}, \text{ para: } t \leq t_g \quad \text{Ecuación 1-2}$$

Donde:

$P_{24,T}$: Precipitación máxima en 24 horas para T años de período de retorno, estimado para el sitio.

t: Duración en horas.

t_g : Duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio 15,2 horas para el Perú.

b y n: Parámetros de tiempo y de duración, respectivamente.

Se recomienda consultar la norma mencionada dónde se pueden encontrar figuras, tablas y fórmulas útiles para desarrollar la ecuación propuesta.

2.1.5 Área de la cuenca

Según Campos (1992), es la superficie plana determinada a través de la proyección horizontal de una cuenca, limitada por su divisoria. Puede ser obtenida haciendo uso de la planimetría de un mapa, por medios digitales como el software AutoCad o por cálculos a partir de mapas digitalizados utilizando herramientas computacionales de SIG (Sistemas de Informaciones Geográficas). Su magnitud se expresa en kilómetros cuadrados (km²) para cuencas grandes y en hectáreas (ha) para cuencas pequeñas.

Para determinar si una cuenca es pequeña o grande se pueden tener en cuenta ciertas consideraciones; de acuerdo a su comportamiento hidrológico se dice que una cuenca es pequeña si la cantidad y distribución de la escorrentía son influenciadas mayormente por las condiciones físicas del suelo y cobertura; y es grande cuando el efecto de almacenamiento es mucho más relevante con lo cual se debe prestar mayor atención a la hidrología de la corriente principal. Si se quiere considerar el tamaño geográfico, diversos autores proponen rangos con los que se podría catalogar a una cuenca como pequeña; sin embargo, para fines prácticos se puede hacer uso de la clasificación presentada a continuación:

Tabla 11. Clasificación propuesta para las cuencas

Tamaño de la cuenca (km ²)	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 - 250	Pequeña
250 - 500	Intermedia-pequeña
500 - 2500	Intermedia-grande
2500 - 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: Campos (1992)

2.1.6 Tiempo de concentración

La *Norma OS.060 (2006)*, la define como el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca, fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través de los conductos hasta el punto considerado.

El tiempo de concentración se divide en dos partes:

- Tiempo de entrada (t_0): es el necesario para que comience el flujo de agua de lluvias sobre el terreno desde el punto más alejado hasta los sitios de admisión, sean ellos sumideros o bocas de torrente.
- Tiempo de fluencia (t_f): es el necesario para que el agua de lluvias recorra los conductos desde el sitio de admisión hasta la sección considerada.

Básicamente su valor se puede calcular a través de la siguiente ecuación:

$$t_c = t_0 + t_f \quad \text{Ecuación 1 - 3}$$

El tiempo de entrada (t_0) cuando no hay presencia de alcantarillas o canales se puede hallar mediante observación experimental en campo o mediante las fórmulas de la tabla 12 mostrada posteriormente.

Mientras que el tiempo de fluencia (t_f) se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$t_f = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i} \quad \text{Ecuación 1 - 4}$$

Donde:

L_i : Longitud del i-ésimo conducto a lo largo del flujo en metros

V_i : Velocidad del flujo en el conducto en m/s

Se debe tener en cuenta que el tiempo de concentración será el mayor valor de las diferentes rutas de flujo que llegan al punto final de interés; además, dicho valor no puede ser menor que 10 minutos. A continuación, se muestra la tabla 12 referente al tiempo de entrada:

Tabla 12. Resumen de ecuaciones de tiempos de concentración

Método y Fecha	Fórmula para t_c (min)	Observaciones
Kirpich (1940)	$t_c = 0.0195 * L^{0.77} * S^{-0.385}$ L: Longitud del canal aguas arriba hasta la salida (m) S: Pendiente promedio de la cuenca (m/m)	Desarrollada a partir de información del SCS de siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3% a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto, multiplicar por 0.2; sin ajustes 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 de agua más largo (m) H: Diferencia de nivel entre la divisoria de agua y la salida (m)	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525 * (0.0000276 * i + c) * L^{0.33}}{S^{0.333} * i^{-0.667}}$ i: Intensidad de lluvia (mm/h) c: Coeficiente de retardo L: Longitud de la trayectoria de flujo (m) S: Pendiente de la trayectoria de flujo (m/m)	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y áreas de césped; 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 .
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 * \frac{(1.1 - C) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$ C: Coeficiente de escorrentía del método racional L: Longitud del flujo superficial (m) S: Pendiente de la superficie (m/m)	Desarrollada a partir de información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilado por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erboge (1973)	$t_c = \frac{7 * L^{0.6} * n^{0.6}}{i^{0.4} * S^{0.3}}$ L: Longitud de flujo superficial (m) n: Coeficiente de rugosidad de Manning i: Intensidad de lluvia (mm/h) S: Pendiente promedio del terreno (m/m)	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir del análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere de 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)	$t_c = \frac{0.0136 * L^{0.8} * \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ L: Longitud hidráulica de la cuenca, es decir, 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 810 ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c=1.67$ veces el retardo de la cuenca.

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

La norma que se utilizará para el diseño del proyecto propuesto será la OS 060, ya que es la que detalla los requerimientos y cálculos que se deben realizar para llevar a cabo un proyecto de drenaje en cualquier región del Perú. A lo largo del desarrollo del presente informe se irán mencionando los artículos utilizados.

2.2 Drenaje pluvial

Consiste en un sistema de tuberías, sumideros y otras instalaciones complementarias que permitan un flujo adecuado de las aguas de lluvias hacia fuera de una zona determinada, con la finalidad de evitar posibles molestias, daños o pérdidas materiales o humanas, causadas por la acumulación de las aguas de lluvias o escorrentía superficial producida durante alguna precipitación. Su importancia es más notoria cuando las precipitaciones son muy intensas y las zonas afectadas presentan superficies altamente impermeables, ya que no permiten la absorción del agua por parte del suelo facilitando así la acumulación de estas en la superficie.

De acuerdo a Huamán Vidaurre, (2012), se podría decir que de forma general el drenaje urbano se divide en tres:

- El drenaje superficial: Acciones constituidas por obras y cauces naturales, conducen al escurrimiento superficial hasta una entrada en un cauce natural o artificial. Disminuye molestias al tráfico de personas y vehículos.
- El drenaje secundario: Acciones correctivas constituidas por conductos y obras conexas construidas por el hombre. Permiten el normal desenvolvimiento del tráfico de personas y vehículos en las áreas urbanas.
- El drenaje primario: Conjunto de acciones correctivas constituidas por conductos artificiales, obras conexas y cauces naturales. Salvaguardan la vida de las personas y evitan el daño a las propiedades.

Según la *Norma OS.060 (2006)*, el drenaje urbano es un sistema de drenaje que tiene por objetivo el manejo racional del agua de lluvia en las ciudades siguiendo criterios urbanísticos, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas (pistas, redes de agua, redes eléctricas, etc.), así como la acumulación del agua que pueda constituir focos de contaminación y/o transmisión de enfermedades. Este puede ser menor o mayor:

- Drenaje urbano menor: Sistema de drenaje pluvial conformado por alcantarillado diseñado para evacuar caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años.
- Drenaje urbano mayor: Sistema de drenaje pluvial diseñado con la finalidad de evacuar caudales que se presentan con poca frecuencia y que, además de utilizar el sistema de drenaje menor, usa las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación.

2.3 Alcantarillado

El Capítulo 3 de Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA de México indica que el sistema de alcantarillado consiste en una serie de redes de tuberías y obras

complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias (Sistema intermunicipal de los servicios de agua potable y alcantarillado - SIAPA, 2014).

La *Norma OS.060 (2006)*, menciona 3 tipos de sistemas de alcantarillado bajo la denominación de drenaje urbano:

- Sistema de alcantarillado sanitario: Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales.
- Sistema de alcantarillado pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por las lluvias.
- Sistema de alcantarillado combinado: Es el sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias.

Cabe recalcar que con respecto a los tipos de sistemas de drenaje urbano mencionados, se recomienda no utilizar el sistema de alcantarillado combinado, ya que este, a pesar de resultar económicamente más conveniente, no permite una diferenciación de las aguas de lluvias de las residuales, evitando así una posible reutilización de las aguas de lluvias, lo cual, desde un punto de vista medio ambiental, es una gran ventaja el hecho de utilizar los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial por separado.

2.4 Consideraciones del diseño hidráulico según Norma

Toda obra de ingeniería se rige por ciertos parámetros ya establecidos por alguna entidad especializada y calificada, las cuales pueden ser del gobierno o privadas. Dichos parámetros deben ser siempre tomados en consideración para que una obra pueda ser considerada viable desde un punto de vista legal, ya que las entidades encargadas de la revisión de los expedientes de dichas obras deberán aceptar o rechazar a aquellas que cumplan o no con estos requerimientos.

En el Perú se cuenta con las normas planteadas por el estado, que en este proyecto será la Norma OS.060 (2006), encargada de las obras de drenaje pluvial urbano. En su capítulo 2 llamado “Consideraciones Generales Sobre el Drenaje Urbano”, se contemplan los requerimientos para llevar a cabo cualquier obra sanitaria de este tipo, los cuales son:

- Artículo 5.- Estudios Básicos. En todo proyecto de drenaje urbano se ejecutan los siguientes estudios de:
 - Planeamiento urbano
 - Topografía
 - Hidrología
 - Suelos
 - Hidráulica
 - Calidad de agua

- Impacto ambiental
- Compatibilidad de uso
- Evaluación económica de operación y mantenimiento
- En caso no exista un planeamiento, como en este proyecto, el proyectista asegura que las descargas de drenaje pluvial no afecten las propiedades públicas ni privadas, ni lleguen a una depresión sin posibilidad de drenaje.
- Artículo 6.- Tipos de sistema de drenaje urbano. Se tienen diferentes sistemas de alcantarillado según el tipo de agua que conducen, las cuales ya fueron descritas en un acápite anterior:
 - Sistema de alcantarillado sanitario
 - Sistema de alcantarillado pluvial
 - Sistema de alcantarillado combinado
- Artículo 7.- Información básica. Todo proyecto de alcantarillado pluvial cuenta con la información básica indicada a continuación, la misma que se obtiene de las instituciones oficiales como el SENAMHI, municipalidades y ministerios correspondientes. En el caso de este proyecto es información brindada por el estudio “Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño costero. Caso: Ciudad de Piura” realizada por la Universidad de Piura en el 2018.
 - Información hidrometeorológica
 - Planos catastrales
 - Planos de usos de suelo
- Artículo 9.- Responsabilidad del proyecto.
 - Todo proyecto de drenaje urbano es elaborado por un ingeniero civil o ingeniero sanitario, colegiado y habilitado.
 - El revisor designado por la municipalidad cumple los mismos requisitos.

2.5 Valores de diseño

Al momento de diseñar es necesario conocer los límites con respecto a los valores que se plantean para verificar la viabilidad de estos y de esa forma tomar una decisión adecuada.

Para este proyecto se tomarán los datos brindados por el Ministerio de Vivienda (2006) en la sección referida a colectores en “Captación y Transporte de aguas Pluviales de calzada y aceras” del capítulo 6 de la Norma OS. 060:

2.5.1 Principios de diseño de estructuras de captación

Las estructuras de captación son aquellas cuya función es recibir las aguas de lluvia que posteriormente serán conducidas hacia algún punto específico. Según la Norma OS.060 (2006) la estructura de captación que se puede implementar a un proyecto de drenaje pluvial urbano es el sumidero la cual suele trabajar en conjunto con las cunetas dispuestas a lo largo de la calzada, que a su vez se encargarán de dirigir las aguas de lluvias hacia los sumideros.

Las cunetas pueden ser clasificadas según su sección transversal de la siguiente manera (figura 3):

- Sección circular
- Sección triangular
- Sección trapezoidal
- Sección compuesta
- Sección en V

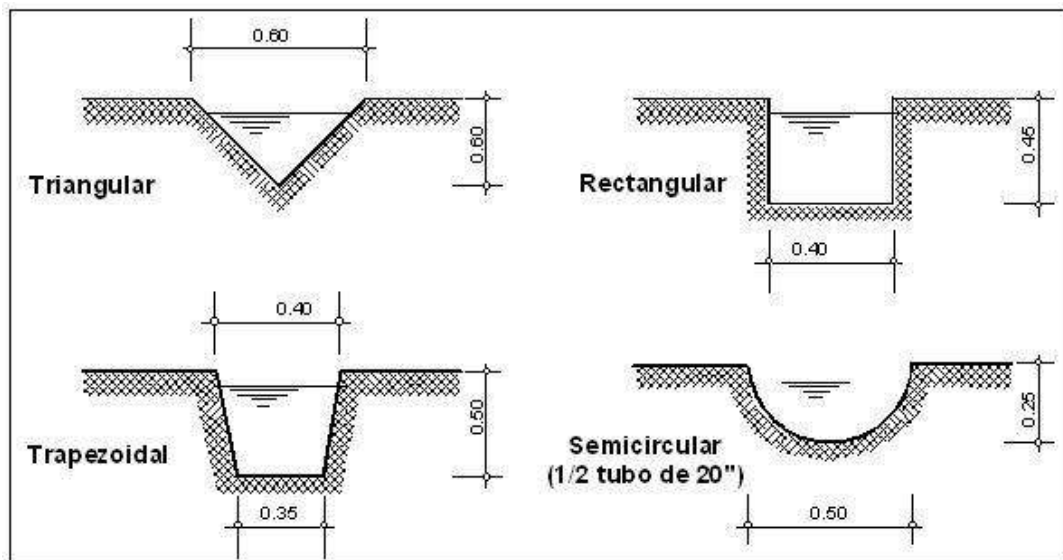


Figura 3. Secciones transversales de cunetas

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

*Medidas referenciales

La capacidad hidráulica de las cunetas, es decir, la cantidad de agua que pueden soportar, depende de la sección transversal, la pendiente y el material con que se construyan. El diseño de ellas generalmente se realizará haciendo uso de la ecuación de Manning, la cual relaciona todas las variables que influyen en la capacidad de las cunetas.

La mayoría de las cunetas tienen una forma de triángulo rectángulo, tomando como hipotenusa parte de la calzada, por lo cual la pendiente transversal de esta será el talud de la cuneta; y el sardinel sería el lado vertical, tal como se muestra a continuación:

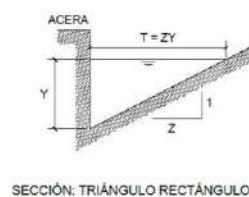


Figura 4. Secciones transversales de triángulo rectángulo

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

Asimismo, el cálculo de la capacidad hidráulica se vería determinado por la siguiente ecuación, derivada de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{Z}{n} * S^{\frac{1}{2}} * Y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Ecuación 1 - 5}$$

Donde:

Q: Caudal en m³/s

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

S: Pendiente longitudinal del canal

Z: Valor recíproco de la pendiente transversal (1: Z)

Y: Tirante de agua en metros

Se debe tener en cuenta que el ancho máximo superficial (T) o espejo de agua sobre la pista dependerá de la clasificación de la vía de acuerdo a la demanda donde estarán las cunetas: En vías principales de alto tránsito, será igual al ancho de la berma y en vías secundarias de bajo tránsito, será la mitad de la calzada.

Por su parte, los sumideros se clasificarán dependiendo de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación, con diversas variaciones, tal como se muestra a continuación:

- Sumideros laterales en sardinel o solera. - Consiste en una abertura vertical del sardinel por el cual pasan las aguas de lluvia. Su uso está limitado a tramos donde las pendientes longitudinales son menores a 3%.



Figura 5. Sumideros laterales en sardinel o solera

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

- Sumideros de fondo. - Consiste en una abertura en la cuneta cubierta por uno o más sumideros. Su uso está limitado a tramos con pendientes longitudinales mayores a 3%. Las rejillas deben ser paralelas a la cuneta, se pueden agregar barras cruzadas por razones estructurales y deben estar en una posición cercana al fondo de las barras longitudinales.

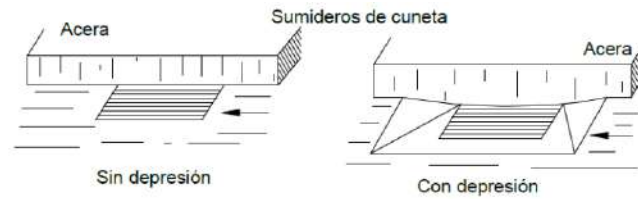


Figura 6. Sumideros de fondo

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

- Sumideros mixtos o combinados. - Consisten en la implementación de un Sumidero Lateral en Sardinel y un Sumidero de Fondo como una unidad o complementándose. El diámetro de los tubos de descarga al buzón de reunión será de 10”.

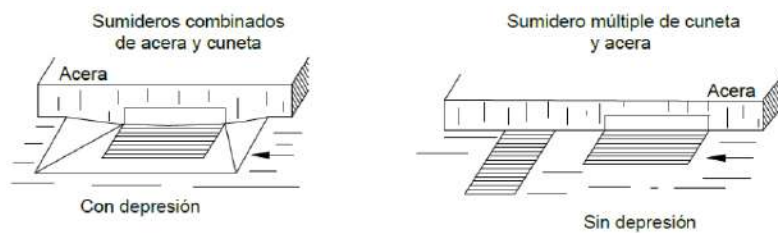


Figura 7. Sumideros mixtos o combinados

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

- Sumideros de rejillas en calzada. - Consiste en la construcción de un canal transversal a la calzada y en todo el ancho, cubierta con rejillas.

La ubicación de los sumideros se realizará de acuerdo al criterio del diseñador considerando parámetros como el caudal, pendiente, la ubicación y geometría de enlaces e intersecciones, ancho de flujo permisible del sumidero, volumen de residuos sólidos; y acceso vehicular y de peatones.

Generalmente se ubican en los puntos bajos, en las esquinas de cruces de calles, de tal manera que no influyan en el correcto tránsito vehicular, por lo que se suelen ubicar retrasadas con respecto a las alineaciones de las fachadas. Si hay tramos con una longitud considerable se recomienda instalar sumideros intermedios con la finalidad de permitir un drenaje controlado y gradual.

Y tomando en cuenta el factor económico se recomienda ubicarlos lo más cerca posible a las alcantarillas y conductos de desagüe del sistema de drenaje pluvial puesto que así se necesitaría un diseño más simple de dichos sumideros, disminuyendo así los costos.

En las intersecciones de cruces se recomienda una distribución de la siguiente manera:

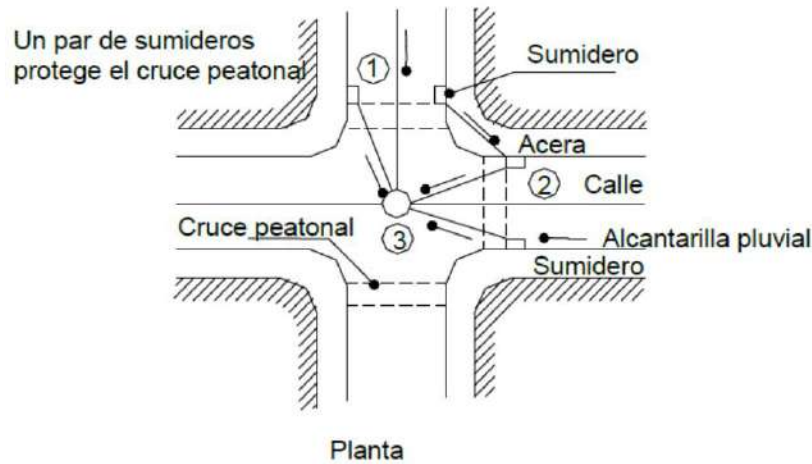


Figura 8. Distribución de sumideros en las intersecciones de cruces

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

El espaciamiento entre cada sumidero también es un factor importante al momento de diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano y para conocer estos valores es necesario tomar en cuenta los parámetros mencionados con respecto a la ubicación. Para el caso de una instalación múltiple o serie de sumideros, el espaciamiento mínimo será de 6 m.

Asimismo, se deben tomar en cuenta las velocidades máximas o límites admisibles de los materiales con los que se harán las cunetas para así evitar la erosión, dichos valores son mencionados en la siguiente tabla:

Tabla 13. Velocidades límites admisibles en cunetas

Tipo de superficie	Velocidad Límite admisible (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 - 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 - 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 - 1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 - 1.50
Hierba	1.20 - 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 - 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 - 4.50*
Concreto	4.50 - 6.00*

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

*Para flujos de muy corta duración.

Adicional a la instalación de sumideros se debe realizar la implementación de estructuras conocidas como rejillas, cuya función es retener ciertos residuos sólidos con la finalidad de evitar que estos ingresen a los sumideros y se genere un funcionamiento

incorrecto de estos. Las rejillas se pueden clasificar tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Por el material del que están hechas: de fierro fundido y de fierro laminado.
- Por su posición en relación con el sentido de desplazamiento principal de flujo: de rejilla horizontal, de rejilla vertical, de rejilla horizontal y vertical.

Asimismo, las rejillas se adaptan a la geometría de los sumideros y pueden tomar formas rectangulares, cuadradas y circulares. Generalmente se instalan rejillas rectangulares y debido al proceso de fabricación industrial tienen dimensiones de 60 x 100 mm y 45 x 100 mm. La separación de las barras en las rejillas varía entre 20 mm, 35 mm y 50 mm de acuerdo al criterio del diseñador.

Es importante recalcar que se utilizará una eficiencia hidráulica (cantidad de agua que dejarán ingresar las rejillas a los sumideros con respecto al caudal total) de 100% ya que se requiere un drenaje lo más eficiente posible.

2.5.2 Principios de diseño de estructuras de conducción

Una vez llegan las aguas de lluvias a los sumideros se debe hacer un último paso antes de que estas lleguen al punto final, este proceso se conoce como conducción, donde las aguas son transportadas o conducidas a través de diversos medios hacia un punto. En la Norma OS.060 (2006) se propone como estructura de conducción al alcantarillado, que consiste en la instalación de una serie de tuberías y canales encargados de la tarea explicada.

Estas tuberías van aumentando su diámetro conforme aumenta la cantidad de agua drenada y ya que desembocan al punto más cercano, no requieren de longitudes muy largas. Su diseño se realizará bajo el criterio de conducto cerrado a tubo lleno utilizando la ecuación de Manning y tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Ubicación. - Se debe evitar la instalación debajo de las calzadas y bermas. En caso no haya otra opción se recomienda la instalación de registros provistos de accesos ubicados al exterior de los límites determinados por las bermas.
- Diámetros. - Los valores mínimos a considerar con respecto a los diámetros de las tuberías en colectores de agua de lluvia serían los mostrados en la tabla 14:

Tabla 14. Diámetros mínimos de colectores

Tipo de colector	Diámetro mínimo (m)
Colector troncal	0.5
Lateral troncal	0.4
Conductor lateral	0.4

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

En instalaciones ubicadas parcial o totalmente bajo la calzada se aumentarán en diámetros de 0.50 m como mínimo.

Los diámetros máximos de las tuberías están limitados según el material con que se fabrican, por lo que sus especificaciones serán brindadas por la empresa que las fabrique.

- **Altura de Relleno.** - Se considerará el valor de 1 m como profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la calzada. Serán aplicables las recomendaciones establecidas en la Normas Técnicas Peruanas NTP o las establecidas en las normas ASTM o DIN.
- **Velocidad mínima.** - Se tomará 0.90 m/s como valor mínimo de velocidad de flujo de aguas de lluvias a tubo lleno ya que de esa forma se evita la sedimentación de partículas arrastradas por este tipo de aguas, tales como gravas y arenas.
- **Velocidad máxima.** - Este valor en colectores con cantidades no significativas de sedimentos en suspensión dependerá del material de las tuberías y será aquel que evite la erosión de estas. Dichos valores se muestran a continuación en la tabla 15:

Tabla 15. Velocidades máximas 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 Técnica Peruana OS-060 (2006)

- **Pendiente mínima.** - Será aquella que satisfaga la velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo a tubo lleno, por lo cual las pendientes de las tuberías suelen superar las de la superficie del terreno.
- **Pendiente máxima.** - Este valor se verá determinado por las velocidades máximas de aguas de lluvia que soportan las tuberías para evitar su erosión, las cuales ya fueron mencionadas en la tabla 15.
- **Rugosidad.** - Al igual que las velocidades máximas, este valor dependerá del material con el que se fabrique las tuberías, tal como se muestra a continuación:

Tabla 16. Coeficiente de rugosidad en tuberías

Material de la tubería	Coeficiente de Rugosidad "n" de Manning
Asbesto Cemento	0.010
Hierro Fundido Dúctil	0.010
Cloruro de Polivinilo	0.010
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.010
Arcilla Vitrificada	0.010
Concreto Armado con revestimiento de PVC	0.010
Concreto Armado liso	0.013

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

Cabe recalcar que el tipo de drenaje planteado para el siguiente proyecto corresponde a un drenaje primario (Huamán Vidaurre, 2012) y drenaje urbano mayor (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006); mientras que se considera el alcantarillado será netamente pluvial (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

2.5.3 Principios de diseño de estructuras de inspección

Además de las estructuras encargadas de la recepción y transporte de las aguas, se debe contemplar el diseño e instalación de estructuras que permitan un adecuado mantenimiento y funcionamiento del sistema de drenaje pluvial escogido, tales como los registros, de los cuales se procederá a detallar las especificaciones brindadas por la Norma OS.060 (2006).

Los registros son estructuras que permiten el acceso desde la superficie a las tuberías continuas. Estos deberán tener la capacidad suficiente para el ingreso de un hombre y la instalación de una chimenea (estructura complementaria cuya función es liberar presiones). El diámetro mínimo de registros para colectores debe ser de 1.20 m.

Deben ubicarse fuera de la calzada a menos que se instalen en caminos de servicio o en calles, de ser el caso se evitará ubicarlos en las intersecciones. Además, se pueden ubicar en los siguientes puntos:

- Convergencia de dos o más drenes.
- Puntos intermedios de tuberías muy largas.
- En zonas donde se presenten cambios de diámetro de los conductos.
- En curvas o deflexiones de alineamiento (no necesariamente en cada una de ellas).
- En puntos donde se produce una brusca disminución de la pendiente.

Con respecto al espaciamiento entre registros se considera lo siguiente:

Tabla 17. Espaciamiento entre registros

Condiciones de colector	Espaciamiento
Diámetro $\geq 1.20\text{m}$, o sección transversal equivalente	200 - 350 m
Diámetro $< 1.20\text{m}$	100 - 200 m
Conductos pequeños	100 m
No se alcanzan velocidades de autolimpieza	
Velocidades de autolimpieza y alineamiento desprovisto de curvas agudas	200 - 350 m

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

Por otro lado, los buzones son un tipo de registro ampliamente utilizado en proyectos que impliquen alcantarillado. Presentan generalmente una forma cilíndrica con un diámetro mínimo de 1.20 m, en la base se realiza una sección semicircular que permite la transición entre un colector y otro; y en la superficie tiene una tapa de 60 cm de diámetro con orificios de ventilación. Se pueden ubicar tomando en cuenta lo mencionado anteriormente con respecto a la ubicación de registros y en los siguientes puntos:

- Al inicio de la red.
- En las intersecciones.
- Cambios de dirección.
- Cambios de diámetro.
- Cambios de pendiente.

Además, se debe considerar que para colectores de diámetro menor de 1.20 m el buzón estará centrado sobre el eje longitudinal del colector; si el diámetro del colector es superior al diámetro del buzón, entonces se tendrá que ubicar tangente a uno de los lados del tubo, permitiendo una mejor ubicación de los escalones del registro; y en colectores de diámetro mayor a 1.20 m con llegadas de laterales por ambos lados del registro, se ubicarán en el lado lateral menor.

2.6 Estación de bombeo

2.6.1 Definición

Una estación de bombeo, también conocida como estación elevadora, es una instalación hidroelectromecánica encargada de la captación y transporte de líquidos hacia un punto determinado en las condiciones previstas en su diseño. Esto es posible debido al uso de máquinas hidráulicas conocidas como bombas, las cuales aplican cierta cantidad de energía hidráulica a los líquidos para llevarlos a su destino (Koutoudjian, s/f).

2.6.2 Tipos de estación de bombeo

Según Koutoudjian, existen tres tipos de estaciones de bombeo:

- De agua potable

- Cloacales
- Pluviales

Estos se caracterizan por el uso de un pozo de bombeo donde se deposita el agua que posteriormente será drenada fuera de la instalación. Cabe recalcar que el caudal de agua que sale de estas estaciones puede o no ser el mismo que ingresa.

Se considera un tipo adicional, conocido como de Rebombeo, el cual se diferencia de los otros en que no presenta un pozo de bombeo y el caudal entrante debe ser igual al que sale.

A su vez, de acuerdo a la configuración de los pozos de bombeo se pueden considerar como Inundadas, típico de estaciones cloacales y pluviales, donde las bombas se encuentran sumergidas en el líquido a bombear; o de cámara seca, común en estaciones de agua potable, donde las bombas están ubicadas en una sala externa al pozo de bombeo.

2.6.3 Tipos de bombas

Según Mott & Untener (2015), existen dos tipos de bomba, las de desplazamiento positivo y las cinéticas (rotodinámicas), las cuales a su vez se subdividen en muchas más, y serán explicadas a continuación:

- De desplazamiento positivo: Entregan una cantidad fija de fluido por cada revolución del rotor de la bomba o eje impulsor. La mayoría pueden manejar líquidos con viscosidades diversas y pueden entregar fluidos a altas presiones. Se pueden dividir de la siguiente manera:
 - Rotatoria: de engranes, de paletas, de tornillo, de cavidad progresiva, de lóbulo o leva, de tubo flexible (peristáltica).
 - Recíproca: de pistón, de émbolo, de diafragma.
- Cinéticas: Añaden energía al fluido acelerándolo mediante la acción de un impulsor giratorio. Se pueden dividir de la siguiente manera:
 - De flujo radial (centrífuga): de chorro, sumergibles, autocebantes, de molino
 - De flujo axial (propulsora): de columna
 - De flujo mixto

2.6.4 Bomba tornillo de Arquímedes

Así mismo, cabe recalcar la existencia de un tipo de bomba utilizada para el movimiento de grandes caudales a lo largo de alturas relativamente bajas (Castilla Ruiz & Galvis Castaño, 1993); estas son las bombas tornillo de Arquímedes las cuales pertenecen a la clasificación de bombas de desplazamiento positivo rotatorios mencionadas anteriormente. Este tipo se podría considerar como otra opción para el drenaje pluvial requerido ya que presenta las siguientes ventajas (Castilla Ruiz & Galvis Castaño, 1993):

- Bajas velocidades de operación: Al variar las velocidades entre 20-130 rpm, junto a su sólida construcción, las hace muy resistentes al desgaste en comparación a las bombas centrífugas.
- Menores riesgos de obstrucción y desgaste: Esto es debido a los amplios espacios en los que se transporta el líquido, los cuales permiten el flujo de líquidos con sólidos en suspensión.
- Buena eficiencia en un rango amplio de caudales: Permite mantener un buen rendimiento con menor cantidad de bombas; y mínimos problemas de operación y mantenimiento y por ende una mayor vida útil.
- Capacidad de auto-regulación: Debido a que elevan automáticamente la cantidad de líquido que llega a la estación lo cual conlleva a no tener la necesidad de pozos convencionales, reduciendo así costos de inversión, operación y mantenimiento; así como también, a un mejor ajuste del caudal de bombeo, eliminando problemas de represamiento.
- Economía en altura de bombeo: Al no requerir de un pozo convencional y tampoco tener la necesidad de vencer pérdidas de energía por rozamiento o por separación de líneas de flujo en tuberías y accesorios.

Con todo lo mencionado la implementación de este tipo de bombas resulta muy conveniente en el sistema de drenaje propuesto. En la figura 9 se muestra el esquema típico de una estación de bombeo con bombas de tornillo de Arquímedes.

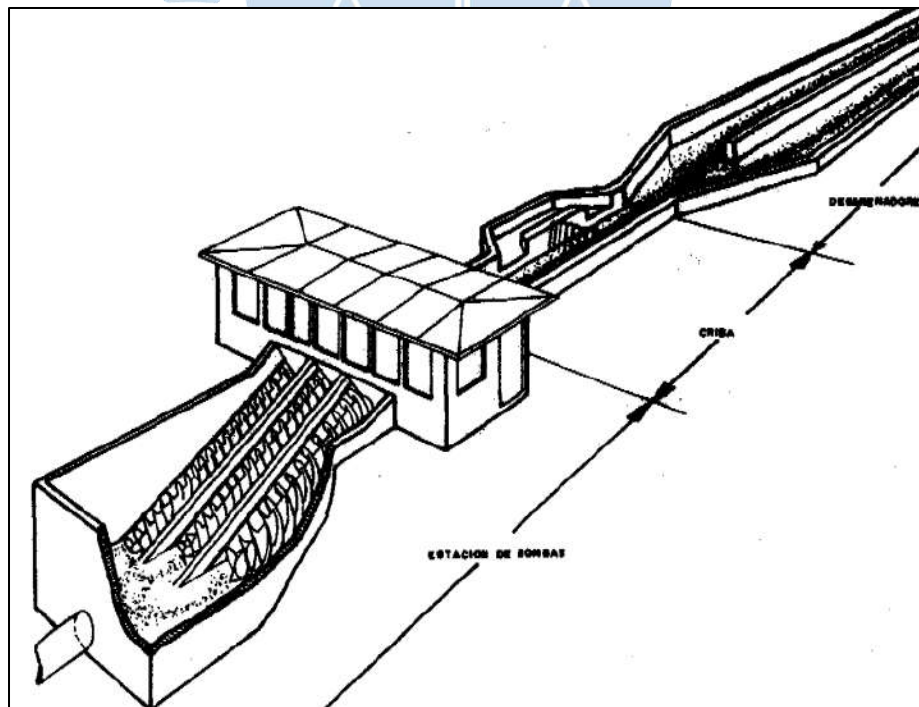


Figura 9. Esquema típico de estación de bombeo con bombas tornillo de Arquímedes

Fuente: Castilla Ruiz & Galvis Castaño (1993)

2.7 FEN

2.7.1 FEN global

Según *Bartels (2001)*, es un fenómeno que usualmente inicia en el Pacífico Occidental, cerca de Indonesia y Australia. Se pueden diferenciar 4 etapas o fases en un estado clásico, las cuales son las siguientes:

- Preludio: Comienza 18 meses antes de la cima del evento. Los vientos alisios en el Pacífico Occidental se intensifican, aumenta el nivel del mar y desciende la termodinámica en el oeste.
- Entrada: Ocurre en los meses de septiembre y octubre. Los vientos alisios empiezan a descender y aparecen las anomalías positivas (aumento de presión a nivel del mar), la temperatura de las aguas superficiales se eleva por encima de lo normal, al menos 2°C y durante eventos fuertes hasta 4- 5 °C. La circulación de Walker; que ocurre cuando el aire se eleva en el Pacífico ecuatorial occidental, desciende en el Pacífico oriental y es completada en superficie por la componente longitudinal de los vientos alisios (Facultad de Ciencias de la Universidad de La República, 2010); se debilita, reforzando las ondas de Kelvin que son un tipo especial de ondas de gravedad que son afectadas por la rotación de la Tierra y atrapada en el Pacífico ecuatorial (Instituto del Mar del Perú - IMARPE, s.f.).
- Fase Principal: Inicia en los meses de diciembre y enero, junto con anomalías que se prolongan hasta junio. Se produce un calentamiento estacional frente a la costa sudamericana. Aumenta el nivel del mar en la costa y desciende la termoclina, capa de agua donde la temperatura cambia muy rápido de acuerdo a su profundidad (Bergman, 2011). En la atmósfera se altera la presión atmosférica en zonas muy distintas, disminuyendo en el este y aumentando en el oeste. Los vientos cambian su dirección y velocidad y se desplazan las zonas de lluvia, como es el caso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Bartels, 2001).
- Fase Final: Se da un nuevo aumento de temperatura y termina con ligeras anomalías negativas (disminución de presión a nivel del mar) en febrero del año siguiente.

Este fenómeno se caracteriza por el calentamiento de las aguas en el Golfo de Alaska que provoca un aumento en el nivel del mar de 20 cm; se generan inundaciones, fuertes precipitaciones cercanas a tormentas y una elevación del nivel del mar a lo largo de las costas de EE.UU. En el resto del mundo se produce un aumento de las temperaturas globales de 0.1 a 0.2 grados centígrados; un calentamiento de la corriente de Benguela, que genera sequías extremas en el suroeste de África; también se producen sequías en Australia, el noreste de Brasil y en los estados centrales de los EE.UU.; así como también se generan inundaciones en Perú, Ecuador, Argentina, Paraguay, en el sur de Brasil y de los EE.UU.; además, se producen tornados en las islas de Tahití y Hawaii debido al traslado de las zonas de ciclones y tornados.

2.7.2 FEN costero

El término utilizado para referirse a este fenómeno surge para diferenciar eventos como el ocurrido durante las fuertes precipitaciones del verano del año 2017, ya que; al igual que el FEN del periodo 2015-2016 que, a pesar de ser uno de los más intensos registrados; no cumplía con los requisitos para ser considerado plenamente un FEN Global (Takahashi Guevara, 2017).

Cabe recalcar que el término FEN costero aún no es del todo aceptado como nomenclatura oficial de este fenómeno, debido a la difusión del término El Niño costero a través de los medios de comunicación, que hace de esta denominación la más utilizada por la mayoría de personas (Takahashi Guevara, 2017).

El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) lo define de la siguiente manera:

"El Niño costero" es un evento climático el cual, independientemente de los procesos físicos que lo puedan originar, está relacionado a la presencia de aguas anómalamente cálidas en forma persistente durante varios meses en la región del Océano Pacífico, principalmente a lo largo de la costa norte del Perú y de Ecuador. En algunos casos las aguas cálidas pueden extenderse hacia la costa central y sur del Perú. Este evento puede estar asociado a lluvias muy fuertes durante el verano en las zonas medias y bajas de la costa norte e inclusive de la costa central, así como a impactos en el ecosistema marino peruano, de acuerdo a su magnitud y persistencia.

De forma resumida, se puede decir que se caracteriza por las intensas precipitaciones en las costas del Perú y Ecuador sin tener las repercusiones alrededor del mundo características de un FEN Global, como las mencionadas en el acápite anterior, por lo cual es un acontecimiento local propio de dichas zonas (Takahashi Guevara, 2017).

Con respecto a su predicción, se cuenta con un único estudio sobre su dinámica centrado en el año 1925 que resulta muy similar al FEN costero del 2017. Se identificó como principal mecanismo de crecimiento y mantenimiento del evento al debilitamiento de los vientos alisios del sur frente a las costas de la región ecuatorial unido a un desarrollo intenso de la zona lluviosa ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical); que es la región del globo terrestre donde convergen los vientos alisios del hemisferio norte con los del hemisferio sur, al sur del Ecuador. Este debilitamiento de los vientos en esta zona trajo consigo la reducción del enfriamiento por evaporación, el calentamiento superficial por radiación solar y permitió el ingreso de aguas cálidas del norte, es decir, la "corriente del Niño". Al estar asociado este fenómeno al calentamiento de una capa de agua de 30 m aproximadamente y a la respuesta de la circulación atmosférica local, la dinámica es mucho más rápida que la de un FEN Global y el calentamiento puede ocurrir en semanas. Hay factores que podrían permitir una predicción con más tiempo de anticipación, como los propuestos por Yang y Magnusdottir en 2016 que indican que las corrientes frías y secas en el Pacífico ecuatorial central; y cálidas, así

como también lluviosas, en el Pacífico occidental, son necesarias para una ZCIT sur intensa, consistente con lo explicado líneas arriba. Por lo que se llega a la conclusión que si se tienen condiciones de “La Niña Global” (fase fría del ENOS) hacia finales de año, hay más probabilidad de que ocurra un FEN costero en el verano siguiente (Takahashi Guevara, 2017).





Capítulo 3

Características del Asentamiento Humano Los Algarrobos, etapas II y IV Etapa

3.1 Estudio hidrológico

3.1.1 Ubicación de la cuenca

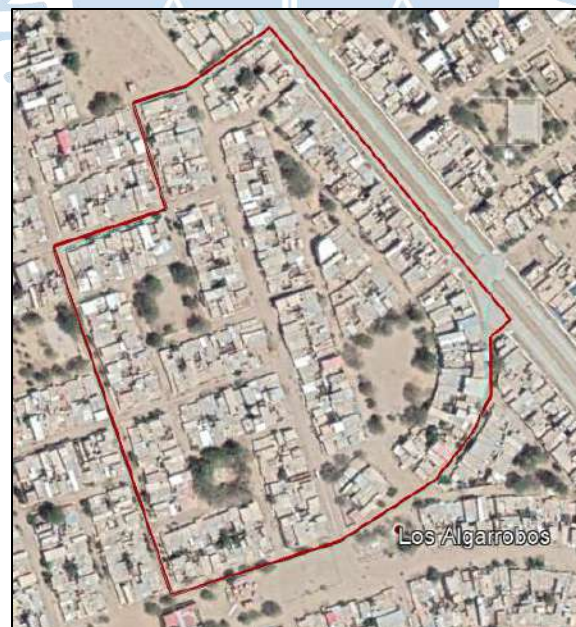
Tal como se mencionó en el capítulo 1 el lugar de estudio pertenece al conjunto de 30 subcuencas de la franja central de la ciudad de Piura, siendo este el Asentamiento Humano Los Algarrobos etapas II y IV, ubicado en la ciudad de Piura; esta zona tiene como límite al oeste la Calle H, propia del A. H. Los Algarrobos; al este la Avenida José Aguilar Santisteban; al norte la Calle Q, propia del A. H. Los Algarrobos; y al sur el A. H. Los Algarrobos-Sector 28, la Comisaría Los Algarrobos y la Calle 2, propia del A. H. Los Algarrobos (figura 10). Esta subcuenca de estudio no recibe aguas provenientes de subcuencas vecinas por encontrarse en la zona más alta ubicada en el extremo norte de este conjunto de subcuencas.

Esta zona presenta un suelo arenoso y gran parte de las calles están sin pavimentar, las calles que están asfaltadas se encuentran muy deterioradas, mientras que las que están pavimentadas con bloquetas se mantienen en un mejor estado. Existen varias intersecciones donde se pueden llegar a generar inundaciones debido a la convergencia de calles con pendientes cuyos sentidos son hacia dicho punto.

Al ser considerada como una cuenca en el presente proyecto, los puntos de salida del flujo que influye en la zona serían las calles en el límite sur: A.H. Los Algarrobos-Sector 28, Comisaría Los Algarrobos y la Calle 2. Cabe recalcar que parte del flujo no influye en la subcuenca colindante a este límite sur (Ver sección de planos).

Fuente: Google Maps

Haciendo uso del software Google Earth Pro se obtuvo el valor de área de 0.1249 km² o 12.5 ha y un perímetro de 1453 m; y con el software AutoCAD el valor del área resulta de 0.1224 km² o 12.2 ha y un perímetro de 1442 m siendo el valor del área a utilizar un aproximado de 13 ha, considerada según Campos (1992) como una cuenca pequeña.



Fuente: Google Earth Pro

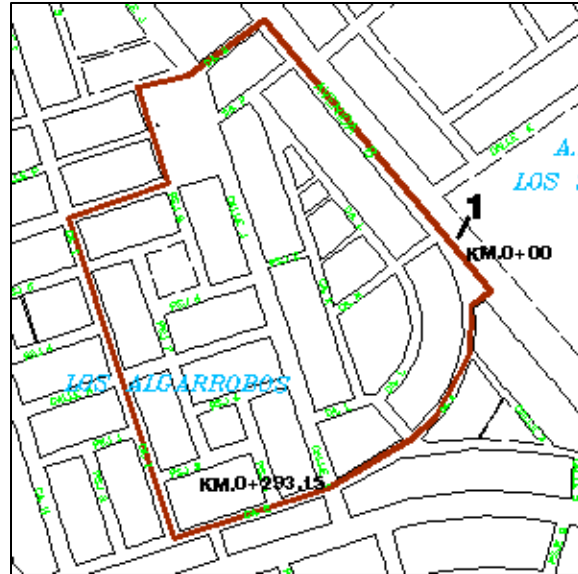


Figura 12. Área y perímetro de la cuenca de estudio.

Fuente: 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 (2009)

3.2 Climatología

Tal como se explicó en el capítulo 1, el clima de la ciudad de Piura y por ende el de la zona, se caracteriza por las altas temperaturas a lo largo del año, siendo las mayores registradas durante los días de verano, llegando a alcanzar valores muy cercanos a los 40°C; además la zona en cuestión presenta fuertes vientos que por las condiciones actuales del terreno y lugares aledaños suele estar cargada de partículas de polvo que cubren las pistas, lo cual se debe tomar en cuenta (RPP Noticias, 2015).

3.3 Estudio topográfico

Para cualquier obra civil, los datos sobre las condiciones del terreno son determinantes, en este caso se describirán las características del terreno desde un punto de visto topográfico, siendo este aspecto importante para conocer las pendientes de las superficies de las vías, las cuales a su vez son fundamentales para dar con el flujo de diversos fluidos, como las aguas de lluvia que deben ser drenadas de zonas urbanas para evitar los problemas que el exceso de estas conlleva.

En el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo un levantamiento topográfico usando un nivel de ingeniero y otras herramientas de apoyo. Se realizaron las mediciones de las cotas en cada buzón de alcantarillado y en los puntos donde se consideró necesario debido a algún cambio brusco de pendiente u otros motivos. A su vez, estos datos se compararon con información obtenida a través del software Google Earth y con planos realizados por la

Municipalidad de Piura, específicamente por E.P.S. Grau S.A., siendo estos últimos los que se decidió utilizar debido a la mayor confiabilidad y detalle que presentan; no obstante, se tuvo que comparar las mediciones propias con las de los planos para ver si resultaba viable escogerlas. Cabe recalcar que los datos mencionados también se ven respaldados por un plano de curvas a nivel de la ciudad de Piura realizado por la “Dirección de Planeamiento Urbano” elaborado por la Municipalidad de Piura (Ver Anexos C y D).

A continuación, se muestra una tabla donde se detallan las cotas de los puntos considerados en este proyecto y una figura donde se puede apreciar la ubicación de dichos puntos:

Tabla 18. Cotas de los puntos de la cuenca

Punto	Cota (m.s.n.m)	Punto	Cota (m.s.n.m)
1	39.57	27	43.86
2	38.21	28	44.66
2'	37.92	29	43.56
3	38.31	30	43.11
4	37.82	31	45.71
5	37.84	33	45.24
6	38.16	34	42.54
7	39.88	35	39.85
8	37.49	36	37.73
9	38.18	37	37.74
10	37.58	39	38.11
11	38.20	40	37.78
12	42.29	41	37.57
13	42.55	42	38.21
14	42.54	43	38.72
15	41.96	44	38.78
16	42.70	45	38.28
17	43.81	46	38.29
18	43.22	47	37.84
19	43.23	48	39.15
20	42.65	50	39.57
21	40.96	51	41.48
22	43.12	52	43.90
23	39.22	53	45.02
24	39.57	54	39.43
25	41.77	55	37.82
26	43.05	56	38.22

Fuente: E.P.S. Grau S.A. (2007)

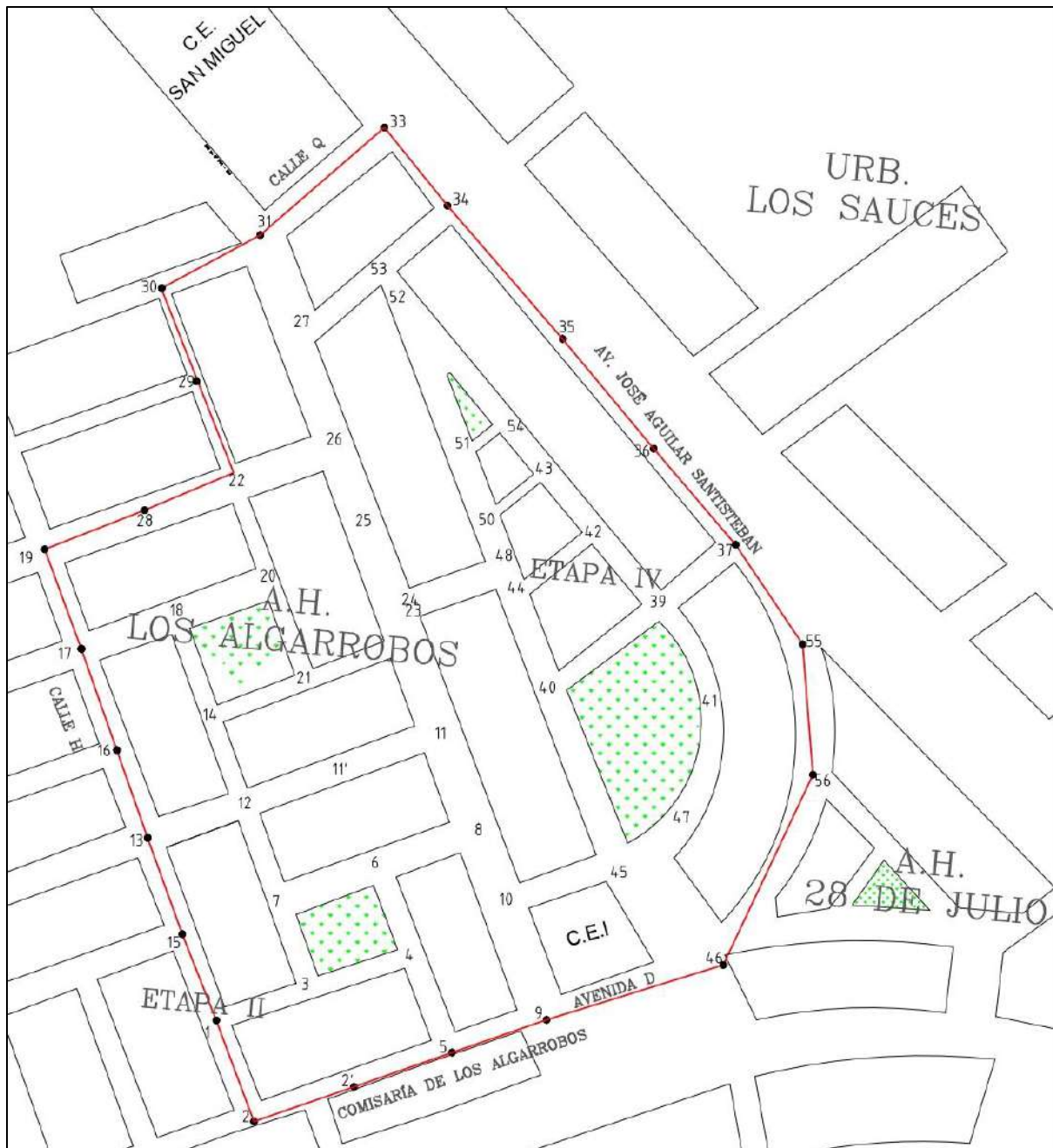


Figura 13. Puntos de estudio de la cuenca.

Fuente: 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 (2009)

Asimismo, se muestran las pendientes longitudinales de cada tramo presente en la zona de estudio y una figura con el sentido del flujo del agua:

Tabla 19. Pendientes de los tramos de la cuenca

TRAMO	S longitudinal (m/m)	TRAMO	S longitudinal (m/m)	TRAMO	S longitudinal (m/m)
1-2	0.0215	46-45	0.0002	12-11'	0.0536
15-1	0.0466	45-40	0.0054	11'-11	0.0237
13-15	0.0113	44-40	0.0192	14-21	0.0312
16-13	0.0028	48-44	0.0219	21-23	0.0301
17-16	0.0189	50-48	0.0219	17-18	0.0118
17-19	0.0111	51-50	0.0219	18-20	0.0104
7-3	0.0302	52-51	0.0329	28-19	0.0267
12-7	0.0456	53-52	0.0663	28-22	0.0287
14-12	0.0050	42-39	0.0055	22-26	0.0013
18-14	0.0112	43-42	0.0055	31-30	0.0013
5-4	0.0003	54-43	0.0473	46-9	0.0013
6-4	0.0066	52-54	0.0473	46-56	0.0010
20-21	0.0278	55-37	0.0011	56-55	0.0046
22-20	0.0090	37-36	0.0001	45-10	0.0120
29-22	0.0090	35-36	0.0280	45-47	0.0093
29-30	0.0090	34-35	0.0391	47-41	0.0048
9-10	0.0086	33-34	0.0530	39-41	0.0101
10-8	0.0020	2-2'	0.0056	39-40	0.0043
11-8	0.0133	2'-5	0.0015	39-37	0.0074
23-11	0.0202	9-5	0.0062	44-42	0.0236
24-23	0.0423	1-3	0.0248	24-48	0.0274
25-24	0.0423	3-4	0.0093	50-43	0.0343
26-25	0.0211	7-6	0.0324	53-27	0.0230
27-26	0.0175	6-8	0.0124	53-34	0.0500
31-27	0.0365	13-12	0.0052	31-33	0.0058

Fuente: E.P.S. Grau S.A. (2007)

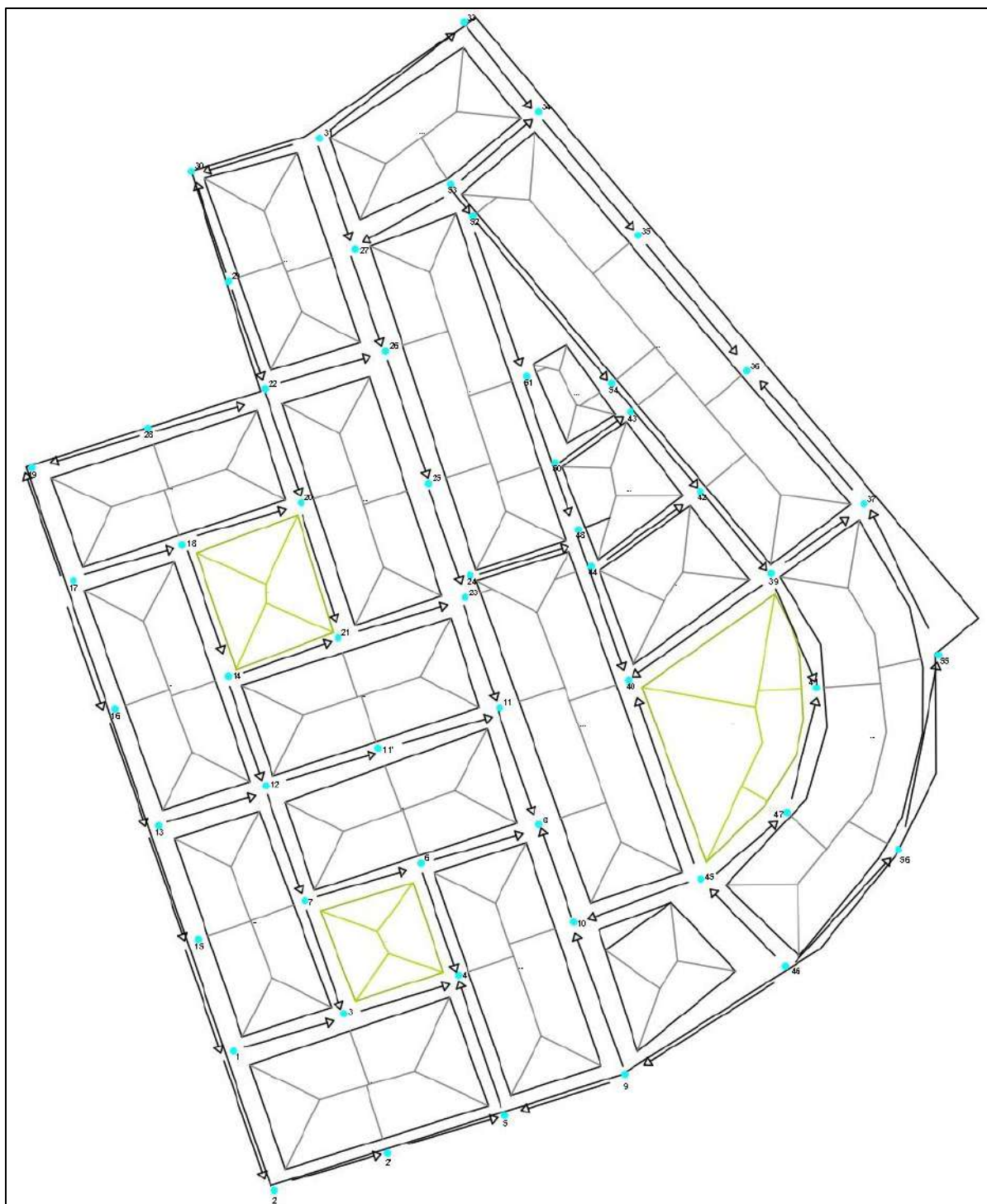


Figura 14. Sentidos del flujo.

Fuente: 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 (2009)

Tomando en cuenta las cotas indicadas y el sentido del flujo se pueden observar puntos donde las aguas convergen tales como los puntos 4, 8, 40 y 41; siendo consideradas como cuencas ciegas y zonas de riesgo durante la presencia de fuertes precipitaciones, razón por la

cual serán de gran importancia al momento de realizar el diseño del sistema de drenaje pluvial. Dichos puntos se pueden observar en la sección de planos.

3.3.1 Altimetría

El terreno de la zona de estudio presenta sectores donde la superficie tiende a una pendiente nula mientras que en otros tramos presentan pendientes desde suaves hasta medias con valores de 5%. Cabe resaltar que los tramos entre buzones o esquinas no siempre presentan una pendiente constante, ya que se pueden encontrar depresiones o elevaciones que interrumpen la continuidad de la pendiente; sin embargo se pretenden eliminar algunos de estos problemas con la pavimentación de las calles, siguiendo el diseño de pavimento planteado en una calle aledaña a la zona de estudio, descrita en el estudio “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” (Municipalidad Provincial de Piura, 2010). Este estudio indica que el diseño de pavimento en el tramo 1 del proyecto, el cual es el tramo que comparte el proyecto con la cuenca de estudio, será de un pavimento rígido usando losas de concreto, por lo cual se asumirá que se utilizará ese mismo material para el presente proyecto, siendo bastante recomendado para zonas donde se presentan fuertes precipitaciones.

3.3.2 Planimetría

La planimetría del lugar de estudio, A. H. Los Algarrobos II y IV etapa, está conformada por etapas, que a su vez se dividen en manzanas de forma rectangular e irregular. Como toda zona residencial, presenta la distribución de espacios determinados por norma, destinados a recreación pública, parques zonales, educación y otros fines.

Si bien es cierto, actualmente existen pistas que no presentan pavimentación y se podrían considerar como trochas; sin embargo, para el desarrollo de cualquier proyecto de drenaje pluvial es necesario tener las pistas o carreteras en el mejor estado, por lo cual en el presente proyecto se considerarán pavimentadas.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) se pueden dividir las carreteras de acuerdo a la demanda y orografía o relieve.

De acuerdo a la demanda se podrían considerar como carreteras de primera clase en los tramos comprendidos entre los puntos 33 y 37; como carreteras de segunda clase a los tramos entre los puntos 31 y 9; y como carreteras de tercera clase y trochas carrozables al resto de tramos.

De acuerdo a la orografía se podrían considerar la mayoría de pistas como terreno plano (Tipo 1) y como terreno ondulado (Tipo 2), teniendo en cuenta las pendientes variables en la presente cuenca.

Cabe recalcar que la división realizada se ha hecho tomando en cuenta la información disponible; así como también, las visitas de campo que muestran el comportamiento real en las carreteras y las que han sido más determinantes debido a la poca información que se dispone.





Capítulo 4

Propuesta de diseño de drenaje pluvial

4.1 Bases de diseño

A continuación, se presentan ciertos conceptos y datos tomados en cuenta en el diseño del sistema de drenaje pluvial en este proyecto.

4.1.1 Estudio de suelos

De acuerdo al estudio realizado por la Universidad de Piura en el año 2010, la zona presenta un suelo conformado principalmente por materiales granulares de arenas pobremente graduadas (SP), limosas (SP-SM y SM) y en menor frecuencia arcillas de baja (CL) y alta (CH) plasticidad. En el Anexo A se muestra el perfil típico del suelo de la zona de estudio.

4.1.2 Caudal de diseño

Según la Norma OS.060 (2006), en los sistemas de drenaje urbano menor, el caudal de diseño se puede calcular de dos formas de acuerdo a la magnitud del área de la cuenca a drenar: si esta es menor de 13 Km² se utiliza el método racional; y si es mayor de 13 Km² se optará por el método del hidrograma unitario o modelos de simulación. Por consiguiente, al tener la cuenca de estudio un área inferior a los 13 Km² se procederá a aplicar el método racional, el cual ha sido explicado en detalle en el acápite 2.1.1.

Para áreas urbanas, donde el área de drenaje está compuesta de subáreas o subcuencas de diferentes características, el caudal pico proporcionado por el método racional viene expresado por la ecuación 1-6:

$$Q = \frac{1}{360} * \sum_{j=1}^m C_j * I * A_j \quad \text{Ecuación 1 - 6}$$

Donde:

Q: Caudal pico en m³/s

I: Intensidad de la lluvia de diseño en mm/hora

C_j: Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuencas

A_j: Área de drenaje de la j-ésima de las subcuencas en Km²

m: Número de subcuencas drenadas por un alcantarillado

Las subcuencas están definidas por las entradas o sumideros a los ductos y/o canalizaciones del sistema de drenaje.

La cuenca está definida por la entrega final de las aguas a un depósito natural o artificial, de agua (corriente estable de agua, lago, laguna, reservorio, etc); para el presente proyecto ya fue definida en el acápite 3.1.1.

La cuenca en estudio corresponde a un área urbana, por lo que se considerará calcular el caudal con la fórmula anteriormente expuesta, la cual indica que existirá una acumulación de los valores de los caudales conforme vaya escurriendo el agua por alguna superficie; y debido a que en este proyecto se realizará el análisis por tramos, este método resulta bastante práctico, siendo el caudal en el último tramo la acumulación de los anteriores. Dicha influencia sobre cada tramo se hará de manera proporcional de acuerdo a la continuidad del flujo en cada uno, es decir, si un tramo continuo se divide en dos o más, cada tramo recibiría un porcentaje del caudal del primero, no la totalidad; esta división se explica tomando como base el estudio realizado por Siancas (2018) donde se analiza el comportamiento del flujo de aguas en ríos. Cabe recalcar que a pesar de que las aguas en ríos y en zonas urbanas presentan diferentes comportamientos, para propósitos prácticos resulta conveniente, teniendo como resultado los siguientes gráficos:

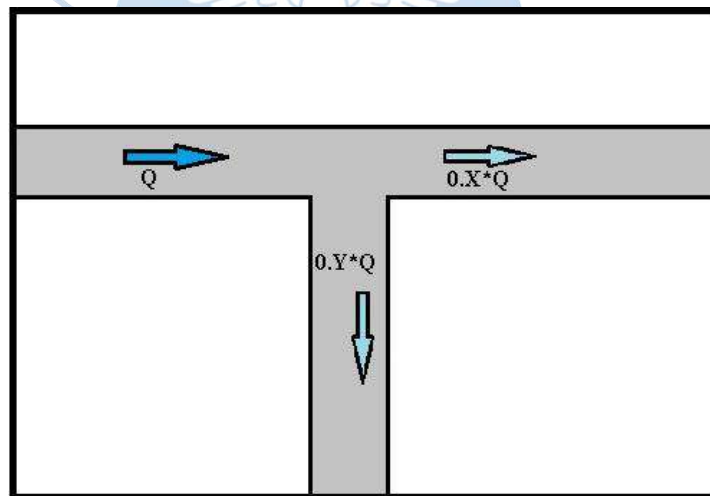


Figura 15. División de aguas de un tramo.

Fuente: Siancas (2018)

Para tramos que se dividen en 2, uno continuo y otro perpendicular, se consideró la división de la siguiente manera:

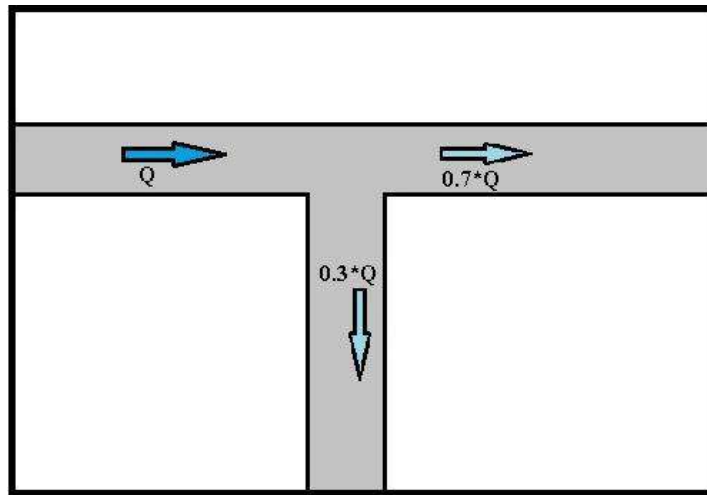


Figura 16. División de aguas de un tramo a 2.

Para tramos que se dividen en 3, uno continuo y dos perpendiculares, se consideró la división de la siguiente manera:

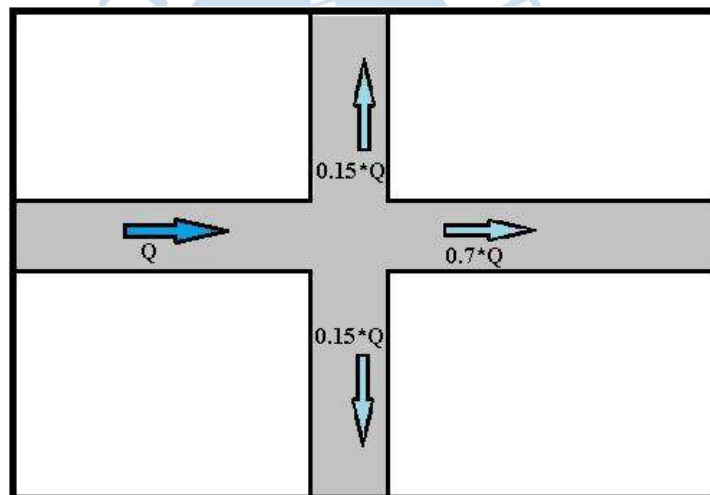


Figura 17. División de aguas de un tramo a 3.

Cabe recalcar que el valor de los caudales en cada tramo depende del valor de las áreas acumuladas en ellos, por lo que la división mencionada se hará en las áreas y no directamente en los caudales obtenidos, tal como se detallará en la tabla 20.

Así mismo, se analizarán los caudales en cada tramo delimitado por buzones o donde se haya considerado conveniente debido a la presencia de esquinas o cambios de pendientes, entre otros factores; además esta forma resulta conveniente porque se pueden desarrollar soluciones específicas enfocadas en cada tramo.

4.1.3 Áreas tributarias

Al ser la zona de estudio un área residencial se han considerado como áreas tributarias las diversas superficies por las que escurren las aguas de lluvia tales como veredas, bermas, el pavimento y los techos de las casas. Se consideró de esta forma debido a que todas estas

superficies aportan una cantidad de agua significativa al sistema de drenaje pluvial, facilitando así los cálculos para el diseño de este.

El método escogido para la distribución del escurrimiento de las aguas de lluvia sobre las superficies presentes en el proyecto es el método del “sobre” el cual también es utilizado para distribuir las cargas de una losa y así conocer los esfuerzos que soportan las estructuras debajo de ella. Siendo este método tan eficaz, se podría utilizar para conocer las áreas aproximadas que ocupan las aguas de lluvia en alguna superficie dirigiéndolas a los tramos analizados; y así poder usar estos datos para calcular los caudales.

En la siguiente imagen se puede observar la división de las áreas de techo de un lote perteneciente a la cuenca utilizando el método del “sobre”:

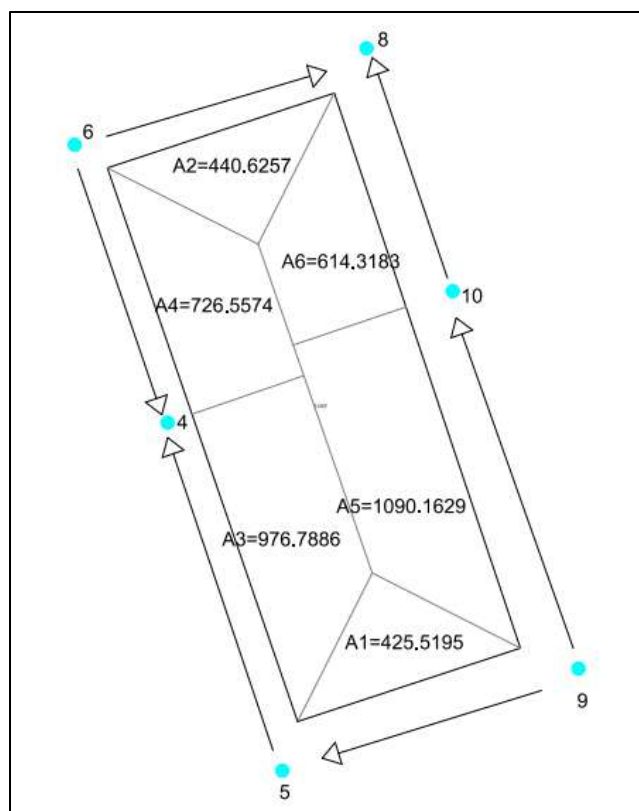


Figura 18. Ejemplo de áreas tributarias

Fuente: Google Earth Pro

Como se puede observar en la figura 18, la distribución de áreas se ha hecho tomando en cuenta la ubicación de los buzones, determinando los límites entre cada tramo analizado. Cabe recalcar que las medidas se obtienen haciendo uso del software AutoCad y en la sección de planos se puede tener una mejor visualización de esta distribución.

A continuación, de acuerdo a lo mencionado en el acápite 4.1.2, en la tabla 20 se presentarán los valores de las áreas acumuladas a utilizar para el cálculo de los caudales en cada tramo:

Tabla 20. Distribución de las áreas acumuladas por tramos

Tramo	Área	Área Acumulada
1-2	A1-2	$A1-2+0.7*A15-1$
15-1	A15-1	$A15-1+A13-15$
13-15	A13-15	$A13-15+0.7*A16-13$
16-13	A16-13	$A16-13+A17-16$
17-16	A17-16	A17-16
17-19	A17-19	A17-19
7-3	A7-3	$A7-3+0.7*A12-7$
12-7	A12-7	$A12-7+0.7*A14-12+0.3*A13-12$
14-12	A14-12	$A14-12+0.7*A18-14$
18-14	A18-14	$A18-14+0.3*A17-18$
4-5	A4-5	$A4-5+A2'-5+A9-5$
6-4	A6-4	$A6-4+0.3*A7-6$
20-21	A20-21	$A20-21+A22-20+A18-20$
22-20	A22-20	$A22-20+0.7*A29-22+0.3*A28-22$
29-22	A29-22	A29-22
29-30	A29-30	A29-30
10-9	A10-9	$A10-9+0.3*A46-9$
8-10	A8-10	$A8-10+A10-45+A10-9$
11-8	A11-8	$A11-8+A23-11+A11'-11$
23-11	A23-11	$A23-11+A24-23+A21-23$
24-23	A24-23	$A24-23+0.7*A25-24$
25-24	A25-24	$A25-24+A26-25$
26-25	A26-25	$A26-25+A27-26+A22-26$
27-26	A27-26	$A27-26+A31-27+A53-27$
31-27	A31-27	A31-27
46-45	A46-45	A46-45
40-45	A40-45	$A40-45+A46-45$
44-40	A44-40	$A44-40+0.7*A48-44$
48-44	A48-44	$A48-44+A50-48$
50-48	A50-48	$A50-48+0.7*A51-50$
51-50	A51-50	$A51-50+A52-51$
52-51	A52-51	$A52-51+0.5*A53-52$
53-52	A53-52	A53-52
42-39	A42-39	$A42-39+A43-42$
43-42	A43-42	$A43-42+A54-43$
54-43	A54-43	$A54-43+A52-54$
52-54	A52-54	$A52-54+0.5*A53-52$
55-37	A55-37	$A55-37+A56-55$
36-37	A36-37	$A36-37+A55-37+A39-37$
35-36	A35-36	$A35-36+A34-35$
34-35	A34-35	$A34-35+A33-34+A53-34$
33-34	A33-34	$A33-34+A31-33$

Tabla 20. Distribución de las áreas acumuladas por tramos

Tramo	Área	Área Acumulada
2-2'	A2-2'	A2-2'+A1-2
2'-5	A2'-5	A2'-5+A2-2'
9-5	A9-5	A9-5+A46-9
1-3	A1-3	A1-3+0.3*A15-1
3-4	A3-4	A3-4+A1-3+A7-3
7-6	A7-6	A7-6+0.3*A12-7
6-8	A6-8	A6-8+0.7*A7-6
13-12	A13-12	A13-12+0.3*A16-13
12-11'	A12-11'	A12-11'+0.7*A13-12+0.3*A14-12
11'-11	A11'-11	A11'-11+A12-11'
14-21	A14-21	A14-21+0.3*A18-14
21-23	A21-23	A21-23+A14-21+A20-21
17-18	A17-18	A17-18
18-20	A18-20	A18-20+0.7*A17-18
28-19	A28-19	A28-19
28-22	A28-22	A28-22
22-26	A22-26	A22-26+0.7*A28-22+0.3*A29-22
31-30	A31-30	A31-30
46-9	A46-9	A46-9
46-56	A46-56	A46-56
56-55	A56-55	A56-55+A46-56
10-45	A10-45	A10-45+0.15*A46-45
45-47	A45-47	A45-47+0.15*A46-45
47-41	A47-41	A47-41+A45-47
39-41	A39-41	A39-41+0.7*A42-39
39-40	A39-40	A39-40+0.15*A42-39
39-37	A39-37	A39-37+0.15*A42-39
44-42	A44-42	A44-42+0.3*A48-44
24-48	A24-48	A24-48+0.3*A25-24
50-43	A50-43	A50-43+0.3*A51-50
53-27	A53-27	A53-27
53-34	A53-34	A53-34
31-33	A31-33	A31-33

4.1.4 Periodo de retorno de diseño

Tomando en cuenta lo irregular que es el periodo de retorno del FEN y los diversos cambios climáticos que se dan en la actualidad los cuales generan cierta incertidumbre sobre la intensidad y frecuencia de las futuras precipitaciones; así como también la magnitud del proyecto, se consideró conveniente utilizar un periodo de retorno de 50 años, lo cual prevendría las posibles inundaciones causadas por dichas precipitaciones. Si bien es cierto la norma sugiere un periodo de retorno de 25 años, ese valor es mínimo para precipitaciones

con una intensidad menor que las presentes durante el FEN, siendo esta otra razón por la cual se elige de 50 años.

4.2 Diseño hidráulico

El diseño del sistema de drenaje pluvial urbano que se desarrollará (Ver figura 20 y figura 21), consiste de un conjunto de estructuras de captación como sumideros de rejilla en calzada, ubicados estratégicamente de tal forma que puedan captar las aguas de lluvia de zonas críticas como cuencas ciegas; además presentará estructuras de conducción, como tuberías de poliéster reforzado, que se encargarán del transporte de las aguas captadas hacia una estación de bombeo ubicada en un terreno perteneciente a la comisaría Los Algarrobos y de ahí al tramo del troncal principal colindante a la zona en cuestión en la Calle 2 (ver figura 19), señalado en el estudio “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” (Municipalidad Provincial de Piura, 2010) por la Universidad de Piura. Cabe recalcar que dicho tramo consiste en un canal vía rectangular perteneciente a la obra A entre la progresiva 0+00 y 0+293.15, descrita en el estudio mencionado anteriormente.

Tabla 21. Solución planteada por punto

Punto	Solución
4	Sumidero de rejilla en calzada
8	
40	
41	

Tabla 22. Solución planteada por tramos

Tramo	Solución
4-5	Tubería
5-9	
8-10	
10-9	
45-40	
41-47	
47-45	
45-46	
46-9	
9-E.B.	



Municipalidad Provincial de Piura (

Municipalidad Provincial de Piura (



Municipalidad Provincial de Piura (

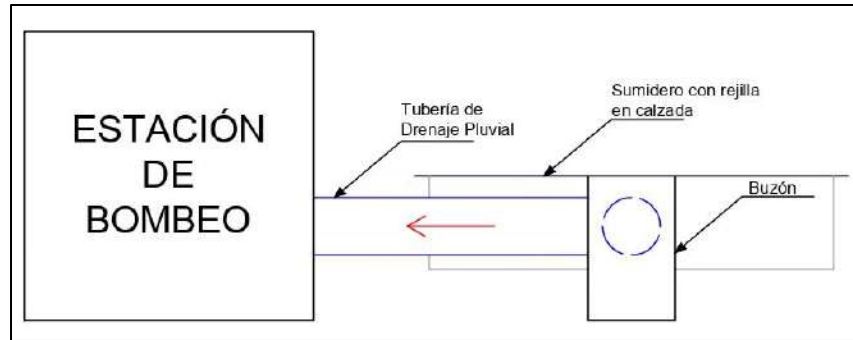


Figura 21. Esquema de sistema de drenaje pluvial – Perfil transversal

4.2.1 Cálculo de caudales

Se llevó a cabo el cálculo de los caudales en cada tramo de la cuenca, teniendo en cuenta la influencia que los tramos presentan entre ellos y considerando el procedimiento del método racional mencionado en el capítulo 2, para poder tener un análisis más detallado y plantear soluciones de forma específica. A continuación, se muestra un ejemplo del desarrollo de los cálculos, considerando el tramo 1-2 de la cuenca de estudio:

Como primer paso se procede a determinar el coeficiente de escorrentía (C) en toda la cuenca, para lo cual se deben considerar los valores de áreas tributarias que influyan sobre la cantidad de agua en cada tramo, así como también los valores de coeficiente de escorrentía que relaciona las características del suelo y periodo de retorno indicados en la tabla 8, tal como se muestra a continuación:

- Tramo 1-2:
 - Áreas tributarias:
 - Techos y azoteas: 1513.100 m²
 - Césped, suelo arenoso promedio (2-7%) pendiente: 0.000 m²
 - Veredas: 124.488 m²
 - Calles, pavimento de concreto: 858.568 m²
 - Coeficientes de escorrentía:
 - Techos y azoteas: 0.92
 - Césped, suelo arenoso promedio (2-7%) pendiente: 0.44
 - Veredas: 0.92
 - Calles, pavimento de concreto: 0.92
 - Producto de áreas tributarias con los coeficientes de escorrentía:
 - Techos y azoteas: 1392.052 m²
 - Césped, suelo arenoso promedio (2-7%) pendiente: 0.000m²

Veredas: 114.529 m²

Calles, pavimento de concreto: 789.883 m²

- Se procede a dividir la suma de los datos obtenidos en el punto anterior y la suma de las áreas tributarias originales

$$\frac{+ \quad + \quad 4 \quad + \quad 89.88}{+ 0.000 + 124.488 + 858.568} =$$

Siendo dicho valor obtenido el coeficiente de escorrentía para el tramo 1-2.

Se realiza el mismo proceso en todos los tramos de la cuenca y se calcula un valor promedio, el cual es de 0.90, y se utilizará en la ecuación del método racional.

Posteriormente se necesita calcular el valor de la Intensidad de escorrentía (I), para el cual necesitamos conocer el valor del tiempo de concentración (t_c), que se obtendrá a través del siguiente procedimiento:

- Para el cálculo del t_c se requieren ciertos cálculos previos del valor del t_0 y t_f por lo que se procederá a obtener dichos valores.

$$t_c = t_0 + t_f \quad \text{Ecuación 1 - 7}$$

- El cálculo del t_0 se hará siguiendo la fórmula de Kirpich mostrada en la tabla 12, debido a que la cuenca presenta las condiciones requeridas; por lo que se debe conocer los valores de las longitudes transversales ($L_{\text{transversal}}$) y las pendientes ($S_{\text{transversal}}$) correspondientes.

➤ $L_{\text{transversal}}$: 6.80 m

➤ $S_{\text{transversal}}$: 0.02 m/m

$$t_0 = \quad * L^{0.77} * S^{-0.385} = 385 \text{ min}$$

- Para el cálculo del t_f , se necesita conocer los valores de las longitudes a lo largo de los tramos ($L_{\text{longitudinal}}$) y las velocidades de los flujos (V) correspondientes.

➤ $L_{\text{longitudinal}}$: 63.13 m

➤ V: 2.35 m/s (Ver apéndice B)

$$t_f = (\text{—})/60 = 0.45 \text{ min}$$

- Por lo que el valor del t_c será la suma de estos valores, dando como resultado:

$$t_c = 0.835 \text{ mi}$$

- Sin embargo, nos interesa conocer el valor del t_c acumulativo, es decir la suma de todos los valores de los tramos que influyen en este, para este tramo sería el 15-1, por lo que el valor final en el tramo sería de:

$$t_c = 3.88 \text{ min}$$

$$t_{c \text{ acumulativo}} = 3.88 + 0.8$$

$$t_{c \text{ acumulativo}} = 4 \text{ min}$$

- No obstante, el valor mínimo del t_c es de 10 min según Norma OS.060 (2006), por lo que para este tramo se decide considerar dicho valor, ya que el calculado resulta mucho menor.
- Una vez obtenido este resultado se procede a calcular la intensidad de escorrentía siguiendo la fórmula brindada por el estudio “Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño costero. Caso: Ciudad de Piura” (Farias & Ruiz, 2018), de la siguiente manera:

$$\text{➤ } i_t^T = \frac{2327 * \ln(T) - 2085}{(t + 75)^{0.912}} = \frac{2327 * \ln(50) - 2085}{(10 + 75)^{0.912}} = 122.1 \text{ mm/h}$$

Este cálculo se repite con el resto de tramos y se promedian los valores, obteniendo como resultado 122.1 mm/h para toda la cuenca.

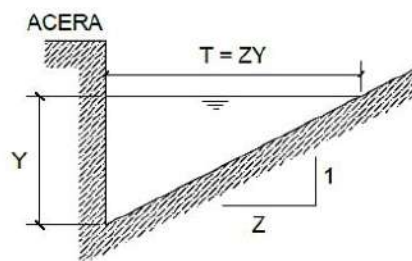
Con los valores de coeficiente de escorrentía, intensidad de precipitación y las áreas tributarias acumulativas cuyo proceso ya se explicó anteriormente en el acápite 4.1.3, se procede a calcular el caudal de cada tramo utilizando el método racional.

- $C = 0.90$
- $I = 122.1 \text{ mm/h}$
- $A_{acumulativa} = 2496.156 + 0.7 * 7238.646 = 7563.2080 \text{ m}^2$
- $Q = \frac{1}{360 * 1000} * C * I * A = \frac{1}{360 * 1000} * 0.90 * 122.1 * 7563.2080 = 0.230 \text{ m}^3/\text{s}$

De esa manera se encuentra el valor del caudal en cada tramo para poder analizarlos y optar por la mejor solución. Dichos valores están detallados en el apéndice B.

4.2.2 Capacidad hidráulica

Tal como se mencionó, la capacidad hidráulica es la cantidad de agua que puede soportar una cuneta. Las cunetas se pueden formar en el espacio entre la sección transversal de la calzada y las veredas tal como se ve en la figura 22; las cuales se procederán a analizar en el presente proyecto, ya que tomando en cuenta el valor de la capacidad hidráulica y comparándola con el valor del caudal que discurre por los tramos se puede decidir si dicho tramo necesita la implementación de una cuneta con mayor capacidad o no.



SECCIÓN: TRIÁNGULO RECTÁNGULO

Figura 22. Secciones transversales de triángulo rectángulo.

Fuente: Norma Técnica Peruana OS-060 (2006)

A continuación se procederá a detallar el cálculo de dicho valor para el tramo 1-2, siguiendo la siguiente fórmula, extraída de la Norma OS.060, (2006):

- $Q = \frac{Z}{n} * S^{\frac{1}{2}} * Y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}}$

- Donde:

Q: Caudal (m³/s)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

-S: Pendiente longitudinal del canal en m/m

-Z: Valor recíproco de la pendiente transversal (1: Z)

-Y: Tirante de agua en metros

- Primero se encuentra el valor de Z que se obtiene a partir de la pendiente transversal (S transversal).

$$S \text{ transversal} = 0.02 \text{ m/m}$$

$$Z = \frac{1}{S} = \frac{1}{0.02} = 50$$

- Luego se calcula el valor de Y tomando en cuenta el valor de la pendiente transversal (S transversal) de la calzada y la mitad del ancho (L transversal) de esta, ya que se analiza una cuneta por tramo.

$$L \text{ transversal} = 13.60 \text{ m}$$

$$L \text{ transversal} / 2 = 6.80 \text{ m}$$

$$S \text{ transversal} = 0.02 \text{ m/m}$$

$$Y = 6.80 * 0.02 = 0.136 \text{ m}$$

- Finalmente, con estos valores y los que se detallaran a continuación se halla el valor de la capacidad hidráulica de la cuneta:

$$Z = 50$$

$$n = 0.013$$

$$S = 0.0215 \text{ m/m}$$

$$Y = 0.136$$

$$Q = \frac{Z}{n} * S^{\frac{1}{2}} * Y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.858 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Al ser este valor el calculado para una cuneta a uno de los dos lados de la calzada se necesita multiplicar por 2, siendo ese el valor que se compara con el caudal que circula por el tramo analizado para ver si es necesario aumentar la

capacidad hidráulica y por ende el diseño de una cuneta o la implementación de otro diseño que cumpla con lo requerido.

$$Q_{total} = 0.858 * 2 = 1.716 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{demanda} = 0.230 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{total} > Q_{demanda}$$

- Dado el resultado anterior se concluye que en el tramo 1-2 no se necesita una mayor capacidad hidráulica por lo que no se realizarán cambios.

Se repite este proceso en todos los tramos y de esa manera se tiene un análisis más focalizado. Además, cabe recalcar que no siempre que el caudal supere la capacidad hidráulica se necesitará aumentar dicho valor, ya que también depende de la pendiente longitudinal de la calzada puesto que si esta es suficiente para permitir el flujo del caudal sin que haya un estancamiento de aguas entonces no será necesaria ninguna modificación. Se muestran los resultados de cada tramo en el apéndice C, concluyendo que no es necesaria la implementación de cunetas longitudinales debido a que la pendiente longitudinal permite un flujo adecuado sobre la calzada.

4.2.3 Dimensionamiento de estructuras de captación

Tal como se mencionó en el capítulo 2, la Norma OS.060 (2006) plantea dos estructuras que podrían encargarse de la captación de aguas de lluvia, las cuales son las cunetas y sumideros, la elección dependerá de la cuenca de estudio y del criterio del diseñador.

En el presente proyecto se ha considerado la implementación de sumideros de rejillas en calzada en puntos donde influyan dos o más tramos, es decir en las cuencas ciegas presentes en el proyecto las cuales son los puntos 4, 8, 40 y 41. En la siguiente tabla se detallan los tramos que influyen en estos puntos:

Tabla 23. Puntos críticos o cuencas ciegas en la zona de estudio

Punto	Tramos que influyen	Q (m ³ /s)
4	6-4	0.085
	3-4	0.334
	5-4	0.531
8	11-8	1.058
	6-8	0.114
	10-8	0.219
40	44-40	0.144
	45-40	0.194
	39-40	0.07
41	47-41	0.138
	39-41	0.21

Tal como se puede observar en la tabla anterior, todos los tramos convergen en cuatro puntos específicos, siendo este la cuenca ciega.

Una vez se establecen estos puntos se plantean unas dimensiones para los sumideros, que básicamente son canales o cunetas transversales a la calzada, cuya viabilidad se verificará utilizando el software HCanales, ya que, al ingresar estos datos, el software nos arroja valores que se pueden comparar con criterios de diseño anteriormente mencionados. A continuación, se realizará este procedimiento para el punto 4:

- El caudal total que llegaría al punto sería la suma de los caudales que circulan por los tramos que influyen hacia dicho punto, siendo el valor el siguiente:
 - $Q_{total} = 085 + 334 + \quad = \quad m^3/s$
- Datos asumidos
 - Ancho de solera (b)= 0.5 m
 - Talud (Z)= 0
 - Rugosidad (n)= 0.013
 - Pendiente (S)= 0.01 m/m
- En la siguiente imagen podemos observar los valores obtenidos al utilizar el software:

Datos:		
Caudal (Q):	0.9503	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.01	m/m

Resultados:		
Tirante normal (y):	0.7536	m
Área hidráulica (A):	0.3768	m ²
Espejo de agua (T):	0.5000	m
Número de Froude (F):	0.9275	
Tipo de flujo:	Subcrítico	
Perímetro (p):	2.0072	m
Radio hidráulico (R):	0.1877	m
Velocidad (v):	2.5220	m/s
Energía específica (E):	1.0778	m-Kg/Kg

Figura 23. Valores de diseño del sumidero para el punto 4.

Fuente: HCanales

- En primer lugar, el valor de la energía específica (E) debe ser mayor al valor del tirante (y) obtenido, ya que por concepto el valor del tirante está incluido en el de energía específica, por lo cual dicho criterio se cumple para las dimensiones planteadas, de lo contrario se tendría que proponer otra medida de ancho de solera o pendiente.
 - $E = 1.0778 \text{ m} \cdot \text{Kg/Kg}$
 - $y = 0.7536 \text{ m}$
 - $E > y$

- Por último, el valor de la velocidad obtenido no debe superar al valor máximo de velocidad permitido de 6 m/s, tal como se mencionó en el capítulo 2, por lo que las dimensiones planteadas también cumplen con este criterio.
 - $V = 2.5220 \text{ m/s}$
 - $V_{adm} = 6 \text{ m/s}$
 - $V < V_{adm}$
- Al cumplir todos los criterios, las dimensiones planteadas para la cuneta son aceptadas con una profundidad de 1.30 m.

Este procedimiento se repite con los sumideros en los demás puntos críticos o cuencas ciegas, teniendo así el diseño para cada punto. En la tabla 24 se muestran los valores de diseño para todos los puntos críticos.

Tabla 24. Valores de diseño de sumideros con rejilla en calzada

Sumidero con rejilla en calzada												
Punto	Q (m ³ /s)	E	Qi (m ³ /s)	b (m)	z	n	s	y	E	F	V	Profundidad total (m)
4	0.9503	100%	0.9503	0.5	0	0.013	0.01	0.7536	1.0778	0.9275	2.5220	1.30
8	1.3905	100%	1.3905	0.6	0	0.013	0.01	0.6017	0.9549	1.0835	2.6324	1.30
40	0.4075	100%	0.4075	0.5	0	0.013	0.01	0.3752	0.6157	1.1321	2.1720	0.90
41	0.3479	100%	0.3479	0.5	0	0.013	0.01	0.3315	0.5560	1.1638	2.0988	0.90

Asimismo, al ser cunetas transversales necesitarán estar cubiertas por rejillas que permitan el correcto tránsito vehicular y peatonal, por lo que teniendo como base un proyecto de drenaje implementado en la zona de Santa Isabel (Ver apéndice D), lo propuesto por la Norma OS.060 (2006) y el diseño de cada sumidero, se propone un diseño de rejillas de 0.55x1.00 m, con las siguientes especificaciones:

Tabla 25. Especificaciones de las rejillas de los sumideros

Punto	Material	Orientación	Largo (m)	Ancho (m)	Espaciamiento (m)
4	Fierro Fundido	Paralelas al flujo	9	0.55	0.05
8	Fierro Fundido	Paralelas al flujo	12	0.65	0.05
40	Fierro Fundido	Paralelas al flujo	11	0.55	0.05
41	Fierro Fundido	Paralelas al flujo	8	0.55	0.05

En la sección de planos se muestra el detalle de las cunetas y rejillas respectivas.

4.2.4 Dimensionamiento de estructuras de conducción

Tal como se indicó en el capítulo 2, la estructura de conducción escogida para el presente proyecto será un conjunto de tuberías encargadas de llevar el agua de lluvias captadas por los sumideros hacia el troncal principal detallado en el estudio “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” (Municipalidad Provincial de Piura, 2010). En la siguiente tabla se muestran los tramos que contarán con tuberías:

Tabla 26. Puntos de llegada al troncal principal

Tramo	Q (m ³ /s)	Punto de llegada
4-5	0.950	9
5-9	0.950	
8-10	0.638	
10-9	1.276	
45-40	0.408	46
41-47	0.348	
47-45	0.348	
45-46	0.755	
46-9	0.755	9
9-E.B.	2.982	E.B.

El diseño se realizará haciendo uso del software HCanales, donde se pondrán valores conocidos como los caudales a conducir y rugosidad del material; así como también valores asumidos de diámetros y pendientes. A continuación se mostrará el procedimiento de cálculo para el tramo 4-5:

- Los valores que ingresarán al software son los siguientes:
 - Caudal (Q)= 0.9503 m³/s
 - Diámetro (D)= 1.0 m
 - Rugosidad (n)= 0.009
 - Pendiente (S)= 0.002 m/m
- Se procede a ingresar los valores al software HCanales, tal como se muestra en la siguiente figura:

Datos:

Caudal (Q):	0.9503	m ³ /s
Diámetro (d):	1	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.002	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.5662	m	Perímetro mojado (p):	1.7035	m
Área hidráulica (A):	0.4587	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2692	m
Espejo de agua (T):	0.9912	m	Velocidad (v):	2.0719	m/s
Número de Froude (F):	0.9725		Energía específica (E):	0.7850	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Figura 24. Valores de diseño de la tubería para el tramo 4-5.

Fuente: HCanales

- Se procede a verificar la viabilidad del diseño tomando en cuenta los mismos criterios usados para el diseño de cunetas, donde el valor de la energía específica (E) debe ser mayor al valor del tirante (y) obtenido, por lo cual dicho criterio se cumple para las dimensiones planteadas.
 - $E = 0.7850 \text{ m}^3/\text{Kg}$
 - $y = 0.5662 \text{ m}$
 - $E > y$
- Por último, el valor de la velocidad obtenido no debe superar al valor máximo de velocidad permitido de 3.00 m/s, mencionado en el capítulo 2, por lo que las dimensiones planteadas también cumplen con este criterio.
 - $V = 2.0719 \text{ m/s}$
 - $V_{adm} = 3.00 \text{ m/s}$
 - $V_{adm} > V$
- Al cumplir todos los criterios, las dimensiones planteadas para la tubería son aceptadas.

Dicho procedimiento se repite con el resto de tramos y así se tiene una red de tuberías que puedan transportar el agua hacia los puntos indicados. Cabe recalcar que se toma en cuenta el hecho de que cada tramo posterior a otro transporta tanto el caudal propio de ese tramo como del anterior. En la tabla 27 se muestran los valores de diseño para todos los puntos críticos.

Tabla 27. Valores de diseño de tuberías

Longitud	TUBERÍAS							
	Tramo	Q (m ³ /s)	D(m)	S	n	Y(m)	E(m)	v(m/s)
64.31	4-5	0.9503	1.0	0.002	0.009	0.5662	0.785	2.0719
55.07	5-9	0.9503	1.0	0.002	0.009	0.5662	0.785	2.0719
45.21	8-10	0.6381	1.0	0.003	0.009	0.3996	0.6414	2.1779
69.83	10-9	1.2763	1.0	0.003	0.009	0.6006	0.9427	2.5909
92.08	45-40	0.4075	0.8	0.003	0.009	0.3467	0.5408	1.9517
55.74	41-47	0.3479	0.8	0.003	0.009	0.3177	0.4961	1.8710
47.26	47-45	0.3479	0.8	0.003	0.009	0.3177	0.4961	1.8710
52.86	45-46	0.7555	0.8	0.002	0.009	0.5848	0.7725	1.9188
84.26	46-9	0.7555	0.8	0.002	0.009	0.5848	0.7725	1.9188
14.00	9-E.B.	2.9821	1.4	0.002	0.009	0.9343	1.3148	2.7323

Cabe recalcar que en los tramos 8-10 y 10-9 se instalarán 2 tuberías ya que esta calzada está dividida por una berma central de aproximadamente un metro, la cual hace que en estos tramos se presenten calzadas casi independientes. Esta división se puede observar mejor en la sección de planos.

La instalación de las tuberías se hará de forma paralela a las calzadas y debajo de estas considerando las especificaciones brindadas por la Norma OS.060 (2006), las cuales ya fueron mencionadas en el capítulo 2.

Además de las tuberías también se deberán implementar buzones de inspección al inicio de cada red, en los cambios de pendiente, al cambiar la dirección y al cambiar el diámetro, tal como indica la Norma OS.060, 2006.

Finalmente, dichas aguas serán recibidas por la estación de bombeo propuesta y entregadas al Canal Vía correspondiente.

4.2.5 Selección de bombas y estación de bombeo

Tal como se mencionó en el acápite 4.2, las aguas drenadas de la cuenca serán primero recibidas en una estación de bombeo y luego enviadas al canal vía, ya que este presenta una profundidad de 0.5 m desde la rasante de la calzada, siendo el punto más bajo en la progresiva 0+293.25, la cota 37.98 m.s.n.m., la cual es menos profunda que el punto final de las tuberías planteadas, derivando así a la implementación de una caseta o estación de bombeo que lleve las aguas de dicho punto al canal indicado y de ahí al resto de la Obra A y al troncal principal. A continuación se detallarán la selección de bombas y el tipo de estación de bombeo para el presente proyecto:

4.2.5.1 Estación de bombeo

Al ser un drenaje pluvial, se implementará una estación de bombeo de tipo pluvial y por ende inundada, lo cual trae el beneficio de requerir poco espacio para su instalación y una obra civil más económica; sin embargo, también existe la desventaja del elevado costo de los equipos y su mantenimiento. No obstante, al no estar en constante funcionamiento, el mantenimiento sería el mínimo, reduciendo así la inversión en ese aspecto.

4.2.5.2 Tipos de bombas

Para el presente proyecto se podría optar por utilizar las bombas centrífugas sumergibles, ya que la estación de bombeo es de tipo inundada como se indicó en el acápite 4.2.2.1 y estas son ideales para el bombeo de líquidos con sólidos en suspensión.

De acuerdo al mercado local se utilizarían 8 bombas de serie vertical, de 1500 m³/h o 0.42 m³/s de capacidad, las cuales llevarán en conjunto un caudal máximo de 3.33 m³/s requeridos para el drenaje óptimo de la cuenca, que cuenta con un caudal final de 2.98 m³/s. Dicho modelo de bomba es brindado por la empresa Mechflow Solutions especializada en sistemas de bombeo y riego tecnificado (<https://www.mechflow-solutions.com/productos/bombas/centrifugas/>). En la figura 25 se muestra el modelo propuesto y en la figura 26, el esquema típico de una estación de bombeo pluvial inundada.



Figura 25. Bomba serie vertical.

Fuente: Mechflow Solutions

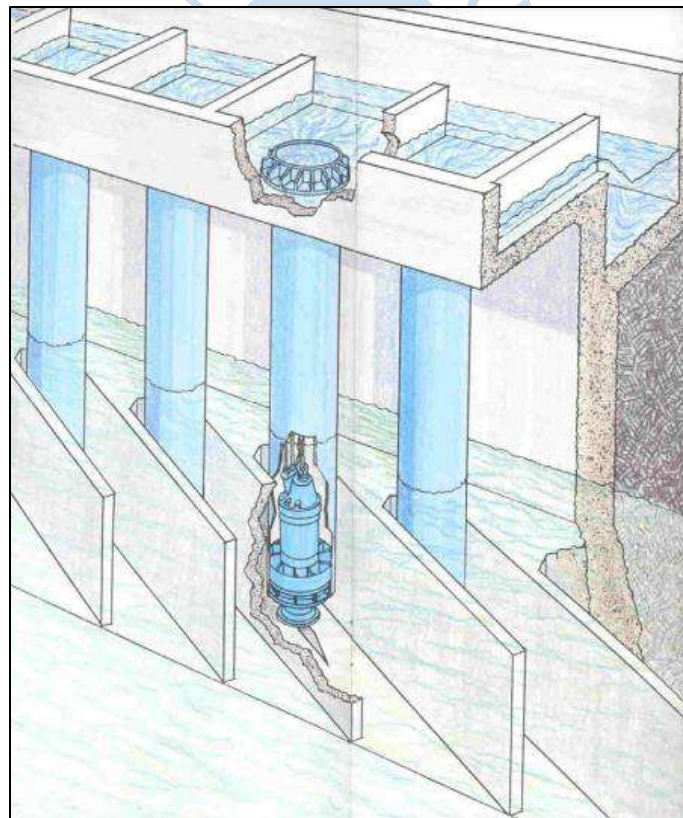


Figura 26. Esquema típico de estación de bombeo pluvial inundada.

Fuente: Estaciones de Bombeo. Operación y Mantenimiento
(Koutoudjian, s/f)

Tal como se detalló en el acápite 4.2.1.4, la otra opción con respecto al tipo de bombas a utilizar sería el de bombas tornillo de Arquímedes. Si se deciden utilizar se tendrán que hacer ciertos cálculos que serán detallados posteriormente. Cabe recalcar que los cálculos realizados están basados en la investigación en modalidad de tesis llamada “Diseño del drenaje pluvial y

evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la Ciudad de Piura” realizada por Hernández (2018). La cual nos brinda información muy precisa ya que la zona de desarrollo de la investigación está ubicada en la misma que la del presente proyecto.

4.2.5.3 Ubicación de la estación de bombeo

La ubicación de la estación de bombeo que se implementará será en una zona aledaña al proyecto, en la sección que corresponde a un terreno perteneciente a La Comisaria de Los Algarrobos limitada por la Calle J por el este y por la Calle 2 por el norte. En la figura 27 se muestra la ubicación referencial de la estación de bombeo; asimismo, en la sección de planos se puede observar en conjunto con el resto del sistema de drenaje planteado.

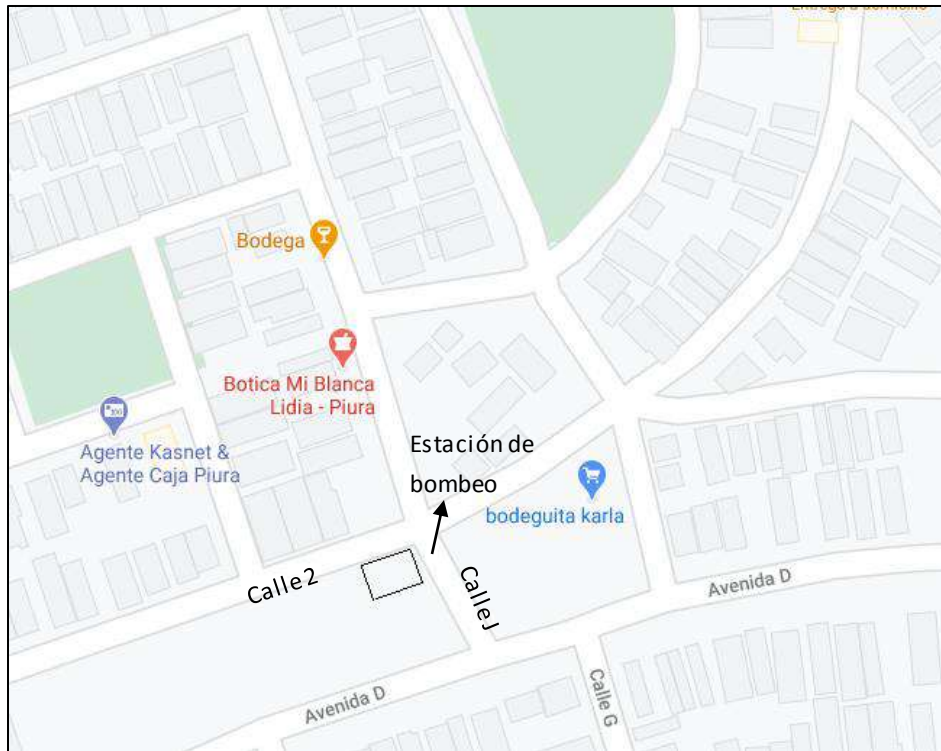


Figura 27. Ubicación de estación de bombeo.

Fuente: Google Maps

El área que abarcará será mínima, ya que al ser una estación del tipo sumergida el pozo de bombeo no requerirá de un área en superficie a nivel del terreno sino por debajo de este.

4.2.6 Cálculo de capacidad de bombas tornillo de Arquímedes

Tal como se indicó en el acápite 4.2.1.4, los cálculos presentados a continuación están sustentados en la investigación “Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la Ciudad de Piura” realizada por Hernández (2018) quien a su vez se basa en el libro “Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras” de Pérez Carmona (2013).

Se utilizarán las tablas presentadas en el Anexo B planteadas por Pérez Carmona (2013), las cuales relacionan todos los parámetros que se deben considerar al momento de diseñar una bomba de tornillo de Arquímedes, tales como: caudal, altura, ángulo de inclinación, diámetro y potencia. A continuación, se procederá a realizar el cálculo de una de las bombas que se podrían utilizar:

- Considerando el valor final del caudal a entregar de $2.982 \text{ m}^3/\text{s}$ o 2982 l/s se propone el uso de 3 bombas capaces de soportar 1000 l/s cada una, pudiendo así transportar el caudal requerido.
- Teniendo en cuenta el valor indicado de 1000 l/s y un valor de inclinación de 30° para asegurar una mayor capacidad de transporte, se obtiene una altura máxima de 6.06 m .
- Con los valores del caudal y ángulo de inclinación se obtiene el valor del diámetro de 2 m para cada bomba y una velocidad de giro de 33 rpm .
- Como último cálculo se debe relacionar la altura máxima y el caudal para obtener el valor de la potencia. Al no tener los mismos valores de altura y caudal en la tabla se opta por relacionar los valores de 6 m de altura máxima y 1194 l/s de caudal, obteniendo así una potencia de 110 KW o 148 HP .

Con lo expuesto anteriormente se concluye que se tendrían que usar 3 bombas tornillo de Arquímedes con una capacidad de 1000 l/s , una altura máxima de 6.06 m , un ángulo de inclinación de 30° , un diámetro de 2 m , una velocidad de giro de 33 rpm y una potencia de 110 KW o 148 HP cada una.



Conclusiones

En la zona no existe un sistema de drenaje pluvial y, con precipitaciones muy fuertes por un tiempo prolongado representa un problema para los moradores. Fue posible determinar que la zona requiere dicho sistema haciendo uso de los valores que se pueden obtener a través de estudios hidrológicos y el uso de conceptos básicos de hidrología, con lo cual se podrán evitar pérdidas tanto materiales como humanas.

Se contempló la posibilidad de proyectar estructuras de drenaje, como cunetas de mayor proporciones a las que se forman de manera natural en una calzada pavimentada, haciendo uso de los cálculos de caudales y capacidad hidráulica; sin embargo, fue necesario también considerar factores como las pendientes de las calles y la permeabilidad del suelo. Lo cual fue determinante para evitar la implementación de estructuras innecesarias, resaltando así la importancia de las visitas de campo y un correcto conocimiento de las condiciones de la zona a estudiar.

Las opciones de sistemas de drenaje pluvial que brinda la norma son suficientes para cualquier región del Perú por lo cual resulta incomprensible que no se lleven proyectos de este tipo en todo el Perú, ya que son de vital importancia por la climatología y topografía tan variada que presenta.

En un proyecto de sistema de drenaje pluvial urbano es primordial identificar las zonas donde convergen las aguas, ya que representan el mayor problema de inundaciones focalizadas dentro de una cuenca, siendo estas zonas las que deberían ser drenadas con urgencia y así evitar que las aguas de lluvias ingresen a las edificaciones y perjudiquen el alcantarillado existente. Tal como se realizó en el presente informe.

Con respecto al alcantarillado presente en la cuenca, solo existe de tipo sanitario, el cual es incapaz de soportar la cantidad de agua combinada de las edificaciones y las aguas de lluvia, colapsando dichos sistemas ante una fuerte precipitación, por lo cual el presente proyecto representa una solución a este problema tan urgente.

Con la propuesta de drenaje desarrollada en la presente tesis se considera que los caudales producidos con el periodo de retorno de 50 años no inundarán la zona de estudio y por lo tanto su implementación representa una solución adecuada.

De acuerdo al presente informe se concluye que la mejor manera de drenar las aguas de lluvia es a través de tuberías que conduzcan las aguas captadas haciendo uso de rejillas en calzada ubicadas en los puntos más bajos, ya que debido a las fuertes pendientes dichas aguas pueden escurrir a lo largo de las calzadas sin ningún problema hacia los puntos mencionados, sin la necesidad de implementar cunetas a lo largo de ellas.



Glosario

A continuación se presentará una lista de terminología y conceptos utilizados a lo largo del desarrollo de la tesis, extraídos de diversas fuentes como la Norma OS-060, la Guía de diseño “Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1996) ; libros como Hidrología para Ingenieros (Linsley et al., 1977), Hidrología Aplicada (Mejía, 2012), "Glosario de términos" de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2018); y Glosario de Recursos Hídricos (ANA, 2016).

- **Afluente:** Agua residual que ingresa a una planta de tratamiento de aguas residuales o proceso de tratamiento.
- **Alcantarilla:** Conducto subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una combinación de ellas.
- **Alcantarillado pluvial:** Conjunto de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.
- **Asfalto:** Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo.
- **Base:** Parte de la estructura del pavimento, constituida por una capa de material seleccionado que se coloca entre la subbase o subrasante y la capa de rodadura
- **Berma:** Zona lateral pavimentada o no de las pistas o calzadas, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y es utilizada para realizar paradas de emergencia y no causar interrupción del tránsito en la vía.
- **Capa de rodadura:** Capa superior del pavimento sobre la cual se encuentra la superficie de rodadura.
- **Cauce:** Lecho de ríos, quebradas y arroyos.
- **Caudal:** Cantidad de flujo que circula a través de una superficie por unidad de tiempo.
- **Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres:** CENEPRED.
- **Colmatar:** Rellenar una hondonada o depresión del terreno mediante sedimentación de materiales transportados por el agua.

- **Confinamiento:** Proceso por el cual un suelo es aislado, quitándole libertad de movimiento y ayudando a mantener su densidad.
- **Cuenca:** Área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.
- **Cuenca ciega:** Depresión donde convergen flujos de agua provenientes de diferentes puntos sin posibilidad de otro tipo de drenaje natural que no sea por infiltración.
- **Drenaje:** Retirar del terreno el exceso de agua no utilizable.
- **Duración:** Tiempo transcurrido entre el inicio y el fin de la lluvia, expresada en horas o minutos.
- **Efluente:** Líquido o agua residual previamente tratada proveniente de actividades realizadas por el hombre que pueden ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas.
- **Erosión:** Desgaste producido por el agua o viento sobre una superficie.
- **Evapotranspiración:** Resultado de la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.
- **Frecuencia:** Probabilidad de ocurrencia de una lluvia con una intensidad dada.
- **Hidrograma:** Gráfico de nivel o caudal contra el tiempo.
- **Hidrograma unitario:** Hidrograma resultante de una lluvia efectiva unitaria (1 cm), de intensidad constante, distribución espacial homogénea y una duración determinada.
- **Hietograma:** Diagrama de barras que representa el desarrollo temporal de una lluvia.
- **Impermeabilidad:** Resistencia de un cuerpo al paso de algún fluido a través de él.
- **Insular:** Perteneciente o relativo a una isla.
- **Intensidad:** Cantidad de lluvia por unidad de tiempo. Su unidad es mm/h o mm/min.
- **Milímetro de lluvia:** Cantidad de precipitación correspondiente a un volumen de 1 litro por metro cuadrado de superficie (altura de lluvia depositada en esta superficie).
- **Nivel freático:** Superficie en la zona de saturación de un acuífero libre sometida a la presión atmosférica.
- **Pavimento:** Estructura compuesta de capas superpuestas de diversos materiales construido en la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura.
- **Pendiente longitudinal:** Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.
- **Pendiente transversal:** Es la inclinación que tiene el conducto en un plano perpendicular a su eje longitudinal.
- **Percolación:** Paso lento de fluidos a través de materiales porosos.
- **Período de Retorno:** Período en años, en que, en media, una determinada lluvia es igualada o superada por lo menos una vez.
- **Pilón:** Receptáculo de piedra que se construye en las fuentes para que, cayendo el agua en él, sirva de abrevadero, de lavadero o para otros usos.

- **Precipitación:** Constituida por toda el agua que es depositada en la superficie terrestre por la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. Su unidad de medida es el milímetro de lluvia.
- **Rasante:** Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.
- **Sardinell (Solera):** Borde de la vereda.
- **Sedimentación:** Proceso por el cual el material sólido transportado por un líquido se deposita en el fondo de una estructura.
- **Subbase:** Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.
- **Subrasante:** Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.
- **Sumidero:** Estructura diseñada para la captación de las aguas de lluvias, ubicados generalmente antes de las esquinas para recibir dichas aguas y así evitar interrumpir la zona de tránsito de los peatones.
- **Superficie de rodadura:** Plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico.
- **Talud:** Superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén.
- **Topografía:** Conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial.
- **Vertedero:** Obra diseñada para descargar las excedencias de agua en un embalse lleno hasta su nivel de aguas máximas normales o de operación (NAMO), provocadas por las máximas avenidas que ingresan a dicho embalse.



Referencias bibliográficas

ANA. (2016). *Glosario de Recursos Hídricos*.

Banco Central de Reserva del Perú Sucursal Piura. (2016). *Caracterización del departamento de Piura*. Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Piura/piura-caracterizacion.pdf>

Bartels, M. (2001). El fenómeno El Niño y sus efectos en el río Piura. Piura: Universidad de Piura.

Bergman, J. (2011). Temperatura del Agua de los Océanos. Recuperado de <https://www.windows2universe.org/earth/Water/temp.html&lang=sp>

Calderón Salazar, C. (2017). El Niño Costero dejó 636 colegios afectados en Piura. *Walac*. Recuperado de <https://walac.pe/el-nino-costero-dejo-636-colegios-afectados-en-piura/>

Campos, A. (1992). *Procesos Del Ciclo Hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Castilla Ruiz, A., & Galvis Castaño, G. (1993). *Bombas y Estaciones de Bombeo*. Cali, Colombia: CINARA - Centro Inter-Regional de Abastecimiento.

Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2000). *Hidrología aplicada*. Bogotá: Editorial NOMOS S.A.

El Comercio. (2017). Piura: puentes locales son afectados por desborde de río. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/piura/piura-puentes-locales-son-afectados-desborde-río-410945>

El Tiempo. (2017). Senamhi: lluvia del 21 y 22 de marzo fue la más fuerte del 2017. Recuperado de <http://eltiempo.pe/lluvia-fue-la-mas-la-fuerte-del-2017/>

ESCALE, & Ministerio de Educación del Perú. (s/f). Mapa de Escuelas. Recuperado de <http://sigmed.minedu.gob.pe/mapaeducativo/>

Facultad de Ciencias de la Universidad de La República. (2010). Circulación general de la atmósfera. En *Materia: Climatología* (p. 13).

Farias, M., & Ruiz, M. (2018). Determinación de ecuación Intensidad-Duración- Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero. Caso : ciudad de Piura, (July), 19–21.

- Hernández, M. (2018). *Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura*. Universidad de Piura.
- Huamán Vidaurre, J. F. (2012). *Drenaje Pluvial Urbano*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Instituto del Mar del Perú - IMARPE. (2013). Simulación de las ondas Kelvin en El Pacífico Tropical. Recuperado de http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I017804010000000000000000
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2017). *Piura-Compendio Estadístico 2017*. Piura: INEI.
- Koutoudjian, J. (s/f). *Curso de Hidrología y Diseño de Captaciones de Aguas Superficiales y Meteóricas. Estaciones de Bombeo. Operación y mantenimiento*.
- Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. (1977). *Hidrología para ingenieros* (2da ed.). Bogotá: Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, S.A.
- Mejía, J. A. (2012). *Hidrología aplicada*. (U. N. A. de La Molina, Ed.) (1ra ed.). Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS DG-2014*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2018). *"Glosario de términos" de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006a). *Norma OS.060*. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, C. (1996). Capítulo 4 Diseño, Selección y Presentación de obras. En *Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño*.
- Mott, R. L., & Untener, J. A. (2015). *Mecánica de fluidos* (7ma ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Municipalidad Provincial de Piura. (2010). *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*. Piura: Municipalidad Provincial de Piura.
- Municipalidad Provincial de Piura. (2010). *Plan Vial Provincial Participativo 2010-2019*.

- Municipalidad Provincial de Piura. (2017). Distritos de Piura. Recuperado de <http://www.munipiura.gob.pe/79-ciudad/117-distritos-de-piura-2#piura>
- Municipalidad Provincial de Piura, & CENEPRED. (2017). *Informe de evaluación del riesgo de inundación pluvial Y fluvial originado por lluvias intensas en el área urbana del Distrito de Piura-Piura*. Piura: Municipalidad Provincial de Piura.
- Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras* (1a ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.
- RPP Noticias. (2015). Temperatura en Piura alcanza límites históricos. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/actualidad/temperatura-en-piura-alcanza-limites-historicos-noticia-768615>
- Siancas, Y. (2018). *Estudio del comportamiento de sedimentos en bifurcaciones para bocatomas, mediante modelación numérica*. Universidad de Piura.
- Sistema intermunicipal de los servicios de agua potable y alcantarillado - SIAPA. (2014). Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Alcantarillado Sanitario. En *Actualización de los criterios y lineamientos técnicos para factibilidad en la Z.M.G* (p. 20). Sistema intermunicipal de los servicios de agua potable y alcantarillado - SIAPA.
- Takahashi Guevara, K. (2017). Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero”. *Avances en la ciencia de El Niño: Colección de artículos de divulgación científica 2017*, 4, 4–7. Recuperado de http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/Divulgacion_PPR_El_Nino_IGP_201704.pdf
- Weather Spark. (s/f). Weather Spark. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/18257/Clima-promedio-en-Piura-Perú-durante-todo-el-año>



Apéndices





Apéndice A

Resultados del valor de coeficiente de escorrentía (C) para todos los tramos



	ÁREAS(m2)				COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA						
TRAMO	A1	A2	A3	A4	C1	C2	C3	C4	Ct	Área (m2)	Área Acumulada (m2)
	TECHOS Y AZOTEAS	CÉSPED, SUELO ARENOSO PROMEDIO (2-7%) PENDIENTE	VEREDAS	CALLES PAVIMENT O DE CONCRETO	0.92	0.44	0.92	0.92			
1-2	1513.100		124.488	858.568	1392.052	0.000	114.529	789.883	0.92	2496.156	7563.208
15-1	1437.526		108.528	696.864	1322.524	0.000	99.846	641.115	0.92	2242.918	7238.646
13-15	1114.968		104.040	710.600	1025.771	0.000	95.717	653.752	0.92	1929.608	4995.728
16-13	1213.782		107.400	738.072	1116.680	0.000	98.808	679.026	0.92	2059.254	4380.172
17-16	1401.594		119.916	799.408	1289.466	0.000	110.323	735.455	0.92	2320.918	2320.918
17-19	840.599		98.412	713.048	773.351	0.000	90.539	656.004	0.92	1652.059	1652.059
7-3	732.143	538.539	107.676	442.595	673.572	236.957	99.062	407.187	0.78	1820.953	5303.739
12-7	1089.166		100.584	449.650	1002.032	0.000	92.537	413.678	0.92	1639.400	4975.409
14-12	1160.018		105.840	427.975	1067.217	0.000	97.373	393.737	0.92	1693.833	3627.824
18-14	929.641	703.174	130.512	516.205	855.270	309.397	120.071	474.909	0.77	2279.533	2762.844
4-5	1609.301		128.676	617.376	1480.557	0.000	118.382	567.986	0.92	2355.353	17454.680
6-4	726.557	539.066	104.088	493.056	668.433	237.189	95.761	453.612	0.78	1862.767	2790.608
20-21	943.203	703.166	133.572	450.364	867.746	309.393	122.886	414.335	0.77	2230.305	8590.059
22-20	1078.975		101.388	344.586	992.657	0.000	93.277	317.019	0.92	1524.949	3309.892
29-22	1114.365		101.040	404.916	1025.216	0.000	92.957	372.523	0.92	1620.321	1620.321
29-30	1102.608		103.392	414.510	1014.400	0.000	95.121	381.349	0.92	1620.510	1620.510
10-9	1491.002		142.476	935.722	1371.722	0.000	131.078	860.864	0.92	2569.200	3321.878
8-10	1232.691		94.860	605.814	1134.076	0.000	87.271	557.349	0.92	1933.365	7185.500
11-8	1593.966		116.184	716.900	1466.448	0.000	106.889	659.548	0.92	2427.050	34741.128
23-11	1332.866		109.632	675.360	1226.237	0.000	100.861	621.331	0.92	2117.858	25162.109
24-23	14.600		6.648	107.200	13.432	0.000	6.116	98.624	0.92	128.448	10158.847
25-24	1429.457		108.804	589.600	1315.101	0.000	100.100	542.432	0.92	2127.861	14329.141
26-25	2105.193		135.552	812.576	1936.778	0.000	124.708	747.570	0.92	3053.321	12201.280
27-26	1331.733		101.640	620.420	1225.194	0.000	93.509	570.786	0.92	2053.793	5626.894
31-27	1172.693		103.332	679.916	1078.877	0.000	95.065	625.523	0.92	1955.941	1955.941
46-45	809.384		103.320	940.908	744.633	0.000	95.054	865.635	0.92	1853.612	1853.612
40-45	2010.547	1850.479	201.432	1012.880	1849.703	814.211	185.317	931.850	0.74	5075.338	6372.867
44-40	1520.914		114.996	386.132	1399.241	0.000	105.796	355.241	0.92	2022.042	4730.539
48-44	135.002		29.556	124.616	124.202	0.000	27.192	114.647	0.92	289.174	3869.281
50-48	896.599		74.256	191.580	824.871	0.000	68.316	176.254	0.92	1162.435	3580.106
51-50	1053.535		88.164	301.112	969.253	0.000	81.111	277.023	0.92	1442.811	3453.816
52-51	1297.321		97.200	544.270	1193.535	0.000	89.424	500.728	0.92	1938.791	2011.005
53-52	58.846		12.912	72.670	54.139	0.000	11.879	66.856	0.92	144.428	144.428
42-39	1192.066		102.480	372.485	1096.700	0.000	94.282	342.686	0.92	1667.031	6858.337
43-42	1562.190		104.028	299.325	1437.215	0.000	95.706	275.379	0.92	1965.543	5191.307
54-43	388.338		32.160	83.496	357.271	0.000	29.587	76.816	0.92	503.994	3225.764
52-54	2203.204		143.760	302.592	2026.948	0.000	132.259	278.385	0.92	2649.556	2721.770
55-37	979.166		80.508	624.665	900.832	0.000	74.067	574.692	0.92	1684.339	7193.091
36-37	1276.468		88.140	262.072	1174.350	0.000	81.089	241.106	0.92	1626.680	11176.337
35-36	1571.198		90.768	257.278	1445.502	0.000	83.507	236.696	0.92	1919.244	8548.492

TRAMO	ÁREAS(m2)				COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA				Ct	Área (m2)	Área Acumulada (m2)
	A1	A2	A3	A4	C1	C2	C3	C4			
	TECHOS Y AZOTEA	CÉSPED, SUELO ARENOSO PROMEDIO (2- 7%) PENDIENTE	VEREDAS	CALLES PAVIMENT O DE CONCRETO	0.92	0.44	0.92	0.92			
34-35	1111.021		76.308	234.158	1022.139	0.000	70.203	215.425	0.92	1421.487	6629.248
33-34	396.482		47.796	188.589	364.763	0.000	43.972	173.502	0.92	632.867	3696.300
2'-2'	1324.074		107.172	310.380	1218.148	0.000	98.598	285.550	0.92	1741.626	9304.834
2'-5	1329.559		117.336	322.380	1223.194	0.000	107.949	296.590	0.92	1769.275	11074.109
9-5	1053.986		104.352	357.955	969.667	0.000	96.004	329.319	0.92	1516.293	4025.218
1-3	1242.004		104.232	437.396	1142.643	0.000	95.893	402.404	0.92	1783.632	3955.225
3-4	844.376	305.483	103.296	462.440	776.826	134.413	95.032	425.445	0.83	1715.595	10974.560
7-6	775.579	333.982	108.012	382.608	713.532	146.952	99.371	351.999	0.82	1600.181	3092.804
6-8	1186.414		104.508	297.220	1091.501	0.000	96.147	273.442	0.92	1588.142	3753.104
13-12	774.646		94.452	471.960	712.674	0.000	86.896	434.203	0.92	1341.058	2655.109
12-11'	1555.942		112.224	434.112	1431.467	0.000	103.246	399.383	0.92	2102.278	5049.202
11'-11	1522.292		113.604	466.872	1400.509	0.000	104.516	429.522	0.92	2102.768	7151.970
14-21	726.896	510.747	109.764	354.480	668.744	224.729	100.983	326.122	0.78	1701.887	2530.740
21-23	1194.197		107.208	463.200	1098.661	0.000	98.631	426.144	0.92	1764.605	12885.404
17-18	1139.469		102.456	369.112	1048.311	0.000	94.260	339.583	0.92	1611.037	1611.037
18-20	803.805	548.511	114.732	455.089	739.500	241.345	105.553	418.682	0.78	1922.137	3049.863
28-19	1496.719		111.552	578.556	1376.981	0.000	102.628	532.272	0.92	2186.827	2186.827
28-22	1476.985		113.520	578.556	1358.826	0.000	104.438	532.272	0.92	2169.061	2169.061
22-26	814.859		96.876	604.890	749.671	0.000	89.126	556.499	0.92	1516.625	3521.064
31-30	1507.745		107.364	421.283	1387.125	0.000	98.775	387.580	0.92	2036.392	2036.392
46-9	585.082	678.023	66.180	1179.640	538.276	298.330	60.886	1085.269	0.79	2508.925	2508.925
46-56	1509.860		146.184	649.796	1389.071	0.000	134.489	597.812	0.92	2305.840	2305.840
56-55	2257.984		183.024	761.904	2077.346	0.000	168.382	700.952	0.92	3202.912	5508.752
10-45	1046.819		90.948	514.448	963.074	0.000	83.672	473.292	0.92	1652.215	1930.257
45-47	671.754	243.587	94.704	453.696	618.014	107.178	87.128	417.400	0.84	1463.741	1741.783
47-41	1693.634	804.864	135.516	445.920	1558.143	354.140	124.675	410.246	0.79	3079.935	4543.676
39-41	1146.515	486.143	115.740	337.176	1054.794	213.903	106.481	310.202	0.81	2085.574	6886.410
39-40	652.927		160.044	442.320	600.693	0.000	147.240	406.934	0.92	1255.291	2284.042
39-37	922.804		103.092	301.920	848.980	0.000	94.845	277.766	0.92	1327.816	2356.567
44-42	1161.586				1068.659	0.000	0.000	0.000	0.92	1161.586	2322.370
24-48	868.284				798.821	0.000	0.000	0.000	0.92	868.284	5167.026
50-43	373.159				343.306	0.000	0.000	0.000	0.92	373.159	1409.304
53-27	964.891		97.980	554.290	887.699	0.000	90.142	509.947	0.92	1617.161	1617.161
53-34	1063.611		100.440	347.410	978.522	0.000	92.405	319.617	0.92	1511.461	1511.461
31-33	2327.175		164.424	571.834	2141.001	0.000	151.270	526.087	0.92	3063.433	3063.433
									0.90	137361.796	

Apéndice B

Resultados de los valores de caudales (Q) para cada tramo de la cuenca



TRAMO	tc (min)							INTENSIDAD		CAUDAL				DIÁMETRO			
	t0			tf			tc acumulativo	tc mínimo	i_c^T	C	I	A	Q (m3/s)	S longitudinal (m/m)	n	D	V
	L transversal (m)	S transversal (m/m)	t0	L longitudinal (m)	V (m/s)	tf											
1-2	6.80	0.02	0.385	63.13	2.35	0.45	4.71	10.00	122.1	0.90	122.1	7563.2080	0.230	0.0215	0.013	0.3557	2.558
15-1	6.80	0.02	0.385	51.24	3.10	0.28	3.88	10.00	122.1	0.90	122.1	7238.6459	0.220	0.0466	0.013	0.3027	3.380
13-15	6.80	0.02	0.385	52.25	1.66	0.52	3.22	10.00	122.1	0.90	122.1	4995.7283	0.152	0.0113	0.013	0.3436	1.810
16-13	6.80	0.02	0.385	54.27	0.95	0.95	2.31	10.00	122.1	0.90	122.1	4380.1719	0.133	0.0028	0.013	0.4259	1.033
17-16	6.80	0.02	0.385	58.78	1.66	0.59	0.97	10.00	122.1	0.90	122.1	2320.9178	0.071	0.0189	0.013	0.2341	1.812
17-19	6.80	0.02	0.385	52.43	1.25	0.70	1.08	10.00	122.1	0.90	122.1	1652.0592	0.050	0.0111	0.013	0.2278	1.362
7-3	4.25	0.02	0.268	52.07	2.44	0.36	4.09	10.00	122.1	0.90	122.1	5303.7395	0.161	0.0302	0.013	0.2923	2.656
12-7	4.25	0.02	0.268	52.90	2.80	0.31	3.46	10.00	122.1	0.90	122.1	4975.4088	0.151	0.0456	0.013	0.2641	3.051
14-12	4.25	0.02	0.268	50.35	1.13	0.74	2.88	10.00	122.1	0.90	122.1	3627.8236	0.110	0.0050	0.013	0.3555	1.228
18-14	4.25	0.02	0.268	60.73	1.43	0.71	1.87	10.00	122.1	0.90	122.1	2762.8436	0.084	0.0112	0.013	0.2756	1.556
5-4	4.80	0.02	0.294	64.31	0.59	1.81	2.11	10.00	122.1	0.90	122.1	17454.6800	0.531	0.0003	0.013	1.0773	0.643
6-4	4.80	0.02	0.294	51.36	1.18	0.73	5.13	10.00	122.1	0.90	122.1	2790.6084	0.085	0.0066	0.013	0.3053	1.281
20-21	3.70	0.02	0.241	60.86	2.67	0.38	2.42	10.00	122.1	0.90	122.1	8590.0593	0.261	0.0278	0.013	0.3557	2.905
22-20	3.30	0.02	0.220	52.21	1.38	0.63	1.60	10.00	122.1	0.90	122.1	3309.8920	0.101	0.0090	0.013	0.3073	1.500
29-22	4.10	0.02	0.261	49.38	1.15	0.71	0.98	10.00	122.1	0.90	122.1	1620.3210	0.049	0.0090	0.013	0.2351	1.255
29-30	4.10	0.02	0.261	50.55	1.15	0.73	0.99	10.00	122.1	0.90	122.1	1620.5103	0.049	0.0090	0.013	0.2351	1.255
9-10	6.70	0.02	0.380	69.83	1.35	0.86	3.70	10.00	122.1	0.90	122.1	3321.8780	0.101	0.0086	0.013	0.3104	1.475
10-8	6.70	0.02	0.380	45.21	0.95	0.79	5.74	10.00	122.1	0.90	122.1	7185.5001	0.219	0.0020	0.013	0.5453	1.034
11-8	6.70	0.02	0.380	53.50	2.95	0.30	4.77	10.00	122.1	0.90	122.1	34741.1282	1.058	0.0133	0.013	0.6899	3.123
23-11	6.70	0.02	0.380	50.40	3.22	0.26	0.64	10.00	122.1	0.90	122.1	25162.1087	0.766	0.0202	0.013	0.5648	3.375
24-23	6.70	0.02	0.380	8.00	3.76	0.04	4.31	10.00	122.1	0.90	122.1	10158.8465	0.309	0.0423	0.013	0.3500	3.547
25-24	6.70	0.02	0.380	44.00	3.75	0.20	3.90	10.00	122.1	0.90	122.1	14329.1409	0.436	0.0423	0.013	0.3982	3.866
26-25	6.70	0.02	0.380	60.64	2.63	0.38	3.32	10.00	122.1	0.90	122.1	12201.2798	0.371	0.0211	0.013	0.4271	2.861
27-26	6.70	0.02	0.380	46.30	2.02	0.38	1.60	10.00	122.1	0.90	122.1	5626.8941	0.171	0.0175	0.013	0.3310	2.197
31-27	6.70	0.02	0.380	50.74	2.04	0.41	0.79	10.00	122.1	0.90	122.1	1955.9407	0.060	0.0365	0.013	0.1941	2.222
46-45	8.90	0.02	0.473	52.86	0.28	3.15	3.62	10.00	122.1	0.90	122.1	1853.6122	0.056	0.0002	0.013	0.5100	0.305
45-40	5.50	0.02	0.327	92.08	1.34	1.14	5.09	10.00	122.1	0.90	122.1	6372.8666	0.194	0.0054	0.013	0.4319	1.462
44-40	3.70	0.02	0.241	52.18	2.20	0.40	3.13	10.00	122.1	0.90	122.1	4730.5388	0.144	0.0192	0.013	0.3049	2.177
48-44	3.70	0.02	0.241	16.84	2.72	0.10	2.49	10.00	122.1	0.90	122.1	3869.2806	0.118	0.0219	0.013	0.2758	2.176
50-48	3.10	0.02	0.210	30.90	2.67	0.19	2.15	10.00	122.1	0.90	122.1	3580.1063	0.109	0.0219	0.013	0.2679	2.134
51-50	3.80	0.02	0.246	39.62	2.49	0.27	1.74	10.00	122.1	0.90	122.1	3453.8165	0.105	0.0219	0.013	0.2643	2.115
52-51	3.70	0.02	0.241	73.55	1.98	0.62	1.23	10.00	122.1	0.90	122.1	2011.0051	0.061	0.0329	0.013	0.1999	2.153
53-52	2.15	0.02	0.159	16.90	1.33	0.21	0.37	10.00	122.1	0.90	122.1	144.4283	0.004	0.0663	0.013	0.0653	1.449
42-39	3.95	0.02	0.253	47.15	1.47	0.54	3.00	10.00	122.1	0.90	122.1	6858.3375	0.209	0.0055	0.013	0.4433	1.493
43-42	3.25	0.02	0.218	46.05	1.37	0.56	2.21	10.00	122.1	0.90	122.1	5191.3068	0.158	0.0055	0.013	0.3993	1.393
54-43	2.80	0.02	0.194	14.91	2.55	0.10	1.43	10.00	122.1	0.90	122.1	3225.7641	0.098	0.0473	0.013	0.2229	2.777
52-54	1.60	0.02	0.126	94.56	2.44	0.65	1.14	10.00	122.1	0.90	122.1	2721.7704	0.083	0.0473	0.013	0.2092	2.661
55-37	4.25	0.02	0.268	73.49	0.76	1.62	5.50	10.00	122.1	0.90	122.1	7193.0909	0.219	0.0011	0.013	0.6109	0.825
37-36	1.70	0.02	0.132	77.08	0.38	3.37	9.00	10.00	122.1	0.90	122.1	11176.3370	0.340	0.0001	0.013	1.0738	0.415
35-36	1.70	0.02	0.132	75.67	2.67	0.47	1.72	10.00	122.1	0.90	122.1	8548.4915	0.260	0.0280	0.013	0.3545	2.911

TRAMO	tc (min)							INTENSIDAD		CAUDAL				DIÁMETRO			
	t0			tf			tc acumulativo	tc mínimo	i_t^T	C	I	A	Q (m3/s)	S longitudinal (m/m)	n	D	V
	L transversal (m)	S transversal (m/m)	t0	L longitudinal (m)	V (m/s)	tf											
34-35	1.70	0.02	0.132	68.87	2.84	0.40	1.12	10.00	122.1	0.90	122.1	6629.2479	0.202	0.0391	0.013	0.3028	3.094
33-34	1.85	0.02	0.141	50.97	2.75	0.31	1.76	10.00	122.1	0.90	122.1	3696.2999	0.113	0.0530	0.013	0.2297	2.997
2-2'	3.00	0.02	0.205	51.73	1.49	0.58	5.50	10.00	122.1	0.90	122.1	9304.8340	0.283	0.0056	0.013	0.4948	1.626
2'-5	3.00	0.02	0.205	53.73	0.95	0.94	6.64	10.00	122.1	0.90	122.1	11074.1092	0.337	0.0015	0.013	0.6772	1.033
9-5	3.25	0.02	0.218	55.07	1.26	0.73	3.41	10.00	122.1	0.90	122.1	4025.2177	0.123	0.0062	0.013	0.3549	1.367
1-3	4.30	0.02	0.270	50.86	2.10	0.40	4.55	10.00	122.1	0.90	122.1	3955.2253	0.120	0.0248	0.013	0.2717	2.292
3-4	4.40	0.02	0.275	52.55	1.88	0.47	4.83	10.00	122.1	0.90	122.1	10974.5597	0.334	0.0093	0.013	0.4785	2.051
7-6	3.60	0.02	0.236	53.14	2.19	0.40	4.11	10.00	122.1	0.90	122.1	3092.8035	0.094	0.0324	0.013	0.2356	2.383
6-8	2.75	0.02	0.192	54.04	1.60	0.56	4.86	10.00	122.1	0.90	122.1	3753.1042	0.114	0.0124	0.013	0.3033	1.745
13-12	4.75	0.02	0.292	49.68	1.06	0.78	3.38	10.00	122.1	0.90	122.1	2655.1094	0.081	0.0052	0.013	0.3132	1.158
12-11'	4.20	0.02	0.265	51.68	2.99	0.29	3.44	10.00	122.1	0.90	122.1	5049.2017	0.154	0.0536	0.013	0.2576	3.255
11'-11	4.20	0.02	0.265	55.58	2.40	0.39	4.09	10.00	122.1	0.90	122.1	7151.9698	0.218	0.0237	0.013	0.3420	2.617
14-21	3.50	0.02	0.231	50.64	2.05	0.41	2.51	10.00	122.1	0.90	122.1	2530.7401	0.077	0.0312	0.013	0.2201	2.236
21-23	4.00	0.02	0.256	57.90	3.04	0.32	2.99	10.00	122.1	0.90	122.1	12885.4038	0.392	0.0301	0.013	0.4080	3.311
17-18	3.70	0.02	0.241	49.88	1.27	0.65	0.89	10.00	122.1	0.90	122.1	1611.0369	0.049	0.0118	0.013	0.2228	1.388
18-20	4.15	0.02	0.263	54.83	1.42	0.64	1.80	10.00	122.1	0.90	122.1	3049.8626	0.093	0.0104	0.013	0.2900	1.551
28-19	5.40	0.02	0.322	53.57	1.87	0.48	0.80	10.00	122.1	0.90	122.1	2186.8268	0.067	0.0267	0.013	0.2145	2.033
28-22	5.40	0.02	0.322	53.57	2.09	0.43	0.75	10.00	122.1	0.90	122.1	2169.0611	0.066	0.0287	0.013	0.2109	2.086
22-26	5.50	0.02	0.327	54.99	0.73	1.25	2.55	10.00	122.1	0.90	122.1	3521.0644	0.107	0.0013	0.013	0.4538	0.732
31-30	3.65	0.02	0.238	57.71	0.64	1.51	1.75	10.00	122.1	0.90	122.1	2036.3920	0.062	0.0013	0.013	0.3696	0.638
46-9	7.00	0.02	0.393	84.26	0.68	2.07	2.46	10.00	122.1	0.90	122.1	2508.9252	0.076	0.0013	0.013	0.3977	0.679
46-56	4.60	0.02	0.285	70.63	0.60	1.96	2.25	10.00	122.1	0.90	122.1	2305.8399	0.070	0.0010	0.013	0.4058	0.599
56-55	4.40	0.02	0.275	86.58	1.33	1.09	3.61	10.00	122.1	0.90	122.1	5508.7522	0.168	0.0046	0.013	0.4215	1.327
45-10	4.40	0.02	0.275	58.46	1.46	0.67	4.56	10.00	122.1	0.90	122.1	1930.2570	0.059	0.0120	0.013	0.2379	1.459
45-47	4.80	0.02	0.294	47.26	1.29	0.61	4.52	10.00	122.1	0.90	122.1	1741.7832	0.053	0.0093	0.013	0.2400	1.294
47-41	4.00	0.02	0.256	55.74	1.29	0.72	5.50	10.00	122.1	0.90	122.1	4543.6759	0.138	0.0048	0.013	0.3887	1.287
39-41	3.15	0.02	0.213	53.52	1.88	0.47	3.69	10.00	122.1	0.90	122.1	6886.4103	0.210	0.0101	0.013	0.3958	1.880
39-40	2.85	0.02	0.197	77.60	1.03	1.25	4.45	10.00	122.1	0.90	122.1	2284.0417	0.070	0.0043	0.013	0.3077	1.032
39-37	3.00	0.02	0.205	50.32	1.28	0.66	3.86	10.00	122.1	0.90	122.1	2356.5666	0.072	0.0074	0.013	0.2810	1.277
44-42	4.60	0.02	0.285	57.69	1.97	0.49	0.77	10.00	122.1	0.90	122.1	2322.3703	0.071	0.0236	0.013	0.2246	1.970
24-48	4.40	0.02	0.275	49.63	2.55	0.32	0.60	10.00	122.1	0.90	122.1	5167.0264	0.157	0.0274	0.013	0.2947	2.545
50-43	6.00	0.02	0.349	39.64	2.00	0.33	0.68	10.00	122.1	0.90	122.1	1409.3041	0.043	0.0343	0.013	0.1736	2.001
53-27	5.50	0.02	0.327	50.39	1.64	0.51	0.84	10.00	122.1	0.90	122.1	1617.1606	0.049	0.0230	0.013	0.1970	1.783
53-34	3.50	0.02	0.231	49.63	2.34	0.35	0.58	10.00	122.1	0.90	122.1	1511.4614	0.046	0.0500	0.013	0.1661	2.345
31-33	3.55	0.02	0.233	80.54	1.25	1.07	1.31	10.00	122.1	0.90	122.1	3063.4329	0.093	0.0058	0.013	0.3237	1.251

Apéndice C

Resultados de la capacidad hidráulica de las cunetas de sección de triángulo rectángulo en
cada tramo de la cuenca



TRAMO	Y			Qmax				Capacidad hidráulica
	L transversal (m)	S transversal (m/m)	Y	S longitudinal (m/m)	Z	n	Qmax	
1-2	6.80	0.02	0.136	0.0215	50.00	0.013	0.858	1.717
15-1	6.80	0.02	0.136	0.0466	50.00	0.013	1.263	2.526
13-15	6.80	0.02	0.136	0.0113	50.00	0.013	0.621	1.243
16-13	6.80	0.02	0.136	0.0028	50.00	0.013	0.307	0.615
17-16	6.80	0.02	0.136	0.0189	50.00	0.013	0.804	1.607
17-19	6.80	0.02	0.136	0.0111	50.00	0.013	0.615	1.230
7-3	4.25	0.02	0.085	0.0302	50.00	0.013	0.290	0.580
12-7	4.25	0.02	0.085	0.0456	50.00	0.013	0.356	0.713
14-12	4.25	0.02	0.085	0.0050	50.00	0.013	0.118	0.235
18-14	4.25	0.02	0.085	0.0112	50.00	0.013	0.177	0.353
5-4	4.80	0.02	0.096	0.0003	50.00	0.013	0.041	0.081
6-4	4.80	0.02	0.096	0.0066	50.00	0.013	0.188	0.376
20-21	3.70	0.02	0.074	0.0278	50.00	0.013	0.192	0.385
22-20	3.30	0.02	0.066	0.0090	50.00	0.013	0.081	0.161
29-22	4.10	0.02	0.082	0.0090	50.00	0.013	0.144	0.288
29-30	4.10	0.02	0.082	0.0090	50.00	0.013	0.144	0.288
9-10	6.70	0.02	0.134	0.0086	50.00	0.013	0.521	1.042
10-8	6.70	0.02	0.134	0.0020	50.00	0.013	0.251	0.502
11-8	6.70	0.02	0.134	0.0133	50.00	0.013	0.648	1.295
23-11	6.70	0.02	0.134	0.0202	50.00	0.013	0.800	1.599
24-23	6.70	0.02	0.134	0.0490	50.00	0.013	1.245	2.490
25-24	6.70	0.02	0.134	0.0490	50.00	0.013	1.245	2.490
26-25	6.70	0.02	0.134	0.0211	50.00	0.013	0.817	1.633
27-26	6.70	0.02	0.134	0.0175	50.00	0.013	0.743	1.487
31-27	6.70	0.02	0.134	0.0365	50.00	0.013	1.073	2.147
46-45	8.90	0.02	0.178	0.0002	50.00	0.013	0.165	0.330
45-40	5.50	0.02	0.110	0.0054	50.00	0.013	0.245	0.489
44-40	3.70	0.02	0.074	0.0192	50.00	0.013	0.160	0.319
48-44	3.70	0.02	0.074	0.0424	50.00	0.013	0.237	0.475
50-48	3.10	0.02	0.062	0.0424	50.00	0.013	0.148	0.296
51-50	3.80	0.02	0.076	0.0424	50.00	0.013	0.255	0.510
52-51	3.70	0.02	0.074	0.0329	50.00	0.013	0.209	0.419
53-52	2.15	0.02	0.043	0.0663	50.00	0.013	0.070	0.140
42-39	3.95	0.02	0.079	0.0065	50.00	0.013	0.111	0.222
43-42	3.25	0.02	0.065	0.0065	50.00	0.013	0.066	0.132
54-43	2.80	0.02	0.056	0.0473	50.00	0.013	0.119	0.239
52-54	1.60	0.02	0.032	0.0473	50.00	0.013	0.027	0.054
55-37	4.25	0.02	0.085	0.0011	50.00	0.013	0.055	0.110
37-36	1.70	0.02	0.034	0.0001	50.00	0.013	0.002	0.003
35-36	1.70	0.02	0.034	0.0280	50.00	0.013	0.024	0.049

TRAMO	Y			Qmax				Capacidad hidráulica
	L transversal (m)	S transversal (m/m)	Y	S longitudinal (m/m)	Z	n	Qmax	
34-35	1.70	0.02	0.034	0.0391	50.00	0.013	0.029	0.057
33-34	1.85	0.02	0.037	0.0530	50.00	0.013	0.042	0.084
2-2'	3.00	0.02	0.060	0.0056	50.00	0.013	0.049	0.099
2'-5	3.00	0.02	0.060	0.0015	50.00	0.013	0.025	0.051
9-5	3.25	0.02	0.065	0.0062	50.00	0.013	0.064	0.128
1-3	4.30	0.02	0.086	0.0248	50.00	0.013	0.271	0.542
3-4	4.40	0.02	0.088	0.0093	50.00	0.013	0.177	0.354
7-6	3.60	0.02	0.072	0.0324	50.00	0.013	0.193	0.386
6-8	2.75	0.02	0.055	0.0124	50.00	0.013	0.058	0.116
13-12	4.75	0.02	0.095	0.0052	50.00	0.013	0.163	0.325
12-11'	4.20	0.02	0.084	0.0536	50.00	0.013	0.375	0.749
11'-11	4.20	0.02	0.084	0.0237	50.00	0.013	0.249	0.499
14-21	3.50	0.02	0.070	0.0312	50.00	0.013	0.176	0.351
21-23	4.00	0.02	0.080	0.0301	50.00	0.013	0.246	0.493
17-18	3.70	0.02	0.074	0.0118	50.00	0.013	0.125	0.251
18-20	4.15	0.02	0.083	0.0104	50.00	0.013	0.160	0.320
28-19	5.40	0.02	0.108	0.0267	50.00	0.013	0.517	1.033
28-22	5.40	0.02	0.108	0.0287	50.00	0.013	0.536	1.072
22-26	5.50	0.02	0.110	0.0013	50.00	0.013	0.118	0.237
31-30	3.65	0.02	0.073	0.0013	50.00	0.013	0.040	0.079
46-9	7.00	0.02	0.140	0.0013	50.00	0.013	0.228	0.457
46-56	4.60	0.02	0.092	0.0010	50.00	0.013	0.065	0.130
56-55	4.40	0.02	0.088	0.0046	50.00	0.013	0.124	0.249
45-10	4.40	0.02	0.088	0.0120	50.00	0.013	0.200	0.401
45-47	4.80	0.02	0.096	0.0093	50.00	0.013	0.223	0.446
47-41	4.00	0.02	0.080	0.0048	50.00	0.013	0.099	0.198
39-41	3.15	0.02	0.063	0.0101	50.00	0.013	0.075	0.151
39-40	2.85	0.02	0.057	0.0043	50.00	0.013	0.038	0.075
39-37	3.00	0.02	0.060	0.0074	50.00	0.013	0.057	0.113
44-42	4.60	0.02	0.092	0.0236	50.00	0.013	0.317	0.633
24-48	4.40	0.02	0.088	0.0274	50.00	0.013	0.303	0.606
50-43	6.00	0.02	0.120	0.0343	50.00	0.013	0.776	1.552
53-27	5.50	0.02	0.110	0.0230	50.00	0.013	0.504	1.008
53-34	3.50	0.02	0.070	0.0500	50.00	0.013	0.222	0.445
31-33	3.55	0.02	0.071	0.0058	50.00	0.013	0.079	0.158

Apéndice D

Registro fotográfico de rejillas en urbanización Santa Isabel-Piura





Rejillas con espaciamiento de barras transversales al flujo de 17 cm y espaciamiento de barras paralelas de 5 cm.



Rejillas con espaciamiento de barras transversales al flujo de 17 cm y espaciamiento de barras paralelas de 5 cm.



Rejillas con espaciamiento de barras transversales al flujo de 10.5 cm y espaciamiento de barras paralelas de 5 cm.



Anexos





Anexo A. Análisis de perfil estratigráfico típicos de la zona norte, centro y sur de la ciudad de Piura

Profundidad	Muestra obtenida	Humedad (%)	Límite líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Perfil estratigráfico	Clasificación S.U.C.S.	Descripción
0.0						Relleno	De 0.00 a 0.70 m.: Relleno constituido por arena limosa, restos de ladrillo. Material orgánico (raíces). Desechos de ladrillos.
1.0	Mab		25	9		SC	De 0.70 a 1.60 m.: Arena arcillosa (SC). Presenta 69% de arena fina y 39% de finos arcillosos LL=25 IP=9. Muestra de Marrón amarillento claro. Clasificación ASHTO: A-4 (0)
2.0							De 1.60 a 6.00 m.: Arena limosa (SM). Presenta 82% de arena fina y 18% de finos limosos no plásticos. Muestra de color gris claro.
3.0							
4.0	Mab					SM	
5.0							Mab.: Muestra alterada
6.0							

Gráfico adaptado a partir de: “Estudio de mecánica de suelos. Proyecto: Construcción del sistema de evacuación de aguas pluviales por gravedad de la franja central de la ciudad de Piura”

Anexo B. Tablas para el diseño de bombas tornillo de Arquímedes

Caudal		Altura máxima en m.		
m ³ /h	l/s	30°	35°	38°
60	17	4.50	5.20	6.00
80	22	4.50	5.20	6.00
100	28	4.50	5.20	6.00
120	33	4.50	5.20	6.00
140	39	4.50	5.20	6.00
160	44	4.50	5.20	6.05
180	50	4.50	5.20	6.10
200	56	4.50	5.26	6.20
220	61	4.50	5.33	6.30
240	67	4.50	5.40	6.40
260	72	4.53	5.43	6.45
280	78	4.56	5.46	6.50
300	83	4.60	5.50	6.55
320	89	4.63	5.53	6.60
340	94	4.66	5.56	6.65
360	100	4.70	5.60	6.70
380	106	4.72	5.63	6.74
400	111	4.75	5.66	6.78
420	117	4.77	5.70	6.82
440	122	4.80	5.73	6.86
460	128	4.82	5.76	6.90
480	133	4.85	5.80	6.95
500	139	4.87	5.83	6.99
520	144	4.90	5.86	7.03
540	150	4.92	5.90	7.07
560	156	4.95	5.93	7.11
580	161	4.97	5.96	7.15
600	167	5.00	6.00	7.20
620	172	5.04	6.04	7.29
640	178	5.08	6.08	7.38
660	183	5.12	6.12	7.46
680	189	5.16	6.16	7.53
700	194	5.20	6.20	7.60
720	200	5.24	6.24	7.65
740	206	5.28	6.28	7.70
760	211	5.32	6.32	7.74
780	217	5.36	6.36	7.77
800	222	5.40	6.40	7.80
820	228	5.44	6.47	7.89
840	233	5.48	6.53	7.98
860	239	5.52	6.59	8.06
880	244	5.56	6.65	8.13

Caudal		Altura máxima en m.		
m ³ /h	l/s	30°	35°	38°
900	250	5.60	6.70	8.20
920	256	5.63	6.74	8.25
940	261	5.66	6.77	8.30
960	267	5.69	6.80	8.34
980	272	5.72	6.83	8.37
1000	278	5.75	6.85	8.40
1100	306	5.76	6.86	8.42
1200	333	5.78	6.88	8.44
1300	361	5.79	6.90	8.46
1400	389	5.81	6.91	8.48
1500	417	5.83	6.93	8.50
1600	444	5.84	6.94	8.52
1700	472	5.85	6.96	8.54
1800	500	5.87	6.97	8.56
1900	528	5.88	6.98	8.58
2000	556	5.90	7.00	8.60
2100	583	5.91	7.01	8.61
2200	611	5.92	7.02	8.63
2300	639	5.93	7.03	8.65
2400	667	5.95	7.04	8.66
2500	694	5.96	7.05	8.68
2600	722	5.97	7.07	8.70
2700	750	5.98	7.08	8.71
2800	778	5.99	7.09	8.73
2900	806	6.00	7.10	8.74
3000	833	6.01	7.11	8.76
3100	861	6.02	7.12	8.77
3200	889	6.03	7.12	8.78
3300	917	6.04	7.13	8.80
3400	944	6.05	7.14	8.81
3500	972	6.06	7.15	8.83
3600	1000	6.06	7.16	8.84
3700	1028	6.07	7.17	8.85
3800	1056	6.08	7.18	8.87
3900	1083	6.09	7.19	8.88
4000	1111	6.10	7.20	8.90
4100	1139	6.11	7.20	8.91
4200	1167	6.11	7.21	8.92
4300	1194	6.12	7.22	8.94
4400	1222	6.12	7.23	8.95
4500	1250	6.13	7.24	8.96
4600	1278	6.13	7.25	8.98

Caudal		Altura máxima en m.		
m ³ /h	l/s	30°	35°	38°
4700	1306	6.14	7.26	8.99
4800	1333	6.15	7.27	9.01
4900	1361	6.15	7.28	9.02
5000	1389	6.16	7.29	9.04
5100	1417	6.16	7.30	9.05
5200	1444	6.16	7.31	9.07
5300	1472	6.17	7.32	9.08
5400	1500	6.17	7.33	9.10
5500	1528	6.18	7.34	9.11
5600	1556	6.18	7.35	9.13
5700	1583	6.19	7.36	9.14
5800	1611	6.19	7.37	9.16
5900	1639	6.19	7.38	9.18
6000	1667	6.20	7.40	9.20

Caudal de las bombas de tornillo y altura de acuerdo al ángulo de inclinación



Caudal							
ϕ/m	38°		35°		30°		V (r.p.m.)
	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	
0.52	117	32	142	39	175	49	100
0.54	128	36	153	43	192	53	97
0.56	140	39	166	46	207	58	94
0.58	153	42	178	50	222	62	91
0.60	167	46	192	53	237	66	88
0.62	181	50	206	57	251	70	86
0.64	196	54	221	61	257	71	83
0.66	211	59	236	66	280	78	81
0.68	227	63	252	70	296	82	79
0.70	243	68	269	75	312	87	77
0.72	260	72	286	80	329	91	76
0.74	276	77	304	85	347	96	74
0.76	293	81	323	90	367	102	73
0.78	309	86	343	95	388	108	71
0.80	325	90	362	101	412	114	70
0.82	341	95	383	106	438	122	69
0.84	356	99	404	112	466	129	68
0.86	372	103	427	118	497	138	66
0.88	386	107	449	125	531	148	65
0.90	400	111	473	131	569	158	64
0.92	413	115	497	138	609	169	63
0.94	426	118	521	145	654	182	62
0.96	437	121	547	152	702	195	61
0.98	448	124	573	159	755	210	59
1.00	457	127	600	167	812	226	58
1.02	513	143	635	176	820	228	57
1.04	565	157	668	186	832	231	56
1.06	612	170	701	195	849	236	55
1.08	654	182	734	204	868	241	54
1.10	693	192	766	213	891	248	53
1.12	728	202	797	221	917	255	52
1.14	760	211	828	230	947	263	51
1.16	789	219	859	239	979	272	50
1.18	815	227	889	247	1013	281	49
1.20	840	233	920	256	1050	292	48
1.22	863	240	951	264	1089	302	47
1.24	884	246	982	273	1130	314	46
1.26	905	251	1013	281	1172	326	45
1.28	924	257	1045	290	1216	338	44
1.30	944	262	1077	299	1262	350	43

Caudal							
ϕ/m	38°		35°		30°		V (r.p.m.)
	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	
1.32	964	268	1110	308	1308	363	42
1.34	984	273	1143	318	1355	376	41
1.36	1004	279	1178	327	1403	390	40
1.38	1026	285	1213	337	1451	403	40
1.40	1050	292	1250	347	1500	417	39
1.42	1075	299	1288	358	1549	430	38
1.44	1103	306	1327	369	1597	444	38
1.46	1134	315	1367	380	1645	457	38
1.48	1167	324	1409	392	1692	470	38
1.50	1204	334	1453	404	1738	483	38
1.52	1244	346	1499	416	1784	495	38
1.54	1288	358	1546	429	1828	508	37
1.56	1337	371	1595	443	1870	519	37
1.58	1391	386	1646	457	1911	531	37
1.60	1450	403	1700	472	1950	542	37
1.62	1483	412	1736	482	2018	561	37
1.64	1518	422	1776	493	2088	580	37
1.66	1554	432	1819	505	2159	600	36
1.68	1592	442	1864	518	2232	620	36
1.70	1631	453	1913	531	2306	641	36
1.72	1672	464	1964	546	2382	662	36
1.74	1714	476	2018	561	2459	683	36
1.76	1758	488	2076	577	2538	705	35
1.78	1803	501	2136	593	2618	727	35
1.80	1850	514	2200	611	2700	750	35
1.82	1898	527	2266	630	2783	773	35
1.84	1948	541	2336	649	2868	797	35
1.86	1999	555	2409	669	2954	821	34
1.88	2052	570	2484	690	3042	845	34
1.90	2106	585	2563	712	3131	870	34
1.92	2162	601	2644	734	3222	895	34
1.94	2219	616	2729	758	3314	921	34
1.96	2278	633	2816	782	3408	947	33
1.98	2338	650	2906	807	3503	973	33
2.00	2400	667	3000	833	3600	1000	33
2.02	2470	686	3062	851	3706	1030	33
2.04	2540	706	3128	869	3816	1060	33
2.06	2610	725	3198	888	3929	1091	32
2.08	2680	744	3272	909	4044	1123	32
2.10	2750	764	3350	931	4163	1156	32
2.12	2820	783	3432	953	4284	1190	32
2.14	2890	803	3518	977	4408	1225	32

Caudal							
ϕ/m	38°		35°		30°		V (r.p.m.)
	m ³ /h	l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h	l/s	
2.16	2960	822	3608	1002	4536	1260	31
2.18	3030	842	3702	1028	4667	1296	31
2.20	3100	861	3800	1056	4800	1333	31
2.22	3170	881	3902	1084	4937	1371	31
2.24	3240	900	4008	1113	5076	1410	31
2.26	3310	919	4118	1144	5218	1450	31
2.28	3380	939	4232	1176	5364	1490	30
2.30	3450	958	4350	1208	5513	1531	30
2.32	3520	978	4472	1242	5664	1573	30
2.34	3590	997	4598	1277	5819	1616	30
2.36	3660	1017	4728	1313	5976	1660	30
2.38	3730	1036	4862	1351	6136	1705	30
2.40	3800	1056	5000	1389	6300	1750	30

Relaciones de capacidad, diámetro, ángulo de operación y velocidad



Potencia		Altura		Altura		Altura		Altura		Altura		Altura	
		3.0 m		4.0 m		5.0 m		6.0 m		7.0 m		8.0 m	
KW	HP	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s
1.1	1.47	50	13.89										
1.5	2.00	90	25.00	60	16.66								
2.2	2.95	150	41.66	100	27.77	75	20.83						
3	4.00	200	55.55	140	38.88	100	27.77						
4	5.36	270	75.00	200	55.55	140	38.88						
5.5	7.37	400	111.10	280	77.77	210	58.33	175	48.60				
7.5	10.00	580	161.10	440	122.21	325	90.27	250	69.44	200	55.55		
110	14.75	770	213.88	600	166.66	475	131.94	375	104.16	310	86.10	280	77.77
150	20.00	1100	305.54	850	236.10	700	194.43	575	159.71	480	133.32	450	124.99
18.5	524.80	1400	388.87	990	274.99	810	224.99	675	187.49	575	159.71	500	138.88
220	29.50	1700	472.20	1300	361.10	950	363.88	800	222.21	710	197.21	650	180.55
300	40.00	2300	638.87	1800	499.98	1400	388.87	1100	305.54	940	261.10	880	244.43
370	49.61	2750	763.86	2300	638.87	1700	472.20	1400	388.87	1200	333.32	1100	305.54
450	60.34	3300	916.64	2600	722.20	2000	555.54	1700	472.20	1500	416.65	1400	388.87
550	73.75	4000	1111.08	3100	861.08	2500	694.42	2100	583.31	1800	499.98	1700	472.20
750	100.57	5400	1499.95	4300	1194.41	3400	944.41	2850	791.64	2450	680.53	2250	624.98
900	120.69			5200	1444.40	4300	1194.41	3500	972.19	3000	833.31	2600	722.20
110	147.51					5200	1444.40	4300	1194.41	3650	1013.86	3100	861.08
1320	177.00							5250	1458.29	4600	1277.74	4000	1111.08
1600	214.56									5600	1555.51	5000	1388.85

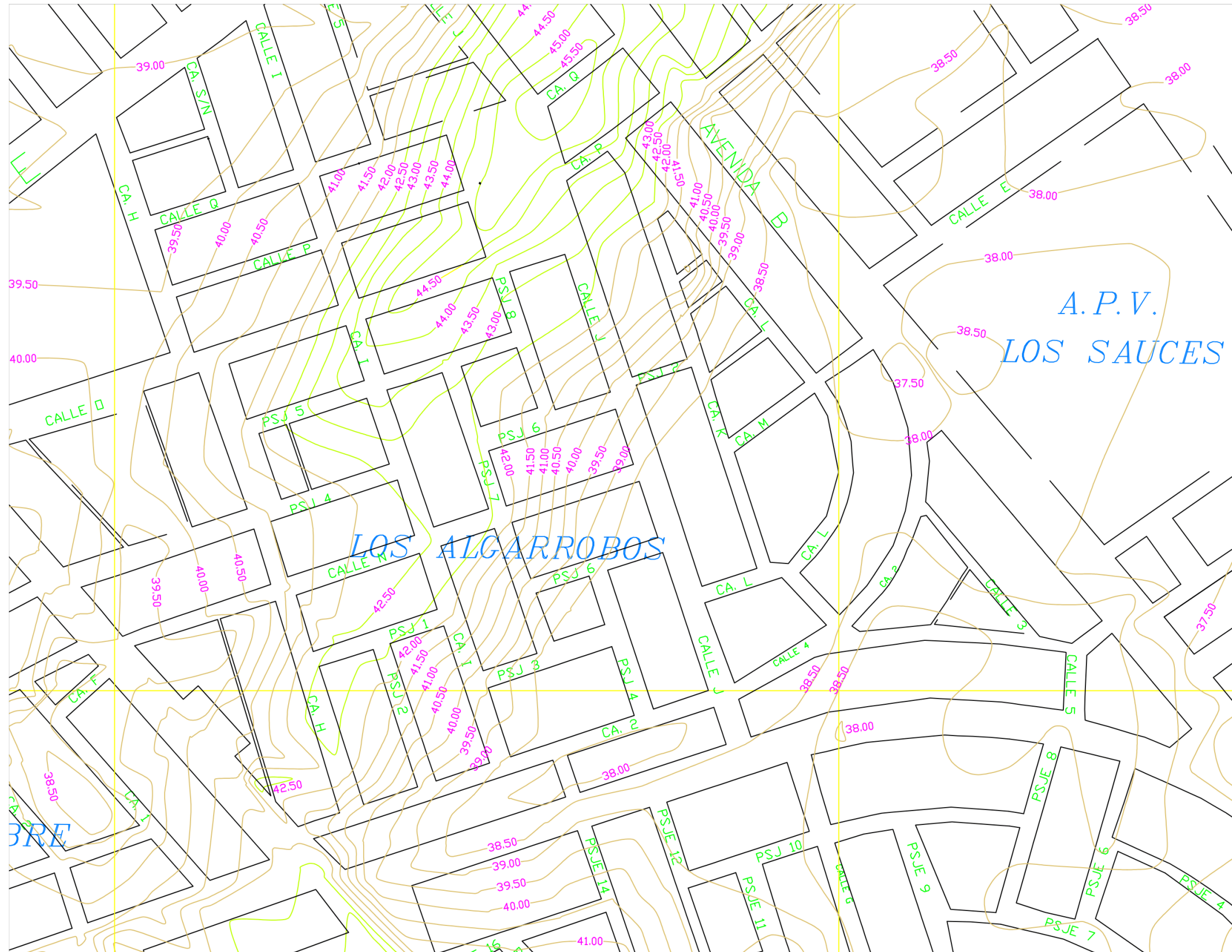
Valores de potencias típicas en Kw en relación a la capacidad y altura



Anexo C. Plano de referencia para topografía de la cuenca E.P.S. Grau S.A.



Anexo D. Plano de referencia para topografía de la cuenca Municipalidad de Piura

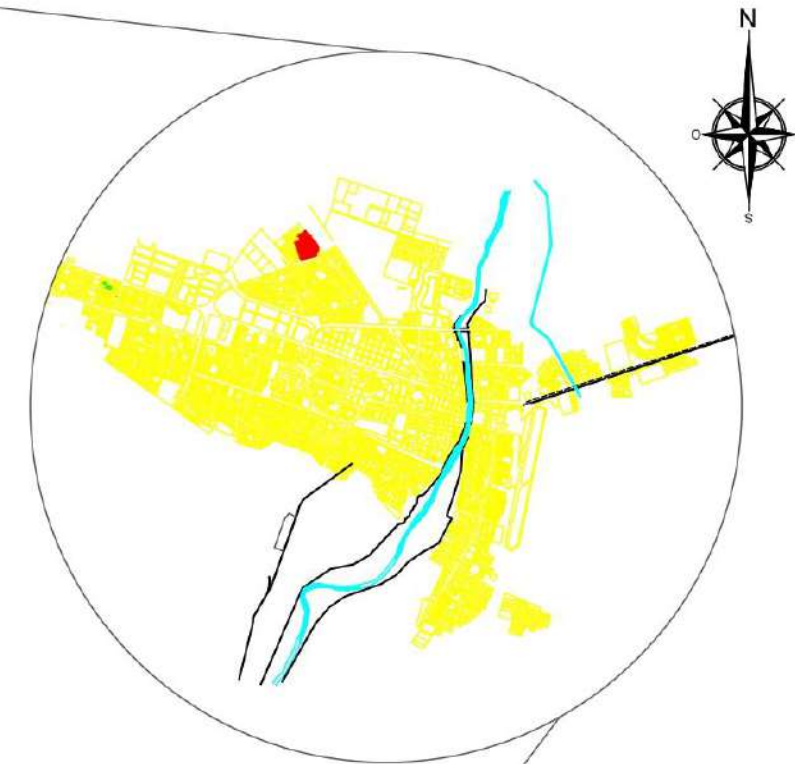
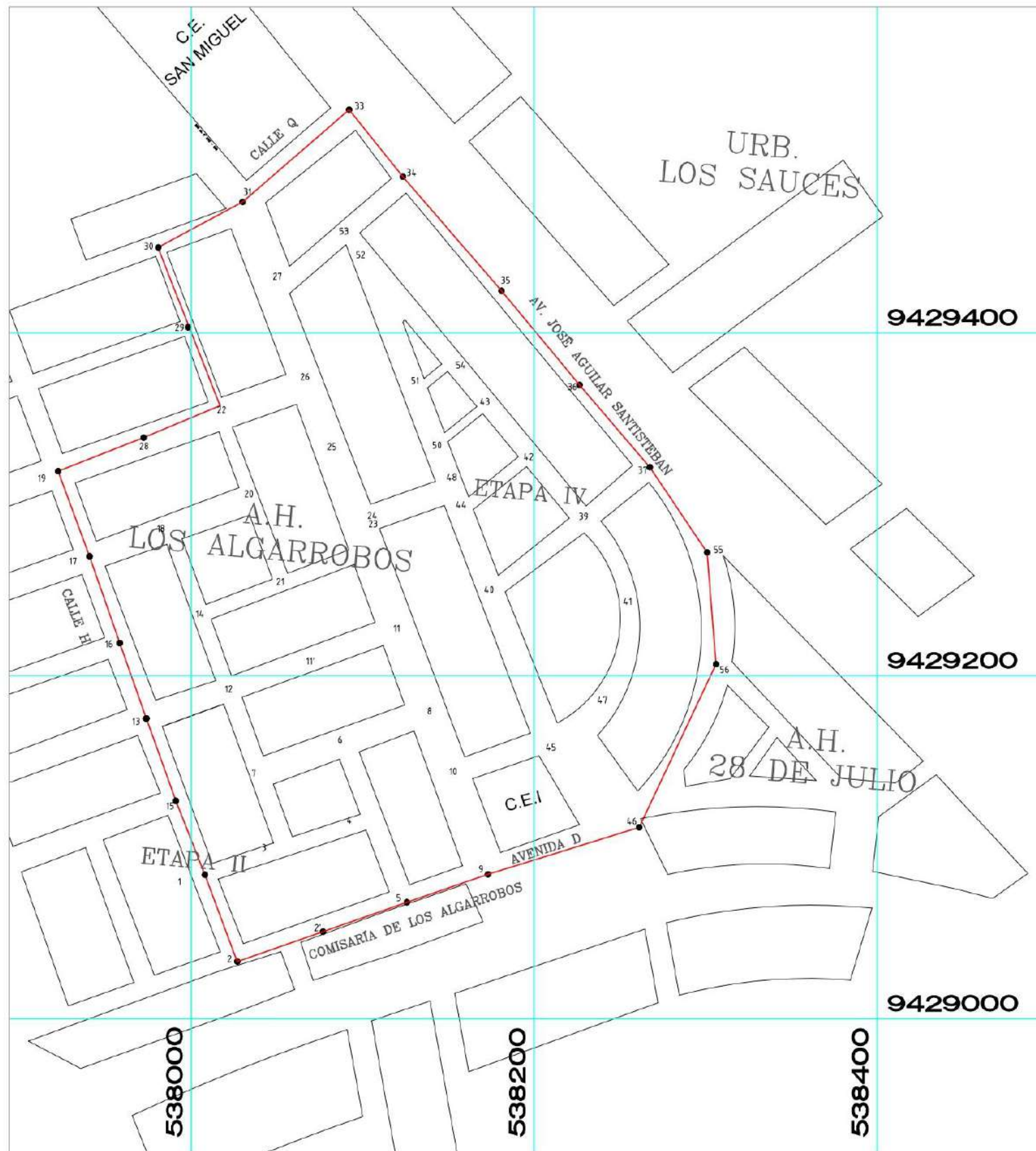


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA DIRECCION DE PLANEAMIENTO URBANO			
PROYECTO: <i>PROYECTO INTEGRAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE PIURA COTAS Y RASANTES</i>			
PLANO: <i>CURVAS A NIVEL</i>			
JEFE DE PROYECTO :		ING. HUGO ACUÑA PERALTA	
PROYECTISTAS :		ING. HUGO ACUÑA PERALTA ING. ALFREDO GARCIA G. ING. GUILLERMO GOURO M.	
DISEÑADOR :		ING. JULIO MOLOLLON B.	
PROYECTISTA :		ING. ALFREDO GARCIA G.	
DIRECCION :		ING. GUILLERMO GOURO M.	

Planos







COORDENADAS		
Punto	X	Y
1	538734.152	9429380.524
2	538811.183	9429380.308
3	538851.307	9429394.220
4	538861.478	9429394.962
5	538894.120	9429393.725
6	538912.436	9429317.724
7	538979.917	9429327.881
8	538981.348	9429404.183
9	538971.732	9429459.426
10	538961.330	9429391.220
11	538994.516	9429390.908
12	538941.396	9429394.834
13	538861.406	9429472.006
14	538948.108	9429492.111
15	538951.122	9429472.712
16	538791.825	9429438.796
17	538791.060	9429531.920
18	538838.127	9429494.268
19	538778.906	9429589.418
20	538742.957	9429489.087
21	538724.707	9429543.957
22	538771.855	9429561.765
23	538738.334	9429594.725
24	538821.803	9429579.403
25	538839.638	9429525.057
26	538801.828	9429608.395
27	538879.862	9429597.811
28	538806.484	9429563.345
29	538881.116	9429485.901
30	538746.227	9429608.187
31	538792.802	9429673.512
32	538773.803	9429712.796
33	538851.703	9429738.124
34	538894.513	9429798.129
35	538927.161	9429749.869
36	538979.488	9429636.052
37	539011.469	9429658.888
38	539068.562	9429678.917
39	539112.715	9429674.787
40	539162.136	9429668.199
41	539064.126	9429652.147
42	539047.627	9429498.823
43	538997.442	9429584.182
44	538956.800	9429651.163
45	538997.723	9429413.725
46	538938.736	9429474.168
47	539033.678	9429484.865
48	538958.684	9429545.094
49	538971.727	9429624.511
50	538938.636	9429704.122
51	538938.872	9429718.185
52	539063.078	9429418.182
53	539131.186	9429511.115
54	538938.533	9429716.154
55	538954.503	9429651.5025
56	539131.186	9429511.116
57	539001.277	9429428.181

PLANO DE UBICACIÓN
ESC 1/2500

DIBUJO: ARI FERNANDO CUBAS LÓPEZ		UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA			
REMITIDO:					
No. PLANO: U-1		PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS ALGARROBOS II y IV ETAPA (PIURA-PIURA)			
		PLANO: UBICACIÓN			
ESCALA: 1/2500	FORMATO: A3	FECHA: AGOSTO 2021	DIST.: PIURA	PROV.: PIURA	DPTO.: PIURA

Planos de áreas tributarias y sentidos del flujo





LEYENDA	
	Sentido del flujo
	Áreas internas
	Áreas externas
	Puntos de llegada
	Puntos más altos
	Puntos inundables

ÁREAS TRIBUTARIAS Y SENTIDOS DEL FLUJO
ESC 1/2000

DIBUJO: ARI FERNANDO CUBAS LÓPEZ		UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA			
REVISADO:		PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS ALGARROBOS II y IV ETAPA (PIURA-PIURA)			
Nº PLANO: U-2		PLANO ÁREAS TRIBUTARIAS Y SENTIDOS DEL FLUJO			
ESCALA: 1/2000	FORMATO: A3	FECHA: AGOSTO 2021	DIST.: PIURA	PROV.: PIURA	DPTO.: PIURA

Plano de coeficientes de escorrentía y caudales por tramos





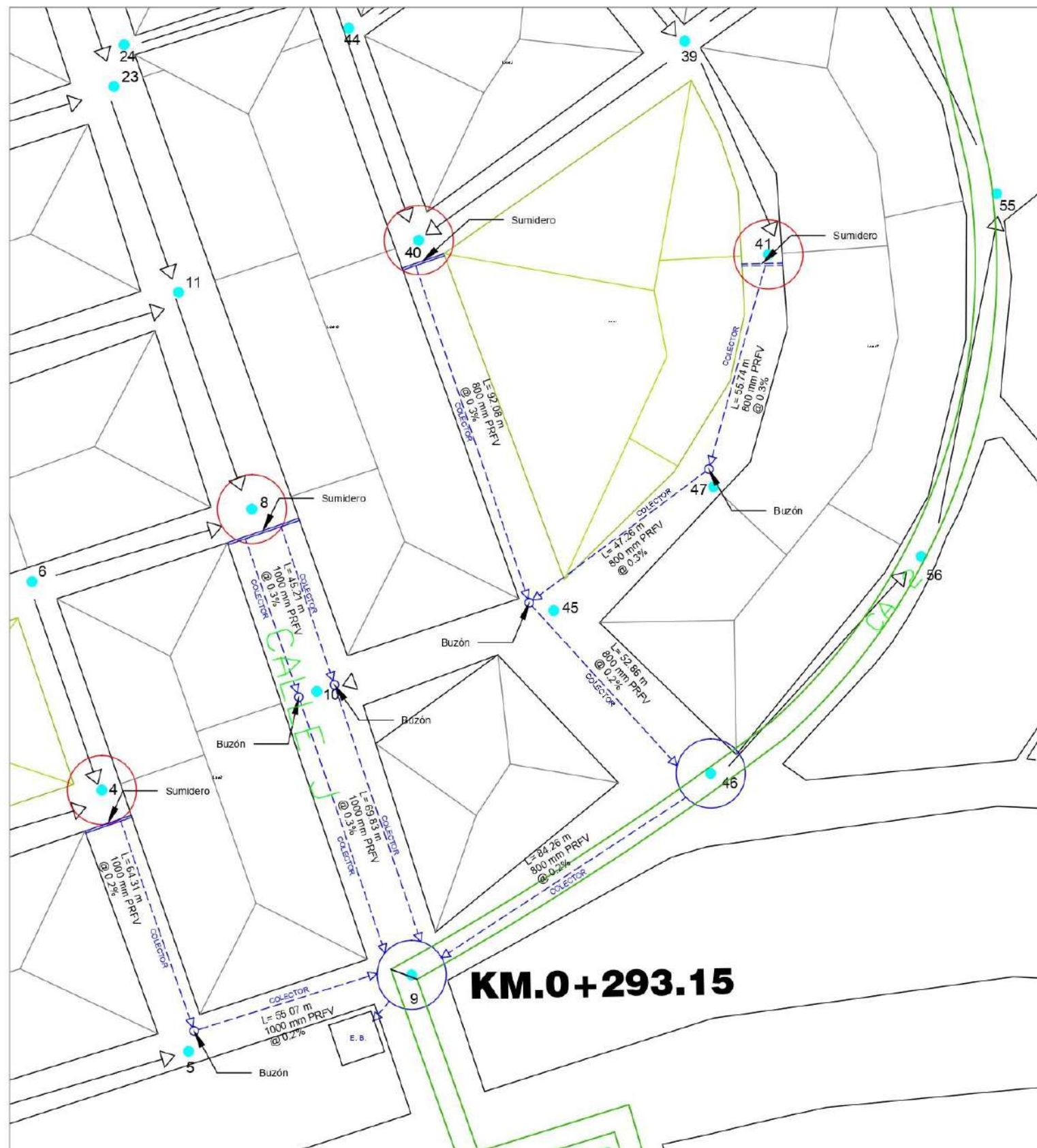
LEYENDA	
	Sentido del flujo
	Puntos de llegada
	Puntos más altos
	Puntos inundables

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA Y CAUDALES
ESC 1/2000

DIBUJÓ: ARI FERNANDO CUBAS LÓPEZ		UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA			
REVISÓ:		PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS ALGARROBOS II y IV ETAPA (PIURA-PIURA)			
Nº PLANO: U-3		PLANO COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA Y CAUDALES			
ESCALA: 1/2000	FORMATO: A3	FECHA: AGOSTO 2021	DIST.: PIURA	PROV.: PIURA	DPTO.: PIURA

Plano de sistema de drenaje pluvial





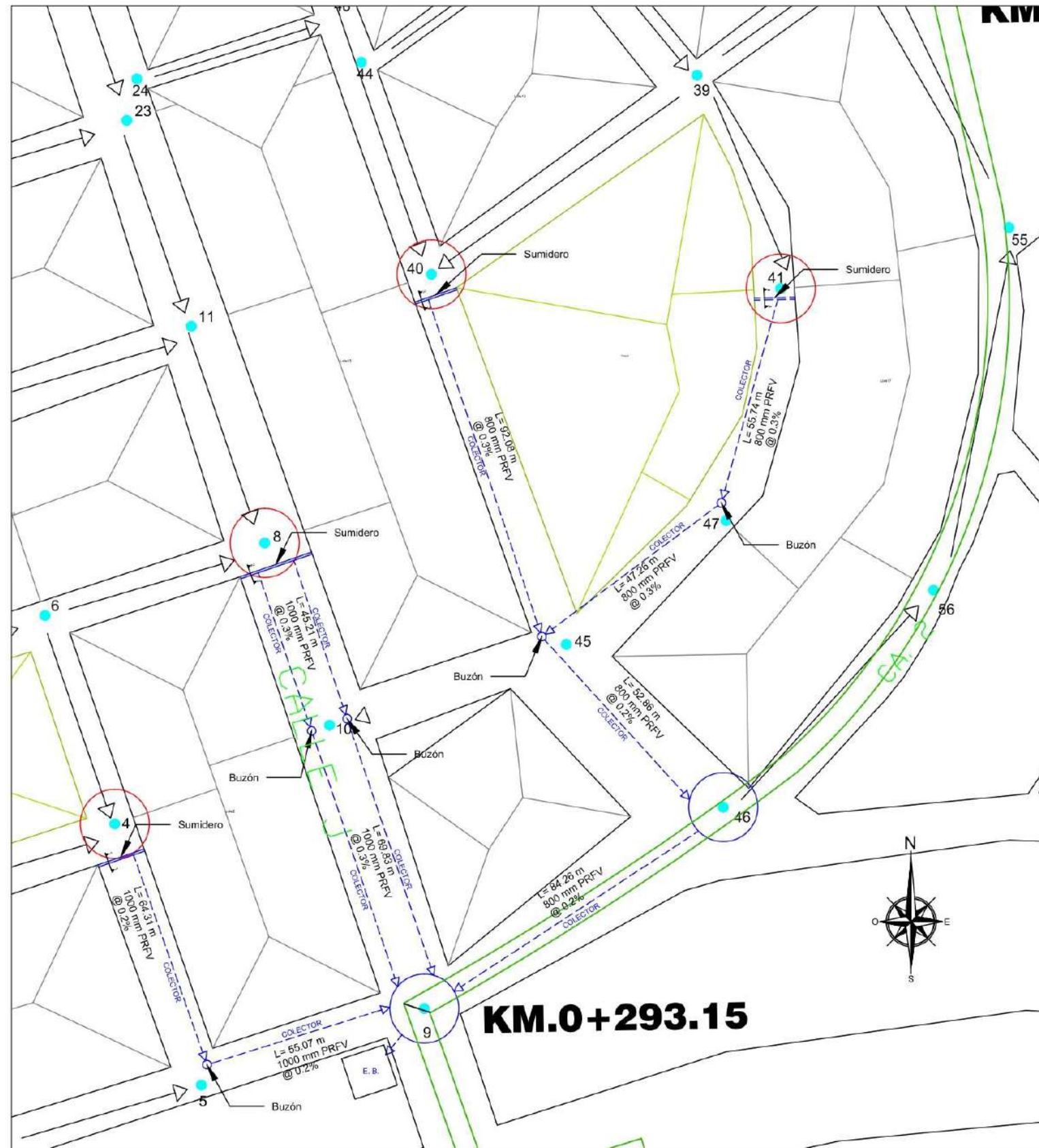
SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
ESC 1/1000

LEYENDA	
	Sentido del flujo
	Puntos de llegada
	Puntos inundables

DIBUJO: ARI FERNANDO CUBAS LÓPEZ		UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA			
REVISADO:		PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS ALGARROBOS II y IV ETAPA (PIURA-PIURA)			
Nº PLANO: DP-1		PLANO SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL			
ESCALA: 1/1000	FORMATO: A3	FECHA: AGOSTO 2021	DIST.: PIURA	PROV.: PIURA	DPTO.: PIURA

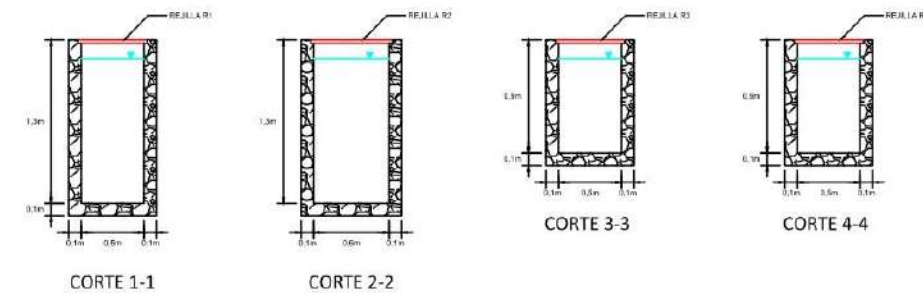
Planos de Sumideros con rejilla en calzada



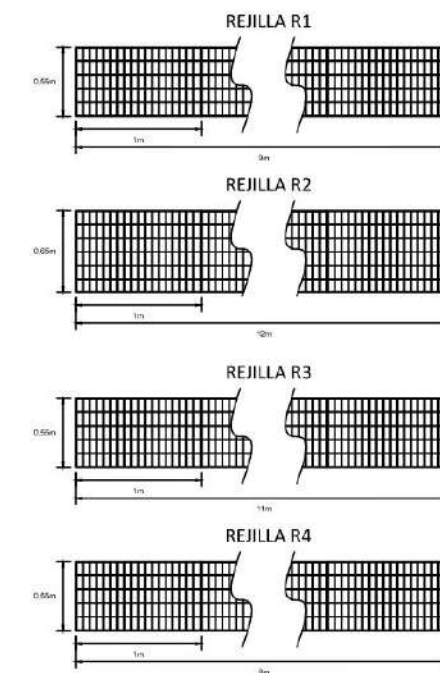


SUMIDEROS CON REJILLA EN CALZADA
ESC 1/1000

SECCIÓN TRANSVERSAL DE SUMIDEROS E=1/50



DETALLES DE REJILLAS E=1/50



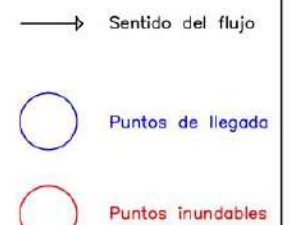
DETALLES Y DIMENSIONES DE REJILLAS 1, 3 Y 4

- Material: Hierro laminado
- Dimensiones:
 - 0.55 x 1.00 m
 - Ancho de barras de 0.05 m
- Orientación: Barras paralelas al flujo y también transversales.
- Espaciamiento:
 - Barras paralelas: 0.05 m
 - Barras transversales: 0.105 m
- Las rejillas se ubicarán a lo largo del sumidero correspondiente, variando la cantidad de estas de la siguiente manera:
 - R1: 9 rejillas
 - R3: 11 rejillas
 - R4: 8 rejillas

DETALLES Y DIMENSIONES DE REJILLA 2

- Material: Hierro laminado
- Dimensiones:
 - 0.55 x 1.00 m
 - Ancho de barras de 0.05 m
- Orientación: Barras paralelas al flujo y también transversales.
- Espaciamiento:
 - Barras paralelas: 0.05 m
 - Barras transversales: 0.105 m
- Las rejillas se ubicarán a lo largo del sumidero correspondiente, variando la cantidad de estas de la siguiente manera:
 - R2: 6 rejillas en cada calzada

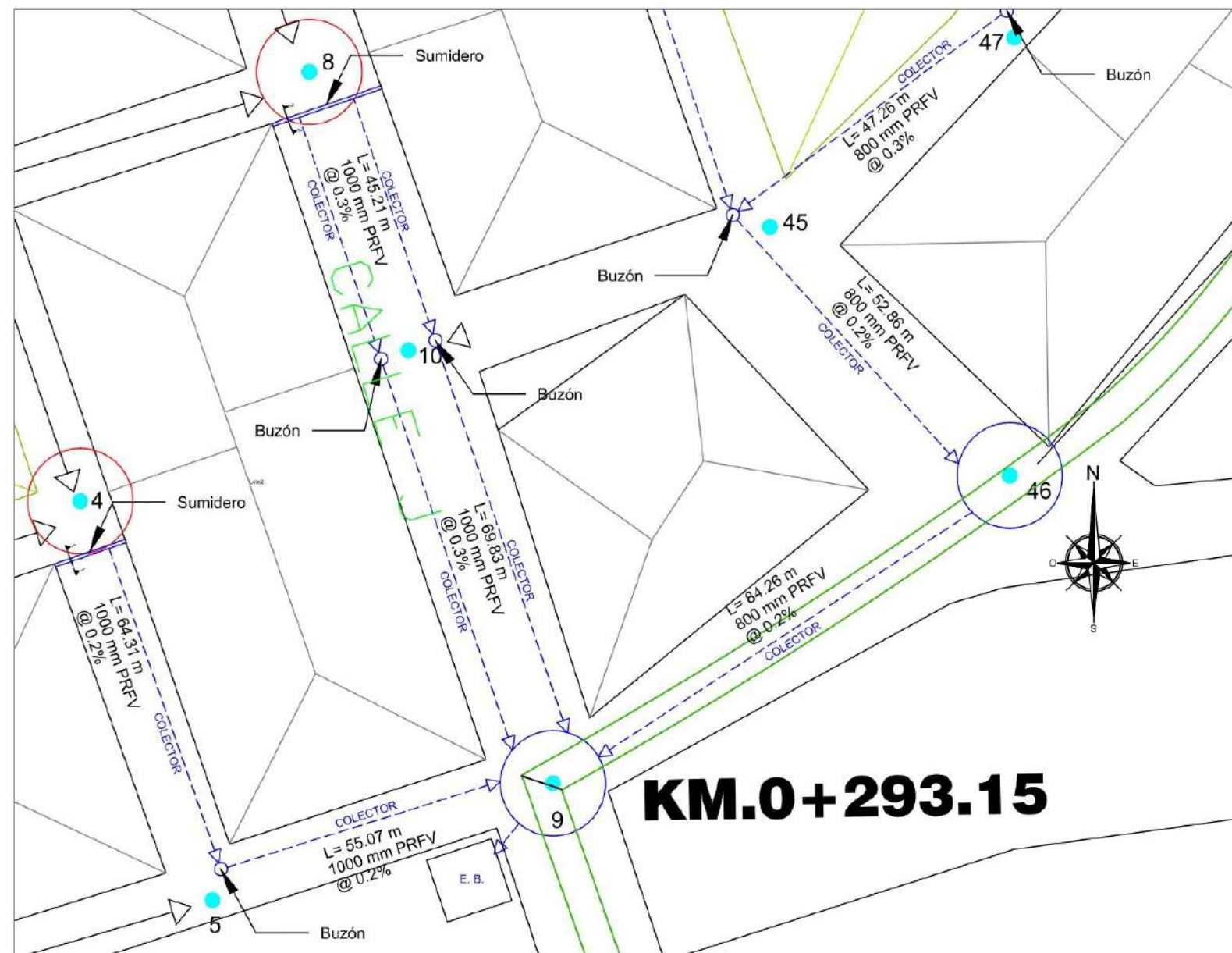
LEYENDA



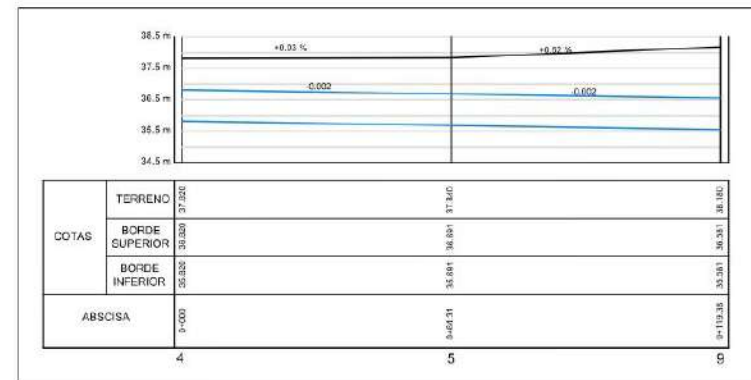
DIBUJO: ARI FERNANDO CUBAS LÓPEZ		UNIVERSIDAD DE PIURA			
REVISADO:		FACULTAD DE INGENIERÍA			
Nro. PLANO:		PROYECTO			
DP-2		DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS ALGARROBOS II y IV ETAPA (PIURA-PIURA)			
ESCALA:		PLANO			
INDICADA		SUMIDEROS CON REJILLA EN CALZADA			
FORMATO: A3		FECHA:	DIST.:	PROV.:	DPTO.:
		AGOSTO 2021	PIURA	PIURA	PIURA

Planos de tuberías

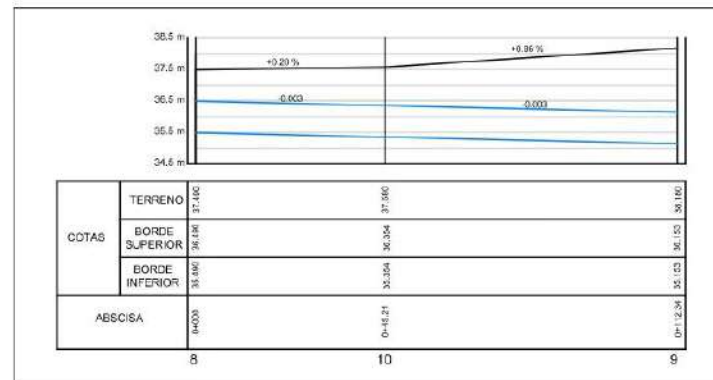




VISTA EN PLANTA
ESC 1/750

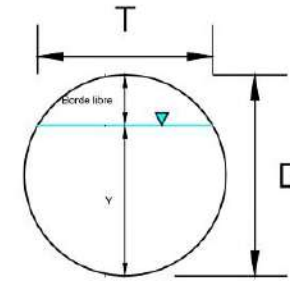


PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: V= 1/200
H= 1/1500



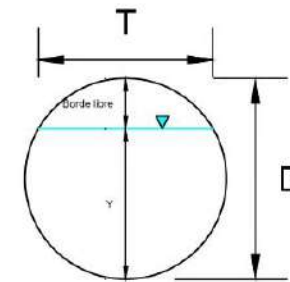
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: V= 1/200
H= 1/1500

SECCIÓN TRANSVERSAL DE ALCANTARILLAS ESC 1/25

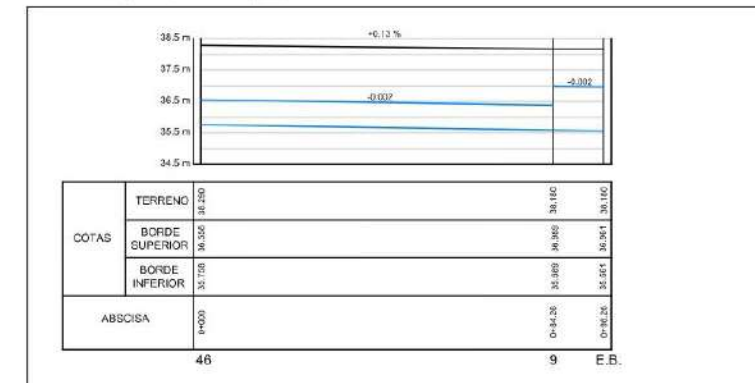


MEDIDAS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE ALCANTARILLAS		
TRAMO	DIÁMETRO (m)	ENERGÍA ESPECÍFICA (m)
4-5	1.00	0.785
5-9	1.00	0.785
8-10	1.00	0.641
10-9	1.00	0.943

SECCIÓN TRANSVERSAL DE ALCANTARILLAS ESC 1/25



MEDIDAS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE ALCANTARILLAS		
TRAMO	DIÁMETRO (m)	ENERGÍA ESPECÍFICA (m)
46-9	0.80	0.773
9-E.B.	1.40	1.315



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: V= 1/200
H= 1/1500

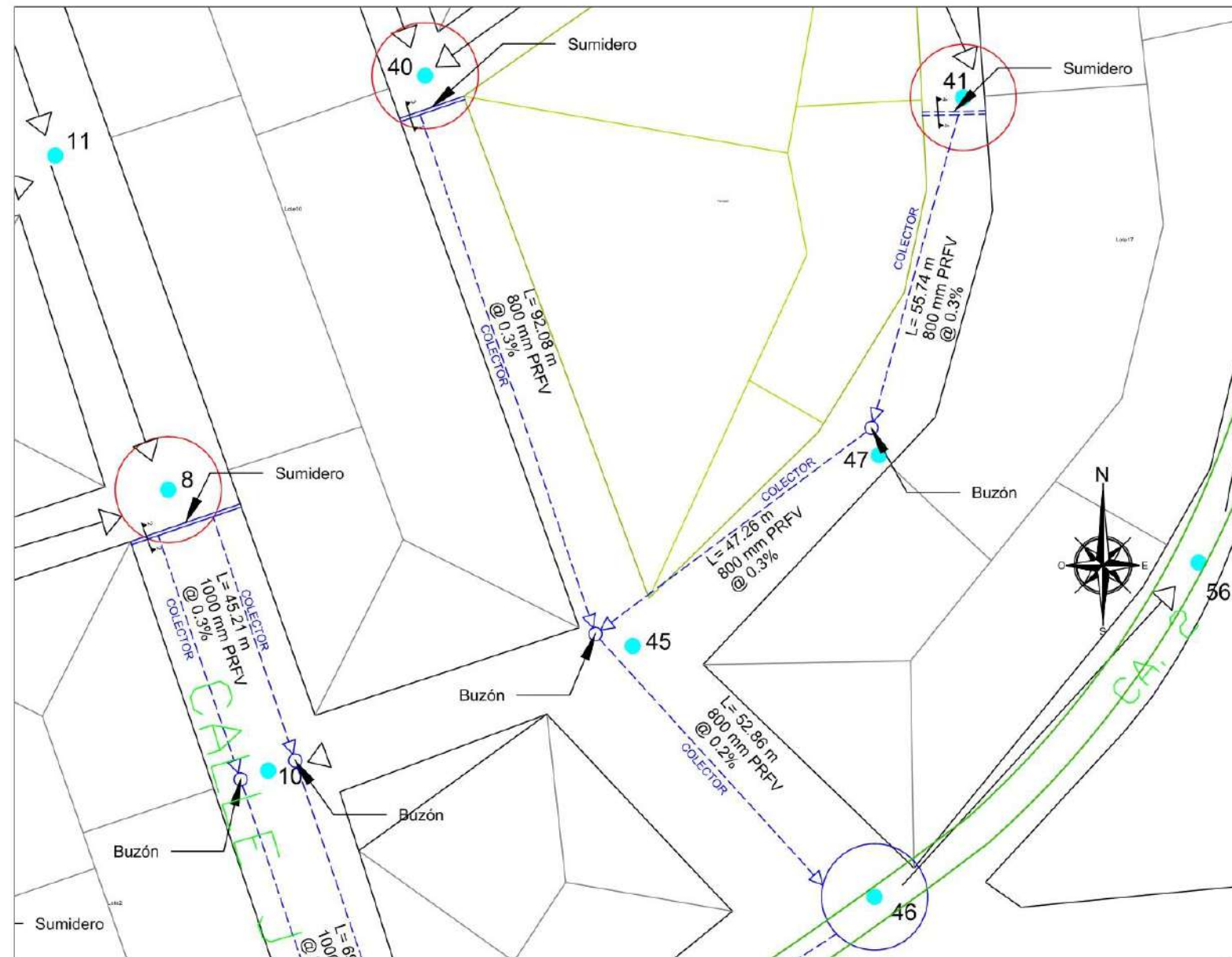
LEYENDA

→ Sentido del flujo

○ Puntos de llegada

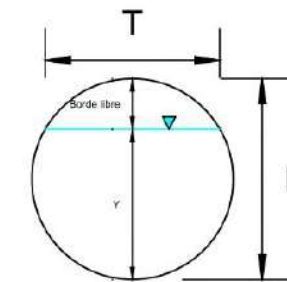
○ Puntos inundables

DISEÑO: ARI FERNANDO CUBAS LÓPEZ		UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA			
REVISADO:		PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS ALGARROBOS II y IV ETAPA (PIURA-PIURA)			
Nº PLANO: DP-3		PLANO COLECTORES			
ESCALA: INDICADA	FORMATO: A3	FECHA: AGOSTO 2021	DIST.: PIURA	PROV.: PIURA	DPTO.: PIURA



VISTA EN PLANTA
ESC 1/750

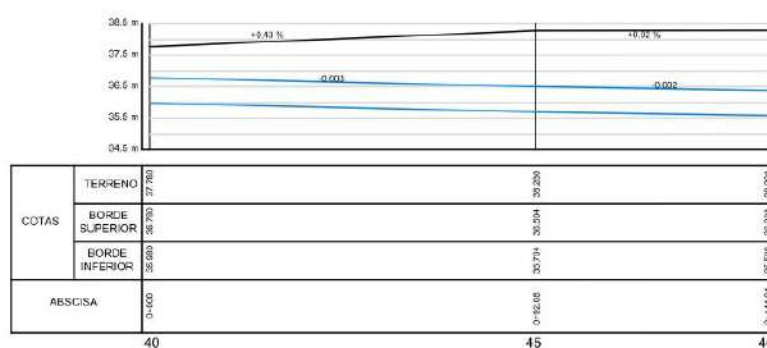
SECCIÓN TRANSVERSAL DE ALCANTARILLAS ESC 1/25



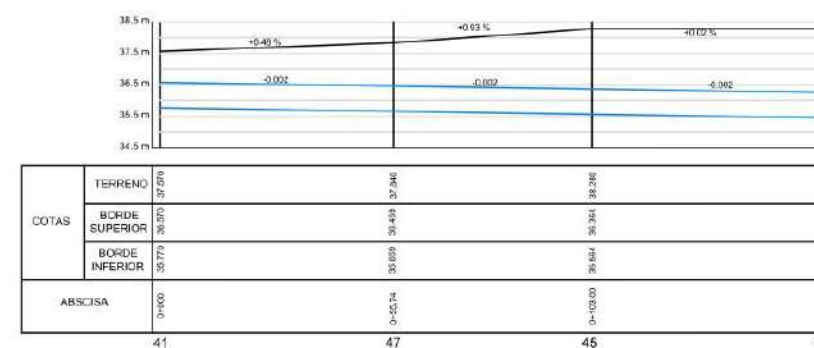
MEDIDAS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE ALCANTARILLAS		
TRAMO	DIÁMETRO (m)	ENERGÍA ESPECÍFICA (m)
40-45	0.80	0.541
41-47	0.80	0.496
47-45	0.80	0.496
45-46	0.80	0.773

LEYENDA

- Sentido del flujo
- Puntos de llegada
- Puntos inundables



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: V= 1/200
H= 1/1500



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: V= 1/200
H= 1/1500

DISEÑO: ARI FERNANDO CUBAS LÓPEZ		UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA			
REVISADO:		PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL ASENTAMIENTO HUMANO LOS ALGARROBOS II y IV ETAPA (PIURA-PIURA)			
DISEÑO: DP-4		PLANO COLECTORES			
ESCALA: INDICADA	FORMATO: A3	FECHA: AGOSTO 2021	DIST.: PIURA	PROV.: PIURA	DPTO.: PIURA