



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Modelamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial en la zona urbana del

Distrito de Chocope – Ascope – La Libertad – 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Mauricio Baca, Dixon Luis (ORCID: 0000-0001-8768-9258)

Ruiz Chicana, Héctor Manuel (ORCID: 0000-0002-9506-9996)

**ASESOR:**

Dr. Herrera Viloche, Alex Arquímedes (ORCID: 0000-0001-9560-6846)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A Dios por obsequiarme el don de la inteligencia y bendecirme en cada paso de mi vida.

A mis padres por inculcarme el valor de la perseverancia y ayudarme a lograr cada sueño y meta propuesta.

MAURICIO BACA, DIXON LUIS

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme el don de la sabiduría, por guiarme en cada paso logrado a lo largo de mi vida.

A mis padres por permanecer a mi lado a lo largo de mi vida y haberme enseñado a luchar por mis objetivos y sueños planteados.

RUIZ CHICANA, HÉCTOR MANUEL

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros asesores: Mg. Eduar José Rodríguez Beltrán, Dr. Alex Herrera Viloche y Mg. Marlon Gaston Farfan Cordova por sus consejos y dedicación que nos permitió culminar con la presente investigación.

A todas las personas que contribuyeron con esta investigación y nos brindaron sus consejos y ayuda que nos permitió terminar con nuestra investigación.

LOS AUTORES

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación: .....	17
3.2. Variables y operacionalización: .....	17
3.3. Población, muestra y muestreo: .....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	18
3.5. Procedimientos: .....	18
3.6. Método de análisis de datos: .....	18
3.7. Aspectos éticos:.....	19
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
4.1. Estudio Topográfico .....	20
4.1.1. Generalidades .....	20
4.1.2. Objetivo .....	20
4.1.3. Reconocimiento del terreno .....	20
4.1.4. Metodología de trabajo en gabinete .....	20
4.1.5 Análisis de resultado .....	25
4.1.6 Conclusiones.....	29

4.2. Estudio de suelos .....	30
4.2.1. Generalidades .....	30
4.2.2 Objetivos .....	30
4.2.3 Sismicidad en Perú .....	30
4.2.4 Trabajo de laboratorio .....	32
4.2.5 Resumen de los estudios de mecánica de suelos .....	38
4.2.6 Conclusiones.....	40
4.3. Estudio Hidrológico .....	41
4.3.1. Generalidades .....	41
4.3.2. Objetivos .....	43
4.3.3 Parámetros morfométricos de la cuenca del Río Chicama .....	43
4.3.4 Desarrollo del estudio hidrológico .....	44
4.3.5 Conclusiones.....	47
4.4. Modelamiento Hidráulico .....	48
4.4.1 Caudales de escurrimiento.....	48
4.4.2 Características generales de la red de drenaje .....	48
4.4.3 Modelamiento hidráulico de cunetas y sumideros.....	51
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>94</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>97</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>111</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cotas de nivel y longitudes de tramos horizontales - localidad Chocope	25
Tabla 2. Cotas de nivel y longitudes de tramos verticales - localidad Chocope ...	26
Tabla 3. Cota máxima y mínima del terreno de la localidad de Chocope.....	29
Tabla 4. Tipo de terreno de la zona de estudio .....	29
Tabla 5. Ubicación y profundidad de calicatas .....	31
Tabla 6. Clasificación de suelos según método SUCS .....	34
Tabla 7. Clasificación de suelos según método AASHTO.....	37
Tabla 8. Resumen de los estratos de la localidad de Chocope.....	38
Tabla 9. Estudios de CBR de muestras extraídas - localidad de Chocope. ....	39
Tabla 10. Peso unitario promedio y capacidad portante del suelo de Chocope...	39
Tabla 11. Precipitaciones máximas en 24 horas – Subcuenca Bajo Chicama ....	44
Tabla 12. Coeficiente de rugosidad de Manning para cunetas.....	51
Tabla 13. Caudal de diseño para cunetas .....	55
Tabla 14. Resultados de diseño de cunetas .....	57
Tabla 15. Resultados del diseño de sumideros.....	61
Tabla 16. Resultados del diseño de tuberías .....	72
Tabla 17. Resultados del diseño de buzones.....	84
Tabla 18. Matriz de Operacionalización de variables .....	112
Tabla 19. Funciones de distribución de probabilidades.....	121
Tabla 20. Diámetros mínimos de tubería .....	128
Tabla 21. Velocidades máximas para tuberías.....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano topográfico de la localidad de Chocope. ....	22
Figura 2. Plano urbano de la localidad de Chocope.....	23
Figura 3. Plano topográfico y urbano de la localidad de Chocope. ....	24
Figura 4. Mapa de ubicación de la cuenca del río Chicama .....	41
Figura 5. Demarcación Hidrográfica de la Cuenca del Río Chicama .....	42
Figura 6. Hidrografía de la Cuenca del Río Chicama .....	43
Figura 7. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia Subcuenca Bajo Chicama .	45
Figura 8.Plano de delimitación de la microcuenca urbana Chocope.....	45
Figura 9. Plano de área y perímetro de la micro-cuenca urbana Chocope. ....	46
Figura 10.Base del cálculo de diseño.....	48
Figura 11.Plano topográfico localidad de Chocope en SewerGEMS .....	49
Figura 12. Plano urbano localidad de Chocope en SewerGEMS.....	50
Figura 13.Catalogo de cuneta .....	52
Figura 14. Prototipo de cuneta .....	52
Figura 15.Catálogo de sumideros .....	53
Figura 16. Prototipo de sumidero .....	54
Figura 17. Recorrido del afluente pluvial de la localidad de Chocope. ....	54
Figura 18. Ubicación y trazado de sumideros y cunetas .....	55
Figura 19. Simulación del drenaje pluvial de cunetas tramo CU-62.....	56
Figura 20. Simulación del drenaje pluvial de sumideros tramo SC-211 .....	60
Figura 21. Listado y detalle de tuberías según el fabricante .....	68
Figura 22. Catálogo de las tuberías .....	69
Figura 23. Parámetros y restricciones para las tuberías .....	69
Figura 24. Prototipo del Buzón .....	70
Figura 25. Ubicación y trazado de tuberías y buzones.....	71
Figura 26. Resultados de diseño de tuberías.....	71
Figura 27. Resultados de diseño de buzones .....	83
Figura 28. Trazado de la curva IDF .....	88
Figura 29. Prototipo de las áreas tributarias.....	89
Figura 30. Trazado de las áreas tributarias para cada colector .....	90
Figura 31. Resultados de diseño de las áreas tributarias.....	91
Figura 32. Perfil longitudinal del Colector Principal 1 .....	92

Figura 33. Perfil longitudinal del Colector Principal 2 .....	92
Figura 34. Perfil longitudinal del Colector Principal 3 .....	92
Figura 35. Carátula del informe de mecánica de suelos .....	118
Figura 36. Investigación de campo – calicatas realizadas. ....	119
Figura 37. Contenido de sales solubles totales ASTM D - 516 .....	120
Figura 38. Portada del estudio de extremos hidrológicos - cuenca Chicama.....	127
Figura 39. Sección transversal de cunetas.....	129
Figura 40. Sumidero Tipo Chico Conectado.....	130
Figura 41. Rejillas de fierro fundido para sumideros. ....	131
Figura 42. Plano topográfico de la zona de estudio. ....	133
Figura 43. Plano de distribución de la localidad de Chocope. ....	134
Figura 44. Plano de ubicación de las calicatas - localidad de Chocope. ....	135
Figura 45. Plano de localización de cuenca hidrográfica - zona de estudio. ....	136
Figura 46. Plano de limitación de microcuenca urbana - localidad de Chocope. ....	137
Figura 47. Plano de detalles del diseño hidráulico Pluvial.....	138
Figura 48. Plano de perfil hidráulico del colector principal 1-10 años.....	139
Figura 49. Plano de perfil hidráulico del colector principal 2-10 años.....	140
Figura 50. Plano de perfil hidráulico del colector principal 3-10 años.....	141
Figura 51. Plano del modelamiento hidráulico pluvial. ....	142
Figura 52. Psje. Jose Olaya sin capa asfáltica con riesgo ante inundaciones. ..	143
Figura 53. Calle. Santa Monica sin capa asfáltica.....	143
Figura 54. Psje. Alfonso Ugarte sin capa asfáltica y veredas inexistentes. ....	144
Figura 55. Psje. Vigil sin capa asfáltica y sin una red de aguas pluviales. ....	144
Figura 56. Calle Eleazar Pereda propiedad en mal estado por humedad. ....	145
Figura 57. Calle Andrés Avelino Cáceres sin capa asfáltica. ....	145

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal realizar el Modelamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial en la zona urbana del Distrito de Chocope, Ascope, La Libertad. Se aplicó la investigación descriptiva, diseño de investigación fue el no experimental – transversal, descriptivo simple. La población del estudio es la localidad de Chocope, se utilizó el muestreo no probabilístico. Con el estudio topográfico de la zona de estudio se determinó que la localidad de Chocope presenta orografía plana, área de 623,668.99 m<sup>2</sup>. En el estudio de mecánica de suelos se encontraron arcillas-limosas. Se elaboró el estudio hidrológico, se calculó que las precipitaciones máximas en 24 horas Subcuenca Bajo Chicama para el periodo de retorno de 10 años varía entre 0.0 a 77.1 mm. Se desarrolló el diseño hidráulico pluvial utilizando el método racional, se efectuó el modelamiento hidráulico de cunetas convencionales, 214 sumideros, se cuenta con 7326.3m de tuberías, el caudal máximo que se conducirá en las tuberías de PVC es de 1868.65 L/s en el tramo-57, diámetro máximo de tubería de 39 pulgadas, velocidad máxima registrada de 3.43 m/s. Concluyendo que este sistema de drenaje es apto e importante para la localidad de Chocope porque permitirá la evacuación de las aguas pluviales.

**Palabras clave:** modelamiento, drenaje, hidráulico, tubería, caudal.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to carry out the hydraulic modeling of the drainage system for rainwater in the town of Chocope, Ascope, La Libertad. Descriptive research was applied, research design was non-experimental - transversal, simple descriptive. The study population is the town of Chocope, non-probabilistic sampling was used. With the topographic study of the study area, it was determined that the town of Chocope presents flat orography, an area of 623668.99 m<sup>2</sup>. In the soil mechanics study, silty-clays were found. The hydrological study was elaborated, it was calculated that the maximum rainfall in 24 hours Lower Chicama Subbasin for the return period of 10 years varies between 0.0 to 77.1 mm. The pluvial hydraulic design was developed using the rational method, the hydraulic modeling of conventional ditches was carried out, 214 drains, there are 7326.3m of pipes, the maximum flow that will be conducted in the PVC pipes is 1868.65 L / s in the stretch-57, maximum pipe diameter of 39in, maximum registered speed of 3.43 m / s. Concluding that this drainage system is suitable and important for the town of Chocope because it will allow the evacuation of rainwater.

**Keywords:** modeling, drainage, hydraulic, pipe, flow.

## I. INTRODUCCIÓN

La Organización Meteorológica Mundial en el año 2013 realizó un estudio basado en la conceptualización del programa nacional de prevención contra contingencias hidráulicas donde describen que las inundaciones originan grandes pérdidas humanas y materiales alrededor del planeta, ubicándose este terrible desastre por encima de epidemias e incluso sismos. Existen diversos factores hidrológicos, humanos y meteorológicos que colaboran con las crecidas.

La Organización Meteorológica Mundial en el año 2014 realizó un estudio donde menciona que desde el año 1970 hasta el año 2012 se han identificado un total de dos mil seiscientos ochenta y un desastres en el continente asiático, durante este período se reportaron novecientos quince mil trescientos ochenta y nueve fallecidos y setecientos ochenta y nueve mil ochocientos millones de dólares en daños económicos. Estos desastres fueron originados en cuarenta y cinco por ciento por crecidas y en un treinta y cinco por ciento en tormentas. Las tormentas originaron el setenta y seis por ciento de fallecidos y las inundaciones provocaron el sesenta por ciento de pérdidas económicas.

The Human Cost of Weather Related Disasters realizó una investigación desde el año 1995 hasta el año 2015 donde menciona que las inundaciones se ubicaron en el tercer puesto originando grandes pérdidas humanas y económicas; afectando a dos mil trescientos millones de personas en el mundo. Por otro lado, en América del Sur se reportaron un total de seiscientos noventa y seis desastres, provocando cincuenta y cuatro mil novecientos noventa y cinco muertes de personas y setenta y un mil ochocientos millones de dólares en pérdidas económicas. Las inundaciones provocaron el ochenta por ciento de pérdidas humanas.

En un estudio realizado por la Universidad Católica de San Pablo en el año 2017 se describió que los orígenes de las inundaciones en el Perú varían según las condiciones del lugar. En la zona sur de nuestro país ocurren desbordes de ríos de forma agresiva, huaycos y maremotos.

En la actualidad nuestro país carece de infraestructura capaz de soportar los embates de la naturaleza, haciéndolo vulnerable ante fenómenos o desastres naturales provocando destrucciones materiales y pérdida de vidas humanas. Las infraestructuras hidráulicas son esenciales ante fenómenos donde tienen como dominante al agua, este tipo de infraestructuras permita evacuar aguas de lluvia a un sistema de drenaje para su disposición de control total, generando la prevención de inundaciones en zonas urbanas.

La ciudad de Chocope se ubica en la zona norte del Perú, en el distrito de Chocope, provincia de Ascope, departamento de La Libertad, se localiza a 106 m.s.n.m; cuenta con un clima templado, las temperaturas en invierno y verano varían entre los 20°C y 22 °C con lluvias esporádicas. Por el norte la ciudad de Chocope limita con Paiján y Ascope, por el sur limita con Chicama, por el este limita con Ascope y Casa Grande y por el oeste con Magdalena del Cao.

La orografía de esta zona es en su mayor parte llana cuenta con áreas de cultivo, presenta dos cerros: Mocopolle y Santa Ana y campos cañaverales, el suelo es de color pardo agrisado y de origen aluviónico, en su gran mayoría está conformado por sedimentos trasladados por el río Chicama.

Los pobladores de la zona se dedican principalmente a sembrar arroz, maíz amarillo, tomate, camote, yuca, alfalfa. Respecto al rubro de la ganadería los pobladores de la zona se dedican a la crianza de ganado vacuno, porcinos, caballos de paso peruano, aves de corral. En la ciudad de Chocope se ubica la Cooperativa Agraria Azucarera Casa Grande y ANDESA.

Las tierras agrícolas que se ubican en la ciudad de Chocope son irrigadas por las aguas provenientes del Río Chicama, este recurso es conducido a través de las acequias: Yalpa, El Sanjón y Paiján.

Según el censo realizado en el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática el número de habitantes que presenta esta ciudad es de 9897 habitantes.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú en el año 2018 según la estación meteorológica ubicada en el distrito de Sinsicap localizado en la provincia de Otuzco, describe que la precipitación pluvial promedio anual en la Ciudad de Chocope es de aproximadamente 987 mm. En temporadas de alta precipitación de lluvias alcanzan niveles de índices elevados causando serios problemas en la ciudad de Chocope y sus alrededores por la insuficiencia de un sistema de drenaje pluvial afectando la calidad de vida de las personas y provocando el desgaste superficial del pavimento.

Teniendo en cuenta lo expuesto se formuló el siguiente problema: ¿Qué características técnicas presentará el Modelamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial en la zona urbana del Distrito de Chocope, Ascope, La Libertad? Esta investigación se justifica teóricamente porque en su elaboración se emplearon normas técnicas vigentes en el desarrollo del modelamiento hidráulico del sistema de drenaje para aguas pluviales, lo cual permite que en futuro esta información sea empleada en la elaboración del perfil técnico, posterior a ello se formule el expediente técnico y se pueda ejecutar el proyecto.

Por otro lado, el estudio se justifica metodológicamente porque según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres en el año 2018 describe que sólo se cuenta con una cobertura del servicio del drenaje pluvial de 1.67% a nivel nacional presente en los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Junín, La Libertad, Loreto y Tumbes, la brecha de cobertura es de 98.33%. Puede agregarse que este proyecto se justifica técnicamente porque en la actualidad no se cuenta con el modelamiento hidráulico del sistema de drenaje para aguas pluviales en el centro histórico del distrito de Chocope. Con todo lo descrito se beneficiará a los pobladores de la zona porque contarán con el modelamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial que les permitirá mejorar su calidad de vida evacuando las aguas pluviales de forma correcta evitando generar diversas enfermedades al encontrarse las aguas pluviales almacenadas en las vías públicas, se evitará afectar la infraestructura de las viviendas y se evitará perjudicar la superficie del pavimento. El proyecto se justifica ambientalmente

porque al contar con un sistema de drenaje pluvial se reducirá la cantidad de sedimentos transportados por las inundaciones.

El objetivo principal, es realizar el Modelamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial en la zona urbana del Distrito de Chocope, Ascope, La Libertad. Además, como objetivos específicos se planteó: efectuar el estudio topográfico de la zona de estudio, realizar el estudio de mecánica de suelos, elaborar el estudio hidrológico, desarrollar el diseño hidráulico pluvial.

Se planteó como hipótesis que el modelamiento hidráulico del sistema de drenaje para aguas pluviales en la localidad de Chocope, Ascope, La Libertad, cumplirá con los criterios técnicos dispuestos para el diseño del sistema de drenaje pluvial del RNE.

## II. MARCO TEÓRICO

Ante el actual déficit del diseño y modelamiento de sistemas de drenaje pluvial en ciudades vulnerables ante fenómeno de lluvias en el departamento de La Libertad, diversos autores han desarrollado proyectos e investigaciones en las localidades de dicho departamento.

Mena y Talledo (2020) en su trabajo de investigación realizaron el diseño del sistema de drenaje para las aguas pluviales en el Centro Histórico de Trujillo, distrito de Trujillo, departamento La Libertad. El Centro Histórico de Trujillo presentó precipitaciones máximas en 24 horas según la estación Trujillo entre 5.8 a 10.4 mm. La muestra del estudio es el área del centro histórico y las calles principales aledañas, con el estudio topográfico se determinó que las pendientes de la zona de estudio son inferiores al 3% por lo cual se clasificó a la orografía como plana, el tipo de suelo está conformado por arenas limosas de partículas media a finas. Durante el desarrollo de la investigación se empleó un canal cerrado de tubería de 0.50m de diámetro, sumideros laterales de 1.20m x 1.50m con una profundidad mínima de 1m y caudal de diseño de 0.41 m<sup>3</sup>/s.

Benites y Bustamante (2020) en su investigación desarrolló el diseño de un sistema de drenaje urbano pluvial en las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín, distrito de Trujillo, departamento La Libertad. En su proyecto desarrollaron un sistema de drenaje que conformado por 2 subsistemas: sub sistema del lado izquierdo y lado derecho, conformado por 31 buzones. La investigación fue modelada en el software SWMM V.5.1, considerando un periodo de retorno de 25 años.

Monzon y Rodriguez (2020) en su proyecto de investigación diseñaron el sistema de drenaje pluvial para la localidad de Curgos, distrito de Curgos, provincia de Sánchez Carrión, departamento La Libertad, la muestra de estudio es la localidad de Curgos que presenta una planimetría 429,572.898 m<sup>2</sup>, presenta una topografía accidentada, el tipo de terreno predominante en el área de estudio mediante la clasificación SUCS fue SM y ML : arenas limosas y arcillosas con ligera plasticidad, el contenido de humedad del suelo

fue de 12.32%, el límite líquido de las muestras analizadas fue de 26%, el límite plástico de las muestras analizadas fue de 21% y el índice de plasticidad fue de 4%, el diseño se realizó considerando un periodo de retorno de 10 años, duración de 5 minutos y una intensidad de diseño de 146.89 mm/hr, para el diseño del sistema de drenaje pluvial se emplearon canales de evacuación, se diseñaron 05 tipos de secciones con medidas que varían entre  $b=0.30\text{m}$  x  $H=0.50\text{m}$ .

Por la evidente ausencia de sistemas de drenaje pluvial en diversas zonas de nuestro país, se han desarrollado diversos estudios e investigaciones en el Perú.

Yáñez (2018) en su investigación se basó en la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa de la ciudad de Cajamarca, empleó una metodología del tipo de investigación correspondiente a una descriptiva correlacional. Como resultados determinó la eficiencia del sistema (conducción y operación), se concluyó que, al analizar y evaluar la eficacia de las tuberías de conducción de las aguas pluviales con caudales mínimos recomendables, velocidad aceptable y no se generaran sedimentación, el autor recomienda utilizar el diseño en una nueva estructura hidráulica.

Oncoy (2017) en su trabajo de investigación desarrolló la propuesta de una red de drenaje pluvial para reducir riesgos de inundaciones en la zona céntrica de la ciudad de Huaraz. Su investigación fue de nivel descriptivo. Obteniendo un resultado de la intensidad de lluvia en 30 años, en cuyo periodo se alcanzó 125.67mm/hr en 10 min aproximadamente. Concluyendo que el diseño de drenaje fue defectuoso al no soportar la carga de agua establecida según la realidad pluvial de la zona, el tramo T-30 tuvo las dimensiones más pequeñas con una sección de 0.40m x 0.40 m logrando soportar el caudal de 290.51 Lt/seg., y los tramos más amplios fueron el T-56 y T-57 con dimensiones de sección transversal de 1.0 m x 1.0 m los cuales soportaron caudales de 4690.63 Lt/seg y 2051.96 Lt/ seg.

Chambi (2018) en su investigación efectuó el análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial del distrito de Alto Selva Alegre en la provincia de Arequipa. El autor utilizó la aplicación del software SWMM 5.1 que permitió pre dimensionar los sistemas de colectores secundarios de la red de drenaje pluvial, utilizando el método de la Onda Dinámica. El software utilizado describió que un conducto está a presión o con una sobrecarga cuando la relación  $y_{max}/y_{full}$  es igual a 1; en esta investigación ningún conducto de evacuación de aguas funcionó a presión o carga, porque los conductos empleados se desarrollaron en lámina libre. En la cuenca de tipo cabecera la escorrentía discurrió en pocas cantidades, evitando el desgaste del pavimento flexible, tampoco se generaron pérdidas económicas y las actividades en dicha zona se desarrollaron sin problema alguno.

Mori (2018) en su investigación se basó en el diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Roque de Cumbaza del departamento de San Martín, utilizó la metodología pre-experimental debido a su control mínimo en la investigación. Teniendo como resultados el cálculo de la base de diseño por medio del método racional, realizada con un periodo de retorno de 50 años, la Cuenca Misquiyaquillo tuvo un caudal de  $27.57 \text{ m}^3/\text{s}$  y la cuenca Urmana fue de  $34.79 \text{ m}^3/\text{s}$ , para las sub cuencas 1, 2, 3 y 4 se obtuvo caudal de diseño promedio de  $6.75 \text{ l/s}$  y diseñó cunetas cuyas secciones varías entre  $1.8750 \text{ m} \times 0.75 \text{ m}$ . Concluyendo que los resultados de caudales máximos con periodos de retorno diferentes fueron aceptables mediante el método racional, pues consideran no solo los parámetros hidrofisiográficos sino también hidrológicos.

Existe un gran déficit en el sistema de drenaje pluvial a nivel internacional, por lo cual diversos autores han realizado sus investigaciones en busca de soluciones para esta gran problemática.

Oyarzo (2017) en su proyecto de investigación describió el grado de desarrollo del plan maestro de evacuación y drenaje de aguas pluviales de Punta Arenas en Chile, donde el principal objetivo fue determinar el nivel de ejecución del proyecto del fluido, verificando la calidad de obras hidráulicas de

sistemas de drenaje pluvial e investigar puntos críticos en caso de inundación; este proyecto utiliza una metodología tipo descriptiva. Concluyendo que, de los 69 puntos de inundación generados en temporadas de lluvia con grandes precipitaciones, que se registraron en 1998 en un Plan Maestro, se puede decir que 50 de ellos han sido saneados, lo cual equivale a un 73%.

Rivadeneira (2018) en su estudio de investigación detalló el diseño del sistema de alcantarillado pluvial en el barrio Campiña de Inca del distrito de Cantón Quito en la provincia de Pichincha desarrolló como objetivo recopilar datos e información para el diseño del drenaje pluvial y la disposición final de las aguas pluviales recolectada. La metodología utilizada es la matriz causa – efecto. El material más adecuado para el diseño fue PVC generando un óptimo proceso de construcción por la disminución de excavación, relleno y compactación; también es beneficioso por lo fácil que se realizan las instalaciones y el mantenimiento. Concluyendo que debido a que el proyecto fue diseñado en un pueblo nuevo, se tiene la necesidad de construir un adecuado sistema de drenaje pluvial y dicho proyecto de investigación plantea una adecuada solución en base a la topografía, hidrología y economía de la Provincia de pichincha.

Brewer y Herrera (2017) efectuó su tesis basada en la evaluación del drenaje pluvial existente descargado en el Mar Caribe; con una alternativa de solución con descarga sobre la Bahía de Cartagena, en el área de las Avenidas San Martín y Primera. Con el desarrollo de la investigación se determinó que el 22.36% y 36.98% del área total de las avenidas cuenta con riesgo total de inundación. Se infiere que el sistema de drenaje propuesto y seleccionado es viable. La investigación estableció una proyección del diseño de drenaje pluvial, donde el nivel del mar para el año 2040 tendrá un ascenso de 0,2m y aun estaría 0.5m por debajo de la vía, ya que para su óptimo funcionamiento del alcantarillado se especifica según norma que el nivel crítico debe estar entre 0.3 m.s.n.m. y 0.4 m.s.n.m.

Orozco y Tapia (2017) en su proyecto de investigación desarrollaron el diseño de un alcantarillado sanitario y pluvial para el centro parroquial Quimiag ,

tuvieron como objetivo el diseño pluvial y sanitario, considerando aspectos técnicos, ambientales y económicos. Se obtuvo como resultados según la simulación hidráulica en el software SewerCAD V8i y Excel, el caudal calculado para el diseño sanitario fue 4.5 Lt/s y un caudal de diseño para el drenaje pluvial para el centro parroquial fue 64.52 Lt/s; también se planteó para el Centro parroquial Quimiag un sistema de alcantarillado mixto para ser evacuadas en la planta de tratamiento con caudal mixto de 72.33 Lt/s, con un presupuesto aproximado a 478,951.57 dólares. Concluyendo que el diseño elaborado cumple con las expectativas desarrolladas para un periodo de retorno de 25 años en el proyecto y la zona en la que se desarrolló no permite complicaciones.

Las inundaciones son el desbordamiento temporal de un área normalmente seca debido al desbordamiento de una masa de agua, acumulación inusual, escorrentía de aguas superficiales o erosión anormal o socavamiento de la costa. Las inundaciones también pueden ser un desbordamiento del flujo de lodo causado por la acumulación de agua bajo tierra. (Journal of Geography & Natural Disasters, 2020, p.22).

Las aguas pluviales son originadas por la precipitación de lluvias o aguaceros, generando una escorrentía que puede infiltrarse en el suelo afectando la infraestructura urbana causando el colapso de los sistemas de alcantarillado. La gestión de aguas pluviales mitiga los impactos adversos que éstas puedan generar. (Akan y Houghtalen, 2003,p.1).

La recolección de agua de lluvia ha sido conocida y practicada ampliamente por muchos siglos, especialmente durante la estación seca para un propósito diferente. (Cogent Food & Agriculture, 2020,p.3).

La gestión de aguas pluviales es un conjunto con planes de políticas públicas y actividades promovidas logrando la regulación de escorrentía bajo diversas condiciones específicas. (Urban Water Resources Council of The Sociedad American Civil Engineers and the Water Environment Federation, 1992, p.18).

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, es imprescindible efectuar el estudio topográfico para conocer la planimetría y altimetría, que

permitirán realizar el trazado del sistema o red de drenaje pluvial y así poder ubicar las estructuras e instalaciones que complementan el sistema (OS.060 Drenaje pluvial urbano, 2010, p.3 - 4).

La topografía es la ciencia, el arte y la tecnología mediante los cuales las líneas, distancias, ángulos y elevaciones se establecen y miden sobre o debajo de la superficie de la Tierra. (Engineering Field Handbook, 2008, p.1).

Para diseñar las estructuras que comprenderán el sistema de drenaje pluvial es necesario efectuar el estudio de mecánica de suelos que nos permitirá identificar y precisar las características del terreno por donde se distribuirá la red de drenaje. Para este tipo de diseños, se realizarán las cada 100 m como mínimo y 500 m como máximo. El estudio de mecánica de suelos deberá contener: propiedades del suelo, perfiles estratigráficos de cada muestra, profundidad de la napa freática, con estos datos se realizará el análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de Atterberg: límite líquido y plástico, índice de plasticidad y ensayo de proctor modificado. (OS.060 Drenaje pluvial urbano, 2010, p.5).

La ingeniería ha desarrollado para el estudio hidrológico diversos métodos en los cuales se necesitan de datos hidrológicos de la zona de estudio para lograr el modelamiento de drenaje pluvial. En los métodos se pueden generar distintas variables que serán tomadas en cuenta para el modelamiento del sistema. El diseño del sistema de drenaje implica determinar características geométricas, incluyendo el perfil hidrológico y trazado en planta, siendo necesario calcular el diámetro, las pendientes de los tramos y la magnitud de las caídas suficiente en los buzones de descarga. Los drenajes pluviales son diseñados considerando un periodo de 25 años (Pineda, 2006, p.16).

El hietograma es una representación gráfica del incremento de lluvias que se observan mediante equipos meteorológicos. En las ordenadas siempre figuran la precipitación (mm), pero en otros casos se elaboran un hietograma de intensidad de precipitaciones. (Bateman, 2007,p.27).

La escorrentía de aguas pluviales en los sistemas de infraestructura ha sido un problema. A lo largo de la historia de la humanidad han ocurrido diversos

cambios en los sistemas de escorrentía de aguas pluviales. Los sistemas de drenaje tienen como fin principal recolectar las cargas de aguas pluviales para desecharlas al exterior lo más completo y rápido posible. (Chocat, 2001, p.20).

El modelado de lluvia-escorrentía se considera uno de los principales procesos con un papel clave en la predicción de la previsión de inundaciones y los recursos hídricos. Además, con el fin de prevenir los daños causados por la inundación y controlar e inhibir, así como la gestión y alarma de inundaciones, la predicción de lluvia es inevitable. (International Journal of Engineering & Technology Sciences , 2013, p.32).

Las técnicas para medir los componentes del balance hídrico deben seleccionarse cuidadosamente con el fin de obtener altos datos de calidad. (Hydrological Processes, 2005, p.19).

Los cambios en la impermeabilidad pueden tener un efecto significativo en los picos de inundación tanto para tormentas moderadamente extremas como extremas. Para un evento de lluvia extrema con un intervalo de recurrencia de más de 100 años, la impermeabilidad es relativamente poco importante en términos de eficiencia y volumen de escorrentía, pero puede afectar el flujo máximo dependiendo de la tasa de lluvia. Los cambios en la función de ancho afectan los picos de inundación mucho más que la eficiencia de la escorrentía, principalmente en el caso de redes de drenaje de menor densidad con áreas menos impermeables. (Water Resources Research, 2011, p.2).

La simulación de lluvia y la tensión-infiltrometría proporcionaron información sobre las características de infiltración de la cuenca. (Journal of Ecology 2003, p.91).

La deforestación, urbanización, cambio de cobertura del suelo, incendios forestales e infestación de insectos) pueden aumentar la escorrentía anual mientras. (Journal of Hydrology, 2016, p.3).

El agua en el lago Titicaca representa alrededor del 99% del total de agua superficial en el Altiplano, lo que significa que este lago suministra una gran parte de agua y humedad a la región árida del sur. Juntos, la región semiárida alrededor del lago Titicaca, la región árida alrededor del lago Poopó y las

salinas constituyen una gran cuenca, llamada Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa. (Water, 2016, p.1).

El agua es un recurso natural limitado, de utilización amplia y esencial para la vida, cuya pérdida de calidad puede ocurrir fácil y rápidamente, razón por la cual debe ser preservada en cualquier circunstancia de suministro que se presente. (Captación y almacenamiento de agua de lluvia, 2013, p.22).

El método racional es muy usado para cuencas menores a 10 km<sup>2</sup> de área, esta metodología considera  $Q = 0,278 CIA$ , en dicha fórmula “Q” es el caudal máximo de diseño, el coeficiente “C” se refiere al porcentaje de la escorrentía, el valor “I” está dado por la Intensidad de precipitación en mm/hr y el valor “A” se refiere al área de la cuenca en km<sup>2</sup>. El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2010, p.12).

La velocidad del agua que fluye en un sistema de drenaje pluvial debe mantenerse dentro de un rango predeterminado para evitar el desgaste del material utilizado, tampoco reducir dicha rapidez, lo cual pueda generar sedimentación. La velocidad mínima recomendada debe ser mayor 0.25 m/s y las velocidades máximas admisibles en conductos de concreto revestido debe mantenerse en un rango de 3.0 m/s – 6.0 m/s. (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2010, p.13).

El caudal de aguas pluviales se caracteriza la intensidad, la duración de la lluvia y las frecuencias que se repiten en las diferentes poblaciones. El cálculo que se realiza para determinar el caudal de diseño drenaje pluvial generalmente es calculado mediante el método racional, el cual está establecido para cuencas con un área máxima de 100 ha. El caudal de diseño, es la máxima avenida de escorrentía empleada para diseñar estructuras hidráulicas. Cuando no existen datos de aforo, se utiliza las precipitaciones como referencia de entrada en una cuenca generando un caudal Q. (Jiménez, 2013,p.55).

El coeficiente de escurrimiento está considerado como la razón generada entre la precipitación total y el agua que discurre: agua no evaporada, infiltrada o estancada. Este coeficiente depende de la impermeabilidad del terreno, evaporación, tipo de material en la zona, retención en depresiones, intercepción por vegetación, etc., todos estos factores vienen de datos empíricos que se calculan en campo y se consideran en el diseño. El valor C varía en función del tiempo que la lluvia tarda en penetrar el suelo y generar humedecimiento. Respecto a la intensidad ésta se refiere a la relación que existe entre el tiempo que se demoran en caer en un área determinada y volumen de agua precipitada. Este tipo de análisis es usualmente elaborado para la diferencia de valores de escorrentía en el tiempo de lluvias ordinarias. (Burbano,2020, p.86).

El estudio topográfico y el estudio hidrológico están muy relacionados porque las características topográficas y superficiales son mapeado para determinar de mayor a menor área, donde el agua de diferentes lugares más altos puede moverse y acumularse. (International Journal of Scientific & Engineering Research, 2011, p. 1).

Para diseñar el sistema de drenaje pluvial se utiliza la fórmula de Manning considerando el coeficiente de rugosidad con lo cual se calcularán los caudales. Para el concreto armado liso se trabaja con un coeficiente de 0.013. (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2010, p.21).

El significado de drenaje hace referencia a la remoción del agua en exceso que se presentan en diferentes escenarios, para el diseño del drenaje se debe conocer la topografía, precipitaciones, suelos, geología, niveles de agua y fluctuaciones, características climáticas de la zona de estudio. Los drenajes superficiales son una serie de canales con una profundidad no muy extensa que descargan la escorrentía de la superficie recolectada a drenes colectores (Drenaje, Villón 2007, p.22).

El drenaje urbano mayor es el sistema de drenaje pluvial el cual hace discurrir los caudales que se muestran con escasa frecuencia infiriendo que las pistas delimitadas con sardineles toman la función de trabajar para evacuar las

aguas hacia el sistema de drenaje menor y mayor (RNE – OS.060, 2006, p.31).

El drenaje pluvial urbano tiene como finalidad captar y hacer discurrir las descargas de aguas de lluvias hacia sitios donde existan cuerpos de agua: lagos, ríos, etc.), evitando problemas de inundaciones ciudades que afecten a sus habitantes (Comisión nacional del agua 2012,p.47).

El drenaje pluvial urbano ha sido calificado como un recurso natural vital, convenientemente un mecanismo de limpieza, un eficiente medio de transporte de agua residual, evacuación de desechos, una solución de problema de inundación, transporte de agua residual molesta y de esta manera evitar un transmisor de enfermedades. En general, la topografía, la geología, el clima, las capacidades de ingeniería y construcción, el conocimiento científico, los valores sociales, las creencias religiosas y otros factores han influido en la perspectiva local de un drenaje urbano (Ydnekachew 2016, p.20).

Existen dos clases de drenes según su construcción: abiertos y cerrados. Los drenes abiertos son las zanjas utilizadas en drenajes subterráneos y también superficiales; este tipo de drenes generan un costo más elevado que los drenes cerrados en sus mantenimientos. Por otro lado, los drenes cerrados son las tuberías utilizadas únicamente para drenes subterráneos; las tuberías enterradas, dejan filtrar el agua a través de las uniones de las tuberías o también por medio de perforaciones; también se puede utilizar en drenajes superficiales, si existe la construcción de sumideros que capten y transporten las aguas pluviales; este tipo de drenes tienen un costo más elevado que los drenes abiertos en su construcción. (Drenaje, Villón, 2007, p.23).

Las partes de un drenaje pluvial urbano son: las estructuras de captación; las estructuras de conducción; estructuras de vertido, instalaciones complementarias, y disposición final, todas estas partes deben estar definidas antes de empezar el modelamiento del proyecto.

El drenaje urbano sostenible es el servicio ofrecido por los sistemas de la economía del agua, la mejora paisajística y la subsistencia de flora y fauna de la zona (Sistemas urbanos de drenaje sostenible,2005, Castro, Rodríguez, Rodríguez, Ballester p. 255, p.260).

El canal de conducción de aguas pluviales bajos tiene como finalidad hacer transitar los caudales producidos frecuentemente por aguas de lluvia; su característica física es que es un canal de pequeñas dimensiones el cual cuenta con un recubrimiento para evitar las erosiones, construyéndose con material de enrocado, hormigón o mampostería.

El modelamiento dinámico de flujo entre un drenaje pluvial de tipo abierto y un drenaje pluvial de tipo cerrado es un poco complejo, particularmente cuando el flujo es discontinuo. Por ejemplo, el modelamiento de flujos donde están presentes ondas de choque es decir olas pequeñas, es necesario utilizar técnicas numéricas avanzadas y un sistema apropiado de leyes de conservación. (Bertsch,2017, p.13).

Modelar flujos de agua pluvial mixtos inestables: superficie abierta, cerradas subterráneas; en las tuberías es un reto porque los flujos de superficie abierta y los flujos subterráneos se manejan bajo diferentes conceptos de ecuaciones y la transición entre estos dos estados de flujo es dificultoso de observar. (Burbano, 2020, p.86).

Los sistemas de drenaje pluvial subterráneo en las áreas urbanas del Condado de Orange incluyen miles de millas de canalones y tuberías subterráneas, además de cientos de miles de sumideros y cámaras de registro, todos los cuales drenan el agua de escorrentía de establecimientos residenciales, comerciales y comerciales. (Journal of Vector Ecology , 2003, p.79).

Se espera que la separación de los desagües pluviales y las alcantarillas sanitarias controle la contaminación de las aguas residuales, por ejemplo, de los desbordamientos combinados de las alcantarillas, y reduzca el flujo excesivo de aguas pluviales a las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Environmental Science & Technology, 2011, p.3).

Se necesitan técnicas mejoradas para caracterizar sistemas fluviales complejos y monitorear ambientes fluviales ecológicamente importantes, pero altamente vulnerables. El modelado hidráulico y la teledetección se complementan y, junto con el trabajo de campo, podrían proporcionar una representación más realista del entorno fluvial. (International Journal of Geographical Information Science, 2005, p.2).

Los desarrollos recientes en el modelado de drenaje urbano permiten un acoplamiento más realista de la superficie bidimensional (2D). Con la metodología GIS se generan ubicaciones de entrada de drenaje pluvial sintético con el propósito de modelar inundaciones urbanas. Los resultados del modelo hidrodinámico para una red de entrada de drenaje pluvial generada y analizada sintéticamente se obtuvieron utilizando el sistema CityCAT 1D / 2D. A escala de captación, el campo de flujo (superficie y flujo capturado por entradas) simulado por la red de entradas de drenaje pluvial sintético muestra resultados satisfactorios en comparación con el simulado utilizando la red real. (Water, 2017, p.3).

Como componentes clave del sistema de drenaje urbano, los desagües pluviales y las alcantarillas son esenciales para la modelización hidrológica de las cuencas urbanas. El mapeo preciso de estos objetos puede ayudar a mejorar los sistemas de drenaje pluvial para la prevención y mitigación de inundaciones urbanas. (Sensors, 2020, p.16).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

- ✓ Tipo de investigación: Se utilizó una investigación descriptiva.
- ✓ Diseño de investigación: El diseño empleado fue el no experimental – transversal, descriptivo simple y el esquema es el siguiente:

M ----- O

Donde:

M: Lugar donde se realizaron las investigaciones para el desarrollo de la investigación y la cantidad de habitantes a beneficiar.

O: Información recolectada del área de estudio.

#### 3.2. Variables y operacionalización:

La variable utilizada es el modelamiento hidráulico del sistema de drenaje para aguas pluviales.

#### 3.3. Población, muestra y muestreo:

- ✓ Población: Constituida por la superficie del distrito de Chocope
  - Criterios de inclusión: Ausencia del sistema de drenaje para aguas pluviales.
  - Criterios de exclusión: Los distritos cercanos al área de estudio no fueron considerados porque se encuentran en la etapa de elaboración de perfiles técnicos de sistemas de drenaje pluvial.
- ✓ Muestra: Área total de la localidad de Chocope con un total de 623668.99 m<sup>2</sup>.
- ✓ Muestreo: Se utilizó el muestreo de tipo no probabilístico.
- ✓ Unidad de análisis: Calles y jirones de la localidad de Chocope.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

- ✓ Técnica: Se utilizó la observación estructurada.

Con esta técnica se reconoció la zona de estudio y se verificó el estado actual de la localidad de Chocope, además se recolectaron los datos topográficos de la zona de estudio utilizando: Estación total Topcon y GPS Garmin.

- ✓ Instrumentos:

- Guía de observación (cámara fotográfica).
- Ficha de observación: ficha de observación de campo de la localidad de Chocope, ficha de observación de estudio topográfico y estudio de mecánica de suelos.
- Instrumentos de laboratorio de suelos.

### **3.5. Procedimientos:**

Para desarrollar la presente investigación se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio utilizando una estación total Topcon y GPS Garmin que nos permitió determinar la orografía del área de estudio. Se realizaron 24 calicatas de las cuales se extrajeron muestras de suelo para su posterior análisis en el laboratorio de mecánica de suelos. Para desarrollar el estudio hidrológico se consideraron los datos plasmados en el estudio de extremos hidrológicos en la cuenca del río Chicama. Con toda la información recolectada se procedió con el diseño hidráulico pluvial de la localidad de Chocope.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Se realizó el análisis de datos de la investigación según los métodos expuestos en los libros como: Hidráulica de Canales de Máximo Villón (2004), Hidráulica de Tuberías y Canales de Arturo Rocha (2007). Para procesamiento de la data se utilizó el software AutoCAD 2020 para la elaboración de los planos, SewerGems 2.0 para el diseño de drenaje pluvial en las calles de la ciudad, y Microsoft office para procesar la data obtenida en los diferentes estudios realizados para el proyecto.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Con el presente proyecto se beneficiará a los habitantes de la localidad de Chocope con un sistema de drenaje de aguas pluviales. Utilizando el Reglamento Nacional de Edificaciones y plasmando los conocimientos adquiridos de la experiencia curricular de Ingeniería Sanitaria. La data plasmada en esta investigación es real y se ha respetado la propiedad intelectual de los diversos investigadores citados en el presente estudio. Los equipos para realizar la topografía estuvieron calibrados lo cual nos permitió evitar los errores comunes que ocurren al recolectar datos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Estudio Topográfico

#### 4.1.1. Generalidades

En todo proyecto es imprescindible conocer la orografía de la zona de estudio; para la presente investigación se realizó el estudio topográfico de la localidad de Chocope utilizando una estación total Topcon y GPS Garmin, lo cual nos permitió conocer la orografía del área de estudio a través de las curvas de nivel.

#### 4.1.2. Objetivo

- Efectuar el estudio topográfico del área de estudio para plasmar la información en los planos topográficos.

#### 4.1.3. Reconocimiento del terreno

Se recorrieron las calles principales de la localidad de Chocope, tomando anotaciones e identificando la zona más alta y la más baja para que el sistema de drenaje a diseñar permita discurrir las aguas pluviales adecuadamente, terminado el recorrido se identificó el canal de riego "San Jacinto" a donde nuestras aguas pluviales serán depositadas.

#### 4.1.4. Metodología de trabajo en gabinete

Luego de obtener los registros topográficos necesarios se optó por procesar los datos esenciales para el proyecto en el software AutoCAD 2016, corroborando en el hemisferio planetario que el distrito de Chocope, provincia de Ascope está localizada en la zona 17 sur; mediante las coordenadas UTM en el sistema WGS-84.

El sistema de coordenadas del sistema geodésico mundial-1984 (WGS-84) es un sistema de coordenadas convencional WGS-84 es un marco de referencia global fijo terrestre, que incluye un modelo terrestre. (International Journal of Advanced Research in IT and Engineering, 2013, p. 19).

#### Altimetría:

Se da el nombre de nivelación al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria la cual es conocida como superficie o plano de comparación. El objetivo primordial de la nivelación es referir una serie de puntos a un mismo plano de comparación para poder deducir los desniveles entre los puntos observados. Se dice que dos o más puntos están a nivel cuando se encuentran a la misma cota o elevación respecto al mismo plano de referencia, en caso contrario se dice que existe un desnivel entre estos.

#### Planimetría: Poligonal Cerrada

En proyectos de drenaje pluvial se debe delimitar el área de estudio en donde se llevará a cabo los estudios básicos de ingeniería, la delimitación debe ser topográficamente definida, evaluando estrategias para la evacuación del agua, para ello, en el estudio topográfico se denomina como planimetría.

Curvas de nivel. -El plano topográfico obtenido de la localidad de Chocope nos muestra una topografía de tipo llano de acuerdo a las curvas de nivel, infiriendo que no existe demasiada pendiente en dicha zona. Los usos de las curvas de nivel son para mostrar elevaciones sobre el nivel del mar en mapas topográficos. Las curvas de nivel proporcionan paquetes para crear gráficos de contorno en el plano xy. (The derive – Newsletter #63, 2006.p.32).

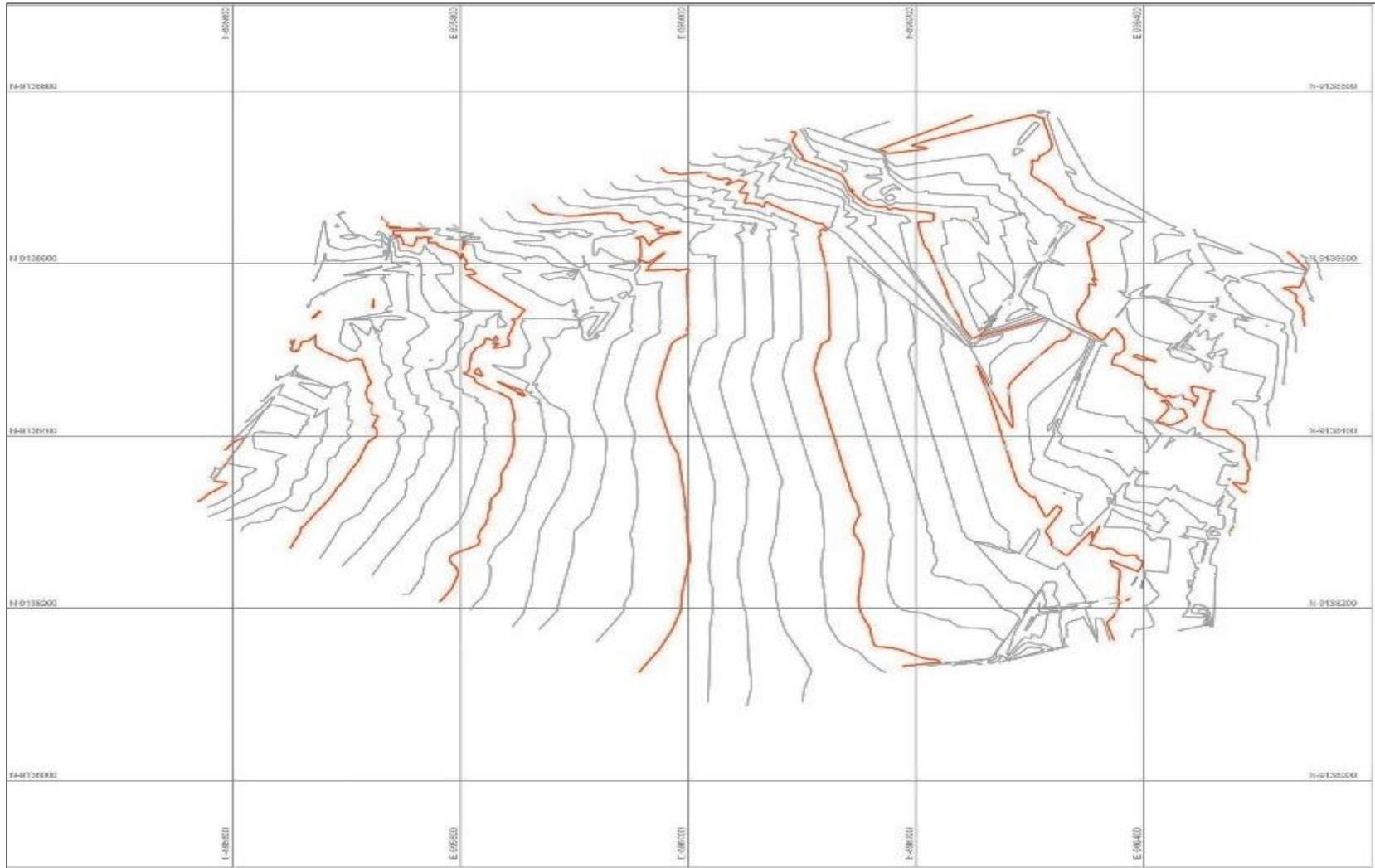


Figura 1. Plano topográfico de la localidad de Chocope.

Fuente: Elaboración propia

- a. Distribución Urbana. - En un diseño de drenaje pluvial urbano se requiere de la distribución de calles, avenidas por donde se transportarán las aguas pluviales, también se requiere la ubicación exacta de obras hidráulicas existentes en la zona (canales de riego) y así saber hacia dónde se deposita el agua procedente de lluvias.

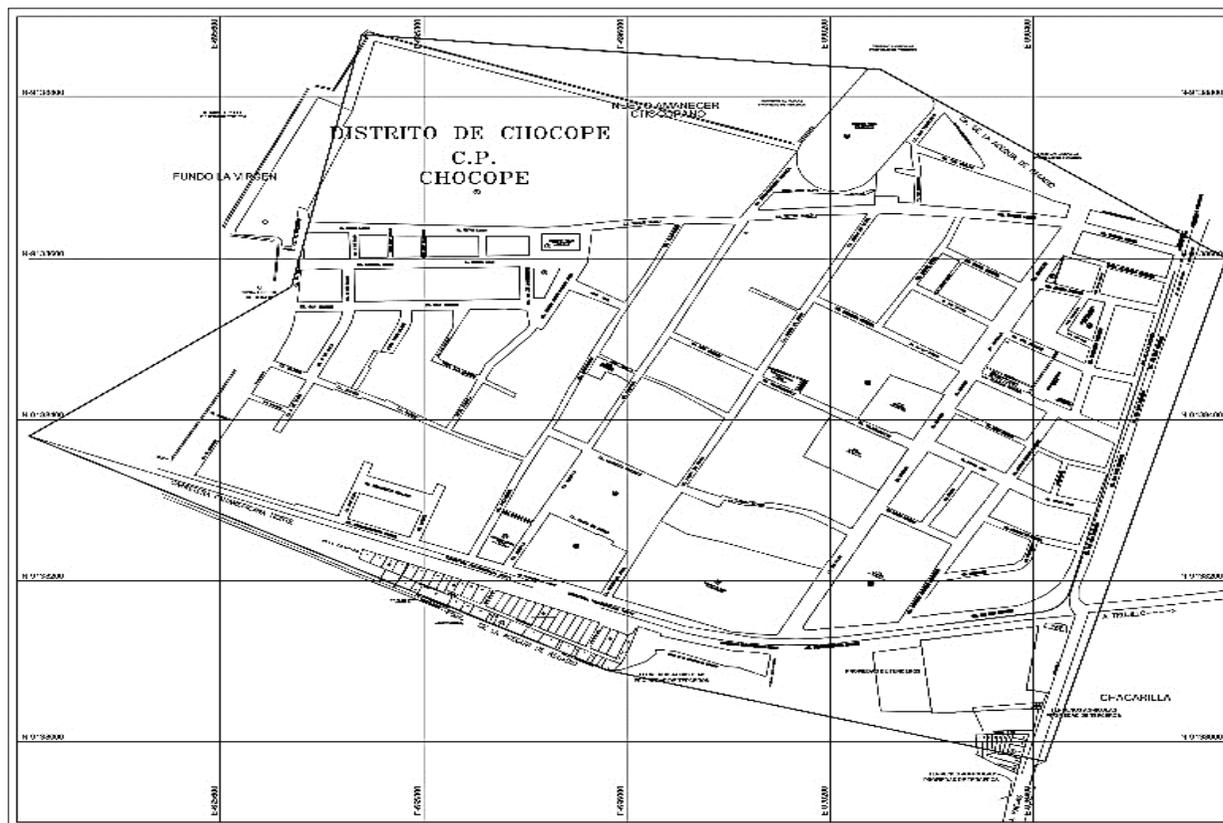


Figura 2. Plano urbano de la localidad de Chocope.

Fuente: Elaboración propia.

- b. Acoplamiento de planos. -Teniendo en cuenta los planos: topográfico y urbano de la localidad de Chocope, es necesario acoplarlos en un solo plano en el cual se podrán obtener y analizar los resultados.

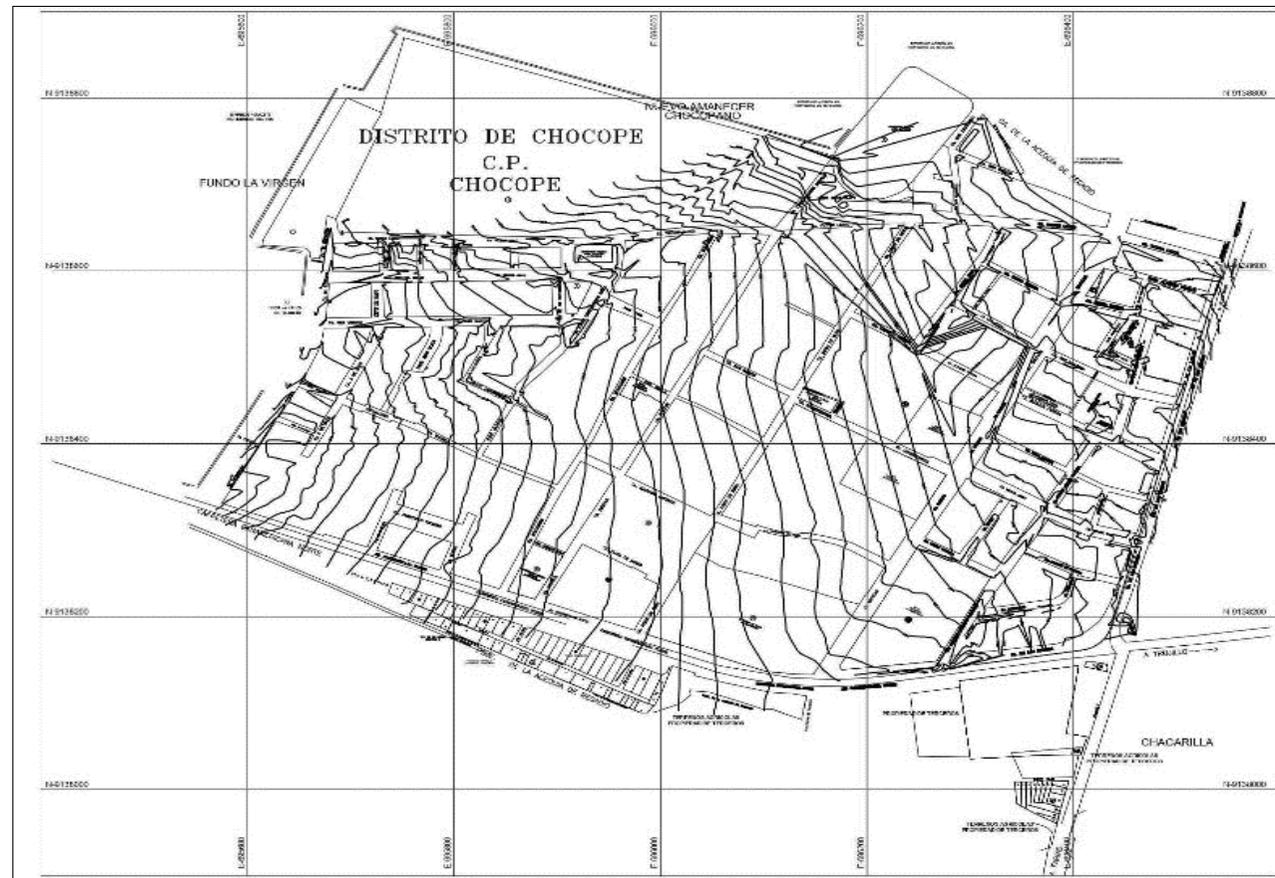


Figura 3. Plano topográfico y urbano de la localidad de Chocope.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5 Análisis de resultado

- Con los planos: topográfico y urbano se identificó la cota inicial y cota final de las calles y jirones de la localidad de Chocope, de esta manera se alcanzó calcular las pendientes necesarias para el diseño de drenaje pluvial de la zona:

Tabla 1. Cotas de nivel y longitudes de tramos horizontales - localidad Chocope

Tramos horizontales de la localidad de Chocope					
Calle / Av./ Psje	Cuadras	Cota inicial (m.s.n.m.)	Cota final (m.s.n.m.)	Longitud (m)	Pendiente (%)
Calle San Carlos	1	105.6	104.8	175.8	0.46
	1	106.20	105.60	107.00	0.56
Calle Víctor Larco	2	105.60	104.80	113.50	0.70
	3	104.80	104.20	84.50	0.71
	4	104.20	103.00	130.52	0.92
	5	103.00	102.40	60.14	1.00
	6	102.40	102.00	93.31	0.43
	7	102.00	101.60	49.40	0.81
	8	101.60	100.80	177.80	0.45
	9	100.80	100.60	53.62	0.37
Psje. Alfonso Ugarte	1	106.00	105.40	115.80	0.52
Calle Miguel Grau	1	101.80	101.40	47.95	0.83
	2	101.40	100.20	174.73	0.67
	3	100.40	100.20	50.03	0.40
Calle Santa Mónica	1	105.60	105.40	47.83	0.42
	2	105.40	105.20	79.52	0.25
	3	105.20	104.60	98.63	0.61
Psje. Vigil	1	102.80	102.30	104.46	0.48
	2	102.30	101.90	50.34	0.79
	3	101.90	101.40	67.20	0.74
Calle San Lizardo	1	105.20	105.00	47.80	0.42
	2	105.00	104.80	103.34	0.19
	3	104.80	104.40	100.47	0.40
Calle Eleazar Pereda	1	105.30	104.80	60.74	0.82
	2	104.80	104.40	103.85	0.39
	3	104.40	103.80	106.52	0.56
Calle San Martín	4	103.80	103.40	73.24	0.55
	1	101.20	100.20	176.34	0.57
	2	100.20	100.00	53.24	0.38
Calle Elías Aguirre	1	105.50	104.80	80.79	0.87
	2	104.80	104.40	96.25	0.42
Calle Gildemeister	1	104.80	104.20	92.70	6.65
	2	104.20	104.00	97.30	0.21
	3	104.00	103.10	180.21	0.50
	4	103.10	102.40	103.45	0.68

Calle Nicolás de Piérola	1	104.40	104.00	45.62	0.88
	2	104.00	103.80	60.74	0.30
Calle Ramón Castilla	1	103.80	103.60	93.66	0.21
Calle Mariscal Cáceres	1	103.60	102.40	186.35	0.64
	2	102.40	101.80	103.48	0.58
	3	101.80	101.60	43.96	0.45
Calle Madrid	1	101.60	100.80	86.58	0.92
	2	100.80	99.80	148.58	0.67
	3	99.80	99.60	46.17	0.43
Calle Plaza de armas	1	102.20	101.70	99.70	0.50
Psje. Arnaldo Bussi	1	101.60	101.40	41.06	0.49
Calle Francisco Pizarro	1	100.90	100.30	74.55	0.80
Psje. 28 de Julio	1	99.50	99.20	47.68	0.63
Av. Panamericana Norte	1	104.40	103.20	164.00	0.73
	2	103.20	102.80	112.47	0.36
	3	102.80	102.00	135.42	0.59
	4	102.00	101.60	101.60	0.39
	5	101.60	103.30	37.39	4.55
	6	103.30	101.00	59.88	3.84
	7	101.00	100.40	76.00	0.79
	8	100.40	99.00	157.39	0.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cotas de nivel y longitudes de tramos verticales - localidad Chocope

Tramos verticales de la localidad de Chocope					
Calle / Av./ Psje	Cuadras	Cota inicial (m)	Cota final (m)	Distancia (m)	Pendiente (%)
Av. Los héroes	1	106.2	106	39.3	0.51
	2	106	105.6	37.23	1.07
	3	105.6	105.2	89.42	0.45
	4	105.2	104.9	72.48	0.41
	5	104.9	104.8	42.93	0.23
	6	104.8	104.8	50.87	0.20
	7	104.8	104.4	50.08	0.80
	8	104.4	104.2	58.07	0.20

Calle Sánchez Carrión	1	105.5	105	89.18	0.56
	2	105.0	104.8	61.89	0.32
Calle Bolognesi	1	104.1	103.4	122.09	0.57
Calle Andrés Avelino Cáceres	1	104.8	104.6	49.34	0.41
	2	104.6	104.2	48.15	0.83
	3	104.2	104	51.81	0.39
	4	104.0	103.8	40.11	0.50
	5	103.8	103.4	48.54	0.82
	6	103.4	103.4	66.23	0.00
Calle Escolar	1	105.6	105.4	25.85	0.77
	2	105.4	105.4	36.5	0.00
	3	105.4	105.2	45.5	0.44
	4	105.2	105	67.08	0.30
	5	105	104.4	60.89	0.99
	6	104.4	104.4	49.19	0.00
	7	104.4	104.1	49.47	0.61
	8	104.1	103.6	91.98	0.54
	9	103.6	103.4	41.41	0.48
	10	103.4	102.8	144.83	0.41
Calle Santa Rosa	1	104.8	104.6	47.18	0.42
	2	104.6	104.4	53.83	0.37
	3	104.4	103.8	63.57	0.94
Calle Diego de Mora	1	104.2	103.5	122.67	0.57
	2	103.5	103.1	113.36	0.35
	3	103.1	102.8	56.19	0.53
	4	102.8	102.4	103.3	0.39
	5	102.4	102.1	81.21	0.37
	6	102.1	102	73.4	0.14
Calle Bolívar	1	104.4	103	88.3	1.59
	2	103.0	102.4	157.26	0.38
	3	102.4	102.3	58.89	0.17

	4	102.3	101.8	105.64	0.47
	5	101.8	101.7	84.13	0.12
	6	101.7	101.6	21.33	0.47
	7	101.6	101.5	63.39	0.16
Calle Bolognesi 02	1	102.4	102	120.38	0.33
	2	102.0	101.9	64.28	0.16
	3	101.9	101.6	107.09	0.28
	4	101.6	101.4	41.89	0.48
	5	101.4	101.4	67.08	0.00
	6	101.4	101.3	67.18	0.15
Calle Jorge Campodónico Niño	1	102.0	101.8	43.41	0.46
	2	101.8	101.4	28.34	1.41
	3	101.4	100.8	217.42	0.28
Calle 20 de noviembre	1	101.6	101.6	41.33	0.00
	2	101.6	101.2	53.11	0.75
	3	101.2	101.4	30.61	0.65
Calle Sucre	1	100.9	101	48.13	0.21
Calle José Olaya	1	100.4	100.4	46.98	0.00
Calle 2 de mayo	1	100.8	100.2	44.1	1.36
	2	100.2	100.2	54.16	0.00
	3	100.2	99.8	95.83	0.42
	4	99.8	99.5	46.76	0.64
Calle El ejercito	1	100.6	100.4	43.02	0.46
	2	100.4	100	54.56	0.73
	3	100	99.8	73.67	0.27
	4	99.8	99.3	45.44	1.10
	5	99.3	99.0	114.82	0.26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Cota máxima y mínima del terreno de la localidad de Chocope.

Cotas de terreno de la localidad de Chocope	
Cota mayor	106.20 m.s.n.m.
Cota menor	99.00 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Tipo de terreno de la zona de estudio

Tipo de terreno	Orografía	Pendiente (%)
Tipo 1	Plano	$\leq 10$
Tipo 2	Ondulado	$11 \geq \leq 50$
Tipo 3	Accidentado	$51 \geq \leq 100$
Tipo 4	Escarpado	$100 \geq$

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6 Conclusiones

- Se efectuó el levantamiento topográfico de la localidad de Chocope donde se identificó que la cota mayor del área de estudio se ubica en la cota 106.20 m.s.n.m. y la cota menor del área de estudio se ubica en la cota 99 m.s.n.m. El área de estudio presenta pendientes que varían entre los 0.20% - 6.65% por lo cual se clasificaría como orografía plana.

## 4.2. Estudio de suelos

### 4.2.1. Generalidades

El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en muchas regiones es esencialmente el único material de construcción disponible localmente. (Soil mechanics, 1969, p.7).

La mecánica de suelos es la rama de la ingeniería civil que se ocupa de la aplicación de los principios de hidráulica, mecánica y química a problemas de ingeniería relacionados con los suelos. La mecánica permite a un ingeniero civil comprender las propiedades de ingeniería y el comportamiento de los suelos, con el objetivo de proporcionar una solución satisfactoria a los problemas del suelo, tiene por finalidad describir las características del terreno, este estudio es imprescindible para diseñar y ejecutar los diversos proyectos de Ingeniería Civil. (International Journal of Emerging trends in Engineering and Development, 2012, p.104).

### 4.2.2 Objetivos

- ✓ Extraer muestras de suelo de diversas zonas del área de estudio.
- ✓ Realizar el análisis granulométrico de las muestras extraídas.
- ✓ Conocer el contenido de humedad de cada muestra.
- ✓ Clasificar los tipos de suelo según los métodos: SUCS y AASHTO.
- ✓ Determinar el CBR de las muestras analizadas.
- ✓ Conocer el peso unitario promedio y capacidad portante del suelo promedio de la localidad de Chocope

### 4.2.3 Sismicidad en Perú

El Perú se ubica en una zona de gran sismicidad, al localizarnos entre las placas Sudamericanas y placa de Nazca. El margen occidental del Perú se ubica entre 2 ° y 15 ° S, se caracteriza por la subducción plana de la placa oceánica de Nazca debajo de la placa continental de América del Sur. Nuestro país está rodeado por el anillo de fuego, lo cual origina movimientos sísmicos de gran

intensidad y magnitud. (Earth and Planetary Science Letters, 2015, p.3).

Se han utilizado los parámetros establecidos en la norma E.030 Diseño sísmo resistente del RNE. Con el objetivo principal de contrastar la información proporcionada por el perfil estratigráfico, se efectuaron 24 calicatas a tajo abierto de 1.50m de profundidad. Las calicatas se realizaron en zonas estratégicas del proyecto, además se les asignó un código para poder identificarlas de forma sencilla, las calicatas realizadas fueron de 1m<sup>2</sup> de área, las calicatas efectuadas fueron de tipo escalonada y a tajo abierto.

Tabla 5. Ubicación y profundidad de calicatas

Código	Profundidad (m)	Coordenadas	
		N	E
C-1	1.5	9138614.19	696444.20
C-2	1.5	9138587.78	696528.50
C-3	1.5	9138643.10	696347.53
C-4	1.5	9138603.04	696310.90
C-5	1.5	9138556.49	696417.50
C-6	1.5	9138535.32	696460.29
C-7	1.5	9138551.35	696527.74
C-8	1.5	9138561.72	696283.08
C-9	1.5	9138509.81	696347.31
C-10	1.5	9138492.44	696420.58
C-11	1.5	9138513.23	696245.64
C-12	1.5	9138460.01	696316.00
C-13	1.5	9138443.50	696449.84
C-14	1.5	9138388.44	696405.65
C-15	1.5	9138400.85	696309.92
C-16	1.5	9138316.19	696358.73
C-17	1.5	9138323.41	696439.02
C-18	1.5	9138270.24	696431.34
C-19	1.5	9138239.99	696373.16
C-20	1.5	9138261.49	696320.15
C-21	1.5	9138262.05	696261.92
C-22	1.5	9138197.31	696285.54
C-23	1.5	9138153.14	696249.53
C-24	1.5	9138162.49	696366.11

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4 Trabajo de laboratorio

Actualmente se aplican dos sistemas de clasificación de suelos: el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Estas dos metodologías parten de la misma información y son de primordial aplicación en la caracterización de suelos: granulometría y límites de Atterberg. (INGENIERÍA Y DESARROLLO, 2018, p. 5).

Las muestras de suelo fueron recogidas en bolsas herméticas, en cada muestra se escribieron datos para diferenciar cada muestra, dichos datos fueron: lugar, ubicación, fecha, n° de calicata. Cada muestra de suelo extraída fue de 5Kg que nos permitió desarrollar los estudios de mecánica de suelos, se efectuaron diversos ensayos para el presente proyecto como análisis mecánico por tamizado, límites de consistencia: límite líquido y límite plástico, contenido de humedad, clasificación de suelo: SUCS y AASHTO, ensayos de CBR.

Se utilizaron los siguientes tamices: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°80, N°100, N°200 para desarrollar el análisis granulométrico de las muestras. Se empleó el cepillo de acero; utilizado para limpiar los tamices, recipientes donde se lavó el material, una balanza electrónica, espátulas, bandejas, horno de secado de: 110°C ±5°C, guantes. Para determinar el porcentaje de humedad de las muestras extraídas se colocó la muestra de suelo en la copa de Casagrande, se efectuó una ranura en el centro de la muestra, con la manivela de la copa se comenzó a dar cierto número de golpes, la ranura de la muestra se comenzó a cerrar y se obtuvo una parte de la muestra para ser analizada.

Para conocer el límite líquido de la muestra se dividió lo siguiente: el peso del agua entre el peso del suelo secado en el horno. El número de golpes debe encontrarse en el rango de 15 a 25 golpes, 20 a 30 golpes, 25 a 35 goles, el porcentaje de humedad de la muestra deberá ser un número entero, se empleó una balanza electrónica y horno de secado de: 110°C ±5°C, guantes, tara de acero, agua destilada.

Para determinar el límite plástico de la muestra analizada se tamizó la muestra por la malla N°40; la cantidad de muestra que pasó por la malla se empleó para efectuar el ensayo. Utilizando la mano se realizaron hilos con un diámetro mínimo de 3mm.

Para clasificar las muestras de suelos extraídas se utilizó el método SUCS, se calculó el índice de grupo (IG), se conoció la granulometría del suelo, finalmente se utilizó el ábaco de Casagrande.

Al clasificar los diversos tipos de suelos se utilizó la clasificación AASHTO la cual nos indica que los suelos que pertenecen al grupo (A-1, A-2, A-3) son materiales granulares, al pasar el 35% de éste tipo de materiales por la malla N°200. Los grupos (A-4, A-5, A-6, A-7) son materiales granulares con gran presencia de fino, al pasar más del 35% de éste tipo de materiales por la malla N°200. Para determinar el índice de grupo se utilizó lo siguiente:

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)$$

Dónde:

F=% que pasa por el tamiz N°200

LL= Límite Líquido

IP= Índice de Plasticidad

Se utilizará la siguiente fórmula cuando los suelos pertenezcan a los grupos: (A-2-6) y (A-2-7):

$$IG = 0.01(F - 15) (IP - 10)$$

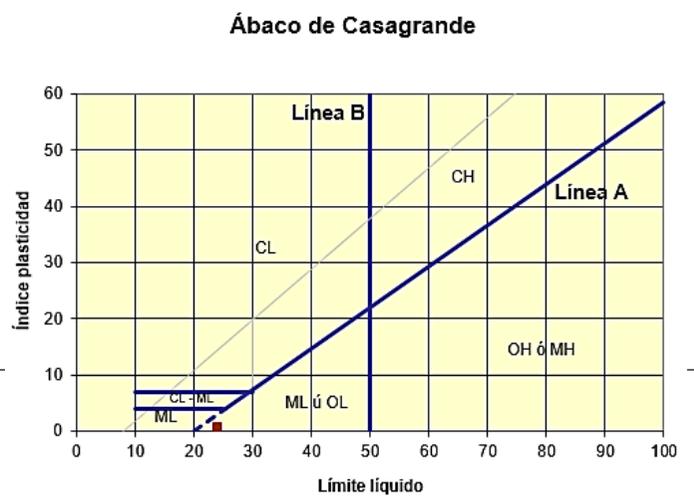
Para el Análisis de tamaño de partículas Según la clasificación de suelos según método SUCS La pendiente general de la curva de distribución puede ser descrito por el coeficiente de uniformidad  $C_u$ , donde  $C_u = D_{60} / D_{10}$ , y el coeficiente de curvatura  $C_c$ , donde  $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ .  $D_{60}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{10}$  son tamaños de partículas efectivos indicando que 60%, 30% y 10% respectivamente de las partículas (en peso) son más pequeñas que el dado tamaño efectivo. (Asian Journal of Advanced Research and Reports, 2018, p.5).

Tabla 6. Clasificación de suelos según método SUCS

Divisiones principales		Símbolos del grupo	Nombres típicos	Identificación de laboratorio			
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	<5% ->GW,GP,SW,SP.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .	Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	>12% ->GM,GC,SM,SC. 5 al 12% ->casos	Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	límite que requieren doble símbolo.
	ARENAS	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	

fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .
		SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .
				Los límites situados en la zona rayada con $IP$ entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.

SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número	Limos y arcillas: Límite líquido menor de	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a



200	50		media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.

Fuente: Manual de Mecánica de Suelos Clasificación SUCS.

Tabla 7. Clasificación de suelos según método AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM N°200)						Materiales limo arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM N°200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5	A-7-6
<b>Análisis granulométrico % que pasa por cada tamiz</b>												
<b>N°10</b>	<=50 50 máx											
<b>N°40</b>	<=30 30 máx	<=50 50 máx	>=51 50 min									
<b>N°200</b>	<=15 15 máx	<=25 25 máx	<=10 10 máx	<=35 35 máx	<=35 35 máx	<=35 35 máx	<=35 35 máx	>=36 36 min	>=36 36 min	>=36 36 min	>=36 36 min	>=36 36 min
<b>Estado de consistencia (de la fracción del suelo que pasa por el tamiz ASTM N°40)</b>												
<b>Límite líquido</b>		NP	<=40 40 máx	>=41 41 min	<=40 40 máx	>=41 41 min	<=40 40 máx	>=41 41 min	<=40 40 máx	>=41 41 min	<=40 40 máx	>=41 41 min
<b>Índice de plasticidad</b>	<=6 6 máx		<=10 10 máx	<=10 10 máx	>=11 11 min	>=11 11 min	<=10 10 máx	<=10 10 máx	>=11 11 min	>=11 11 min	>=11 11 min	>=11 11 min
<b>Índice de grupo</b>	0	0	0		<=4 4 máx	<=8 8 máx	<=12 12 máx	<=16 16 máx			<=20 20 máx	
<b>Tipos de materiales característicos</b>	Fragmento de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limo o arcilla			Suelos limosos			Suelos arcillosos		
<b>Calidad general como sub-base</b>	Excelente a bueno						Regular a malo					

Fuente: Manual de Mecánica de Suelos Clasificación AASHTO.

#### 4.2.5 Resumen de los estudios de mecánica de suelos

El estudio mecánico de suelos de las muestras extraídas fue realizado por el Laboratorio Huertas Ingenieros S.A.C. ubicado en Urb. Monserrat V etapa Mz C2 Lt 4 de la ciudad de Trujillo, con los resultados se determinaron los perfiles estratigráficos de la zona del proyecto.

Tabla 8. Resumen de los estratos de la localidad de Chocope

Calicata	SUCS	AASHTO	Espesor (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-1, M-1	CL	A-6 (5)	0.30 – 1.50	6.4	31.79	20.16	11.63
C-2, M-1	CL	A-7-6(12)	0.30 – 1.50	7.8	42.47	24.50	17.98
C-3, M-1	CL	A-6 (9)	0.30 – 1.50	6.9	35.25	21.08	14.17
C-4, M-1	CL	A-6 (6)	0.30 – 1.50	5.0	31.60	20.12	11.48
C-5, M-1	CL	A-6 (9)	0.30 – 1.50	6.3	31.84	20.12	11.72
C-6, M-1	CL	A-6 (9)	0.30 – 1.50	4.0	31.60	19.47	12.13
C-7, M-1	CL	A-6 (9)	0.30 – 1.50	6.0	31.83	18.60	13.23
C-8, M-1	CL	A-6 (9)	0.30 – 1.50	6.3	31.60	18.86	12.74
C-9, M-1	CL	A-6 (9)	0.20 – 1.50	4.0	32.04	19.70	12.34
C-10, M-1	CL	A-6 (8)	0.35 – 1.50	6.0	31.79	20.37	11.42
C-11, M-1	CL	A-6 (9)	0.40 – 1.50	3.0	31.81	19.52	12.29
C-12, M-1	CL	A-6 (9)	0.35 – 1.50	5.4	31.64	19.27	12.36
C-13, M-1	CL	A-6 (8)	0.40 – 1.50	2.1	31.87	18.47	13.40
C-14, M-1	CL	A-6 (7)	0.30 – 1.50	5.7	31.68	17.09	14.58
C-15, M-1	CL	A-6 (6)	0.40 – 1.50	5.2	31.87	18.73	13.15
C-16, M-1	CL	A-6 (7)	0.30 – 1.50	4.3	31.65	18.40	13.25
C-17, M-1	CL	A-6 (7)	0.40 – 1.50	5.0	31.88	18.55	13.34
C-18, M-1	CL	A-6 (9)	0.30 – 1.50	4.1	31.68	18.15	13.53
C-19, M-1	CL	A-6 (9)	0.40 – 1.50	6.0	31.69	18.73	12.97
C-20, M-1	CL	A-6 (9)	0.30 – 1.50	5.3	31.70	18.76	12.94
C-21, M-1	CL	A-6 (9)	0.40 – 1.50	5.8	31.85	18.54	13.30
C-22, M-1	CL	A-6 (10)	0.35 – 1.50	6.3	31.64	18.12	13.53
C-23, M-1	CL	A-6 (9)	0.40 – 1.50	3.6	31.71	18.12	13.60
C-24, M-1	CL	A-6 (9)	0.20 – 1.50	4.1	31.41	17.97	13.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Estudios de CBR de muestras extraídas - localidad de Chocope.

N°	Muestra	DSM (g/cc)	OCH (%)	CBR (%)
01	C – 1 M-1	1.78	8.85	20
02	C – 4 M-1	1.8	9.55	21
03	C – 8 M-1	1.85	7.95	20
04	C – 12 M-1	1.8	9.98	22
05	C – 14 M-1	1.91	8.66	23
06	C – 17 M-1	1.82	9.11	22.5
07	C – 20 M-1	1.88	8.66	21
08	C – 24 M-1	1.83	9.15	21.5

Fuente: Elaboración propia.

Análisis del peso unitario y capacidad portante del suelo de la localidad de Chocope. Se calculó el peso unitario promedio del suelo del área de estudio siendo de 1.78 Tn/m<sup>3</sup>, se realizó el análisis de la capacidad portante del suelo, donde se determinó que el suelo presenta una capacidad portante promedio de 1.10 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 10. Peso unitario promedio y capacidad portante del suelo de Chocope.

Peso unitario promedio del suelo (Tn/m <sup>3</sup> )	Capacidad portante promedio del suelo (kg/cm <sup>2</sup> )
1.78	1.10

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.6 Conclusiones

- ✓ Se extrajeron las muestras de suelo de diversas zonas del área de estudio.
- ✓ Se realizó el análisis granulométrico de las muestras extraídas.
- ✓ Se conoció el contenido de humedad de las muestras de suelos extraídas, el contenido de humedad promedio del suelo de las 24 calicatas es de 5.19%.
- ✓ Los suelos según el método SUCS se clasificaron en CL es decir son arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. Según el método AASHTO el material predominante de la zona de estudio está conformado por suelos limosos, la calidad general como sub-base es de regular a malo.
- ✓ El CBR de las muestras analizadas en promedio es de 21.38%.
- ✓ Se calculó el peso unitario promedio del suelo del área de estudio siendo de  $1.78 \text{ Tn/m}^3$ , se realizó el análisis de la capacidad portante del suelo, donde se determinó que el suelo presenta una capacidad portante promedio de  $1.10 \text{ kg/cm}^2$ .

### 4.3. Estudio Hidrológico

#### 4.3.1. Generalidades

Para la presente investigación se ha recopilado información proveniente del “Estudio de extremos hidrológicos en la cuenca del Río Chicama” realizado por SENAMHI - 2021.

La Cuenca del río Chicama está localizada entre las coordenadas UTM:

Norte: 9110000 - 9190000

Este: 680000 - 820000

Altitud: 0 - 4284 m.s.n.m.

El río Chicama nace en las alturas de las provincias de Otuzco, Gran Chimu y Contumazá, en el cerro Collacuyan. Las aguas del río Chicama transcurren de noreste hacia suroeste. El río Chicama desemboca a 148 km por el norte en el río Santa y a 32 km por el norte hacia el valle Santa Catalina. Los principales afluentes del río Chicama por el margen derecho son: Río San Jorge, Río Cospán, Río Chepino y Río Santanero y por el margen izquierdo son: Río Huaranchal, Río Grande y Río Quirripano.

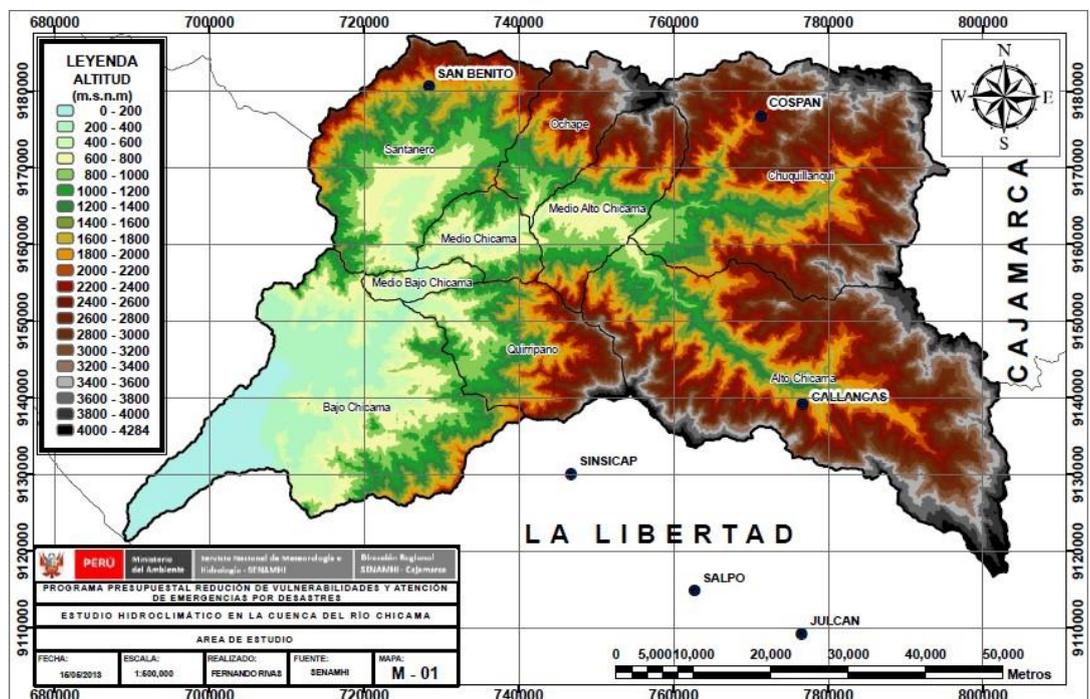


Figura 4. Mapa de ubicación de la cuenca del río Chicama

Fuente: Estudio Hidroclimático en la cuenca del río Chicama – SENAMHI.

Los límites de la Cuenca del Río Chicama son los siguientes:

- Norte: con la cuenca del río Jequetepeque.
- Sur: con la cuenca del río Moche.
- Este: con la cuenca del río Crisnejas.
- Oeste: con el océano Pacífico.

La cuenca del Río Chicama presenta un área de 4517.7 km<sup>2</sup>, un perímetro de 427.2 km, una altitud media de 1848.6 m.s.n.m., una pendiente media en el orden de 41.4 %, una densidad de drenaje igual a 0.6 km/km<sup>2</sup>, la cuenca posee suelos duros; poco erosionables o muy permeables. La longitud del río principal es de 179.1 km el cual poseen una pendiente media de 1.1%.

La cuenca del Río Chicama está conformada por 09 sub-cuencas: Sub-cuenca Alto Chicama, Sub-cuenca Bajo Chicama, Sub-cuenca Medio Bajo Chicama, Sub-cuenca Medio Chicama, Sub-cuenca Santanero, Sub-cuenca Quirripano, Sub-cuenca Ochape, Sub-cuenca Medio Alto Chicama y Sub-Cuenca Chuquillanqui.

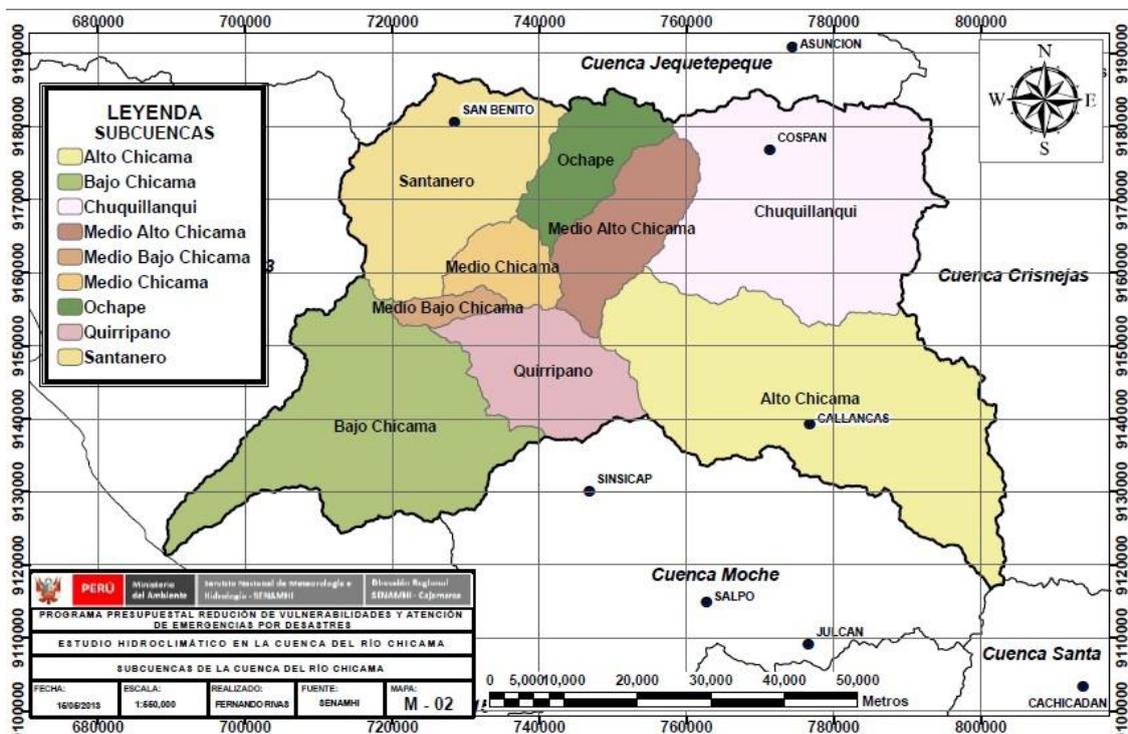


Figura 5. Demarcación Hidrográfica de la Cuenca del Río Chicama

Fuente: Estudio Hidroclimático en la cuenca del río Chicama - SENAMHI

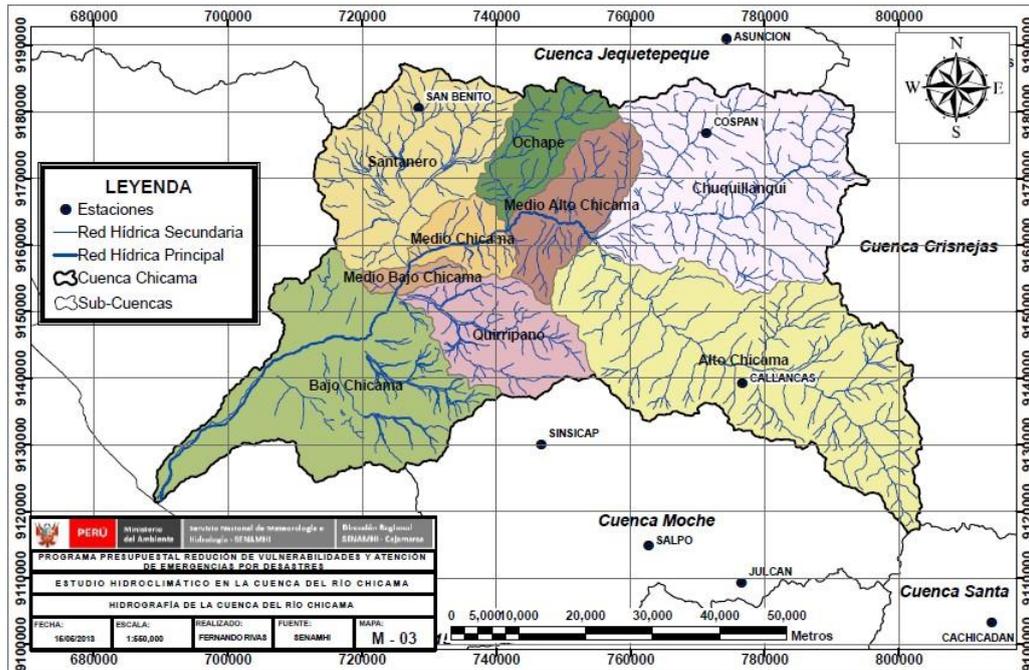


Figura 6. Hidrografía de la Cuenca del Río Chicama

Fuente: Estudio Hidroclimático en la cuenca del río Chicama – SENAMHI

#### 4.3.2. Objetivos

- Conocer las precipitaciones máximas en 24 horas Subcuenca Bajo Chicama.
- Determinar la fórmula de la Curva IDF de la Subcuenca Bajo Chicama.
- Calcular el índice de compacidad de la microcuenca urbana Chocope.
- Determinar la pendiente de la microcuenca urbana Chocope.

#### 4.3.3 Parámetros morfométricos de la cuenca del Río Chicama

4.3.3.1 Precipitación: La precipitación promedio anual de la cuenca del Río Chicama alcanza los 597.2 mm, el 87.4% de lluvia acumulada se concentra entre los meses de noviembre a mayo del año hidrológico. La precipitación máxima en la cuenca se presenta durante el mes de marzo con 138.5mm.

- Precipitaciones máximas en 24 horas en las subcuencas del río Chicama: El régimen pluviométrico más alto en diferentes periodos de retorno se presenta en la subcuenca Santanero y Ochape. El régimen pluviométrico más bajo se encuentra en la subcuenca del bajo Chicama.

4.3.3.2 Temperatura: La temperatura media anual en la cuenca del Río Chicama es de 18°C. Las temperaturas extremas varían entre 11.6 ° C en el mes de julio a 23.3°C en el mes de agosto.

4.3.3.3 Evapotranspiración: La evapotranspiración anual de la cuenca del río Chicama es de 846.5mm. Los valores máximos y mínimos se presentan en los meses de marzo y junio entre los 79.8mm y 61.9mm respectivamente.

4.3.3.4 Período de retorno (T): Es el intervalo promedio de tiempo en años, en el cual un evento de magnitud “x” puede ser igualado o superado, por lo menos una vez en promedio.

4.3.3.5 Intensidad (I): Se refiere a la cantidad de agua que se precipita por unidad de tiempo.

#### 4.3.4 Desarrollo del estudio hidrológico:

4.3.4.1 Subcuenca Bajo Chicama: En el área de estudio de la presente investigación se ubica la subcuenca Bajo Chicama la cual cuenta con un área de 857.18km<sup>2</sup>. En esta subcuenca se ubica la estación meteorológica Cospan en las coordenadas UTM 9176794.5 N y 771282.7 E, en la cota 2105 m.s.n.m.

a. Precipitaciones máximas en 24 horas: se calcularon considerando los siguientes periodos de retorno: 5 años, 10 años, 20 años, 50 años, 100 años, 200 años y 1000 años.

Tabla 11. Precipitaciones máximas en 24 horas – Subcuenca Bajo Chicama

Sub Cuenca	Periodo de retorno	Rango altitudinal de la subcuenca (m.s.n.m)	Rango de PPmax24h (mm)	Valor medio de la PPmax24h (mm)
Bajo Chicama	5	0 - 2484	1.1 - 59.2	26.2
	10	0 - 2484	0.0 - 77.1	36.0
	20	0 - 2484	0.7 - 98.0	46.8
	50	0 - 2484	4.6 - 128.9	63.3
	100	0 - 2484	9.8 - 153.8	77.2
	200	0 - 2484	17.8 - 181.4	93.1
	1000	0 - 2484	45.8 - 252.2	136.2

Fuente: Estudio de extremos hidrológicos en la cuenca Chicama-SENAMHI

b. Intensidad de la subcuenca Bajo Chicama: Las curvas Intensidad-duración-frecuencia relacionan la intensidad de lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con que se presentan. Mediante el estudio “Extremos Hidrológicos en la Cuenca del Río Chicama” realizado por SENAMHI en el año 2021, se obtuvieron las curvas

Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) y su respectiva fórmula para la subcuenca Bajo Chicama; este dato es fundamental para poder realizar el modelamiento hidráulico de la localidad de Chocope, debido a que dicha zona urbana se encuentra dentro de la subcuenca mencionada.

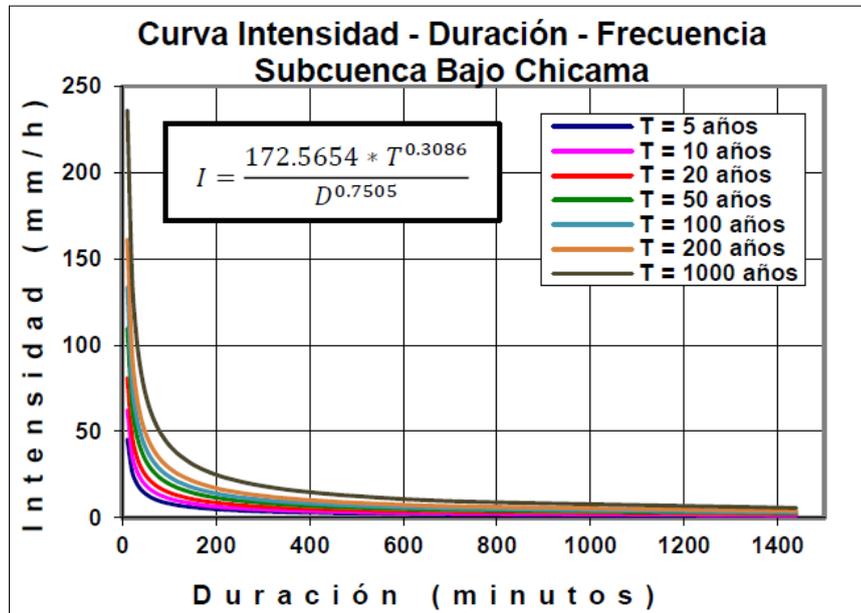


Figura 7. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia Subcuenca Bajo Chicama

Fuente: Estudio de extremos hidrológicos en la cuenca Chicama-SENAMHI

#### 4.3.4.2. Microcuenca urbana Chocope: Ubicada en la subcuenca Bajo Chicama.

a. Subdivisión y delimitación de la microcuenca urbana Chocope.

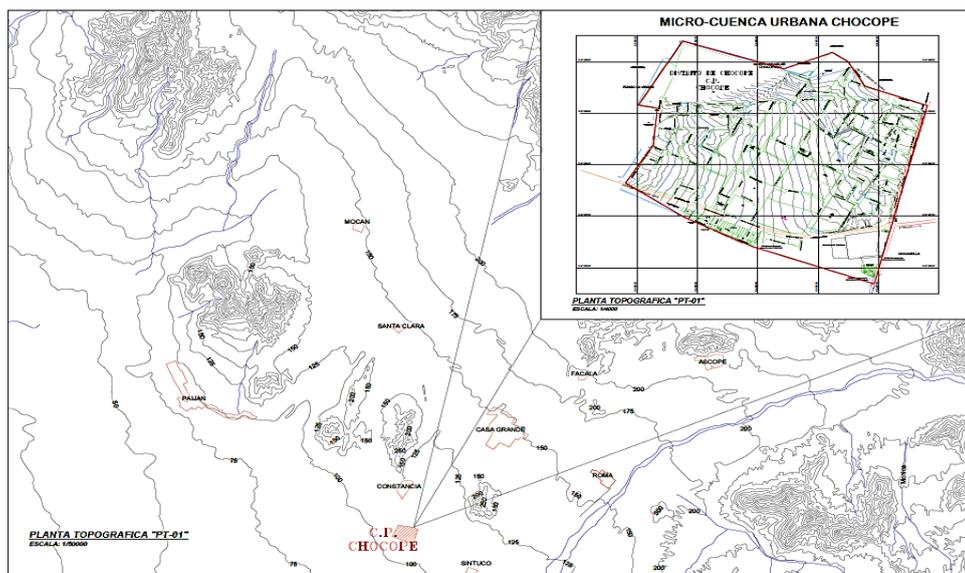


Figura 8. Plano de delimitación de la microcuenca urbana Chocope

Fuente: Elaboración propia.

b. Área y perímetro: La microcuenca urbana Chocope es de geometría irregular por esa razón se utilizó el software AutoCAD.

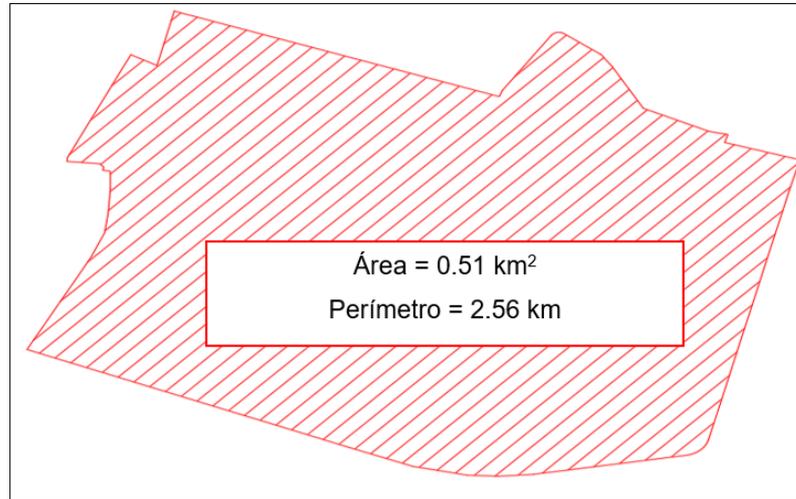


Figura 9. Plano de área y perímetro de la micro-cuenca urbana Chocope.

Fuente: Elaboración propia.

c. Índice de compacidad (K): Este índice corresponde a la influencia del área de la microcuenca urbana Chocope y el perímetro en la escorrentía, cuando el índice de compacidad es menor o igual a 1 la cuenca será de forma circular y si el valor es mayor a 1 la cuenca tendrá una forma alargada y reducirá la probabilidad de que esté cubierta en su totalidad por una tormenta.

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K = 0.28 \frac{2.56 \text{ Km}}{\sqrt{0.51 \text{ Km}^2}}$$

$$K = 1$$

Según lo obtenido, tenemos que el índice de compacidad es igual a 1 por lo que inferimos que la microcuenca urbana Chocope tiene forma circular y es apta para poder analizar su intensidad mediante el Método Racional.

d. Pendiente de la microcuenca urbana Chocope: La pendiente de la microcuenca urbana Chocope es un parámetro muy importante dentro de un estudio

hidrológico, porque permite calcular el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje.

$$S = \frac{D * L}{A}$$

$$S = \frac{(0.106 - 0.099)Km * 1.034Km}{0.51 Km^2}$$

$$S = 0.014 \approx 1.4\%$$

#### 4.3.5 Conclusiones

- Las precipitaciones máximas en 24 horas Subcuenca Bajo Chicama para el periodo de retorno de 5 años varía entre 1.1 a 59.2 mm, para el periodo de retorno de 10 años varía entre 0.0 a 77.1 mm, para el periodo de retorno de 20 años varía entre 0.7 a 98 mm, para el periodo de retorno de 50 años varía entre 4.6 a 128.90 mm, para el periodo de retorno de 100 años varía entre 9.8 a 153.80 mm, para el periodo de retorno de 200 años varía entre 17.8 a 181.4 mm, para el periodo de retorno de 1000 años el varía entre 45.8 a 252.2 mm.
- La fórmula de la Curva IDF de la Subcuenca Bajo Chicama es:

$$I = \frac{172.5654 * T^{0.3086}}{D^{0.7505}}$$

- El índice de compacidad de la microcuenca urbana Chocope es 1.
- La pendiente de la microcuenca urbana Chocope es 1.4%

#### 4.4. Modelamiento Hidráulico

##### 4.4.1 Caudales de escurrimiento

Se utilizó la ecuación del método racional para calcular los caudales de escurrimiento, este método se empleará en áreas inferiores a los 13km<sup>2</sup>.

$$Q = 0,278 CIA$$

Dónde:

Q= Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/hr)

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Para la presente investigación se utilizó el software SewerGEMS; dicha herramienta nos permite realizar el modelamiento hidráulico pluvial en zonas urbanas.

##### 4.4.2 Características generales de la red de drenaje

El modelamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial de la localidad de Chocope está conformado por un sistema de tuberías de material de PVC y buzones que nos permiten evacuar dichas aguas.

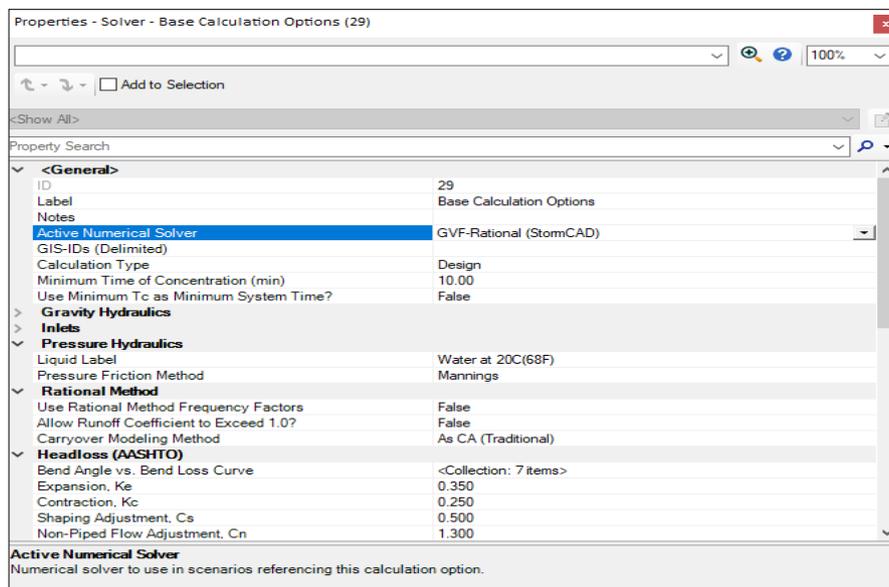


Figura 10. Base del cálculo de diseño

Fuente: Software SewerGEMS.

La información recopilada de la presente investigación fue registrada en el software SewerGEMS: propiedades base (Tiempo de concentración mínimo, fricción generada por la fórmula de Manning y otros parámetros requeridos) para empezar con el modelamiento. Se exportaron los planos de la localidad de Chocope al software SewerGEMS.

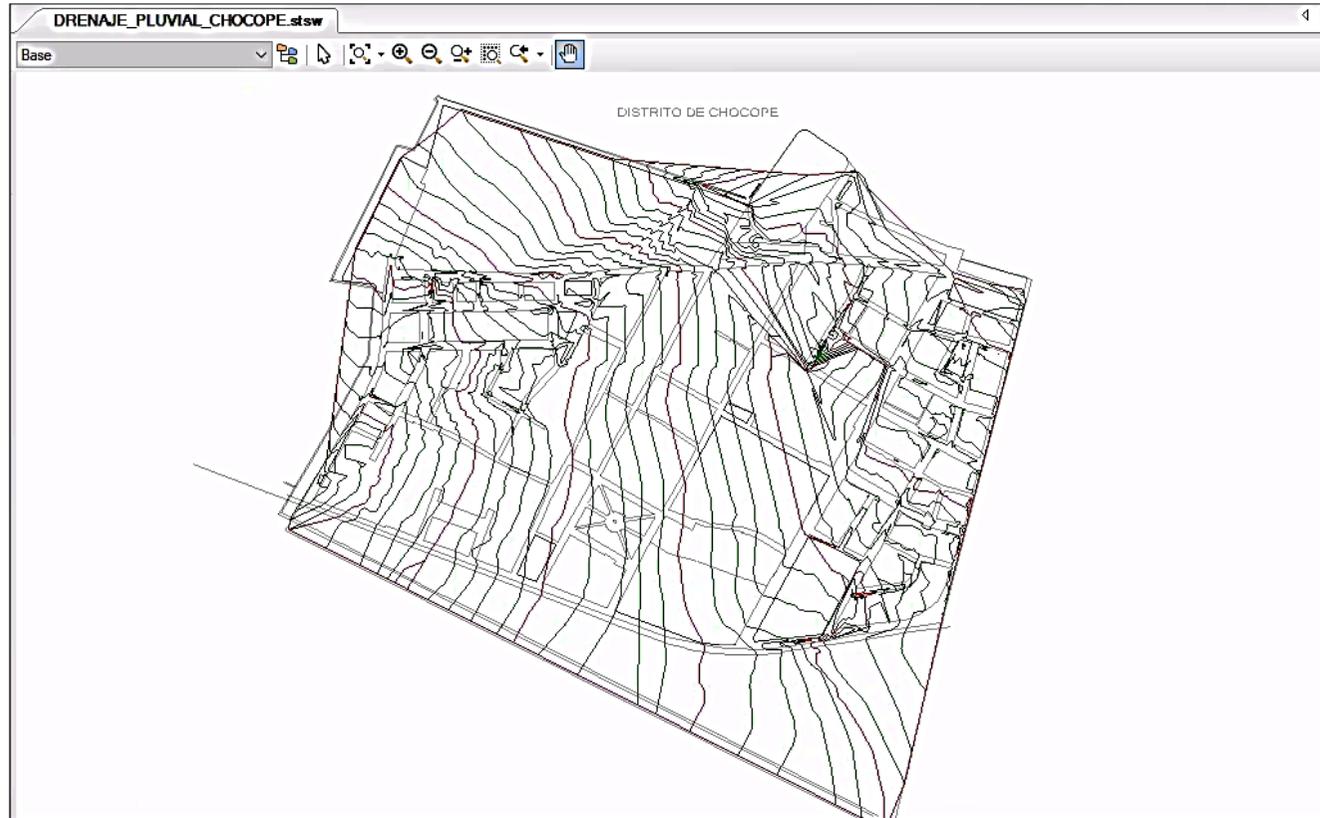


Figura 11. Plano topográfico localidad de Chocope en SewerGEMS

Fuente: Elaboración propia.

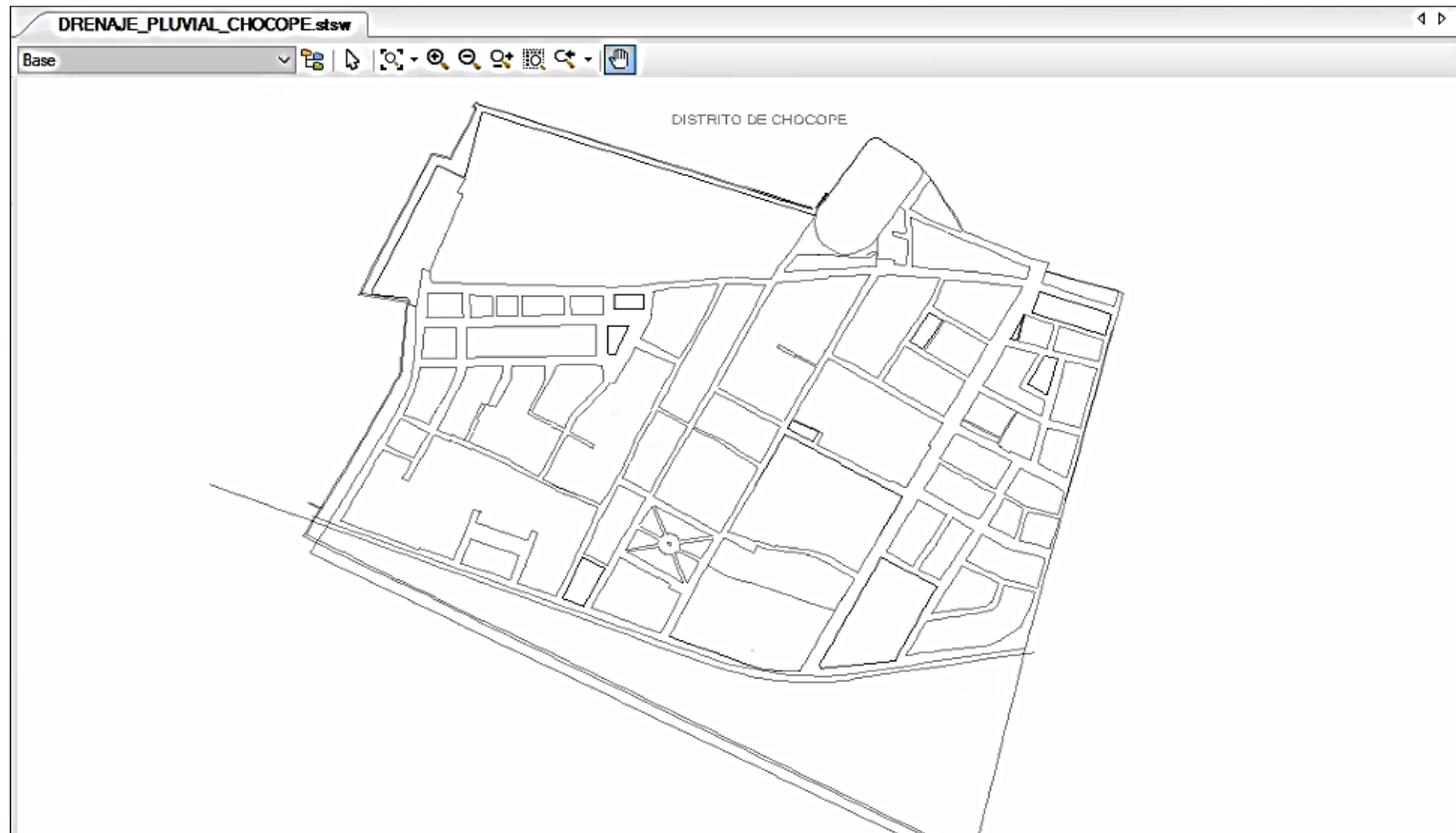


Figura 12. Plano urbano localidad de Chocope en SewerGEMS

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3 Modelamiento hidráulico de cunetas y sumideros

##### Objetivos

- Efectuar el modelamiento hidráulico de cunetas y sumideros.
- Efectuar el modelamiento hidráulico de tuberías y buzones.
- Desarrollar la curva IDF para el modelamiento hidráulico de las aguas pluviales.
- Identificaron las áreas tributarias de la localidad de Chocope.
- Elaborar los perfiles longitudinales de colectores principales.

##### 4.4.3.1 Criterios para el diseño de cunetas

###### a. Catálogo y prototipo de cunetas

Para el modelamiento de las cunetas se creó un catálogo con las características físicas del proyecto.

Para el drenaje superficial se utilizaron cunetas convencionales considerando lo siguiente:

- Bombeo de 2.00%
- Coeficiente de rugosidad de Mannign para cunetas de pavimento asfáltico textura rugosa : 0.016

Tabla 12. Coeficiente de rugosidad de Manning para cunetas

<b>Cunetas de las calles</b>	<b>Coeficiente de Rugosidad N</b>
a. Cuneta de concreto con acabado paleteado	0.012
b. Pavimento Asfáltico	
1) Textura lisa	0.013
2) Textura rugosa	0.016
c. Cuneta de concreto con Pavimento asfáltico	
1) Liso	0.013
2) Rugoso	0.015
d. Pavimento de concreto	
1) Acabado con llano de madera	0.014
2) Acabado escobillado	0.016
e. Ladrillo	0.016

f. Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de n, en: 0.002

Fuente: Norma OS.060 Drenaje pluvial urbano

Con el catálogo generado se realizó el prototipo con los parámetros correspondientes a la depresión cero, ya que se hace la simulación de una cuneta convencional por bombeo donde no existe depresión, se consideró el tirante máximo requerido lo cual permitió el tránsito vehicular sin afectar las estructuras aledañas a temporada de lluvias.

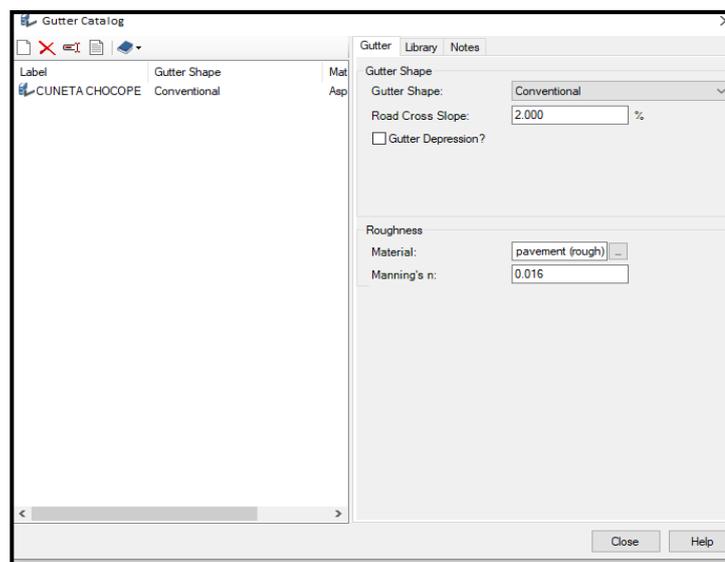


Figura 13. Catálogo de cuneta

Fuente: Software SewerGEMS

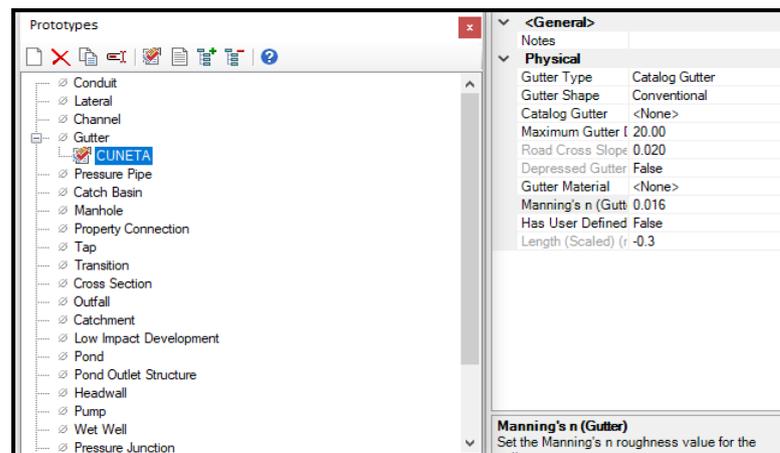


Figura 14. Prototipo de cuneta

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.2 Criterios para el diseño de sumideros

##### a. Catálogo y prototipo de sumideros

Se generó un catálogo de cuatro tipos: sumidero combinado, sumidero de fondo, sumidero lateral, sumidero transversal. Para realizar el diseño se consideró como sumidero principal al sumidero de fondo.

- Para el predimensionamiento del sumidero se utilizó la norma OS.060 Drenaje pluvial: 0.70m x 0.70 m.
- Las rejillas ubicadas sobre los sumideros se predimensionaron con una longitud de 0.5 m de tipo 24-12 (50 mm \* 100 mm).
- En la elaboración del prototipo de los sumideros, se tomó en cuenta los parámetros de coeficiente de rugosidad de Manning para pavimento asfáltico de textura lisa igual a 0.013.
- Los sumideros continuos denominados on grade son los que captan teóricamente un porcentaje aproximado de 50% del caudal discurrido por las cunetas convencionales y los sumideros últimos denominados in sag captan en su totalidad los caudales.

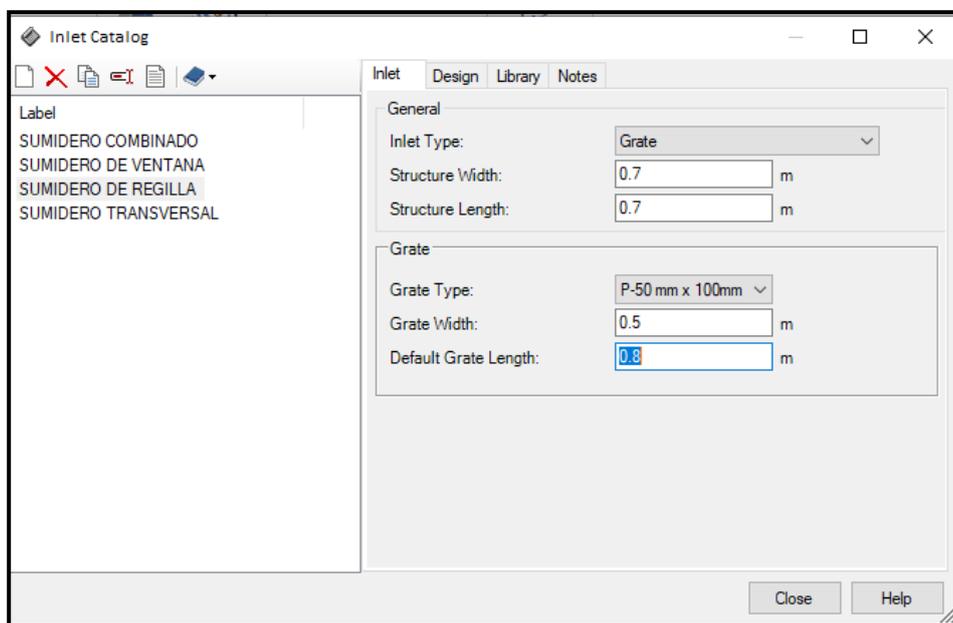


Figura 15. Catálogo de sumideros

Fuente: Software SewerGEMS.

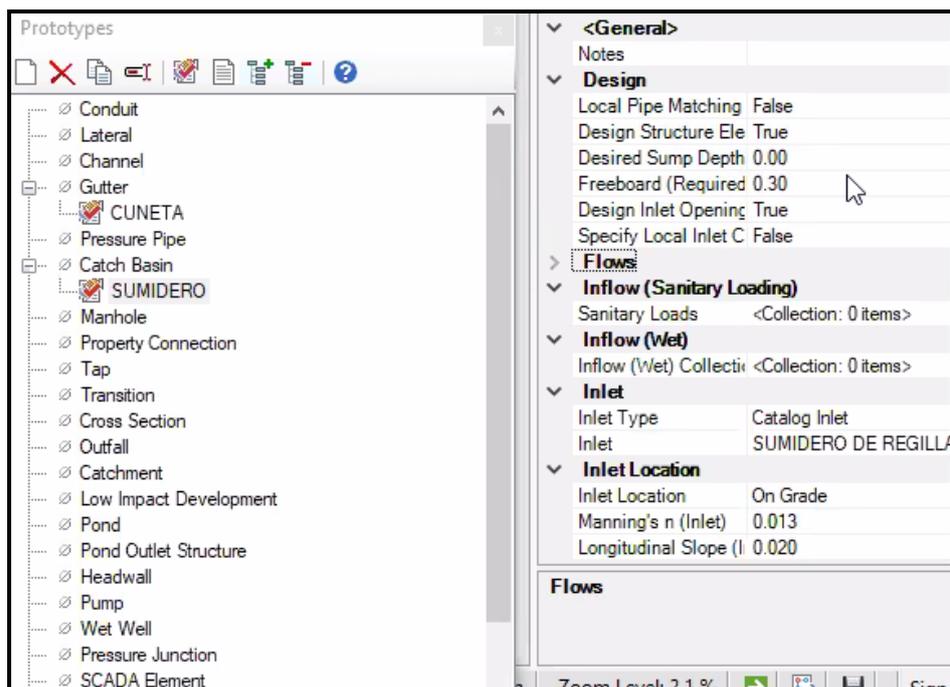


Figura 16. Prototipo de sumidero

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.3 Ubicación de cunetas y sumideros

El criterio para tener en cuenta la colocación de sumideros y cunetas es identificar el desnivel de las calles observadas en el plano topográfico y determinar la dirección por donde el afluente pluvial discurrirá por gravedad para llegar al último sumidero y captar todo el caudal.

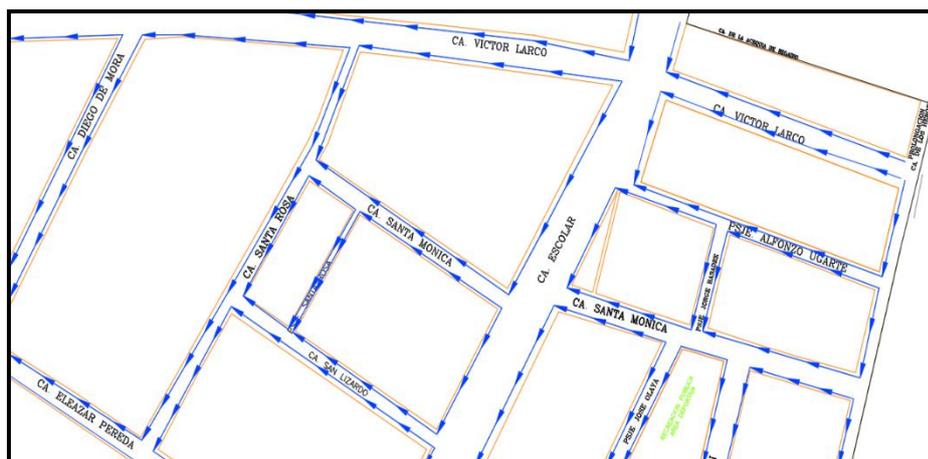


Figura 17. Recorrido del afluente pluvial de la localidad de Chocope.

Fuente: Elaboración propia

Se trazaron las cunetas convencionales simuladas para luego colocar los sumideros últimos denominados in sag, las cunetas más extensas para colocar sumideros continuos denominados on grade permite que no se produzca sobrecargas en el sumidero último.

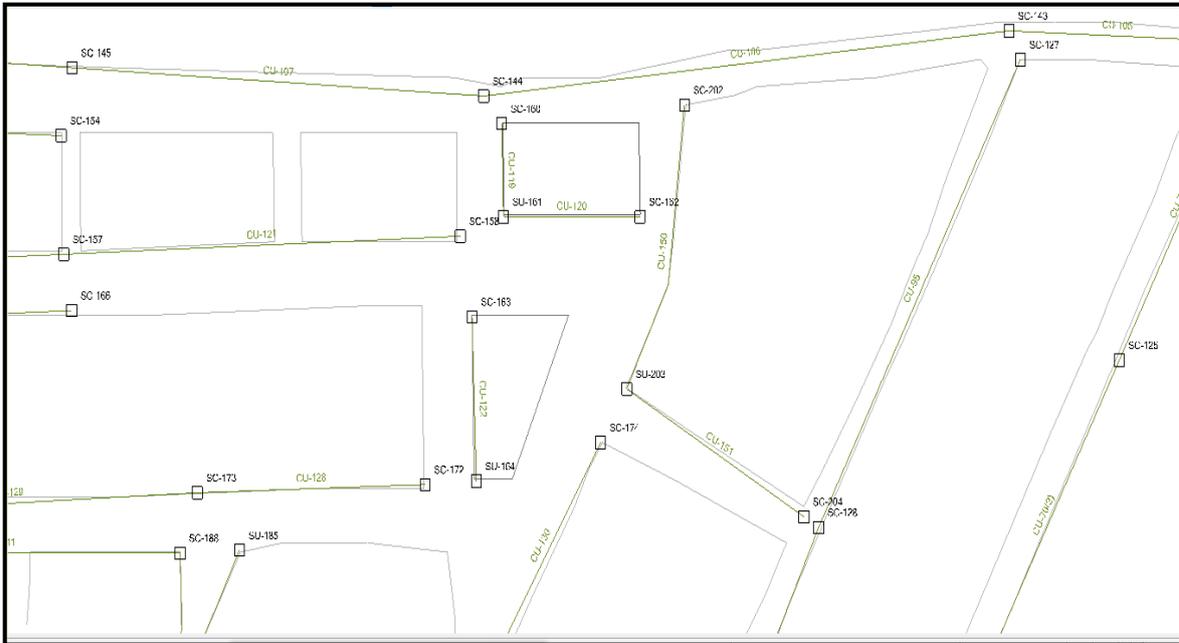


Figura 18. Ubicación y trazado de sumideros y cunetas

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.4 Simulación del drenaje pluvial de cunetas

Teniendo todos los datos del modelamiento hidráulico de las cunetas se ingresó esta data al software SewerGEMS que nos brindó los siguientes datos: longitud, pendiente y caudal. Este procedimiento se efectuó para cada tramo, los datos fueron descritos en la tabla 19.

Tabla 13. Caudal de diseño para cunetas

Caudal de diseño (Q) l/s
3.63

Fuente: Elaboración propia.

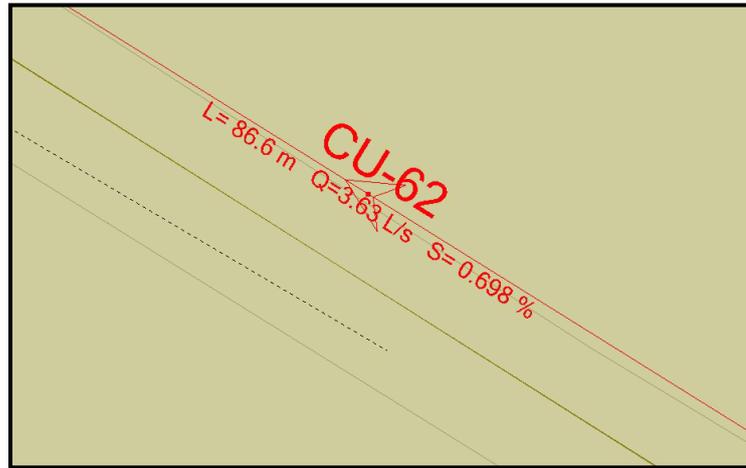


Figura 19. Simulación del drenaje pluvial de cunetas tramo CU-62

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.5 Cálculos para el diseño de cunetas

Tabla 14. Resultados de diseño de cunetas

Tramo	Nodo inicial	Nodo final	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (l/s)
CU-4	SC-3	SU-2	98.40	0.62	1.09
CU-5	SC-29	SU-2	31.20	0.67	8.24
CU-6	SC-30	SU-6	46.10	0.46	3.10
CU-7	SU-6	SU-7	38.10	0.27	0.00
CU-8	SC-4	SC-5	58.80	0.50	0.64
CU-9	SC-5	SU-7	55.30	0.21	3.83
CU-10	SC-9	SC-10	81.40	0.39	1.83
CU-11	SC-11	SC-10	40.60	0.29	8.44
CU-12	SC-13	SC-14	21.50	0.39	16.50
CU-13	SC-14	SU-12	85.20	0.23	11.29
CU-14	SU-8	SU-12	59.70	0.48	0.00
CU-15	SC-18	SC-19	49.20	0.41	1.65
CU-16	SC-20	SC-19	42.30	0.18	4.35
CU-21	SC-24	SC-25	41.30	0.00	6.81
CU-22	SC-26	SC-25	74.60	-0.10	0.62
CU-23	SC-23	SU-22	86.70	0.29	2.07
CU-24	SC-21	SU-22	42.50	0.80	8.54
CU-25	SU-15	SU-34	52.70	0.14	0.00
CU-26	SC-17	SU-34	99.90	0.09	2.48
CU-27	SC-35	SU-36	43.10	1.15	4.06
CU-31	SC-38	SC-41	46.10	0.96	0.89
CU-32	SC-41	SU-36	40.40	-0.26	8.30
CU-33	SC-42	SU-43	80.70	0.07	1.48
CU-34	SC-44	SU-43	40.40	0.84	6.54
CU-35	SC-45	SU-46	96.50	0.41	1.73
CU-36	SC-47	SU-46	40.00	0.49	12.56
CU-37	SC-48	SU-49	81.10	0.50	1.70
CU-38	SC-50	SU-49	30.60	0.10	6.71
CU-39	SC-51	SU-52	80.50	0.58	2.38
CU-41	SC-53	SU-52	39.60	0.30	6.41
CU-43	SC-54	SU-55	74.70	0.80	2.76
CU-46	SC-57	SC-59	120.80	0.64	2.45
CU-47	SC-59	SU-60	54.70	-0.02	17.24
CU-49	SC-62	SU-60	120.40	0.68	12.34
CU-51	SC-65	SU-64	95.60	0.35	34.38
CU-50(1)	SC-63	SC-66	37.70	0.45	6.73
CU-50(2)	SC-66	SU-64	128.20	0.45	6.77
CU-53	SC-70	SU-69	142.90	0.67	1.15
CU-57	SC-75	SU-69	65.30	0.31	18.36
CU-58	SC-77	SC-74	75.50	0.46	20.42
CU-59	SC-78	SU-79	38.80	0.52	10.90
CU-60	SC-80	SU-79	85.60	0.71	11.55
CU-61	SC-81	SU-82	45.70	0.46	9.36
CU-62	SC-83	SU-82	86.60	0.70	3.63

CU-63	SC-84	SU-85	53.70	0.53	11.78
CU-64	SC-86	SU-85	90.20	0.35	6.11
CU-65	SC-87	SC-88	104.00	0.35	23.51
CU-66	SC-88	SU-89	94.40	0.69	49.44
CU-67	SC-90	SC-91	60.10	0.49	14.46
CU-68	SC-91	SU-92	66.20	0.63	16.80
CU-69	SC-93	SU-92	119.60	0.52	10.44
CU-71	SC-95	SC-96	69.70	0.07	34.14
CU-72	SC-96	SU-97	107.20	0.36	43.97
CU-73	SC-98	SC-99	52.00	0.56	3.78
CU-75	SC-100	SC-101	79.70	0.52	17.58
CU-76	SC-101	SC-102	51.10	0.47	32.72
CU-77	SC-102	SU-103	94.70	0.41	25.82
CU-78	SC-104	SC-105	61.40	0.47	16.93
CU-80	SC-105	SU-103	172.60	0.56	30.40
CU-81	SC-107	SC-108	85.20	0.34	47.92
CU-82	SC-108	SU-109	64.90	0.23	67.35
CU-83	SC-110	SC-111	63.40	0.78	38.57
CU-84	SC-111	SC-112	90.00	0.18	54.32
CU-85	SC-112	SU-109	79.80	0.74	58.20
CU-86	SC-113	SU-114	93.20	0.37	3.74
CU-87	SC-115	SU-114	76.50	0.13	15.92
CU-88	SC-116	SU-117	85.80	0.38	9.90
CU-89	SC-118	SU-117	68.10	0.21	10.57
CU-90	SC-119	SU-120	96.50	0.54	12.64
CU-91	SC-121	SU-120	101.60	0.44	27.16
CU-93	SC-122	SU-124	96.80	0.52	5.74
CU-94	SC-125	SU-124	53.20	0.25	9.83
CU-70(1)	SC-94	SC-126	78.30	0.38	36.67
CU-70(2)	SC-126	SU-89	79.30	0.38	37.12
CU-95	SC-127	SC-128	116.10	0.33	3.64
CU-96	SC-128	SU-129	65.90	0.08	17.35
CU-97	SC-130	SU-129	42.10	0.72	29.94
CU-98	SC-132	SU-133	99.80	0.36	2.20
CU-99	SC-134	SU-133	38.30	0.65	8.27
CU-100	SC-135	SU-136	32.10	0.54	11.94
CU-101	SC-137	SU-136	101.90	0.10	1.61
CU-102	SC-138	SU-139	59.50	0.18	0.56
CU-103	SC-140	SU-139	28.40	0.65	3.57
CU-104	SC-141	SC-142	101.40	1.84	52.19
CU-105	SC-142	SC-143	58.40	0.93	65.56
CU-106	SC-143	SC-144	142.60	0.59	89.25
CU-107	SC-144	SC-145	111.30	0.17	265.80
CU-108	SC-145	SC-146	68.90	0.70	398.82
CU-109	SC-146	SU-147	44.40	0.74	448.03
CU-110	SC-148	SU-149	29.90	2.72	50.48
CU-111	SC-74	SC-150	40.20	0.79	21.10
CU-112	SC-150	SU-149	113.60	0.87	13.79
CU-113	SC-151	SU-152	32.30	0.70	2.27

CU-114	SC-153	SU-152	45.70	-0.34	0.46
CU-115	SC-154	SC-155	61.00	0.62	7.60
CU-116	SC-155	SU-156	30.50	1.40	7.57
CU-117	SC-157	SU-156	61.40	0.88	13.46
CU-119	SC-160	SU-161	20.40	-0.05	1.10
CU-120	SC-162	SU-161	36.90	0.48	0.07
CU-121	SC-158	SC-157	107.20	0.75	0.37
CU-122	SC-163	SU-164	36.00	0.65	2.89
CU-124	SC-166	SC-167	67.80	1.05	12.12
CU-125	SC-167	SU-168	42.00	0.00	14.98
CU-126	SC-169	SU-170	44.30	0.33	1.78
CU-127	SC-171	SU-170	40.20	0.86	2.87
CU-128	SC-172	SC-173	61.50	0.59	2.60
CU-129	SC-173	SU-168	102.10	0.62	7.88
CU-130	SC-174	SC-175	55.50	-0.01	4.23
CU-131	SC-175	SC-176	83.40	0.28	10.98
CU-132	SC-176	SU-177	72.10	0.46	32.79
CU-133	SC-178	SC-179	102.40	0.34	7.19
CU-134	SC-179	SC-180	39.40	0.28	25.54
CU-135	SC-180	SU-177	79.70	0.74	16.69
CU-136	SC-181	SC-182	106.80	0.73	10.90
CU-137	SC-182	SC-183	40.20	0.59	36.93
CU-138	SC-184	SU-185	68.40	0.00	16.10
CU-140	SC-186	SC-188	66.10	0.30	9.46
CU-141	SC-188	SC-189	97.00	0.62	12.86
CU-142	SC-189	SU-190	90.70	0.44	27.87
CU-144	SC-191	SC-193	103.00	0.71	4.89
CU-145	SC-193	SU-190	41.30	0.67	43.16
CU-146	SC-194	SU-195	34.60	0.58	7.52
CU-147	SC-196	SU-195	66.40	0.62	3.11
CU-148	SC-197	SU-198	38.90	0.69	2.16
CU-149	SC-199	SU-200	109.20	0.27	4.83
CU-150	SC-202	SU-203	65.10	0.65	7.81
CU-151	SC-204	SU-203	55.40	0.73	16.04
CU-152	SC-205	SC-206	63.10	0.17	8.55
CU-153	SC-206	SU-207	51.00	0.59	11.14
CU-154	SC-208	SU-209	64.40	0.74	1.88
CU-155	SC-210	SU-209	34.00	-0.15	6.42
CU-156	SC-211	SC-212	44.20	-0.16	66.22
CU-157	SC-212	SU-200	149.00	0.93	46.65
CU-158	SC-213	SC-199	39.50	0.34	3.96
CU-74(1)	SC-99	SC-214	86.00	0.52	6.69
CU-74(2)	SC-214	SU-97	82.20	0.52	37.89

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3.6 Simulación del drenaje pluvial de sumideros

Teniendo todos los datos del modelamiento hidráulico de los sumideros se ingresó esta data al software SewerGEMS que nos brindó los datos que se describen en la tabla 20.

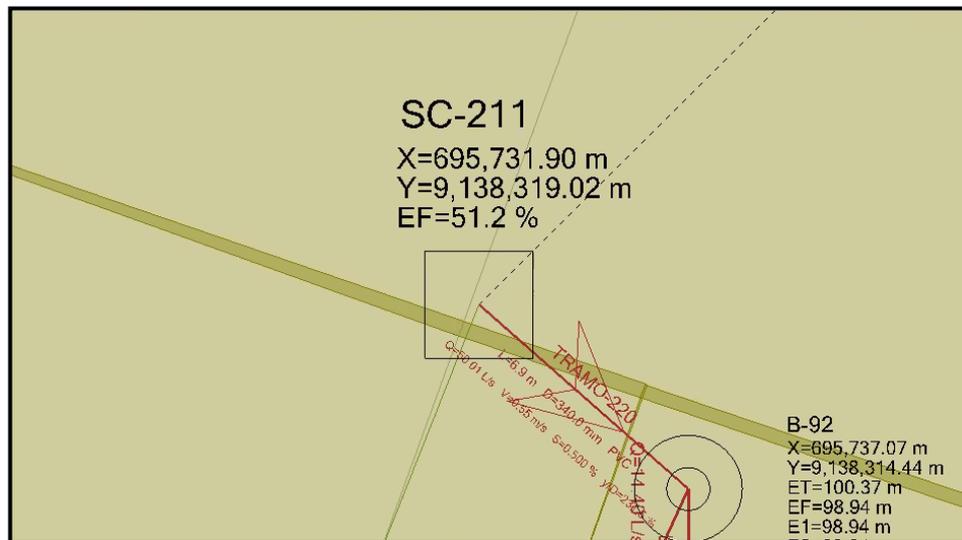


Figura 20. Simulación del drenaje pluvial de sumideros tramo SC-211

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.7 Cálculo del diseño de sumideros

Tabla 15. Resultados del diseño de sumideros

Sumidero	Elevación (m)	X (m)	Y (m)	Tipo de sumidero	Elevación rejilla (m)	Elevación (invert) (m)	Eficiencia del sumidero (%)	Caudal captado (l/s)	Gradiente hidráulica (m)	Ancho de escorrentía (m)
SU-1	105.00	696450.89	9138641.80	In Sag	105.00	103.66	100.00	38.22	103.83	3.10
SU-2	105.39	696437.58	9138604.90	In Sag	105.39	104.05	100.00	39.95	104.23	3.20
SC-3	106.00	696530.73	9138573.03	On Grade	106.00	104.66	85.30	6.33	104.73	1.10
SC-4	105.69	696521.76	9138539.21	On Grade	105.69	104.35	88.90	5.07	104.41	1.00
SC-5	105.40	696464.80	9138553.69	On Grade	105.40	104.06	74.50	11.17	104.15	1.40
SU-6	105.39	696429.80	9138602.83	In Sag	105.39	104.05	100.00	9.65	104.13	1.50
SU-7	105.28	696411.77	9138569.23	In Sag	105.28	103.94	100.00	39.42	104.12	3.20
SU-8	105.21	696406.98	9138559.74	In Sag	105.21	103.87	100.00	9.15	103.95	1.40
SC-9	105.40	696480.92	9138541.73	On Grade	105.40	104.06	81.20	7.93	104.14	1.20
SC-10	105.08	696460.36	9138462.93	On Grade	105.08	103.74	57.70	24.52	103.88	2.10
SC-11	105.20	696499.29	9138451.44	On Grade	105.20	103.86	66.20	16.53	103.97	1.70
SU-12	104.92	696376.27	9138508.55	In Sag	104.92	103.58	100.00	50.41	103.80	3.70
SC-13	105.20	696455.63	9138487.90	On Grade	105.20	103.86	58.70	23.41	103.99	2.00
SC-14	105.12	696450.61	9138466.95	On Grade	105.12	103.78	63.00	19.19	103.90	1.80
SU-15	104.88	696371.90	9138501.50	In Sag	104.88	103.54	100.00	28.79	103.79	2.70
SC-17	104.89	696437.07	9138411.31	On Grade	104.89	103.41	78.60	9.11	103.55	1.30
SC-18	105.00	696458.30	9138452.70	On Grade	105.00	103.66	82.10	7.57	103.86	1.20
SC-19	104.80	696445.53	9138405.22	On Grade	104.80	103.46	63.80	18.45	103.58	1.80
SC-20	104.87	696481.73	9138383.26	On Grade	104.87	103.53	73.20	11.88	103.63	1.40
SC-21	104.74	696342.02	9138448.30	On Grade	104.74	103.40	66.10	16.63	103.64	1.70
SU-22	104.40	696319.68	9138412.15	In Sag	104.40	103.06	100.00	44.10	103.28	3.40
SC-23	104.65	696394.30	9138367.99	On Grade	104.65	103.31	80.20	8.38	103.39	1.20
SC-24	104.80	696424.84	9138400.56	On Grade	104.80	103.46	68.50	14.83	103.56	1.60

SC-25	104.80	696402.36	9138365.85	In Sag	104.80	103.43	100.00	35.20	103.62	3.00
SC-26	104.73	696470.65	9138337.89	On Grade	104.73	103.39	89.00	5.03	103.45	1.00
SC-29	105.60	696448.43	9138634.11	On Grade	105.60	104.26	66.50	16.33	104.37	1.70
SC-30	105.60	696473.10	9138586.98	On Grade	105.60	104.26	76.50	10.10	104.35	1.30
SU-34	104.80	696347.17	9138454.96	In Sag	104.80	103.46	100.00	54.92	103.67	3.90
SC-35	104.80	696402.38	9138360.55	On Grade	104.80	103.46	73.90	11.49	103.63	1.40
SU-36	104.31	696380.83	9138323.25	In Sag	104.31	102.97	100.00	30.28	103.12	2.70
SC-38	104.64	696461.06	9138292.69	On Grade	104.64	103.30	86.70	5.81	103.37	1.00
SC-41	104.20	696416.44	9138304.13	On Grade	104.20	102.86	66.40	16.39	102.98	1.70
SC-42	104.25	696370.29	9138329.20	On Grade	104.25	102.91	83.00	7.21	102.98	1.10
SU-43	104.20	696302.24	9138372.50	In Sag	104.20	102.86	100.00	48.73	103.05	3.60
SC-44	104.53	696323.05	9138407.18	On Grade	104.53	103.19	69.00	14.53	103.30	1.60
SC-45	104.40	696444.74	9138242.03	On Grade	104.40	103.06	81.70	7.73	103.13	1.20
SU-46	104.00	696355.94	9138278.02	In Sag	104.00	102.66	100.00	47.98	102.86	3.60
SC-47	104.20	696375.19	9138313.09	On Grade	104.20	102.86	61.80	20.28	102.98	1.90
SC-48	104.21	696339.49	9138335.28	On Grade	104.21	102.87	81.90	7.67	102.94	1.20
SU-49	103.80	696296.45	9138266.55	In Sag	103.80	102.46	100.00	32.45	102.62	2.80
SC-50	103.83	696322.97	9138251.31	On Grade	103.83	102.49	68.70	14.72	102.60	1.60
SC-51	104.15	696296.55	9138359.55	On Grade	104.15	102.81	79.00	8.93	102.89	1.30
SU-52	103.68	696255.68	9138290.19	In Sag	103.68	102.23	100.00	46.03	102.46	3.50
SC-53	103.80	696289.57	9138269.65	On Grade	103.80	102.46	69.20	14.39	102.62	1.60
SC-54	103.99	696351.61	9138270.54	On Grade	103.99	102.65	77.60	9.57	102.74	1.30
SU-55	103.40	696312.71	9138206.80	In Sag	103.40	102.06	100.00	48.11	102.26	3.60
SC-57	104.17	696403.72	9138245.33	On Grade	104.17	102.83	78.70	9.05	102.91	1.30
SC-59	103.40	696306.47	9138198.70	On Grade	103.40	102.06	58.20	23.97	102.19	2.10
SU-60	103.41	696280.22	9138150.66	In Sag	103.41	102.07	100.00	94.35	102.35	5.40
SC-62	104.23	696398.56	9138170.81	On Grade	104.23	102.89	62.00	20.10	103.01	1.90
SC-63	103.62	696248.63	9138284.61	On Grade	103.62	102.28	68.70	14.74	102.46	1.60

SU-64	102.87	696172.10	9138137.42	In Sag	102.87	101.43	100.00	152.66	101.77	7.40
SC-65	103.20	696267.30	9138145.84	On Grade	103.20	101.86	50.30	34.77	102.02	2.50
SC-66	103.45	696231.04	9138251.24	On Grade	103.45	102.11	68.60	14.78	102.21	1.60
SU-69	104.59	696288.01	9138664.78	In Sag	104.59	103.25	100.00	86.57	104.25	5.10
SC-70	105.55	696429.89	9138647.85	On Grade	105.55	104.21	84.90	6.47	104.28	1.10
SC-74	104.51	696282.64	9138666.54	On Grade	104.51	103.17	55.80	26.69	104.22	2.20
SC-75	104.80	696286.53	9138729.78	On Grade	104.80	103.46	57.40	24.78	104.28	2.10
SC-77	104.86	696279.70	9138741.35	On Grade	104.86	103.52	56.20	26.23	104.28	2.20
SC-78	104.80	696331.25	9138647.98	On Grade	104.80	103.46	63.40	18.84	104.22	1.80
SU-79	104.60	696314.44	9138613.04	In Sag	104.60	103.26	100.00	66.36	104.22	4.40
SC-80	105.20	696386.94	9138567.49	On Grade	105.20	103.86	62.70	19.42	103.98	1.80
SC-81	104.61	696310.35	9138603.80	On Grade	104.61	103.27	65.10	17.42	104.20	1.70
SU-82	104.41	696285.45	9138565.42	In Sag	104.41	103.07	100.00	51.11	104.11	3.70
SC-83	105.01	696358.97	9138519.73	On Grade	105.01	103.67	75.00	10.89	103.76	1.40
SC-84	104.21	696280.18	9138560.15	On Grade	104.21	102.87	62.50	19.62	104.10	1.90
SU-85	103.93	696252.06	9138514.46	In Sag	103.93	102.59	100.00	58.32	103.51	4.00
SC-86	104.25	696329.49	9138468.16	On Grade	104.25	102.91	69.70	14.05	103.20	1.60
SC-87	103.46	696179.79	9138550.93	On Grade	103.46	102.12	54.60	28.29	103.33	2.20
SC-88	103.10	696128.12	9138460.62	On Grade	103.10	101.76	46.20	42.49	102.70	2.80
SU-89	102.45	696045.73	9138506.65	In Sag	102.45	101.01	100.00	160.65	102.29	7.60
SC-90	104.24	696277.80	9138568.34	On Grade	104.24	102.90	60.20	21.83	104.08	2.00
SC-91	103.95	696245.52	9138517.59	On Grade	103.95	102.61	58.50	23.64	103.50	2.00
SU-92	103.54	696187.96	9138550.21	In Sag	103.54	102.20	100.00	97.40	103.37	5.50
SC-93	104.16	696248.50	9138653.32	On Grade	104.16	102.82	63.80	18.43	103.78	1.80
SC-94	103.04	696119.93	9138645.63	On Grade	103.04	101.70	49.60	36.02	102.90	2.50
SC-95	103.55	696244.55	9138508.50	On Grade	103.55	102.21	50.40	34.64	103.50	2.50
SC-96	103.50	696184.28	9138543.49	On Grade	103.50	102.16	47.50	39.81	103.34	2.70
SU-97	103.11	696132.68	9138449.55	In Sag	103.11	101.68	100.00	154.44	102.80	7.40

SC-98	104.28	696305.66	9138416.62	On Grade	104.28	102.94	74.60	11.11	103.03	1.40
SC-99	103.99	696281.20	9138370.69	On Grade	103.99	102.65	68.70	14.70	102.76	1.60
SC-100	103.50	696199.15	9138403.32	On Grade	103.50	102.16	57.90	24.21	102.78	2.10
SC-101	103.08	696129.92	9138442.79	On Grade	103.08	101.74	50.80	33.84	102.69	2.50
SC-102	102.84	696105.37	9138397.99	On Grade	102.84	101.50	53.50	29.75	102.37	2.30
SU-103	102.45	696058.93	9138315.43	In Sag	102.45	101.02	100.00	205.22	102.21	8.90
SC-104	103.71	696251.19	9138315.99	On Grade	103.71	102.37	58.40	23.73	102.51	2.00
SC-105	103.43	696221.31	9138262.39	On Grade	103.43	102.09	51.70	32.51	102.24	2.40
SC-107	102.43	696054.95	9138309.27	On Grade	102.43	100.98	46.60	41.75	102.14	2.70
SC-108	102.14	696012.99	9138235.09	On Grade	102.14	100.80	42.80	50.49	101.00	3.00
SU-109	102.00	695985.13	9138176.44	In Sag	102.00	100.56	100.00	213.88	101.15	9.10
SC-110	103.24	696179.42	9138187.64	On Grade	103.24	101.90	49.00	37.04	102.07	2.60
SC-111	102.75	696148.64	9138132.20	On Grade	102.75	101.41	45.20	44.77	101.60	2.90
SC-112	102.58	696060.29	9138149.58	On Grade	102.58	101.24	44.40	46.53	101.43	2.90
SC-113	101.95	695974.59	9138180.72	On Grade	101.95	100.61	74.70	11.05	101.08	1.40
SU-114	101.60	695887.89	9138214.93	In Sag	101.60	100.26	100.00	85.15	100.53	5.10
SC-115	101.70	695924.72	9138282.01	On Grade	101.70	100.36	59.10	22.97	100.51	2.00
SC-116	102.04	696004.08	9138247.05	On Grade	102.04	100.70	64.40	17.94	100.89	1.80
SU-117	101.71	695930.48	9138291.15	In Sag	101.71	100.37	100.00	77.09	100.63	4.80
SC-118	101.85	695965.29	9138349.70	On Grade	101.85	100.51	63.70	18.55	101.49	1.80
SC-119	102.38	696049.18	9138313.48	On Grade	102.38	101.04	61.70	20.35	102.05	1.90
SU-120	101.86	695965.60	9138361.71	In Sag	101.86	100.47	100.00	112.47	101.56	6.10
SC-121	102.30	696013.38	9138451.35	On Grade	102.30	100.96	53.00	30.58	101.82	2.30
SC-122	102.82	696099.41	9138406.43	On Grade	102.82	101.48	70.30	13.62	102.36	1.50
SU-124	102.31	696015.88	9138454.98	In Sag	102.31	100.97	100.00	55.16	101.83	3.90
SC-125	102.45	696042.56	9138500.96	On Grade	102.45	101.11	64.50	17.87	102.18	1.80
SC-126	102.75	696083.06	9138576.56	On Grade	102.75	101.41	49.40	36.26	102.38	2.60
SC-127	102.40	696056.34	9138642.42	On Grade	102.40	101.06	75.00	10.90	101.28	1.40

SC-128	102.01	696001.87	9138539.90	On Grade	102.01	100.67	58.10	24.05	101.51	2.10
SU-129	101.96	695973.50	9138480.40	In Sag	101.96	100.62	100.00	83.99	101.49	5.10
SC-130	102.26	696009.48	9138458.62	On Grade	102.26	100.92	51.80	32.24	101.82	2.40
SC-132	101.95	695970.86	9138474.01	On Grade	101.95	100.61	79.70	8.62	101.46	1.20
SU-133	101.59	695927.04	9138384.49	In Sag	101.59	100.25	100.00	46.83	100.78	3.50
SC-134	101.84	695961.17	9138367.17	On Grade	101.84	100.50	66.40	16.36	101.56	1.70
SC-135	101.64	695907.79	9138273.14	On Grade	101.64	100.30	62.30	19.76	100.42	1.90
SU-136	101.47	695878.87	9138286.95	In Sag	101.47	100.13	100.00	43.24	100.31	3.40
SC-137	101.57	695922.43	9138379.05	On Grade	101.57	100.23	82.30	7.50	100.77	1.20
SC-138	101.45	695876.60	9138282.47	On Grade	101.45	100.11	89.60	4.81	100.17	1.00
SU-139	101.34	695852.41	9138228.15	In Sag	101.34	100.00	100.00	22.13	100.13	2.30
SC-140	101.53	695878.75	9138217.56	On Grade	101.53	100.19	75.20	10.80	100.50	1.40
SC-141	104.86	696166.54	9138731.68	On Grade	104.86	103.52	45.60	43.78	103.70	2.80
SC-142	102.99	696111.62	9138646.44	On Grade	102.99	101.65	43.10	49.73	102.91	3.00
SC-143	102.44	696053.26	9138648.73	On Grade	102.44	101.10	39.90	59.17	101.32	3.30
SC-144	101.60	695911.38	9138634.42	On Grade	101.60	100.26	29.20	109.49	101.02	4.70
SC-145	101.41	695800.24	9138640.60	On Grade	101.41	100.07	24.90	132.14	100.41	5.40
SC-146	100.93	695731.49	9138644.61	On Grade	100.93	99.59	23.70	139.38	100.26	5.60
SU-147	100.60	695687.10	9138645.98	In Sag	100.60	98.99	100.00	612.12	100.00	18.30
SC-148	104.01	696145.48	9138682.97	On Grade	104.01	102.67	46.00	42.98	102.99	2.80
SU-149	103.20	696129.08	9138658.01	In Sag	103.20	101.86	100.00	102.75	102.95	5.70
SC-150	104.19	696242.44	9138664.81	On Grade	104.19	102.85	60.70	21.30	103.78	1.90
SC-151	100.60	695683.15	9138629.74	On Grade	100.60	99.26	79.40	8.74	99.85	1.30
SU-152	100.37	695682.68	9138597.41	In Sag	100.37	99.03	100.00	26.13	99.56	2.50
SC-153	100.22	695728.37	9138597.17	On Grade	100.22	98.88	90.60	4.48	99.82	0.90
SC-154	101.18	695797.27	9138625.76	On Grade	101.18	99.84	67.30	15.68	100.31	1.70
SC-155	100.80	695736.34	9138627.87	On Grade	100.80	99.46	67.40	15.64	100.15	1.70
SU-156	100.37	695736.57	9138597.41	In Sag	100.37	99.03	100.00	43.91	99.83	3.40

SC-157	100.92	695797.97	9138599.75	On Grade	100.92	99.58	61.00	21.03	100.02	1.90
SC-158	101.72	695905.07	9138603.72	On Grade	101.72	100.38	91.70	4.13	100.81	0.90
SC-160	101.76	695916.28	9138628.36	On Grade	101.76	100.42	85.20	6.34	100.96	1.10
SU-161	101.77	695916.73	9138607.96	In Sag	101.77	100.43	100.00	14.90	100.81	1.80
SC-162	101.94	695953.62	9138607.96	On Grade	101.94	100.60	97.10	2.46	100.92	0.70
SC-163	101.44	695908.23	9138586.04	On Grade	101.44	100.10	77.20	9.78	100.81	1.30
SU-164	101.20	695909.41	9138550.01	In Sag	101.20	99.86	100.00	21.63	100.57	2.30
SC-166	100.91	695800.08	9138587.42	On Grade	100.91	99.57	62.20	19.91	100.02	1.90
SC-167	100.20	695732.34	9138584.86	On Grade	100.20	98.86	59.80	22.25	99.82	2.00
SU-168	100.20	695732.08	9138542.81	In Sag	100.20	98.86	100.00	67.71	99.58	4.40
SC-169	100.14	695720.60	9138542.35	On Grade	100.14	98.80	81.50	7.83	99.56	1.20
SU-170	100.00	695676.31	9138542.81	In Sag	100.00	98.66	100.00	27.10	99.18	2.60
SC-171	100.35	695679.36	9138582.88	On Grade	100.35	99.01	77.30	9.74	99.56	1.30
SC-172	101.19	695895.59	9138549.26	On Grade	101.19	99.85	78.20	9.31	100.57	1.30
SC-173	100.83	695834.07	9138547.50	On Grade	100.83	99.49	66.90	15.97	100.02	1.70
SC-174	101.40	695942.99	9138558.49	On Grade	101.40	100.06	73.50	11.72	100.65	1.40
SC-175	101.41	695914.43	9138510.89	On Grade	101.41	100.07	63.30	18.92	100.19	1.80
SC-176	101.17	695860.61	9138447.91	On Grade	101.17	99.83	50.80	33.88	99.99	2.50
SU-177	100.84	695826.78	9138384.21	In Sag	100.84	99.50	100.00	108.83	99.86	5.90
SC-178	101.89	695964.04	9138478.37	On Grade	101.89	100.55	67.90	15.24	101.46	1.60
SC-179	101.55	695920.31	9138385.88	On Grade	101.55	100.21	53.70	29.58	100.77	2.30
SC-180	101.44	695899.80	9138352.19	On Grade	101.44	100.10	58.50	23.55	100.47	2.00
SC-181	100.81	695822.85	9138382.88	On Grade	100.81	99.47	63.40	18.84	99.81	1.80
SC-182	100.03	695728.16	9138428.33	On Grade	100.03	98.69	49.50	36.16	99.13	2.50
SC-183	99.80	695691.54	9138444.81	On Grade	99.80	98.46	44.60	46.05	98.82	2.90
SC-184	101.00	695814.47	9138473.88	On Grade	101.00	99.66	58.90	23.11	99.83	2.00
SU-185	101.00	695845.46	9138534.86	In Sag	101.00	99.66	100.00	55.44	100.03	3.90
SC-186	101.00	695808.55	9138473.35	On Grade	101.00	99.66	64.90	17.52	99.82	1.80

SC-188	100.80	695829.35	9138534.28	On Grade	100.80	99.46	61.50	20.54	100.02	1.90
SC-189	100.20	695732.39	9138534.28	On Grade	100.20	98.86	52.70	31.01	99.56	2.30
SU-190	99.80	695696.08	9138451.15	In Sag	99.80	98.46	100.00	108.78	98.87	5.90
SC-191	100.80	695822.43	9138387.98	On Grade	100.80	99.46	72.00	12.59	99.56	1.50
SC-193	100.08	695730.50	9138433.68	On Grade	100.08	98.74	47.70	39.40	99.13	2.70
SC-194	99.80	695684.87	9138455.51	On Grade	99.80	98.46	67.50	15.59	98.81	1.70
SU-195	99.60	695653.38	9138469.76	In Sag	99.60	98.26	100.00	39.77	98.72	3.20
SC-196	100.01	695674.00	9138532.37	On Grade	100.01	98.67	76.50	10.12	99.18	1.30
SC-197	99.66	695649.93	9138462.29	On Grade	99.66	98.32	79.80	8.54	98.72	1.20
SU-198	99.39	695631.04	9138428.25	In Sag	99.39	98.05	100.00	24.38	98.28	2.40
SC-199	99.29	695627.97	9138423.79	On Grade	99.29	97.95	72.10	12.51	98.28	1.50
SU-200	99.00	695575.45	9138328.10	In Sag	99.00	97.57	100.00	167.07	97.92	7.80
SC-202	102.00	695965.59	9138632.46	On Grade	102.00	100.66	67.00	15.89	101.00	1.70
SU-203	101.58	695950.03	9138570.23	In Sag	101.58	100.24	100.00	63.35	100.67	4.20
SC-204	101.98	695997.85	9138542.23	On Grade	101.98	100.64	59.00	23.07	101.51	2.00
SC-205	101.41	695870.26	9138286.84	On Grade	101.41	100.07	66.00	16.64	100.18	1.70
SC-206	101.30	695844.40	9138229.26	On Grade	101.30	99.96	63.10	19.06	100.08	1.80
SU-207	101.00	695796.60	9138247.07	In Sag	101.00	99.66	100.00	72.48	99.90	4.60
SC-208	100.95	695785.82	9138251.52	On Grade	100.95	99.61	81.00	8.02	99.68	1.20
SU-209	100.47	695725.36	9138273.78	In Sag	100.47	99.13	100.00	33.56	99.78	2.90
SC-210	100.42	695737.08	9138305.65	On Grade	100.42	99.08	69.20	14.40	99.83	1.60
SC-211	100.32	695731.90	9138319.02	On Grade	100.32	98.98	43.00	50.01	99.84	3.00
SC-212	100.39	695715.71	9138277.91	On Grade	100.39	99.05	46.90	41.13	99.78	2.70
SC-213	99.43	695664.03	9138407.69	On Grade	99.43	98.09	74.10	11.36	98.57	1.40
SC-214	103.54	696205.22	9138410.99	On Grade	103.54	102.20	49.20	36.67	102.78	2.60

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3.8 Criterios para el diseño de Tubería

##### a. Catálogo y restricciones de diseño en tubería

Para poder evacuar las aguas del drenaje superficial se puede utilizar diferentes tipos de tuberías o canales de diferente material, en este proyecto se trabajó con el catálogo de tuberías de material PVC para drenaje pluvial obtenidas de la marca Eurotubo; el cual trabaja en el mercado peruano tomando las condiciones establecidas en NTP, se registraron los diferentes diámetros con los que trabaja esta marca dentro del programa SewerGEMS.

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mín. de Pared (e4) (mm)	Espesor Mín. de Pared (e5) (mm)	Altura de Construcción e <sub>c</sub> (mm)	Diámetro Interior (mm)	Long. Total (m)	Long. Campana (m)	Long. Útil (m)
160	160	1,2	1,0	12,5	135,0	6,00	0,13	5,87
200	200	1,4	1,1	14,0	172,0	6,00	0,15	5,85
250	250	1,7	1,4	17,0	216,0	6,00	0,17	5,83
315	315	1,9	1,6	22,5	270,0	6,00	0,21	5,79
400	400	2,3	2,0	30,0	340,0	6,00	0,25	5,75
500	500	2,8	2,8	34,0	435,0	6,00	0,30	5,70
630	630	3,3	3,3	45,0	540,0	6,00	0,30	5,70

**Norma NTP ISO 21138-3:2010**  
SN 4 - (Rigidez 4 kN/m<sup>2</sup>)

Diagrama de detalle de una tubería corrugada. Muestra la sección transversal con una pared interior lisa y una pared exterior corrugada. Se indican las dimensiones DI (diámetro interior) y DE (diámetro exterior).

Figura 21. Listado y detalle de tuberías según el fabricante  
Fuente: Eurotubo

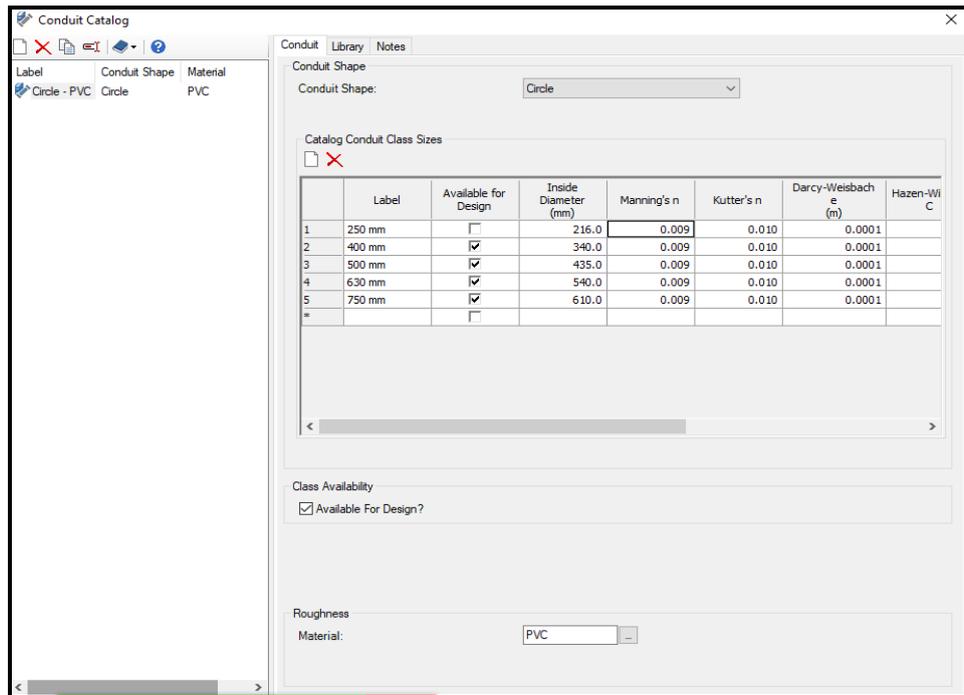


Figura 22. Catálogo de las tuberías

Fuente: Software SewerGEMS

Según la OS.060 de drenaje pluvial hace referencia a diferentes parámetros necesarios para el diseño, como es la velocidad mínima (0.9 m/s) y la velocidad máxima (5.0 m/s), también nos refiere que la profundidad mínima de enterramiento es de 1 m y las pendientes serán las suficientes para los límites de velocidad.

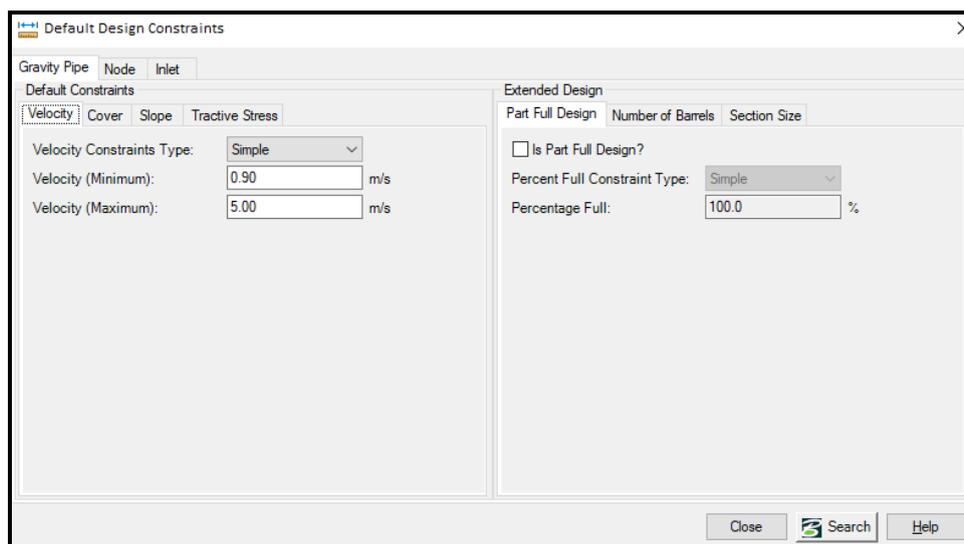


Figura 23. Parámetros y restricciones para las tuberías

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.9 Criterios para el diseño de Buzones

##### a. Prototipo de buzones

Para realizar el modelamiento del colector, fue necesario realizar el prototipo de buzones; dentro de sus parámetros establecidos según la norma OS. 0.60 de drenaje pluvial, se requiere un diámetro mínimo de 1200 mm para poder captar las aguas de las tuberías que llegaran a descargar (Invert) las aguas pluviales captadas en los sumideros y evacuarlas por una tubería principal hacia el canal de descarga correspondiente.

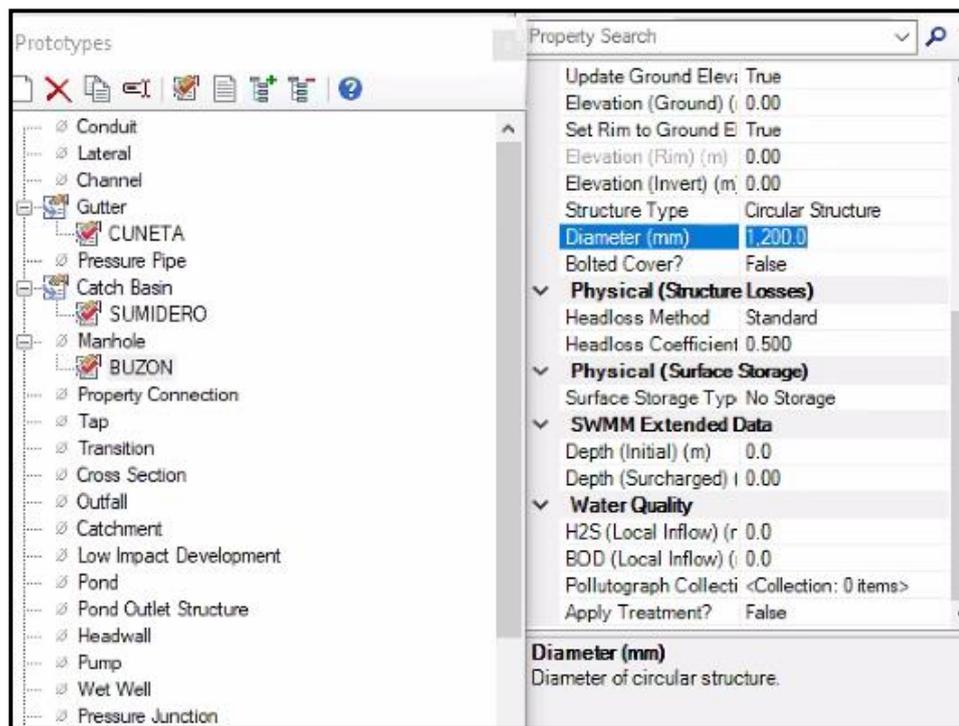


Figura 24. Prototipo del Buzón

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.10 Ubicación de tuberías y buzones

Para empezar el trazado de las tuberías se inició por colocar los buzones en un radio no mayor a los 15 m de los sumideros, luego se trazaron las tuberías de buzón a buzón, con un diámetro de tubería inferior al requerido según la norma OS.060 Drenaje pluvial, para evitar el sobredimensionamiento de los sumideros.

Para el modelamiento hidráulico de la localidad de Chocope, se trazaron 3 sistemas de colectores con diferentes puntos de descarga.

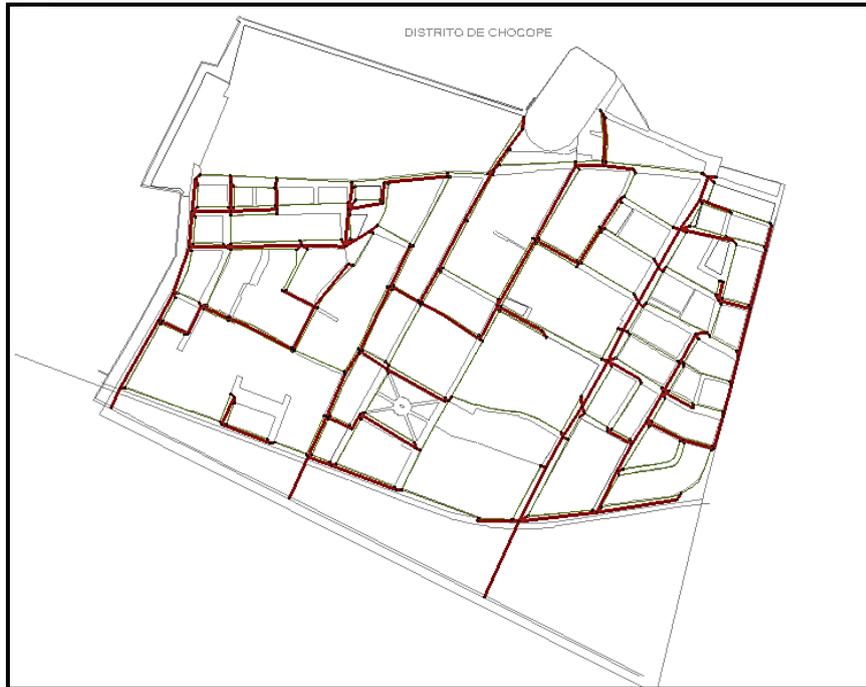


Figura 25. Ubicación y trazado de tuberías y buzones

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.11 Simulación del drenaje pluvial de tuberías

Teniendo todos los datos del modelamiento hidráulico de las tuberías se ingresó la información al software SewerGEMS; que nos brindó los siguientes datos: longitud total, diametro, material, caudal, velocidad, pendiente y la gradiente. Este procedimiento se efectuó para cada tramo, los datos fueron descritos en la tabla 21.

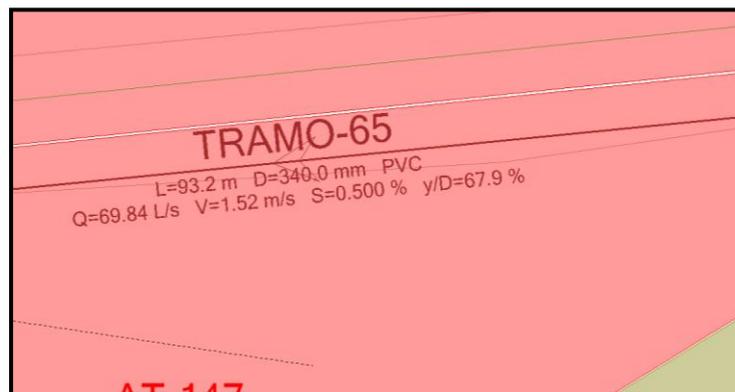


Figura 26. Resultados de diseño de tuberías

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.12 Cálculos para el diseño de tuberías

Tabla 16. Resultados del diseño de tuberías

Tramo	Nodo inicial	Nodo final	Diámetro (in)	Longitud (m)	Invert (entrada) (m)	Invert (salida) (m)	Pendiente (%)	Velocidad (m/s)	Caudal (l/s)	Capacidad del caudal (%)	Gradiente (%)
Tramo-1	B-1	B-2	14 ''	35.60	103.60	103.42	0.50	1.47	60.55	43.90	78.90
Tramo-4	B-8	B-2	14 ''	47.60	104.24	103.42	1.72	1.37	10.07	3.90	62.50
Tramo-5	B-10	B-3	14 ''	80.50	104.00	103.15	1.05	1.38	18.94	9.50	72.40
Tramo-7	B-2	B-3	14 ''	53.40	103.42	103.15	0.50	1.71	117.80	85.40	94.80
Tramo-8	B-95	B-96	14 ''	28.20	103.83	103.61	0.78	1.32	23.34	13.60	52.70
Tramo-10	B-96	B-13	14 ''	48.70	103.61	103.37	0.50	1.54	73.48	53.30	72.00
Tramo-11	B-3	B-12	18 ''	64.20	103.15	102.83	0.50	1.96	198.93	74.80	93.10
Tramo-12	B-12	B-5	22 ''	60.40	102.83	102.53	0.50	2.15	279.78	59.10	97.50
Tramo-13	B-5	B-6	22 ''	47.90	102.53	102.29	0.50	1.55	354.47	74.90	95.80
Tramo-14	B-6	B-20	22 ''	50.30	102.29	102.04	0.50	1.80	411.78	87.00	98.80
Tramo-15	B-20	B-31	25 ''	78.50	102.04	101.65	0.50	1.63	477.14	72.80	96.70
Tramo-16	B-19	B-20	14 ''	54.30	102.83	102.04	1.45	1.19	7.64	3.30	90.60
Tramo-17	B-31	B-32	25 ''	53.50	101.65	101.38	0.50	1.84	538.84	82.20	97.40
Tramo-18	B-32	B-33	25 ''	82.20	101.38	100.97	0.50	1.96	571.47	87.20	92.70
Tramo-19	B-33	B-34	25 ''	59.10	100.97	100.60	0.62	2.02	590.66	80.70	95.20
Tramo-20	B-9	B-11	14 ''	37.90	104.63	104.30	0.88	0.94	6.31	3.40	21.70
Tramo-21	B-11	B-13	14 ''	90.60	104.30	103.37	1.03	1.17	11.09	5.60	53.30
Tramo-22	B-13	B-15	14 ''	72.40	103.37	103.01	0.50	1.64	95.46	69.20	83.50
Tramo-24	B-14	B-16	14 ''	49.00	103.32	103.08	0.50	1.33	41.75	30.30	64.00
Tramo-25	B-16	B-18	14 ''	49.00	103.08	102.58	1.02	2.14	93.89	47.70	91.90
Tramo-26	B-18	B-25	14 ''	50.80	102.58	101.75	1.63	2.92	163.13	65.60	95.60
Tramo-27	B-25	B-29	22 ''	39.50	101.75	101.55	0.50	1.32	303.21	64.00	96.90
Tramo-28	B-29	B-26	22 ''	46.10	101.55	101.32	0.50	1.52	348.53	73.60	96.50

Tramo-29	B-26	B-28	22 ''	68.80	101.32	100.98	0.50	1.75	400.90	84.70	95.90
Tramo-30	B-15	B-17	14 ''	43.60	103.01	102.79	0.50	1.14	103.92	75.40	82.40
Tramo-31	B-17	B-22	14 ''	48.20	102.79	102.55	0.50	1.17	106.27	77.10	90.40
Tramo-33	B-21	B-18	14 ''	50.20	102.83	102.58	0.50	1.02	16.33	11.80	78.60
Tramo-34	B-22	B-23	14 ''	51.10	102.55	102.29	0.50	1.20	109.04	79.10	98.00
Tramo-35	B-23	B-24	14 ''	47.60	102.29	102.06	0.50	1.25	113.27	82.10	91.80
Tramo-36	B-24	B-25	14 ''	60.60	102.06	101.75	0.50	1.31	118.70	86.10	97.90
Tramo-37	B-27	B-28	14 ''	119.70	102.83	102.23	0.50	1.08	19.97	14.50	28.10
Tramo-38	B-99	B-46	14 ''	75.80	103.43	103.05	0.50	0.55	50.17	36.40	71.00
Tramo-39	B-38	B-39	14 ''	53.20	103.23	102.85	0.72	0.90	82.01	49.70	82.70
Tramo-40	B-39	B-40	14 ''	62.20	102.85	102.18	1.07	1.84	166.68	82.60	95.00
Tramo-41	B-40	B-41	22 ''	73.10	102.18	101.82	0.50	1.19	271.57	57.40	80.00
Tramo-42	B-46	B-47	14 ''	41.50	103.05	102.69	0.87	1.75	158.84	87.40	89.70
Tramo-43	B-47	B-41	18 ''	124.40	102.69	101.82	0.70	1.28	190.96	60.50	95.80
Tramo-44	B-41	B-42	25 ''	113.40	101.82	101.25	0.50	1.90	556.63	84.90	88.30
Tramo-45	B-100	B-42	14 ''	75.30	102.10	101.25	1.13	0.65	59.21	28.60	96.20
Tramo-46	B-42	B-43	29 ''	56.00	101.25	100.97	0.50	1.90	773.03	75.80	80.00
Tramo-47	B-43	B-54	29 ''	104.90	100.97	100.40	0.54	1.96	796.69	74.90	89.90
Tramo-48	B-68	B-69	14 ''	36.80	102.88	102.63	0.68	1.51	43.59	27.10	76.00
Tramo-49	B-69	B-50	14 ''	37.10	102.63	101.59	2.79	3.02	85.10	26.10	86.40
Tramo-50	B-50	B-52	18 ''	85.40	101.59	101.10	0.57	1.80	267.98	94.20	80.40
Tramo-51	B-52	B-53	22 ''	83.00	101.10	100.69	0.50	1.29	294.90	62.30	94.00
Tramo-52	B-53	B-54	22 ''	57.70	100.69	100.40	0.50	1.95	447.23	94.40	90.30
Tramo-53	B-54	B-62	34 ''	49.30	100.40	100.08	0.66	2.19	1243.32	68.40	84.80
Tramo-54	B-62	B-61	34 ''	106.70	100.08	99.54	0.50	2.38	1348.67	85.00	89.60
Tramo-55	B-61	B-60	39 ''	41.70	99.54	99.33	0.50	2.20	1693.86	71.00	79.80
Tramo-56	B-60	B-58	39 ''	68.30	99.33	98.99	0.50	3.36	1697.85	71.20	82.50
Tramo-57	B-58	B-94	39 ''	65.80	98.99	98.66	0.50	3.43	1868.65	78.40	80.00

Tramo-58	B-44	B-55	18 ''	97.00	100.95	100.40	0.57	1.77	263.54	93.00	87.50
Tramo-59	B-55	B-61	18 ''	49.00	100.40	99.54	1.75	2.66	395.63	79.50	98.50
Tramo-60	B-45	B-56	14 ''	97.00	100.66	100.17	0.50	1.51	68.06	49.40	79.90
Tramo-61	B-56	B-59	18 ''	25.30	100.17	100.04	0.50	1.88	161.23	60.60	75.10
Tramo-62	B-59	B-58	18 ''	41.70	100.04	99.84	0.50	1.92	178.71	67.20	64.50
Tramo-63	B-36	B-57	18 ''	102.50	100.52	100.01	0.50	1.77	262.59	98.70	84.50
Tramo-64	B-57	B-94	22 ''	37.10	100.01	99.78	0.62	2.46	343.54	65.00	66.40
Tramo-65	B-51	B-64	14 ''	93.20	101.03	100.57	0.50	1.52	69.84	50.60	92.80
Tramo-66	B-64	B-66	14 ''	30.90	100.57	100.41	0.50	0.91	82.55	59.90	62.80
Tramo-67	B-66	B-67	14 ''	51.50	100.41	100.05	0.71	0.92	83.24	50.60	80.50
Tramo-68	B-67	B-71	18 ''	56.00	100.05	99.76	0.51	1.39	207.26	77.20	82.70
Tramo-69	B-65	B-67	14 ''	32.10	100.22	100.05	0.54	1.22	110.88	77.60	84.60
Tramo-70	B-70	B-71	14 ''	42.20	100.03	99.76	0.64	0.80	72.89	46.90	89.00
Tramo-71	B-71	B-72	18 ''	63.80	99.76	99.31	0.71	1.99	295.20	93.20	90.10
Tramo-72	B-72	B-80	22 ''	113.20	99.31	98.66	0.57	1.61	369.09	72.70	79.30
Tramo-73	B-80	B-79	22 ''	54.00	98.66	98.16	0.93	1.94	444.55	69.00	80.80
Tramo-74	B-79	B-87	34 ''	73.70	98.16	97.79	0.50	2.37	1343.00	84.60	80.60
Tramo-75	B-87	B-88	34 ''	45.20	97.79	97.28	1.14	4.36	1362.23	56.80	85.00
Tramo-76	B-88	B-90	39 ''	115.70	97.28	96.70	0.50	3.40	1778.08	74.60	77.50
Tramo-77	B-78	B-73	14 ''	38.20	99.81	99.49	0.83	1.59	144.26	81.10	87.60
Tramo-78	B-73	B-74	18 ''	67.70	99.49	98.75	1.09	1.22	181.59	46.30	96.90
Tramo-79	B-74	B-75	22 ''	57.80	98.75	98.46	0.50	1.66	380.06	80.30	93.60
Tramo-80	B-77	B-74	14 ''	43.80	99.42	98.75	1.52	1.66	150.38	62.50	99.60
Tramo-81	B-76	B-75	25 ''	47.90	98.94	98.46	1.00	1.99	582.63	62.90	83.40
Tramo-82	B-75	B-79	29 ''	53.50	98.46	98.16	0.57	2.37	963.71	88.80	84.20
Tramo-83	B-81	B-82	14 ''	80.50	100.02	99.39	0.79	1.25	18.82	10.90	55.30
Tramo-84	B-83	B-82	14 ''	50.00	99.64	99.39	0.50	1.32	40.54	29.40	62.50
Tramo-85	B-82	B-84	14 ''	71.70	99.39	99.03	0.50	1.62	89.39	64.80	96.10

Tramo-86	B-84	B-85	18 ''	109.10	99.03	98.49	0.50	1.47	217.92	81.90	97.10
Tramo-87	B-85	B-86	18 ''	41.10	98.49	98.26	0.56	1.86	276.74	98.70	93.50
Tramo-88	B-86	B-89	22 ''	45.60	98.26	97.92	0.74	2.76	424.20	73.40	83.10
Tramo-89	B-89	B-88	22 ''	48.30	97.92	97.28	1.33	1.88	430.47	55.70	91.10
Tramo-90	B-92	B-91	14 ''	44.50	98.94	98.72	0.50	0.69	62.26	45.10	98.70
Tramo-92	B-63	B-62	14 ''	64.60	100.62	100.08	0.84	0.51	46.49	26.00	93.10
Tramo-93	B-28	B-34	25 ''	116.20	100.98	100.40	0.50	1.75	510.17	77.80	96.30
Tramo-95	B-34	D-1	25 ''	123.50	100.40	97.59	2.27	5.36	1176.70	84.20	87.10
Tramo-96	B-94	D-2	46 ''	68.20	98.04	97.69	0.50	3.64	2309.95	65.00	58.20
Tramo-97	B-90	D-3	39 ''	32.10	96.70	96.01	2.14	5.98	1882.04	38.10	55.00
Tramo-98	B-37	B-46	14 ''	44.70	103.43	103.05	0.84	0.20	18.49	10.30	64.90
Tramo-99	SC-29	B-1	14 ''	12.70	104.26	104.20	0.50	1.02	16.33	11.80	25.30
Tramo-100	SU-1	B-1	14 ''	12.30	103.66	103.60	0.50	1.30	38.22	27.70	53.80
Tramo-101	SC-70	B-1	14 ''	10.40	104.21	103.60	5.84	1.83	6.47	1.40	41.10
Tramo-102	SC-30	B-8	14 ''	4.50	104.26	104.24	0.52	0.90	10.10	7.20	23.30
Tramo-103	SU-2	B-2	14 ''	11.00	104.05	103.42	5.78	3.15	39.95	8.50	73.60
Tramo-104	SU-6	B-2	14 ''	6.10	104.05	104.02	0.54	0.90	9.65	6.70	19.30
Tramo-105	SC-3	B-9	14 ''	3.50	104.66	104.63	0.77	0.90	6.33	3.70	18.30
Tramo-106	SC-4	B-11	14 ''	6.00	104.35	104.30	0.94	0.90	5.07	2.70	20.80
Tramo-107	B-10	SC-9	14 ''	7.70	104.00	104.06	-0.85	0.99	7.93	4.40	26.90
Tramo-108	SC-5	B-10	14 ''	12.60	104.06	104.00	0.50	0.91	11.17	8.10	28.70
Tramo-109	SU-7	B-3	14 ''	15.50	103.94	103.86	0.54	1.35	39.42	27.40	39.60
Tramo-110	SU-8	B-3	14 ''	10.90	103.87	103.81	0.57	0.90	9.15	6.20	18.70
Tramo-111	SC-80	B-3	14 ''	10.60	103.86	103.81	0.50	1.07	19.42	14.10	27.70
Tramo-112	SC-13	B-95	14 ''	5.60	103.86	103.83	0.50	1.13	23.41	17.00	36.00
Tramo-113	SC-14	B-96	14 ''	9.10	103.78	103.61	1.79	1.68	19.19	7.40	51.10
Tramo-114	SC-10	B-96	14 ''	7.40	103.74	103.61	1.74	1.79	24.52	9.50	53.10
Tramo-115	SC-11	B-13	14 ''	6.00	103.86	103.37	8.20	2.74	16.53	3.00	55.90

Tramo-116	SC-19	SC-17	14 ''	10.40	103.46	103.41	0.50	1.06	18.45	13.40	35.80
Tramo-117	SC-17	B-14	14 ''	17.00	103.41	103.32	0.50	1.18	27.39	19.90	44.50
Tramo-118	SC-24	B-14	14 ''	8.80	103.46	103.32	1.56	1.48	14.83	6.10	39.60
Tramo-119	SC-20	B-15	14 ''	8.00	103.53	103.01	6.61	2.30	11.88	2.40	80.80
Tramo-120	SC-35	SC-25	14 ''	5.30	103.46	103.43	0.50	0.92	11.49	8.30	52.40
Tramo-121	SC-25	B-16	14 ''	5.30	103.43	103.08	6.69	3.47	46.52	9.20	65.30
Tramo-122	SC-23	B-16	14 ''	4.20	103.31	103.08	5.63	1.96	8.38	1.80	51.40
Tramo-123	SC-26	B-17	14 ''	5.70	103.39	103.33	0.95	0.90	5.03	2.60	13.10
Tramo-124	SC-41	B-21	14 ''	6.10	102.86	102.83	0.50	1.02	16.39	11.90	37.50
Tramo-125	SU-36	B-18	14 ''	8.20	102.97	102.58	4.74	2.71	30.28	7.10	76.70
Tramo-126	SC-42	B-18	14 ''	7.20	102.91	102.58	4.63	1.75	7.21	1.70	66.90
Tramo-127	SC-47	B-18	14 ''	9.70	102.86	102.58	2.90	2.03	20.28	6.10	73.20
Tramo-128	SC-38	B-22	14 ''	6.00	103.30	103.25	0.83	0.90	5.81	3.30	14.30
Tramo-129	SC-54	B-25	14 ''	8.60	102.65	102.61	0.55	0.90	9.57	6.60	19.10
Tramo-130	SU-46	B-25	14 ''	8.20	102.66	102.62	0.50	1.38	47.98	34.80	44.70
Tramo-132	SC-57	B-24	14 ''	5.70	102.83	102.74	1.57	1.28	9.05	3.70	16.90
Tramo-134	SC-45	B-23	14 ''	5.30	103.06	103.03	0.65	0.90	7.73	4.90	16.90
Tramo-135	SC-59	B-26	14 ''	6.40	102.06	102.03	0.50	1.14	23.97	17.40	37.30
Tramo-136	SU-55	B-26	14 ''	8.90	102.06	102.02	0.50	1.38	48.11	34.90	44.80
Tramo-137	SU-60	B-28	14 ''	10.00	102.07	102.02	0.50	1.64	94.35	68.40	64.90
Tramo-138	SC-65	B-28	14 ''	7.60	101.86	101.82	0.50	1.27	34.77	25.20	37.70
Tramo-139	SC-62	B-27	14 ''	11.10	102.89	102.83	0.50	1.08	20.10	14.60	33.20
Tramo-141	SU-12	SU-15	14 ''	8.30	103.58	103.54	0.55	1.45	50.41	34.80	67.70
Tramo-142	SU-15	B-12	14 ''	9.40	103.54	103.49	0.50	1.57	78.92	57.20	58.70
Tramo-143	SC-83	B-12	14 ''	13.10	103.67	103.50	1.29	1.27	10.89	4.90	18.70
Tramo-144	SU-34	SC-21	14 ''	8.40	103.46	103.40	0.74	1.65	54.92	32.80	61.40
Tramo-145	SC-21	B-5	14 ''	9.60	103.40	102.53	9.05	4.38	71.32	12.20	97.40
Tramo-146	SC-86	B-5	14 ''	14.00	102.91	102.53	2.69	1.76	14.05	4.40	84.40

Tramo-147	SU-85	B-40	14 ''	5.50	102.59	102.18	7.36	0.64	58.32	11.00	92.80
Tramo-148	SC-91	B-40	14 ''	4.80	102.61	102.18	9.02	0.26	23.64	4.00	94.10
Tramo-149	SC-95	B-40	14 ''	5.00	102.21	102.18	0.50	0.38	34.64	25.10	84.00
Tramo-150	SC-96	B-41	14 ''	5.40	102.16	101.82	6.35	0.44	39.81	8.10	95.00
Tramo-151	SU-92	B-41	14 ''	5.10	102.20	101.82	7.45	1.07	97.40	18.30	91.10
Tramo-152	SC-87	B-41	14 ''	3.90	102.12	101.82	7.82	0.31	28.29	5.20	80.00
Tramo-153	SC-77	B-99	14 ''	7.70	103.52	103.43	1.16	0.29	26.23	12.50	85.50
Tramo-154	SC-75	B-99	14 ''	5.70	103.46	103.43	0.50	0.27	24.78	18.00	84.44
Tramo-155	SU-69	B-46	14 ''	6.80	103.25	103.05	2.99	0.95	86.57	25.70	94.70
Tramo-156	SC-74	B-46	14 ''	7.40	103.17	103.05	1.61	0.29	26.69	10.80	95.10
Tramo-157	SC-78	B-37	14 ''	6.30	103.46	103.43	0.50	0.21	18.84	13.70	88.90
Tramo-158	SC-150	B-47	14 ''	6.80	102.85	102.69	2.35	0.23	21.30	7.10	96.40
Tramo-159	SC-93	B-47	14 ''	7.50	102.82	102.69	1.71	0.20	18.43	7.20	81.00
Tramo-160	SC-141	B-68	14 ''	18.60	103.52	102.88	3.43	2.69	43.78	12.10	50.10
Tramo-161	SC-148	B-69	14 ''	3.70	102.67	102.63	1.24	1.86	42.98	19.80	99.80
Tramo-162	SU-149	B-50	14 ''	9.50	101.86	101.59	2.85	1.13	102.75	31.20	97.60
Tramo-163	SC-94	B-50	14 ''	7.50	101.70	101.59	1.46	0.40	36.02	15.30	67.70
Tramo-164	SC-142	B-50	14 ''	11.50	101.65	101.59	0.50	0.55	49.73	36.10	76.00
Tramo-165	SU-89	B-53	14 ''	5.90	101.01	100.69	5.56	1.77	160.65	34.90	95.20
Tramo-166	SC-125	B-53	14 ''	5.20	101.11	100.69	8.07	0.20	17.87	3.20	75.90
Tramo-167	SC-88	B-42	14 ''	10.50	101.76	101.25	4.86	0.47	42.49	9.90	88.00
Tramo-168	SU-97	B-42	14 ''	5.80	101.68	101.25	7.43	1.70	154.44	29.10	65.20
Tramo-169	SC-101	B-42	14 ''	8.00	101.74	101.25	6.20	0.37	33.84	7.00	75.60
Tramo-170	SC-102	B-43	14 ''	5.10	101.50	101.48	0.51	0.33	29.75	21.40	65.50
Tramo-171	SC-122	B-43	14 ''	6.00	101.48	100.97	8.39	0.15	13.62	2.40	85.30
Tramo-172	SC-100	B-100	14 ''	12.10	102.16	102.10	0.50	0.27	24.21	17.60	89.80
Tramo-173	SU-79	B-38	14 ''	6.30	103.26	103.23	0.50	0.73	66.36	48.10	81.40
Tramo-174	SC-81	B-38	14 ''	6.70	103.27	103.23	0.69	0.19	17.42	10.80	87.30

Tramo-175	SU-82	SC-84	14 ''	7.50	103.07	102.87	2.57	0.56	51.11	16.40	83.20
Tramo-176	SC-84	B-39	14 ''	5.30	102.87	102.85	0.50	0.77	70.15	50.90	89.40
Tramo-177	SC-90	B-39	14 ''	3.60	102.90	102.85	1.58	0.24	21.83	8.90	93.50
Tramo-178	SC-204	B-63	14 ''	4.60	100.64	100.62	0.50	0.25	23.07	16.70	97.30
Tramo-179	SC-128	B-63	14 ''	5.70	100.67	100.62	0.96	0.26	24.05	12.60	82.60
Tramo-180	SC-132	B-62	14 ''	5.90	100.61	100.08	9.03	0.09	8.62	1.50	88.90
Tramo-181	SU-129	B-62	14 ''	4.90	100.62	100.59	0.72	0.93	83.99	50.70	83.80
Tramo-182	SC-178	B-62	14 ''	4.80	100.55	100.08	9.91	0.17	15.24	2.50	97.60
Tramo-183	SC-121	B-54	14 ''	4.30	100.96	100.94	0.50	0.34	30.58	22.20	85.60
Tramo-185	SC-130	B-54	14 ''	4.00	100.92	100.90	0.50	0.36	32.24	23.40	96.60
Tramo-186	SU-124	B-54	14 ''	4.30	100.97	100.94	0.72	0.61	55.16	33.20	93.80
Tramo-187	SC-134	SU-120	14 ''	7.00	100.50	100.47	0.50	0.18	16.36	11.90	97.00
Tramo-188	SU-120	B-55	14 ''	6.10	100.47	100.40	1.13	1.39	125.77	60.80	84.20
Tramo-189	SC-118	B-55	14 ''	6.40	100.51	100.40	1.79	0.20	18.55	7.10	93.60
Tramo-190	SU-133	B-61	14 ''	4.20	100.25	100.23	0.64	0.52	46.83	30.00	85.50
Tramo-191	SC-137	B-61	14 ''	4.20	100.23	100.20	0.67	0.08	7.50	4.70	83.20
Tramo-192	SC-179	B-61	14 ''	3.80	100.21	100.19	0.50	0.33	29.58	21.40	97.40
Tramo-193	SC-180	B-60	14 ''	4.40	100.10	100.07	0.50	0.26	23.55	17.10	81.40
Tramo-196	SC-119	B-44	14 ''	5.20	101.04	100.95	1.85	0.22	20.35	7.70	88.30
Tramo-197	SU-103	SC-107	18 ''	7.30	101.02	100.98	0.50	1.38	205.22	77.10	85.10
Tramo-198	SC-107	B-44	18 ''	6.70	100.98	100.95	0.50	1.66	246.16	92.50	81.30
Tramo-199	SC-116	B-45	14 ''	8.90	100.70	100.66	0.50	1.05	17.94	13.00	62.80
Tramo-200	SC-108	B-45	14 ''	7.40	100.80	100.66	1.97	2.30	50.49	18.40	59.40
Tramo-201	SU-117	B-56	14 ''	7.00	100.37	100.17	2.90	2.98	77.09	23.20	81.80
Tramo-202	SC-115	B-56	14 ''	7.30	100.36	100.17	2.59	2.02	22.97	7.30	72.30
Tramo-204	SC-135	B-59	14 ''	7.20	100.30	100.04	3.52	2.15	19.76	5.40	69.30
Tramo-205	SC-138	B-58	14 ''	3.70	100.11	100.07	0.98	0.90	4.81	2.50	12.90
Tramo-206	SU-136	B-58	14 ''	5.20	100.13	100.09	0.64	1.47	43.24	27.70	41.70

Tramo-207	SC-205	B-58	14 ''	4.10	100.07	100.05	0.50	1.03	16.64	12.10	25.90
Tramo-208	SU-139	B-94	14 ''	6.60	100.00	99.97	0.50	1.11	22.13	16.10	29.80
Tramo-209	SC-206	B-94	14 ''	4.30	99.96	99.94	0.50	1.07	19.06	13.80	27.70
Tramo-210	SC-140	B-57	14 ''	5.50	100.19	100.01	3.29	1.76	10.80	3.10	86.90
Tramo-211	SU-114	B-57	14 ''	7.00	100.26	100.01	3.56	3.30	85.15	23.10	94.10
Tramo-212	SU-109	B-36	18 ''	8.10	100.56	100.52	0.50	1.44	213.88	80.40	85.80
Tramo-213	SC-113	B-36	14 ''	5.10	100.61	100.52	1.71	0.12	11.05	4.30	80.30
Tramo-215	SC-112	B-35	14 ''	9.90	101.24	101.19	0.50	1.37	46.53	33.70	51.70
Tramo-216	SC-111	B-34	14 ''	10.50	101.41	101.36	0.50	1.36	44.77	32.50	43.00
Tramo-217	SU-64	B-34	18 ''	15.60	101.43	101.34	0.57	1.95	152.66	53.60	58.60
Tramo-218	SU-207	B-93	14 ''	6.90	99.66	99.62	0.57	1.61	72.48	49.40	55.60
Tramo-219	SC-208	B-93	14 ''	6.60	99.61	99.57	0.63	0.90	8.02	5.20	17.30
Tramo-220	SC-211	B-92	14 ''	6.90	98.98	98.94	0.50	0.55	50.01	36.30	87.80
Tramo-221	SC-210	B-92	14 ''	8.80	99.08	98.94	1.58	0.16	14.40	5.90	71.90
Tramo-222	SC-212	B-91	14 ''	4.90	99.05	98.72	6.68	0.45	41.13	8.20	76.20
Tramo-223	SU-209	B-91	14 ''	6.70	99.13	98.72	6.13	0.37	33.56	6.90	85.00
Tramo-224	SU-177	SC-181	14 ''	4.10	99.50	99.47	0.72	1.94	108.83	65.80	96.30
Tramo-225	SC-181	B-84	14 ''	2.40	99.47	99.46	0.50	1.72	127.50	92.50	78.00
Tramo-226	SC-191	B-84	14 ''	3.10	99.46	99.45	0.50	0.95	12.59	9.10	26.20
Tramo-227	SC-143	B-51	14 ''	5.90	101.10	101.03	1.14	1.98	59.17	28.40	62.00
Tramo-228	SC-127	B-51	14 ''	5.00	101.06	101.03	0.50	0.91	10.90	7.90	66.70
Tramo-229	SC-202	B-64	14 ''	7.20	100.66	100.57	1.27	0.18	15.89	7.20	63.90
Tramo-230	SC-162	B-66	14 ''	6.00	100.60	100.41	3.14	1.10	2.46	0.70	62.20
Tramo-232	SC-144	B-65	14 ''	8.20	100.26	100.22	0.50	1.21	109.49	79.40	75.60
Tramo-233	SC-160	B-65	14 ''	5.00	100.42	100.22	3.96	0.07	6.34	1.60	88.50
Tramo-234	SC-145	B-78	14 ''	8.40	100.07	99.81	3.15	3.56	132.14	38.20	73.90
Tramo-235	SC-154	B-78	14 ''	6.80	99.84	99.81	0.50	0.17	15.68	11.40	82.30
Tramo-236	SC-146	B-77	14 ''	9.60	99.59	99.42	1.78	1.54	139.38	53.60	96.40

Tramo-237	SC-155	B-77	14 ''	8.50	99.46	99.42	0.50	0.17	15.64	11.30	98.10
Tramo-238	SU-147	B-76	25 ''	9.80	98.99	98.94	0.50	2.09	612.12	93.40	88.50
Tramo-239	SC-151	B-76	14 ''	10.20	99.26	98.94	3.13	0.10	8.74	2.50	90.50
Tramo-240	SU-152	B-75	14 ''	9.70	99.03	98.46	5.89	0.29	26.13	5.50	78.80
Tramo-241	SC-153	B-74	14 ''	7.20	98.88	98.75	1.79	0.05	4.48	1.70	64.00
Tramo-242	SU-156	B-74	14 ''	7.30	99.03	98.75	3.85	0.48	43.91	11.50	72.00
Tramo-243	SC-167	B-74	14 ''	6.40	98.86	98.75	1.68	0.25	22.25	8.80	87.00
Tramo-244	SC-171	B-75	14 ''	10.00	99.01	98.46	5.42	0.11	9.74	2.10	92.90
Tramo-245	SC-166	B-73	14 ''	6.70	99.57	99.49	1.21	0.22	19.91	9.30	95.20
Tramo-246	SC-157	B-73	14 ''	6.10	99.58	99.49	1.46	0.23	21.03	8.90	94.10
Tramo-247	SC-158	B-67	14 ''	9.20	100.38	100.05	3.60	0.05	4.13	1.10	94.40
Tramo-248	SU-161	B-67	14 ''	16.80	100.43	100.05	2.27	0.16	14.90	5.10	87.50
Tramo-249	SC-163	B-67	14 ''	8.70	100.10	100.05	0.54	0.11	9.78	6.80	86.50
Tramo-250	SU-203	B-70	14 ''	15.70	100.24	100.03	1.30	0.70	63.35	28.50	72.80
Tramo-251	SC-174	B-70	14 ''	6.20	100.06	100.03	0.50	0.13	11.72	8.50	85.80
Tramo-252	SU-164	B-71	14 ''	13.80	99.86	99.76	0.70	0.24	21.63	13.20	91.90
Tramo-253	SC-172	B-71	14 ''	12.00	99.85	99.76	0.75	0.10	9.31	5.50	82.80
Tramo-254	SC-173	B-72	14 ''	7.90	99.49	99.31	2.29	0.18	15.97	5.40	80.60
Tramo-255	SC-188	B-72	14 ''	10.30	99.46	99.31	1.46	0.23	20.54	8.70	85.30
Tramo-256	SU-185	B-72	14 ''	9.60	99.66	99.31	3.64	0.61	55.44	14.90	86.90
Tramo-257	SC-175	B-81	14 ''	8.60	100.07	100.02	0.50	1.06	18.92	13.70	32.20
Tramo-258	SU-168	B-80	14 ''	9.10	98.86	98.66	2.18	0.75	67.71	23.50	56.00
Tramo-259	SC-169	B-80	14 ''	6.00	98.80	98.66	2.40	0.09	7.83	2.60	42.80
Tramo-260	SC-189	B-80	14 ''	8.70	98.86	98.66	2.30	0.34	31.01	10.50	53.00
Tramo-261	SU-170	B-79	14 ''	7.20	98.66	98.16	6.90	0.30	27.10	5.30	66.10
Tramo-262	SC-196	B-79	14 ''	7.10	98.67	98.16	7.25	0.11	10.12	1.90	62.90
Tramo-263	SU-195	B-87	14 ''	6.70	98.26	97.79	6.98	0.44	39.77	7.70	70.40
Tramo-264	SC-197	B-87	14 ''	7.20	98.32	97.79	7.33	0.09	8.54	1.60	84.80

Tramo-265	SU-190	B-86	14 ''	7.80	98.46	98.26	2.56	1.20	108.78	34.90	77.00
Tramo-266	SC-183	B-86	14 ''	6.20	98.46	98.26	3.18	0.51	46.05	13.20	74.10
Tramo-267	SC-194	B-86	14 ''	6.40	98.46	98.26	3.14	0.17	15.59	4.50	53.20
Tramo-268	SC-193	B-85	14 ''	4.80	98.74	98.49	5.14	0.43	39.40	8.90	50.60
Tramo-269	SC-182	B-85	14 ''	5.20	98.69	98.49	3.95	0.40	36.16	9.30	57.00
Tramo-270	SC-213	B-89	14 ''	5.20	98.09	97.92	3.32	0.13	11.36	3.20	66.20
Tramo-271	SU-198	B-88	14 ''	5.90	98.05	97.93	2.05	1.89	24.38	8.70	86.10
Tramo-272	SC-199	B-88	14 ''	5.90	97.95	97.93	0.50	0.94	12.51	9.10	99.20
Tramo-273	SU-200	B-90	18 ''	7.10	97.57	97.52	0.71	2.16	167.07	52.70	61.50
Tramo-274	SC-44	SU-22	14 ''	6.00	103.19	103.06	2.24	1.67	14.53	5.00	44.80
Tramo-275	SU-22	B-6	14 ''	7.10	103.06	103.02	0.57	1.52	58.50	39.90	49.40
Tramo-276	SC-98	B-6	14 ''	7.70	102.94	102.90	0.50	0.91	11.11	8.10	25.70
Tramo-277	SC-48	B-19	14 ''	6.10	102.87	102.83	0.66	0.90	7.67	4.80	20.20
Tramo-278	SU-43	B-20	14 ''	12.10	102.86	102.74	0.99	1.78	48.73	25.10	41.90
Tramo-279	SC-51	B-20	14 ''	10.50	102.81	102.74	0.67	0.95	8.93	5.60	18.10
Tramo-280	SC-99	B-20	14 ''	10.00	102.65	102.04	6.15	2.39	14.70	3.00	94.30
Tramo-281	SU-49	B-30	14 ''	7.10	102.46	102.42	0.50	1.24	32.45	23.50	49.20
Tramo-282	SC-53	B-30	14 ''	5.60	102.46	102.42	0.65	1.08	14.39	9.20	50.80
Tramo-283	SC-50	B-29	14 ''	7.20	102.49	102.45	0.50	0.99	14.72	10.70	24.10
Tramo-284	SU-52	B-31	14 ''	10.50	102.23	101.65	5.60	3.52	60.43	13.10	45.50
Tramo-285	SC-63	SU-52	14 ''	9.00	102.28	102.23	0.50	0.99	14.74	10.70	58.30
Tramo-286	SC-104	B-31	14 ''	15.90	102.37	102.29	0.50	1.14	23.73	17.20	39.90
Tramo-287	SC-105	B-32	14 ''	7.70	102.09	102.05	0.50	1.24	32.51	23.60	39.10
Tramo-288	SC-66	B-32	14 ''	8.40	102.11	102.07	0.50	0.99	14.78	10.70	29.80
Tramo-289	SC-110	B-33	14 ''	9.10	101.90	101.86	0.50	1.29	37.04	26.90	38.90
Tramo-290	SC-18	B-96	14 ''	7.10	103.66	103.61	0.67	0.90	7.57	4.80	65.50
Tramo-291	SC-126	B-52	14 ''	5.10	101.41	101.10	6.00	0.40	36.26	7.60	30.70
Tramo-292	SC-186	B-83	14 ''	3.10	99.66	99.64	0.59	1.11	17.52	11.70	49.40

Tramo-293	SC-184	B-83	14 ''	3.70	99.66	99.64	0.50	1.13	23.11	16.80	49.30
Tramo-294	SC-176	B-82	14 ''	4.90	99.83	99.39	9.00	3.51	33.88	5.80	67.10
Tramo-295	B-30	B-29	14 ''	41.40	102.42	102.22	0.50	1.37	46.67	33.80	43.70
Tramo-297	SC-214	B-100	14 ''	12.70	102.20	102.10	0.83	0.40	36.67	20.60	83.50
Tramo-298	B-35	B-36	14 ''	78.40	101.19	100.52	0.86	1.67	46.32	25.60	80.80
Tramo-299	B-91	B-93	14 ''	76.30	98.72	98.34	0.50	1.43	129.47	93.90	90.20
Tramo-300	B-93	B-94	18 ''	60.40	98.34	98.04	0.50	1.33	198.40	74.60	81.40
Total =				7326.3m							

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3.13 Simulación del drenaje pluvial en buzones

Teniendo todos los datos del modelamiento hidráulico de buzones se ingresó esta data al software SewerGEMS que nos brindó los siguientes datos: elevacion del terreno, y la elevacion de la tapa; otro de los datos importantes que se toma en cuenta son las elevaciones de las tuberías (Invert 1, 2, 3 ) que ingresan hacia el buzón y a la misma vez la elevación de salida de la tubería (Invert Out). Se obtuvieron los datos de cada buzón , dichos datos se detallan en tabla 22.

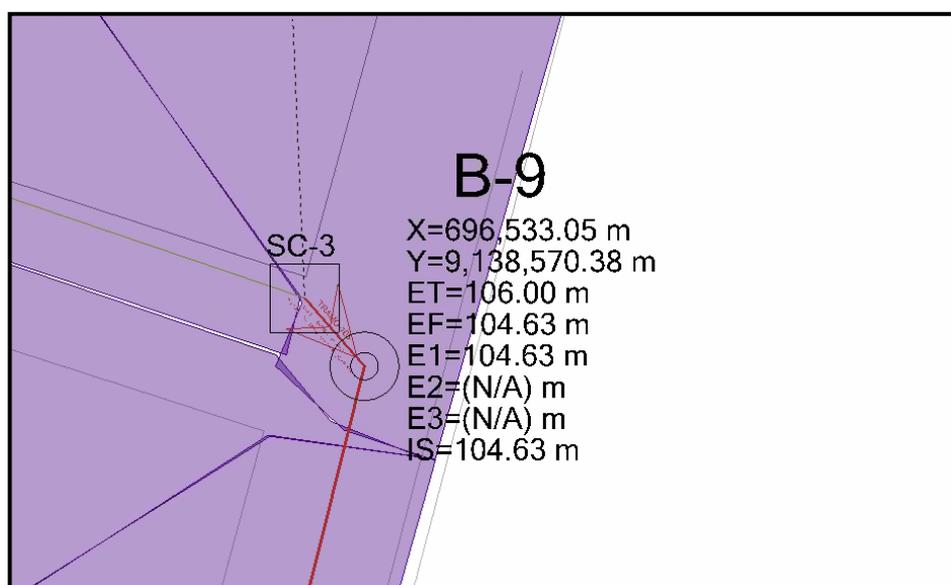


Figura 27. Resultados de diseño de buzones

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.14 Cálculos para el diseño de buzones

Tabla 17. Resultados del diseño de buzones

Buzones	Coordenadas X (m)	Coordenadas Y (m)	Elevación (terreno) (m)	Elevación (tapa) (m)	Elevación (invert salida) (m)	Elevación (invert entrada) (m)	Caudal (entrada) (l/s)	Caudal (salida) (l/s)
B-1	696438.56	9138642.04	105.56	105.56	103.60	103.60	61.02	60.55
B-2	696427.14	9138608.30	105.40	105.40	103.42	103.42	120.22	117.80
B-3	696397.06	9138564.23	105.20	105.20	103.15	103.15	204.73	198.93
B-5	696335.88	9138455.68	104.45	104.45	102.53	102.53	365.15	354.47
B-6	696312.75	9138413.76	104.36	104.36	102.29	102.29	424.08	411.78
B-8	696471.56	9138591.24	105.60	105.60	104.24	104.24	10.10	10.07
B-9	696533.05	9138570.38	106.00	106.00	104.63	104.63	6.33	6.31
B-10	696475.75	9138547.42	105.45	105.45	104.00	104.00	19.10	18.94
B-11	696523.96	9138533.61	105.65	105.65	104.30	104.30	11.38	11.09
B-12	696365.40	9138508.35	104.84	104.84	102.83	102.83	288.74	279.78
B-13	696501.36	9138445.83	105.20	105.20	103.37	103.37	101.11	95.46
B-14	696420.33	9138408.09	104.80	104.80	103.32	103.32	42.21	41.75
B-15	696483.93	9138375.59	104.84	104.84	103.01	103.01	107.34	103.92
B-16	696397.12	9138364.94	104.69	104.69	103.08	103.08	96.65	93.89
B-17	696473.81	9138333.18	104.72	104.72	102.79	102.79	108.95	106.27
B-18	696372.68	9138322.43	104.19	104.19	102.58	102.58	168.00	163.13
B-19	696337.85	9138341.14	104.24	104.24	102.83	102.83	7.67	7.64
B-20	696290.90	9138368.42	104.08	104.08	102.04	102.04	491.76	477.14
B-21	696416.54	9138298.05	104.20	104.20	102.83	102.83	16.39	16.33
B-22	696461.33	9138286.67	104.83	104.83	102.55	102.55	112.08	109.04

B-23	696447.40	9138237.50	104.40	104.40	102.29	102.29	116.78	113.27
B-24	696401.69	9138250.65	104.08	104.08	102.06	102.06	122.33	118.70
B-25	696347.70	9138278.21	104.00	104.00	101.75	101.75	339.38	303.21
B-26	696304.11	9138204.63	103.40	103.40	101.32	101.32	420.61	400.90
B-27	696392.44	9138161.51	104.23	104.23	102.83	102.83	20.10	19.97
B-28	696274.23	9138142.66	103.61	103.61	100.98	100.98	549.98	510.17
B-29	696326.42	9138244.94	103.80	103.80	101.55	101.55	364.61	348.53
B-30	696289.75	9138264.06	103.80	103.80	102.42	102.42	46.84	46.67
B-31	696252.26	9138300.11	103.69	103.69	101.65	101.65	561.30	538.84
B-32	696223.54	9138254.99	103.42	103.42	101.38	101.38	586.13	571.47
B-33	696186.30	9138181.72	103.26	103.26	100.97	100.97	608.51	590.66
B-34	696158.74	9138129.44	102.78	102.78	100.40	100.40	1298.25	1176.70
B-35	696050.43	9138148.63	102.57	102.57	101.19	101.19	46.53	46.32
B-36	695977.07	9138176.24	101.97	101.97	100.52	100.52	271.24	262.59
B-37	696328.46	9138653.68	104.83	104.83	103.43	103.43	18.84	18.49
B-38	696308.76	9138610.27	104.60	104.60	103.23	103.23	83.79	82.01
B-39	696280.03	9138565.48	104.22	104.22	102.85	102.85	174.00	166.68
B-40	696246.74	9138512.97	103.84	103.84	102.18	102.18	283.28	271.57
B-41	696183.06	9138548.77	103.49	103.49	101.82	101.82	628.03	556.63
B-42	696126.94	9138450.19	103.09	103.09	101.25	101.25	846.61	773.03
B-43	696100.95	9138400.59	102.82	102.82	100.97	100.97	816.40	796.69
B-44	696048.34	9138308.39	102.41	102.41	100.95	100.95	266.51	263.54
B-45	696006.44	9138238.45	102.08	102.08	100.66	100.66	68.42	68.06
B-46	696284.08	9138659.27	104.40	104.40	103.05	103.05	181.91	158.84
B-47	696242.57	9138657.97	104.13	104.13	102.69	102.69	198.57	190.96
B-50	696121.03	9138653.02	103.09	103.09	101.59	101.59	273.60	267.98

B-51	696051.37	9138643.11	102.40	102.40	101.03	101.03	70.08	69.84
B-52	696078.60	9138578.95	102.64	102.64	101.10	101.10	304.24	294.90
B-53	696039.97	9138505.46	102.41	102.41	100.69	100.69	473.42	447.23
B-54	696011.55	9138455.23	102.28	102.28	100.40	100.40	1361.91	1243.32
B-55	695963.76	9138355.91	101.83	101.83	100.40	100.40	407.87	395.63
B-56	695923.74	9138289.20	101.69	101.69	100.17	100.17	168.13	161.23
B-57	695881.22	9138212.63	101.55	101.55	100.01	100.01	358.54	343.54
B-58	695873.99	9138285.16	101.43	101.43	98.99	98.99	1941.25	1868.65
B-59	695911.57	9138267.03	101.65	101.65	100.04	100.04	180.98	178.71
B-60	695900.82	9138347.93	101.45	101.45	99.33	99.33	1717.41	1697.85
B-61	695923.02	9138383.17	101.57	101.57	99.54	99.54	1828.21	1693.86
B-62	695968.71	9138479.54	101.93	101.93	100.08	100.08	1397.66	1348.67
B-63	695996.56	9138537.86	101.97	101.97	100.62	100.62	47.11	46.49
B-64	695958.60	9138634.05	101.93	101.93	100.57	100.57	85.73	82.55
B-65	695911.71	9138626.25	101.60	101.60	100.22	100.22	115.84	110.88
B-66	695957.29	9138603.17	102.00	102.00	100.41	100.41	85.01	83.24
B-67	695906.54	9138594.60	101.60	101.60	100.05	100.05	222.93	207.26
B-68	696163.89	9138713.22	104.22	104.22	102.88	102.88	43.78	43.59
B-69	696141.86	9138683.70	103.97	103.97	102.63	102.63	86.57	85.10
B-70	695937.33	9138561.06	101.44	101.44	100.03	100.03	75.07	72.89
B-71	695901.43	9138538.79	101.20	101.20	99.76	99.76	311.08	295.20
B-72	695837.61	9138540.42	100.85	100.85	99.31	99.31	387.14	369.09
B-73	695800.23	9138594.11	100.92	100.92	99.49	99.49	185.21	181.59
B-74	695732.55	9138591.27	100.29	100.29	98.75	98.75	402.60	380.06
B-75	695674.78	9138591.79	100.43	100.43	98.46	98.46	998.56	963.71
B-76	695679.81	9138639.39	100.60	100.60	98.94	98.94	620.86	582.63

B-77	695731.67	9138635.01	100.80	100.80	99.42	99.42	155.02	150.38
B-78	695799.16	9138632.31	101.37	101.37	99.81	99.81	147.81	144.26
B-79	695670.49	9138538.51	100.01	100.01	98.16	98.16	1445.47	1343.00
B-80	695724.48	9138537.79	100.20	100.20	98.66	98.66	475.64	444.55
B-81	695905.90	9138512.28	101.40	101.40	100.02	100.02	18.92	18.82
B-82	695855.88	9138449.16	101.03	101.03	99.39	99.39	93.25	89.39
B-83	695811.34	9138471.98	101.00	101.00	99.64	99.64	40.63	40.54
B-84	695823.64	9138385.14	100.82	100.82	99.03	99.03	229.48	217.92
B-85	695725.72	9138432.91	100.02	100.02	98.49	98.49	293.49	276.74
B-86	695688.37	9138450.15	99.80	99.80	98.26	98.26	447.16	424.20
B-87	695646.75	9138468.71	99.71	99.71	97.79	97.79	1391.32	1362.23
B-88	695625.19	9138428.96	99.27	99.27	97.28	97.28	1829.59	1778.08
B-89	695669.06	9138408.84	99.46	99.46	97.92	97.92	435.56	430.47
B-90	695568.32	9138328.23	98.95	98.95	96.70	96.70	1945.15	1882.04
B-91	695718.63	9138273.95	100.43	100.43	98.72	98.72	136.95	129.47
B-92	695737.07	9138314.44	100.37	100.37	98.94	98.94	64.41	62.26
B-93	695789.75	9138246.21	100.96	100.96	98.34	98.34	209.97	198.40
B-94	695846.45	9138225.43	101.32	101.32	98.04	98.04	2451.78	2309.95
B-95	696460.98	9138486.08	105.20	105.20	103.83	103.83	23.41	23.34
B-96	696454.38	9138458.63	105.04	105.04	103.61	103.61	74.62	73.48
B-99	696283.92	9138734.86	104.82	104.82	103.43	103.43	51.01	50.17
B-100	696192.80	9138413.60	103.58	103.58	102.10	102.10	60.89	59.21

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3.13. Criterios de tormenta de diseño

##### a. Curva de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Terminando el modelamiento de las cunetas, sumideros, tuberías y buzones es necesario ingresar la data pluvial de la zona donde se está haciendo el modelamiento. Por lo cual se trazó la curva IDF con los coeficientes de la ecuación obtenida de la curva del estudio “Extremos Hidrológicos en la Cuenca del Rio Chicama” realizado por el SENHAMI en el año 2021. Para proyectos de obras de drenaje pluvial urbano según la norma OS.060 de drenaje pluvial se trabaja con un periodo de retorno de 5 – 10 años, tomando para este proyecto el máximo periodo de retorno de 10 años para el modelamiento y una duración mínima de 10 minutos establecidos según norma.

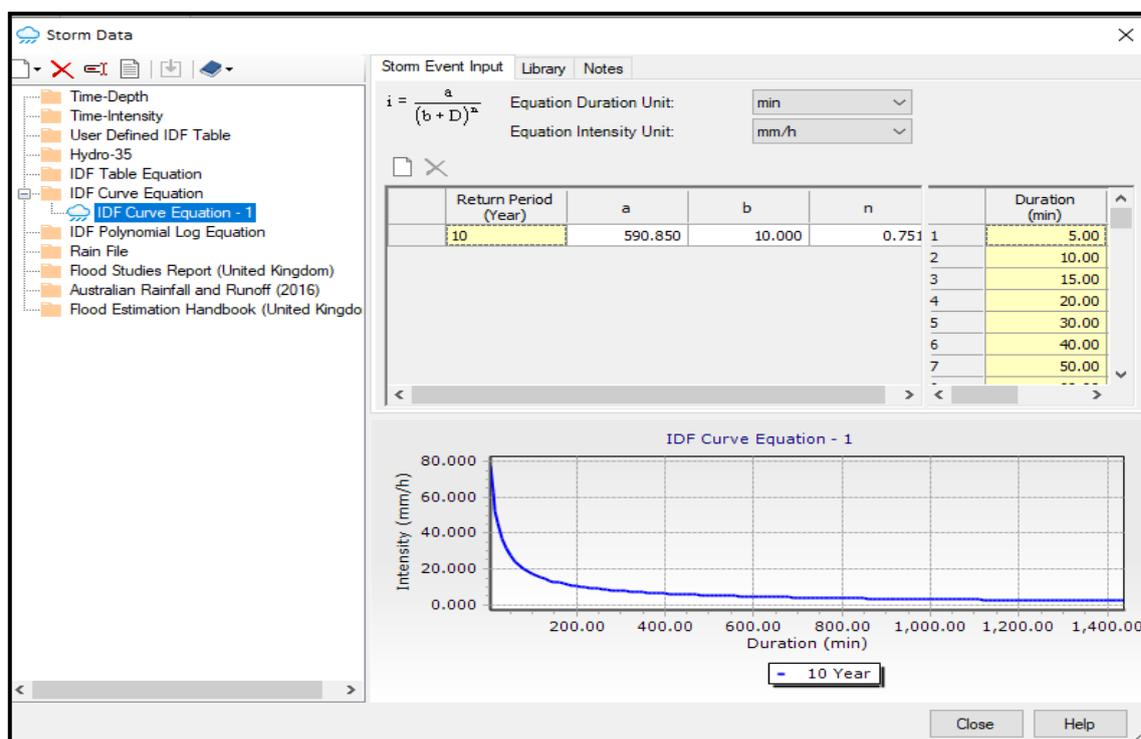


Figura 28. Trazado de la curva IDF

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4.3.15 Áreas tributarias de la localidad de Chocope

Para poder distribuir las áreas tributarias en la localidad de Chocope fue necesario hacer su respectivo prototipo con las propiedades de coeficiente de escorrentía de 0.83 para áreas de techo y un tiempo de concentración de 10

minutos ya que el cálculo realizado para la distancia más lejana fue menor al requerido según la normativa.

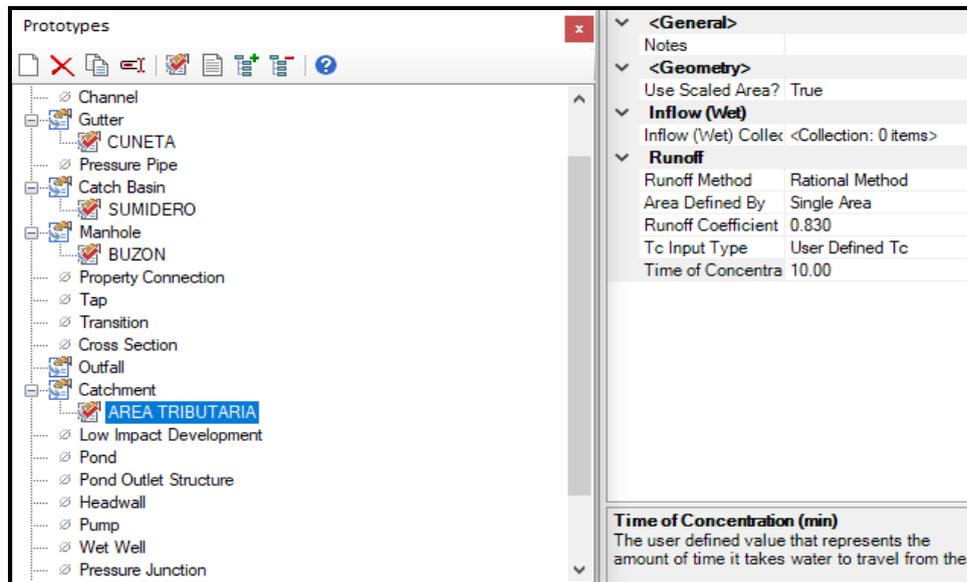


Figura 29. Prototipo de las áreas tributarias

Fuente: Software SewerGEMS

a. Cálculo del tiempo de concentración

Se consideró la calle Escolar por la cual transita la tubería con mayor distancia para poder calcular el mayor tiempo de concentración:

Datos:

Ancho de calle = 19.30 m

Distancia longitudinal = 532.5 m

Desnivel transversal = 2.00 %

Desnivel longitudinal = 0.45 %

Cálculo del tiempo inicial:

$$t_0 = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

$$t_0 = 0.0195 \times \frac{19.3^{0.77}}{2.0^{0.385}} = 0.145 \text{ min}$$

Para encontrar el tiempo de tránsito se asume una velocidad de 1 m/s.

$$t_v = \frac{L}{V}$$

$$t_v = \frac{107}{1} = 532.5 \text{ seg} \approx 8.86 \text{ min}$$

Para el cálculo de concentración sumamos los dos resultados anteriores.

$$t_c = t_o + t_e$$

$$t_c = 0.145 + 8.86 = 9.005 \text{ min}$$

Según el Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento en la norma OS. 060 de drenaje pluvial; el tiempo de concentración ( $t_c$ ) debe ser como mínimo 10 min por lo tanto consideramos como nuestro tiempo de concentración 10 min.

#### b. Distribución de áreas tributarias

Luego de realizar la curva IDF y el prototipo de las áreas tributarias con sus respectivas propiedades, se obtuvo la Intensidad de lluvia generada en la microcuenca urbana Chocope. Para poder diseñar se optó por dividir la localidad de Chocope en 3 áreas que afectarían para cada sistema de colectores y así luego subdividir esas áreas en áreas tributarias las cuales abastezcan a cada uno de los sumideros modelados en su respectiva ubicación, sabiendo por criterio que ningún sumidero debe quedarse sin área tributaria.

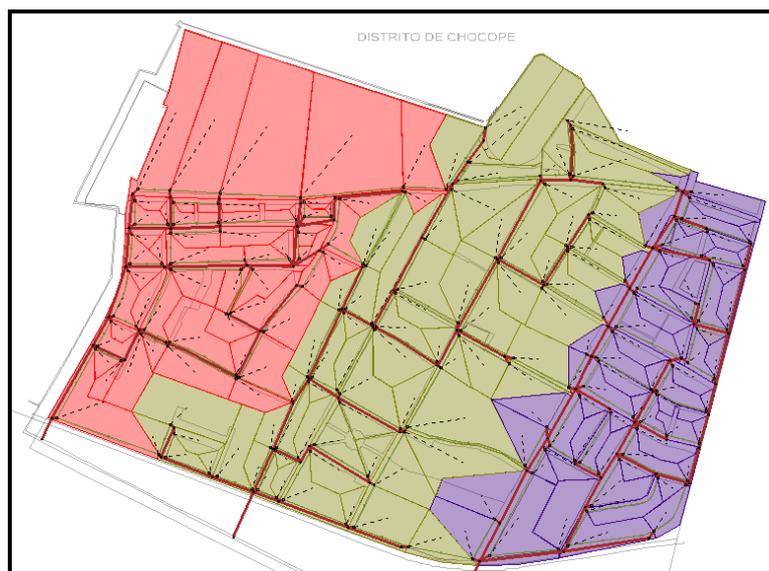


Figura 30. Trazado de las áreas tributarias para cada colector

Fuente: Software SewerGEMS

c. Características de las áreas tributarias

Al realizar el cálculo del modelamiento hidráulico de las aguas pluviales se obtuvieron los datos para cada área tributaria, en la cual se toman en cuenta el área total en hectáreas y el caudal producido en toda esa área en l/s, dirigiéndose al sumidero correspondiente.

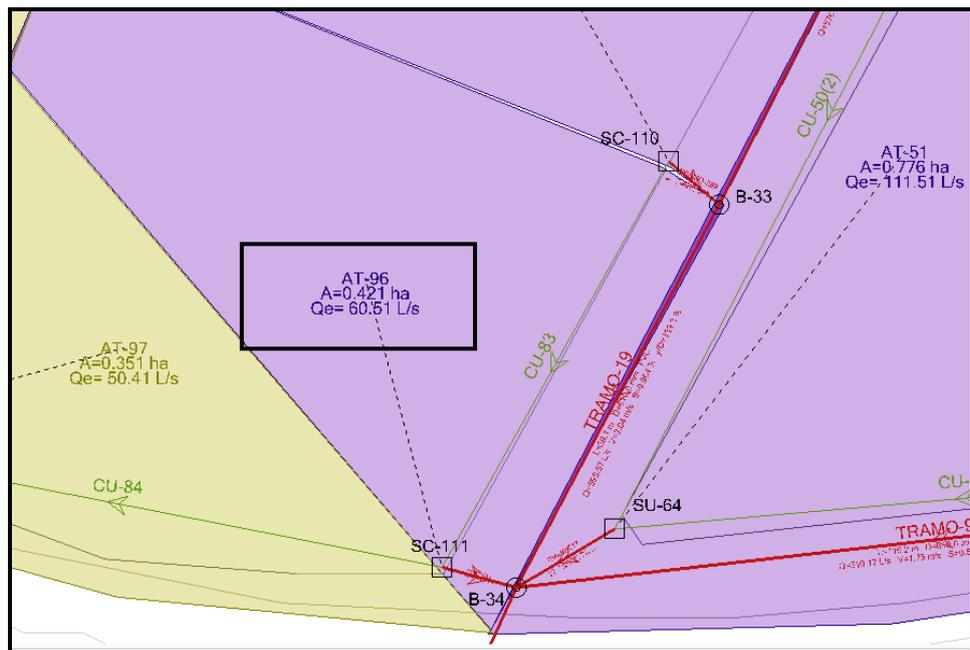


Figura 31. Resultados de diseño de las áreas tributarias

Fuente: Software SewerGEMS

d. Perfil longitudinal de colectores principales

Después de realizarse el cálculo también es imprescindible efectuar los perfiles longitudinales los cuales nos darán una mejor vista de la escorrentía del afluente por medio de las tuberías. En la siguiente figura se observa las pendientes de los tres colectores con los tramos más extensos.

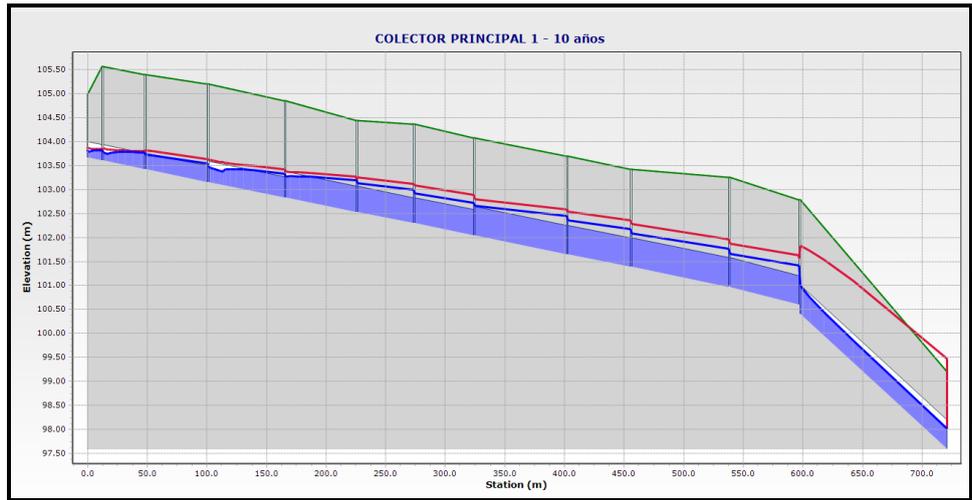


Figura 32. Perfil longitudinal del Colector Principal 1

Fuente: Software SewerGEMS

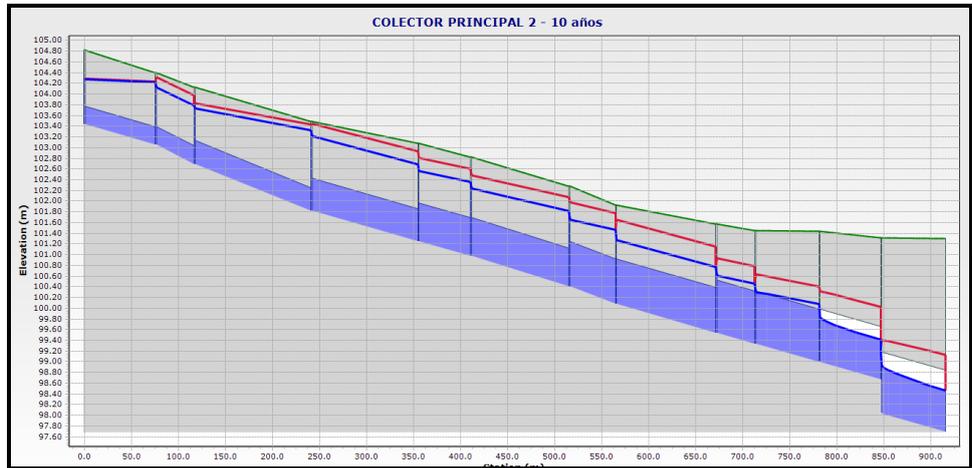


Figura 33. Perfil longitudinal del Colector Principal 2

Fuente: Software SewerGEMS

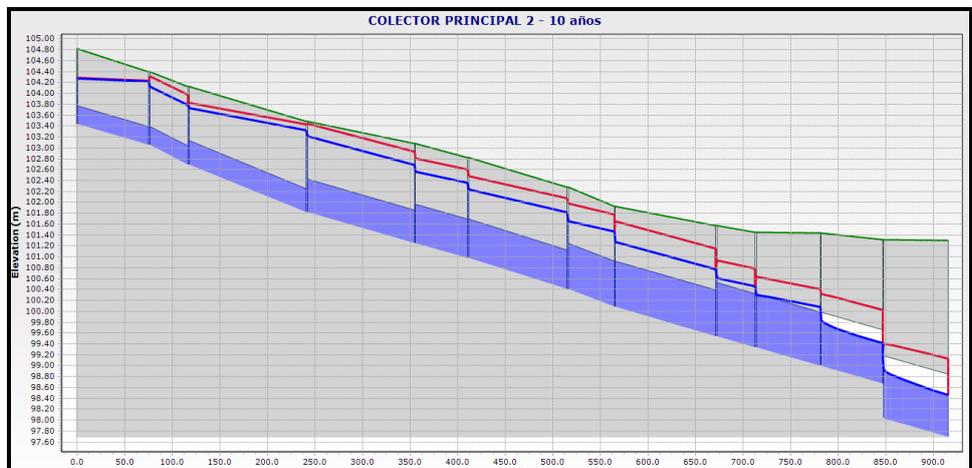


Figura 34. Perfil longitudinal del Colector Principal 3

Fuente: Software SewerGEMS

#### 4.4. 3.16 Conclusiones

- ✓ Se efectuó el modelamiento hidráulico de las cunetas en cada tramo de la localidad de Chocope, en el tramo CU-62 se utilizó el caudal de diseño 3.63 l/s, longitud de 86.60m y pendiente de 0.7%. Se efectuó el modelamiento hidráulico de sumideros de la localidad de Chocope el sumidero SC-211 se ubica en la coordenada 9138319.02N y 695731.90E, eficiencia del sumidero 51.2%.
- ✓ Se efectuó el modelamiento hidráulico de las tuberías en cada tramo de la localidad de Chocope, se utilizaran 214 sumideros, se cuenta con 7326.30m de tuberías, el caudal máximo que se conducirá en las tuberías de PVC es de 1868.65 L/s en el tramo-57, diámetro máximo de tubería de 39 pulgadas, velocidad máxima registrada de 3.43 m/s. El tramo -65 presenta una longitud de 93.20m, diámetro de 14 pulgadas PVC, caudal de 69.84 l/s y velocidad 1.52 m/s, pendiente 0.5%. Se efectuó el modelamiento hidráulico de buzones de la localidad de Chocope el buzón B-9 se ubica en la coordenada 9138570.38N y 696533.05E, elevación de terreno 106m.s.n.m., se diseñaron cunetas cuyas secciones varían entre 1.50 m x 0.165m (Figura 39).
- ✓ Se desarrolló la curva IDF para el modelamiento hidráulico de las aguas pluviales.
- ✓ Se identificaron las 3 áreas tributarias de la localidad de Chocope.
- ✓ Se efectuaron los perfiles longitudinales del colector principal 1,2 y 3.

## V. DISCUSIÓN

El área de estudio presenta tramos con pendientes que varían entre los 0.20% - 6.65% lo cual clasifica a la orografía en plana (Tabla 4). Estos resultados son similares a los resultados obtenidos por los autores Mena y Talledo (2020) en su proyecto de investigación quienes identificaron en el Centro Histórico de Trujillo pendientes inferiores al 3% y clasificaron la orografía de tipo plana. El Perú posee una gran variedad de regiones naturales o pisos ecológicos, hemos coincidido con los autores mencionados en el tipo de orografía porque la costa del Perú es tierra plana y arenosa, se caracteriza por tener un clima subtropical desértico; es tierra fértil que permite sembrar maíz, arroz y frutas (Ríos, 2017). La localidad de Chocope presenta una orografía plana lo cual permitirá que el sistema de drenaje pluvial no requiera un excesivo movimiento de tierras con lo cual el proyecto será más rentable.

El estudio de mecánica de suelos efectuado en el área de estudio nos permitió conocer que en el área del proyecto los suelos según el método SUCS se clasificaron en CL es decir fueron arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas y arcillas limosas, el suelo fue de tipo roca dura o muy rígidos, las muestras de suelo analizadas presentaron una capacidad portante promedio de  $1.10 \text{ kg/cm}^2$  y el peso unitario promedio fue de  $1.78 \text{ Tn/m}^3$  (Tabla 10), el contenido de humedad promedio del suelo fue de 5.19%, el límite líquido promedio de las muestras analizadas fue de 32.33%, el límite plástico promedio de las muestras analizadas fue 19.23%, el índice de plasticidad fue de 13.11%. Estos resultados son distintos a los de Monzon y Rodriguez (2020) quienes encontraron en su proyecto de investigación ubicado en la localidad de Curgos a suelos según clasificación SUCS de tipo SM y ML: arenas limosas y arcillosas con ligera plasticidad, el contenido de humedad promedio del suelo fue de 12.32%, el límite líquido promedio de las muestras analizadas fue de 26%, el límite plástico promedio de las muestras analizadas fue 21%, el índice de plasticidad fue de 4%. Las diferencias entre los tipos de suelos se producen porque la localidad de Chocope se ubica en la costa norte del Perú y la localidad de Curgos se ubica en la sierra liberteña. En la localidad de Chocope los tipos de suelos son roca dura o suelos muy rígidos y tienen una capacidad

portante superior a  $1\text{kg/cm}^2$  (RNE E.050 Suelos y cimentaciones). Los suelos de roca dura o muy rígidos presentan porcentajes de contenido de humedad y porcentajes de límite plástico inferiores que varían entre 5% hasta 20%, al encontrarse ambos proyectos en localidades diferentes, se identificaron variaciones en el contenido de humedad, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Para realizar el estudio hidrológico se utilizó el “Estudio de extremos hidrológicos en la cuenca del Río Chicama” realizado por SENAMHI - 2021. La microcuenca urbana de la localidad de Chocope tiene un área de  $0.51\text{km}^2$ . Las precipitaciones máximas en 24 horas en la Subcuenca Bajo Chicama para el periodo de retorno de 5 años varía entre 1.1 a 59.2 mm (Tabla 11). Esto difiere de los resultados obtenidos por Mena y Talledo (2020) quienes determinaron en su proyecto de investigación ubicado en el Centro Histórico de Trujillo precipitaciones máximas en 24 horas según la estación Trujillo varían entre 5.8 a 10.4 mm. Las diferencias entre las precipitaciones máximas en 24 horas se producen porque la localidad de Chocope pertenece a la Cuenca del Río Chicama y el Centro Histórico de Trujillo pertenece a la Cuenca del Río Moche. Según el estudio diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río Chicama como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS Sedalib S.A (2018) en el río Chicama, las descargas presentan un caudal máximo de  $1\,441.16\text{ m}^3/\text{s}$  en época de lluvias y disminuyendo a  $0.50\text{ m}^3/\text{s}$  en época de estiaje, con un promedio mensual de  $26.6\text{ m}^3/\text{s}$  lo que provoca una descarga anual de 839.4 millones de  $\text{m}^3$ . Por otro lado, según el diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río moche como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS Sedalib S.A. en el río Moche el caudal máximo instantáneo fue de  $53.02\text{ m}^3/\text{s}$ , la mínima cero, siendo el promedio de  $4.97\text{ m}^3/\text{s}$  que equivale a un volumen medio anual de 154.587 millones de metro cúbicos (MMC).

Se efectuó el modelamiento hidráulico utilizando el software SewerGEMS para el diseño de las cunetas en cada tramo de la localidad de Chocope, en el tramo CU-62 se utilizó el caudal de diseño  $3.63\text{ l/s}$  (Tabla 13), longitud de 86.60m y pendiente de 0.7%. Se efectuó el modelamiento hidráulico de buzones de la

localidad de Chocope y de las cunetas, cuyas dimensiones varían entre 1.50 m x 0.165m. Estos resultados discrepan con los resultados obtenidos por Mori (2018) quien desarrolló su investigación en el diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Roque de Cumbaza del departamento de San Martín, para las sub cuencas 1, 2, 3 y 4 obtuvo caudal de diseño promedio de 6.75 l/s y diseñó cunetas cuyas secciones varías entre 1.8750 m x 0.75 m. La diferencia entre los resultados se produce porque en la localidad de Chocope el caudal de diseño es inferior al caudal de diseño de la localidad de San Roque.

## VI. CONCLUSIONES

- Se efectuó el estudio topográfico de la zona de estudio, la cota más alta de la zona de estudio se localiza en la calle Víctor Larco cuadra 1 en la cota 106.20 m.s.n.m. La cota más baja de la zona de estudio se localiza en la calle El Ejército cuadra 5 en la cota 99.0 m.s.n.m. La localidad de Chocope presenta pendientes que varían entre 0.20% - 6.65% por lo cual la orografía de la zona de estudio se clasifica como plana.
- Se realizó el estudio de mecánica de suelos en el Laboratorio Huertas Ingenieros S.A.C., según el método SUCS se clasificaron en CL es decir son arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. Según el método AASHTO el material predominante de la zona de estudio está conformado por suelos limosos, la calidad general como sub-base es de regular a malo, el contenido de humedad promedio de las muestras de suelos extraídas es de 4.51%. El CBR de las muestras analizadas en promedio es de 21.38%.
- Se realizó el estudio hidrológico de la localidad de Chocope, la cual se ubica la subcuenca Bajo Chicama y presenta un área de 857.18km<sup>2</sup>. En esta subcuenca se ubica la estación meteorológica Cospan en las coordenadas UTM 9176794.5 N y 771282.7 E, en la cota 2105 m.s.n.m. La microcuenca urbana de Chocope es de geometría irregular cuenta con un área de 0.51 km<sup>2</sup> y perímetro 2.56 km. El índice de compacidad de la microcuenca urbana es igual a 1 por lo que inferimos que la microcuenca urbana Chocope tiene forma circular y es apta para poder analizar su intensidad mediante el Método Racional. La pendiente de la microcuenca urbana Chocope es de 1.4%. Las precipitaciones máximas en 24 horas Subcuenca Bajo Chicama para el periodo de retorno de 5 años varía entre 1.1 a 59.2 mm, para el periodo de retorno de 10 años varía entre 0.0 a 77.1 mm, para el periodo de retorno de 20 años varía entre 0.7 a 98 mm, para el periodo de retorno de 50 años varía entre 4.6 a 128.90 mm, para el periodo de retorno de 100 años varía entre 9.8 a 153.80 mm, para el periodo de retorno de 200 años varía entre 17.8 a 181.4 mm, para el periodo de retorno de 1000 años el varía entre 45.8 a 252.2 mm.

- Se efectuó el modelamiento hidráulico utilizando el software SewerGEMS para el diseño de las cunetas en cada tramo de la localidad de Chocope, en el tramo CU-62 se utilizó el caudal de diseño 3.63 l/s, longitud de 86.60m y pendiente de 0.7%. Se efectuó el modelamiento hidráulico de sumideros de la localidad de Chocope. Se efectuó el modelamiento hidráulico de las tuberías en cada tramo de la localidad de Chocope, el tramo 65 presenta una longitud de 93.20m, diámetro de 14 pulgadas PVC, caudal de 69.84 l/s y velocidad 1.52 m/s, pendiente 0.5%. Se efectuó el modelamiento hidráulico de buzones de la localidad de Chocope el buzón B-9 se ubica en la coordenada 9138570.38N y 696533.05E, elevación de terreno 106m.s.n.m. Se desarrolló la curva IDF para el modelamiento hidráulico de las aguas pluviales. Se identificaron las 3 áreas tributarias de la localidad de Chocope. Se efectuaron los perfiles longitudinales del colector principal 1,2 y 3.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que este trabajo de investigación se use como base de estudios previos para llevar a cabo la ejecución de este proyecto planteado y así contar con una medida de solución para contrarrestar los caudales máximos que se presentan en la zona urbana del distrito de Chocope.
- Se recomienda a las autoridades gestionar proyectos de pavimentación en calles y avenidas que aún son deficientes para el adecuado drenaje y transpirabilidad de agua pluvial.
- Concientizar a la población de la localidad del distrito de Chocope para fomentar el cuidado y uso adecuado del sistema de un drenaje pluvial, para evitar colapsar el sistema mencionado; llenándolo con lodos, basura y desperdicios.

## REFERENCIAS

- ATLAS OF MORTALITY AND ECONOMIC LOSSES FROM WEATHER, CLIMATE AND WATER EXTREMES (1970–2012). World Meteorological Organization (WMO) [en línea] 2014.N°1123. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en: <https://public.wmo.int/es/media/press-release/ommcreducl-%E2%80%93atlas-de-la-mortalidad-y-las-p%C3%A9rdidas-econ%C3%B3micas-provocadas-por>  
ISBN: 978-92-63-11123-4
- HUMAN COST OF WEATHER RELATED DISASTERS. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED); United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) [en línea] 2015. N°28. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en: [https://www.unisdr.org/files/46796\\_cop21weatherdisastersreport2015.pdf](https://www.unisdr.org/files/46796_cop21weatherdisastersreport2015.pdf)  
ISBN: 978-92-10-05447-8
- LAS LLUVIAS EN EL SUR DEL PERÚ: ¿DESASTRES RECURRENTE U OPORTUNIDADES DE CAMBIO?. Universidad Católica de San Pablo. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en: <https://ucsp.edu.pe/las-lluvias-en-el-sur-del-peru-desastres-recurrentes-u-oportunidades-de-cambio/>
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en: <https://www.gob.pe/senamhi>
- CENSOS NACIONALES 2017: XII DE POBLACIÓN, VII DE VIVIENDA. Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2017) [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf)
- DIAGNÓSTICO DE BRECHAS DE INFRAESTRUCTURA O DE ACCESO A SERVICIOS DEL SECTOR VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. CENEPRED (2019) [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/479753/DIAGNOSTICO\\_DE\\_INDICADORES\\_DE\\_BRECHAS\\_SECTOR\\_VCS.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/479753/DIAGNOSTICO_DE_INDICADORES_DE_BRECHAS_SECTOR_VCS.pdf)

- MENA Suarez, Joyser y TALLEDO Contreras, Yanela. Diseño del sistema de drenaje para las aguas pluviales en el Centro Histórico de Trujillo, distrito de Trujillo - La Libertad 2019. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019. 30-72 pp.
- BENITES Rodriguez, Melanie y BUSTAMANTE Quiroz, Adrian. Diseño de un sistema de drenaje urbano pluvial en las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín – Trujillo - La Libertad. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2020. 90-121 pp.
- MONZON Ibañez, Jhon y RODRIGUEZ Tandaypan, Aldo. Diseño del sistema de drenaje pluvial en la localidad de Curgos, Distrito de Curgos, Sánchez Carrión, La Libertad, 2019. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2020. 15-46 pp.
- YAÑEZ Portal, Eric. Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Carrera de Ingeniería Civil, 2017. 128-132 pp.
- ONCOY Rodriguez, Ronal. Propuesta de una red de drenaje pluvial para reducir riesgos por inundaciones en la zona central de la ciudad de Huaraz. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad San Pedro, Escuela de Ingeniería Civil, 2017. 45-70 pp.
- CHAMBI Vilcape, Luisa. Análisis y diseño de la red de alcantarillado y drenaje pluvial en el distrito de Alto Selva Alegre “El Mirador” provincia de Arequipa mediante el programa SWMM 5.1. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, 2018. 150-157 pp.
- MORI Honorio, Jarol. Diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Roque de Cumbaza, San Martín. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 32-35 pp.
- OYARZO Burnes, Dana. Grado de desarrollo del plan maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias de Punta Arenas. Tesis

- (Profesional de Ingeniero en Construcción). Punta Arenas, Chile: Universidad de Magallanes, Departamento de Ingeniería en Construcción, 2017. 103-116 pp.
- RIVADENEIRA Molina, Jessica. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio “La Campiña del Inca” Canton Quito, provincia de Pichincha. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Civil, 2018. 21-39 pp.
  - Brewer Cote, Esteban y Herrera Rodríguez, José. Evaluación del drenaje pluvial existente con descarga al mar caribe frente a la alternativa solución con descarga sobre la Bahía de Cartagena, en el área comprendida entre las avenidas primera y San Martín. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad de Cartagena, Escuela de Ingeniería Civil, 2017. 28-42 pp.
  - Orozco Daqui, Tatiana y Tapia Avila, Jessica. Diseño de un alcantarillado sanitario y pluvial para el centro parroquial Quimiag. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Civil, 2017. 19-44 pp.
  - FLOODS. Journal of Geography & Natural Disasters. [en línea] 2020. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:  
<https://www.longdom.org/scholarly/floods-journals-articles-ppts-list-2922.html>  
ISSN: 2167-0587
  - Akan y Houghtalen, 2003. INVESTIGATION OF THE DISCHARGE COEFFICIENT FOR CIRCULAR ORIFICES IN RISER PIPES. Clemson University TigerPrints. [en línea] 2020. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020]. Disponible en:  
[https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1407&context=all\\_theses](https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1407&context=all_theses)
  - TASISA Temesge, Tolossa; FIREW Bekele, Abebe y ANTENEH Abebe, Girma. Review: Rainwater harvesting technology practices and implication of climate change characteristics in Eastern Ethiopia. Cogent Food & Agriculture. [en línea] 2020. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:

<https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1724354>

ISSN: 2331-1932

- WATER AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Water Monographies. [en línea] 2020. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:  
[https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/WM\\_IIIESP.pdf](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/WM_IIIESP.pdf)  
ISSN: 2386-3781
- MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN, VIVIENDA Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones.O.S.060 Drenaje Pluvial Urbano. Lima-Perú [en línea]. Junio 2006. [Fecha de consulta:22 de enero del 2020]. Disponible en :  
[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.060.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.060.pdf)
- ENGINEERING FIELD HANDBOOK. Chapter 1 Surveying. 2008. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=25276.wba>  
ISSN: 0883-8542
- PEÑA Fabián, Jimmy y ROCHA Urdanivia, Alfredo Antonio. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del Pasaje Anturio Urbanización Palmira, Independencia Huaraz 2018. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad César Vallejo. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 16 pp.
- BATEMAN, Allen. HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA. UPCT. (2007) [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:  
<https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>
- HERNÁNDEZ Jiménez, Manuel. Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, 2018. 70 pp.
- DIAGNÓSTICO HÍDRICO RÁPIDO DE LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA COMO FUENTE DE AGUA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS PARA LA EPS SEDALIB S.A. SEDALIB S.A. (2018) [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:

<http://www.sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-5362926592.pdf>

- VILLÓN Máximo. Drenaje. [en línea]. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 2006, 1ª ed. [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=\\_pjGDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22M%C3%A1ximo+Vill%C3%B3n+B%C3%A9jar%22&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=_pjGDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22M%C3%A1ximo+Vill%C3%B3n+B%C3%A9jar%22&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

ISBN: 9977-66-184-7

- INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING & TECHNOLOGY SCIENCES. Daily Rainfall-Runoff Prediction and Simulation Using ANN, ANFIS and Conceptual Hydrological MIKE11/NAM Models. 2013. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDaily_Rainfall_Runoff_Prediction_and_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[disposition=inline%3B+filename%3DDaily\\_Rainfall\\_Runoff\\_Prediction\\_and\\_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDaily_Rainfall_Runoff_Prediction_and_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDaily_Rainfall_Runoff_Prediction_and_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDaily_Rainfall_Runoff_Prediction_and_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDaily_Rainfall_Runoff_Prediction_and_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg\\_\\_&Key-Pair-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDaily_Rainfall_Runoff_Prediction_and_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32495066/AROPUB-IJETS-13-24.pdf?1386324575=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDaily_Rainfall_Runoff_Prediction_and_Sim.pdf&Expires=1629306110&Signature=M~wOGgCQR5r2ZE1vB4oQddv1fMlr2k2Y34L4Im2EZTaxTR1HhxyhRa445Y-jbbUp6~F8WGalBdgq65L6l0qCjlylC81JMc1C57BtnCragQDQCxbDyCE4OttLPXQvIQlhOoz9WhXmmZWNuBusM~L7E0IUURLt-kHDnD0w3Ph~fzmGNn-HzTnekKDV2xcLX6m0pQd4UTCj9Lv-UvtCqGzWVkwDr1z9iwtQZ-llytRsQE~iK05XPoNZ1g2u21ydK-MU8ueYwwZlphaQ2yEVbclg39np5mhyzqDbhs4yXAIJ9mBSI1MGGa-y2NTZaZ2qTOlgUIjKu3oDv4vJ~7PJbJKJVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

ISSN: 2289-679X

- HYDROLOGICAL PROCESSES. Preface: The importance of a hydrological research framework for water balance studies in mountain basins. 2005. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47472187/The\\_importance\\_of\\_a\\_hydrological\\_research20160724-4770-1oc2sdr-with-cover-page-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47472187/The_importance_of_a_hydrological_research20160724-4770-1oc2sdr-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1629306721&Signature=N8i2sr~7NJosaNTFEcLP9fy8BbpnV7dB7pqy~3n7hvyAZhJ-NcGIL14Ra89hVdhi8Vmy~hTyZoxZD~lsux2Jfj5YYR~pqSHueJj5R~~UV)

[v2.pdf?Expires=1629306721&Signature=N8i2sr~7NJosaNTFEcLP9fy8BbpnV7dB7pqy~3n7hvyAZhJ-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47472187/The_importance_of_a_hydrological_research20160724-4770-1oc2sdr-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1629306721&Signature=N8i2sr~7NJosaNTFEcLP9fy8BbpnV7dB7pqy~3n7hvyAZhJ-NcGIL14Ra89hVdhi8Vmy~hTyZoxZD~lsux2Jfj5YYR~pqSHueJj5R~~UV)

[NcGIL14Ra89hVdhi8Vmy~hTyZoxZD~lsux2Jfj5YYR~pqSHueJj5R~~UV](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47472187/The_importance_of_a_hydrological_research20160724-4770-1oc2sdr-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1629306721&Signature=N8i2sr~7NJosaNTFEcLP9fy8BbpnV7dB7pqy~3n7hvyAZhJ-NcGIL14Ra89hVdhi8Vmy~hTyZoxZD~lsux2Jfj5YYR~pqSHueJj5R~~UV)

CkUfdShJPycVCMVZ3GtjLpoPJvgxCu0eiA~5MNDSvYOKuk5ahm~dgox  
ae25UwT2GE6jxsk-  
sutetHhdeVkhxBkrsb5PnxeqG5zk91besLeJP0IWLtVzZZMLQfkl3E3Q894  
zJwRjtN0Nq21jEEotTKQ7Kc2dbyGZX6TD4-  
HHo6Zkl~BS4F0sPZZzqKZ2YxOJ2Q~Kn6Ua7rljJzmV9bRWRsk7ultxVJ  
oH8v6gp3MomjKbKg\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA  
ISSN: 1099-1085

- WATER RESOURCES RESEARCH. Relative importance of impervious area, drainage density, width function, and subsurface storm drainage on flood runoff from an urbanized catchment. 2011.[Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2011WR010550>  
ISSN: 1944-7973
- JOURNAL OF ECOLOGY 2003. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3599540>  
ISSN: 0022-0477
- JOURNAL OF HYDROLOGY. A global review on hydrological responses to forest change across multiple spatial scales: Importance of scale, climate, forest type and hydrological regime.2017. Vol. 546.[Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169416308307>  
ISSN 2589-9155
- WATER. Role of Hydrological Studies for the Development of the TDPS System. 2016. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/8/4/144/pdf>  
ISSN 1879-2448
- OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA LA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Captación y almacenamiento de agua de lluvia. 2013.[ Fecha de consulta: 23 de enero de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>  
ISBN 978-92-5-307581-2
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. [en línea]. 2010. [Fecha de consulta:22

- de enero del 2020]. Disponible en:  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
- JIMÉNEZ Terán, José. Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, 2013. 55 pp.
  - BURBANO Argoty, Evelyn. Caracterización experimental de condiciones de flujo mixto en alcantarillado pluvial debido a eventos que exceden el caudal de diseño. Tesis (Magister en Ingeniería – Recursos Hidráulicos). 2020. Manizales - Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Civil. [ Fecha de consulta: 23 de enero de 2020] Disponible en:  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79387/1053856414.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  - INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & ENGINEERING RESEARCH. 2011. Vol. 2, Issue 8. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2020]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/profile/Kuldeep-Pareta/publication/267368514\\_Geo-Environmental\\_and\\_Geo-Hydrological\\_Study\\_of\\_Rajghat\\_Dam\\_Sagar\\_M\\_P\\_using\\_Remote\\_Sensing\\_Techniques/links/548ae6920cf214269f1d0086/Geo-Environmental-and-Geo-Hydrological-Study-of-Rajghat-Dam-Sagar-M-P-using-Remote-Sensing-Techniques.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kuldeep-Pareta/publication/267368514_Geo-Environmental_and_Geo-Hydrological_Study_of_Rajghat_Dam_Sagar_M_P_using_Remote_Sensing_Techniques/links/548ae6920cf214269f1d0086/Geo-Environmental-and-Geo-Hydrological-Study-of-Rajghat-Dam-Sagar-M-P-using-Remote-Sensing-Techniques.pdf)  
 ISSN 2229-5518
  - COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Atlas del agua en México 2012. México [en línea]. Agosto 2012. [Fecha de consulta: 22 de enero del 2020]. Disponible en :  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-36-12.pdf>  
 ISBN: 978-607-8246-29-8
  - YDNEKACHEW, Adane. Performance Evaluation of Stormwater Drainage System: The Case of Hawassa City. A thesis submitted and presented to the school of graduate studies of Addis Ababa University in partial fulfillment of the degree of Masters of Science in Civil Engineering.

- Addis Ababa Institute of Technology. Ethiopia. Addis Ababa University. 2019.20 pp.
- CASTRO Fresno, Daniel; RODRÍGUEZ Bayón, Joseba; RODRÍGUEZ Hernández, Jorge y BALLESTER Muñoz, Francisco. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). 2005. Interciencia. vol. 30, núm. 5, [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33910403.pdf>  
ISSN: 0378-1844
  - BERTSCH, Robert [Et al]. Urban Flood Simulation Using Synthetic Storm Drain Networks. Water, 9 (12): 425 pp. November 2017. [ Fecha de consulta: 22 de enero de 2020] Disponible en:  
<https://www.mdpi.com/2073-4441/9/12/925>  
ISSN: 1137-8157
  - JOURNAL OF VECTOR ECOLOGY . Spatial and temporal distribution of mosquitoes in underground storm drain systems in Orange County, California. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<https://europepmc.org/article/med/12831132>  
ISSN 1081-1710
  - Environmental Science & Technology. Sewage Exfiltration As a Source of Storm Drain Contamination during Dry Weather in Urban Watersheds. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es200981k>  
ISSN 2328-8930
  - INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE. Alternative representations of in-stream habitat: classification using remote sensing, hydraulic modeling, and fuzzy logic. 2005. Vol.19. Issue 1. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658810412331280220>  
ISSN: 1365-8824
  - WATER. Urban Flood Simulation Using Synthetic Storm Drain Networks. 2017. Vol. 9. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<https://www.mdpi.com/2073-4441/9/12/925>  
ISSN 2073-4441

- SENSORS. Storm-Drain and Manhole Detection Using the RetinaNet Method. 2020. Vol.20. Issue 16. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/16/4450>  
ISSN 1558-1748
- INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH IN IT AND ENGINEERING. Common lines comparison between clark 1880(Adindan- Sudan datum) ellipsoid and (GPS) WGS-1984 ellipsoid. 2013. Vol.2. N°10. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<https://garph.co.uk/IJARIE/Oct2013/3.pdf>  
ISSN: 2278-6244
- THE DERIVE – NEWSLETTER #63, D ERIVE - and CAS-TI -User Forum. Vol. 8. 2006. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
<http://www.austromath.at/dug/dnl63.pdf>  
ISSN 1990-7079
- SOIL MECHANICS. John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved. 1969. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=oRLcDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=ARTICLE+OF+IMPORTANCE+OF+SOIL+MECHANICS+STUDIES&ots=rKve\\_Wvffn&sig=QPB4G-pCvFd-5pKW692nPnmyHPo#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=oRLcDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=ARTICLE+OF+IMPORTANCE+OF+SOIL+MECHANICS+STUDIES&ots=rKve_Wvffn&sig=QPB4G-pCvFd-5pKW692nPnmyHPo#v=onepage&q&f=false)  
ISBN: 0-471-51192-7
- INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TRENDS IN ENGINEERING AND DEVELOPMENT. Role of soil mechanics in Civil Engineering. Issue 2, Vol.6. 2012. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/261366087\\_Role\\_of\\_Soil\\_Mechanics\\_In\\_Civil\\_Engineering](https://www.researchgate.net/publication/261366087_Role_of_Soil_Mechanics_In_Civil_Engineering)  
ISSN 2249-6149
- EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS. Seismicity and state of stress in the central and southern Peruvian flat slab. [Fecha de consulta:23 de enero del 2020]. Disponible en:

[http://people.earth.yale.edu/sites/default/files/files/Long/kumar\\_et\\_al\\_2016\\_epsI%5BINPRESS%5D.pdf](http://people.earth.yale.edu/sites/default/files/files/Long/kumar_et_al_2016_epsI%5BINPRESS%5D.pdf)

ISSN: 0012-821X

- INGENIERÍA Y DESARROLLO. Estudio experimental de clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas en el suroccidente colombiano con el método SUCS, el AASHTO y un nuevo método de clasificación de suelos. 2018 [Fecha de consulta: 23 de enero del 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-34612018000200378](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612018000200378)  
ISSN 0122-3461
- ASIAN JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH AND REPORTS. Geophysical and Geotechnical Investigations of the Sea Floor Sediments for Offshore Subsea Facility Installation in “EMOBS” Oil Fields, Western Niger Delta Nigeria. 2018.  
[Fecha de consulta: 23 de enero del 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Dr-Richmond-Ideozu/publication/337349619\\_Occurrence\\_of\\_Gas\\_Charged\\_Sediments\\_and\\_Pock\\_Marks\\_in\\_Semob\\_Fields\\_Offshore\\_Western\\_Niger\\_Delta\\_Implications\\_for\\_Offshore\\_Operations/links/5ea3634892851c1a906d06f3/Occurrence-of-Gas-Charged-Sediments-and-Pock-Marks-in-Semob-Fields-Offshore-Western-Niger-Delta-Implications-for-Offshore-Operations.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dr-Richmond-Ideozu/publication/337349619_Occurrence_of_Gas_Charged_Sediments_and_Pock_Marks_in_Semob_Fields_Offshore_Western_Niger_Delta_Implications_for_Offshore_Operations/links/5ea3634892851c1a906d06f3/Occurrence-of-Gas-Charged-Sediments-and-Pock-Marks-in-Semob-Fields-Offshore-Western-Niger-Delta-Implications-for-Offshore-Operations.pdf)  
ISSN: 2582-3248
- RÍOS Acuña, Shirley. Artesanía del Perú. Historia, tradición e innovación. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. [Fecha de consulta: 23 de enero del 2020]. Disponible en: <https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/publicaciones/artesania/2019/Artesania-del-Peru-Historia.pdf>  
ISBN: 978-612-45764-6-1
- MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN, VIVIENDA Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones. E.050 Suelos y cimentaciones. Lima-Perú [en línea]. Junio 2006. [Fecha de consulta: 22 de enero del 2020].

Disponible en:

<https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=189>

- DIAGNÓSTICO HÍDRICO RÁPIDO DE LA CUENCA DEL RÍO MOCHE COMO FUENTE DE AGUA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS PARA LA EPS SEDALIB S.A. SEDALIB S.A. (2018) [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:  
<http://www.sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-5683862528.pdf>
- DIAGNÓSTICO HÍDRICO RÁPIDO DE LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA COMO FUENTE DE AGUA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS PARA LA EPS SEDALIB S.A. SEDALIB S.A. (2018) [ Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en:  
<http://www.sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-5362926592.pdf>

## ANEXOS

## ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 18. Matriz de Operacionalización de variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Modelamiento hidráulico de un sistema de drenaje	Se puede definir modelo como una representación simplificada del mundo real, que permite tener una idea de lo que ocurre bajo ciertas circunstancias. Los modelos hidrológicos intentan representar los diferentes procesos que se dan dentro de un espacio (generalmente una cuenca) y que transforman, en principio, una precipitación en escorrentía. (Pascual y Díaz, 2016)	El modelado hidrológico se ha centrado en la ampliación, sobre todo en la comprensión de los procesos intermedios y su relación entre las entradas y las salidas al sistema. Ello ha hecho que, y sobre todo a partir del momento de la incorporación de las nuevas tecnologías informáticas al proceso de modelado.	Estudio Topográfico	Altimetría	Cuantitativo de razón
				Planimetría	
				Granulometría	
				Contenido de humedad	
				Límite Líquido	
				Límite Plástico	Cuantitativo de razón
				Clasificación de suelos según SUCS	
				Clasificación de suelos según AASHTO	
				CBR	
					Estudio Hidrológico
			Curva IDF de la Subcuenca Bajo Chicama		

	Índice de compacidad de la microcuenca urbana Chocope	
	Pendiente de la microcuenca urbana Chocope	
Diseño Hidráulico Pluvial	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Cuantitativo de razón
	Curva IDF	
	Diseño de cunetas	
	Diseño de sumideros	
	Diseño de tuberías	
	Diseño de buzones	
	Áreas tributarias	
	Perfiles longitudinales de colectores principales	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

Estudio	
Responsables	
Fecha	
Lugar	
#Hoja	

Ubicación	Descripción	Estado


Fuente: Elaboración propia.

## FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

<b>Estudio</b>	Modelamiento hidráulico del sistema de drenaje para aguas pluviales en la localidad de Chocope, Chocope, Ascope, La Libertad, 2020
<b>Responsables</b>	- Mauricio Baca, Dixon Luis - Ruiz Chicana, Héctor Manuel
<b>Fecha</b>	03/02/2020
<b>Lugar</b>	Localidad de Chocope
<b>#Hoja</b>	01

Ubicación	Descripción	Estado
Psje. José Olaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de capa asfáltica y veredas.</li> <li>- Superficie expuesta a posible riesgo ante inundaciones.</li> </ul>	
Calle. Santa Mónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de capa asfáltica, presenta humedad posterior en el muro de la propiedad.</li> </ul>	
Psje. Alfonso Ugarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de capa asfáltica y veredas inexistentes.</li> <li>- Posible riesgo ante inundaciones.</li> </ul>	
Psje. Vigil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de capa asfáltica y sin una red de evacuación de aguas pluviales ante posible inundación.</li> </ul>	

<p>Calle Andrés Avelino Cáceres</p>	<p>- Ausencia de capa asfáltica y veredas inexistentes y presencia de humedad en las propiedades.</p>	
<p>Calle Eleazar Pereda</p>	<p>- Deterioro de la carpeta asfáltica y presencia de humedad en viviendas.</p>	

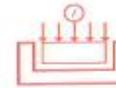
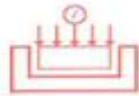
Fuente: Elaboración propia.

VALIDACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRESENTADO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Figura 35. Carátula del informe de mecánica de suelos

Fuente: Elaboración propia.



**2.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO**

**2.1 CALICATAS REALIZADAS:**

Se realizaron 24 sondajes de exploración subterránea, distribuidos en el terreno de acuerdo al proyecto.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	N	E
C-1	1.50	9138614.19	696444.20
C-2	1.50	9138587.78	696528.50
C-3	1.50	9138643.10	696347.53
C-4	1.50	9138603.04	696310.90
C-5	1.50	9138556.49	696417.50
C-6	1.50	9138535.32	696460.29
C-7	1.50	9138551.35	696527.74
C-8	1.50	9138561.72	696283.08
C-9	1.50	9138509.81	696347.31
C-10	1.50	9138492.44	696420.58
C-11	1.50	9138513.23	696245.64
C-12	1.50	9138460.01	696316.00
C-13	1.50	9138443.50	696449.84
C-14	1.50	9138388.44	696405.65
C-15	1.50	9138400.85	696309.92
C-16	1.50	9138316.19	696358.73
C-17	1.50	9138323.41	696439.02
C-18	1.50	9138270.24	696431.34
C-19	1.50	9138239.99	696373.16
C-20	1.50	9138261.49	696320.15
C-21	1.50	9138262.05	696261.92
C-22	1.50	9138197.31	696285.54
C-23	1.50	9138153.14	696249.53
C-24	1.50	9138162.49	696366.11

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José María Huertas Morillo

**2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO:**

Se realizaron los siguientes ensayos de Laboratorio

Contenido de Humedad	NTP 339.127
Análisis Granulométrico	NTP 339.128
Clasificación Unificada de Suelos (ASTM)	NTP 339.134
Descripción Visual-Manual	NTP 339.150
Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.152
Proctor Modificado	ASTM D-1557
CBR	MTC 132

**3.0 PERFILES ESTRATIGRAFICOS**

**3.1 RESUMEN DE ESTRATOS:**

Sobre la base de los registros de calicatas, ensayos de laboratorio e información recopilada, se han elaborado los perfiles estratigráficos:

CALICATA	SUCS	AASHTO	Espesor (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-1,M-1	CL	A-6(5)	0.30 - 1.50	6.4	31.79%	20.38%	11.63%
C-2,M-1	CL	A-7-6(12)	0.30 - 1.50	7.8	42.43%	24.58%	17.98%
C-3,M-1	CL	A-6(9)	0.30 - 1.50	6.9	35.25%	21.68%	14.17%
C-4,M-1	CL	A-6 (8)	0.30 - 1.50	6.0	31.60%	20.12%	11.48%
C-5,M-1	CL	A-6 (8)	0.30 - 1.50	6.3	31.84%	20.12%	11.72%
C-6,M-1	CL	A-6 (9)	0.30 - 1.50	4.5	31.60%	19.47%	12.13%
C-7,M-1	CL	A-6 (9)	0.30 - 1.50	3.9	31.83%	19.60%	12.23%
C-8,M-1	CL	A-6 (9)	0.30 - 1.50	6.3	31.60%	18.86%	12.74%
C-9,M-1	CL	A-6 (9)	0.20 - 1.50	4.0	32.04%	19.70%	12.34%
C-10,M-1	CL	A-6 (8)	0.35 - 1.50	6.0	31.79%	20.37%	11.42%
C-11,M-1	CL	A-6 (9)	0.40 - 1.50	3.0	31.81%	19.62%	12.28%
C-12,M-1	CL	A-6 (9)	0.35 - 1.50	6.4	31.84%	19.27%	12.38%
C-13,M-1	CL	A-6 (8)	0.40 - 1.50	2.1	31.87%	19.47%	12.40%
C-14,M-1	CL	A-6 (7)	0.30 - 1.50	6.7	31.88%	17.08%	14.58%
C-15,M-1	CL	A-6 (8)	0.40 - 1.50	6.2	31.87%	18.73%	13.10%
C-16,M-1	CL	A-6 (7)	0.30 - 1.50	4.5	31.85%	18.40%	13.20%
C-17,M-1	CL	A-6 (7)	0.40 - 1.50	6.0	31.88%	18.85%	13.34%
C-18,M-1	CL	A-6 (9)	0.30 - 1.50	4.1	31.88%	18.15%	13.53%
C-19,M-1	CL	A-6 (9)	0.40 - 1.50	6.0	31.88%	18.73%	12.97%
C-20,M-1	CL	A-6 (9)	0.30 - 1.50	5.3	31.70%	18.76%	12.94%
C-21,M-1	CL	A-6 (9)	0.40 - 1.50	5.8	31.89%	19.54%	13.30%
C-22,M-1	CL	A-6 (10)	0.35 - 1.50	6.3	31.84%	18.12%	13.60%
C-23,M-1	CL	A-6 (9)	0.40 - 1.50	3.6	31.71%	18.12%	13.60%
C-24,M-1	CL	A-6 (9)	0.20 - 1.50	4.1	31.41%	17.97%	13.49%

Cuadro resumen de los estratos encontrados con sus principales propiedades

**3.2 RESUMEN DE SALES SOLUBLES TOTALES:**

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José María Huertas Morillo

Figura 36. Investigación de campo – calicatas realizadas.

Fuente: Elaboración propia.



**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES ASTM D-516**

MUESTRA	PC-1 M-1	PC-4 M-1	PC-8 M-1	PC-12 M-1
TIPO	CL	CL	CL	CL
PROFUNDIDAD (mm)	1.50	1.50	1.50	1.50
PESO FOLIA (g)	140.22	140.22	140.20	140.22
PESO FOLIA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g)	242.20	242.35	242.20	242.32
PESO FOLIA + SALES (g)	140.31	140.24	140.30	140.32
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)	0.09	0.06	0.03	0.10

MUESTRA	PC-1 M-1	PC-17 M-1	PC-20 M-1	PC-24 M-1
TIPO	CL	CL	CL	CL
PROFUNDIDAD (mm)	1.50	1.50	1.50	1.50
PESO FOLIA (g)	140.22	140.22	140.20	140.22
PESO FOLIA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g)	242.32	242.36	242.20	242.31
PESO FOLIA + SALES (g)	140.31	140.32	140.20	140.31
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%)	0.09	0.10	0.07	0.09

SULFATO (SO <sub>4</sub> ) EN EL AGUA, %	EXPOSICION A SULFATOS
0.00 <= SO <sub>4</sub> < 0.10 0.10 <= SO <sub>4</sub> < 0.20 0.20 <= SO <sub>4</sub> < 2.00 SO <sub>4</sub> > 2.00	Insignificante Moderada Severa Muy Severa

**3.3 RESUMEN DE C.B.R.:**

N	MUESTRA	DSM (g/cc)	OCH (%)	CBR (%)
1	C-1 M-1	1.78	8.85	20
2	C-4 M-1	1.8	9.55	21
3	C-8 M-1	1.85	7.95	20
4	C-12 M-1	1.8	9.98	22
5	C-14 M-1	1.91	5.66	23
6	C-17 M-1	1.82	9.11	22.5
7	C-20 M-1	1.88	8.66	21
8	C-24 M-1	1.83	9.15	21.5

DSM: Densidad Seca Máxima (g/cm<sup>3</sup>)  
OCH: Optimo Contenido de Humedad

**3.4 NIVEL FREATICO:**

A la profundidad de estudio de -1.50 metros del nivel del terreno natural NO se encontró el nivel de aguas freáticas.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José B. Huertas Merino



**4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

**4.1 CONCLUSIONES:**

El terreno estudiado arroja los siguientes valores para ser considerados en los planos de proyecto:

Suelos de Apoyo: A-6 (5) (Arcilla Medianamente Plástica).

Desarrollo: A partir de -0.30 m desde el nivel de terreno natural (NTN).

Posición de la napa freática: No se encontró a la profundidad de estudio.

Densidad Seca Máxima: 1.78 g/cm<sup>3</sup>

Optimo Contenido de Humedad: 8.85 %

CBR: 20%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José B. Huertas Merino

Figura 37. Contenido de sales solubles totales ASTM D - 516

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4

CÁLCULOS DE DISEÑO  
DESARROLLO DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

- Período de retorno (T):

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T} \quad ; \quad T = \frac{1}{P(X \geq x)}$$

Dónde:

$P(X \geq x)$  = Probabilidad de ocurrencia de un evento  $\geq x$

$T$  = Período de retorno

Cuando la probabilidad de ocurrencia de un evento  $< x$ , se expresa como:

$$P(X < x) = 1 - P(X \geq x)$$

$$= 1 - \frac{1}{T} \dots (3) \quad ; \quad T$$

$$= \frac{1}{1 - P(X < x)} \dots (4)$$

$P(X \geq x)$  = Probabilidad de excedencia

$P(X < x)$  = Probabilidad de no excedencia

- Ajuste a una distribución de probabilidad:

Tabla 19. Funciones de distribución de probabilidades

Distribución	Número de parámetros
Exponencial	2
Pareto generalizado	2
Gev	3
Gumbel	2
Weibull	2
Normal	2
Lognormal	2 y 3
Gamma	2
Gamma generalizada	3
Gamma inversa	2
Poisson	2

Fuente: Elaboración Propia

Las funciones anteriores son las correspondientes a la población de las cuales se puede determinar su frecuencia relativa esperada a partir del valor de la función de distribución acumulada, tal como se muestra a continuación:

$$p(x_i) = F(x_i) - F(x_{i-1})$$

Dónde:

$F(x_i)$  =Función de distribución acumulada

$x_i$  =Limite de clase

$p(x_i)$  = Frecuencia relativa esperada

La función de densidad de probabilidad para la población se obtiene a partir de la derivada de la función de distribución acumulada, como se muestra a continuación:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

- Función de frecuencia relativa:

$$f_s(x_i) = \frac{n_i}{n}$$

La relación entre el número de observaciones en el intervalo  $i$  y el número total de observaciones. Comparando los valores de  $p(x_i)$  correspondiente a la población y la función de frecuencia observada  $f_s(x_i)$  para cada  $x_i$  se puede obtener una medida del grado de ajuste de la distribución a la información.

- Prueba de bondad de ajuste: Son pruebas que permiten ver el grado de ajuste de las funciones de distribución de probabilidad a la información, esto se logra comparando los valores teóricos y muestrales de las funciones de frecuencia relativa o de frecuencia acumulada. En el caso de la función de frecuencia relativa se utiliza la prueba de Chi-cuadrado, cuya prueba estadística está dada por:

$$Y_c^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n(f_s(x_i) - p(x_i))^2}{p(x_i)}$$

Dónde:

- $Y_c^2$  = Valor calculado de Chi-cuadrado  
 $f_s(x_i)$  = Valor muestral de la función de frecuencia relativa  
 $p(x_i)$  = Valor teórico de la función de frecuencia relativa  
 $m$  = Número de intervalos en que se divide la información  
 $n$  = Número total de observaciones

El valor obtenido mediante la relación debe ser comparado con el valor tabulado del Chi-cuadrado  $Y^2$ , cuyo valor se determina con:

$$\begin{aligned} \text{Nivel de significación:} & \quad \alpha = 0.05 \text{ o } \alpha = 0.01 \\ \text{Grados de libertad:} & \quad v = m - p - 1 \end{aligned}$$

Dónde:

$p$  = Número de parámetros a estimarse (2 o 3).

En el criterio de decisión se tiene que analizar lo siguiente:

- Si el Chi-cuadrado calculado es menor o igual que el valor tabular, es decir:

$$Y_c^2 \leq Y_t^2$$

Entonces, se acepta la hipótesis que el ajuste es bueno al nivel de significación seleccionado.

- Si el Chi-cuadrado calculado es mayor que el valor tabular, es decir:

$$Y_c^2 > Y_t^2$$

Entonces, se acepta la hipótesis que el ajuste es malo, siendo necesario probar con otra distribución teórica.

- Criterio de Información de Akaike (AIC): El criterio de información de Akaike más conocido como AIC por su acrónimo en inglés (Akaike's information criterion) fue desarrollado en 1973 por Akaike. El criterio se fundamenta en evaluar la mejor distribución de probabilidad que se ajusta mejor a la variable analizada, su ecuación matemática se presenta continuación:

$$AIC = -2 \log L^\theta + 2k$$

Dónde:

$L^\theta$  = Estimador de máxima verosimilitud

$k$  = El número de parámetros del modelo estadístico

Además:

Para el caso de las distribuciones utilizadas en la presente investigación el estimador de máxima verosimilitud se calcula de la siguiente forma:

$$L^{\theta} = f(x_1) * f(x_2) * f(x_2) * \dots * f(x_n)$$

Dónde  $f(x)$  es la función densidad de la distribución elegida.

- Desagregación de precipitación máximas: Para la desagregación de la precipitación máxima se utilizó el modelo de Dick y Peschke. Este modelo permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas, y obtener lluvias máximas para diferentes duraciones.

La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Dónde:

$P_d$ : Lluvia máxima de duración  $5' < d < 1440'$ .

$d$ : Duración de la lluvia en min.

$P_{24h}$ : Precipitación máxima en 24h.

- Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia: Las curvas Intensidad-duración-frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el período de retorno. La fórmula empírica utilizada en USA que relaciona la intensidad máxima  $I_{max}$ , con la duración  $D$  y el periodo de retorno  $T$ , es:

$$I_{max} = \frac{KT^a}{D^b}$$

Dónde:

$I_{max}$ : intensidad máxima, mm/hra,  $b, K$ : Parámetros.

$T$ : Periodo de retorno, en años.

$D$ : Duración, en min.

- Índice de compacidad (K):

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

P= perímetro de la cuenca (km)

A= área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

- Pendiente de la microcuenca urbana Chocope:

$$S = \frac{D * L}{A}$$



## DESARROLLO DEL DISEÑO HIDRÁULICO PLUVIAL

### CRITERIOS TÉCNICOS UTILIZADOS EN EL MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE AGUAS PLUVIALES

- Tabla de diámetros mínimos de tubería:

Tabla 20. Diámetros mínimos de tubería

Mínimos de Tuberías en Colectores de agua de lluvia	
Tipo de Colector	Diámetro Mínimo (m)
Colector Troncal	0,50
Lateral Troncal	0,40*
Conductor Lateral	0,40*

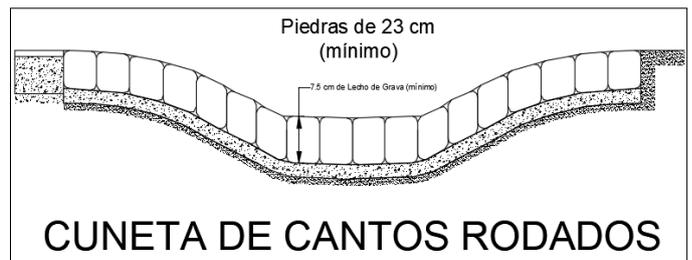
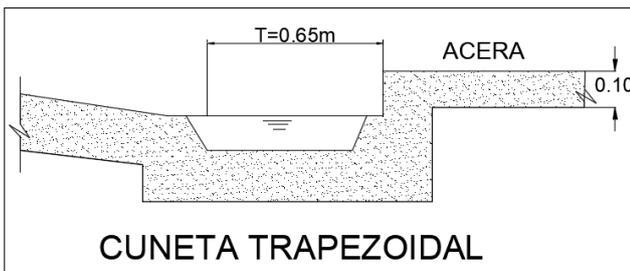
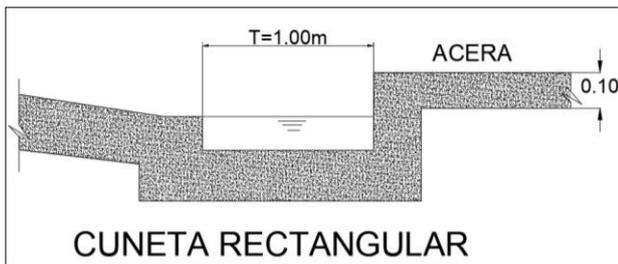
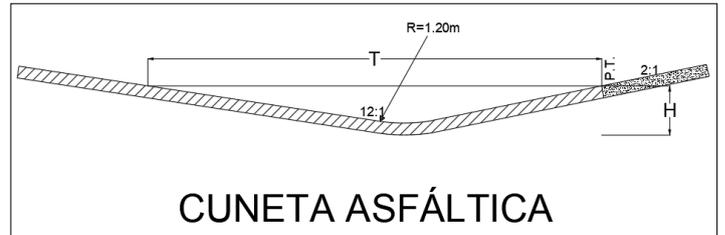
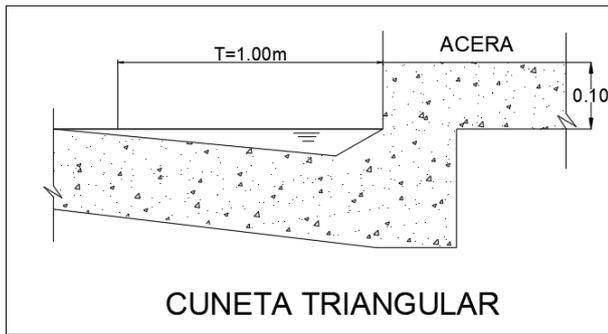
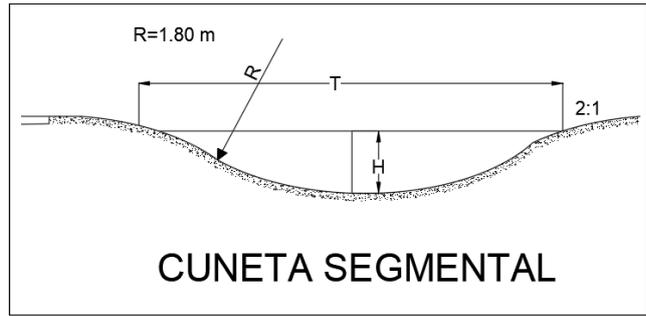
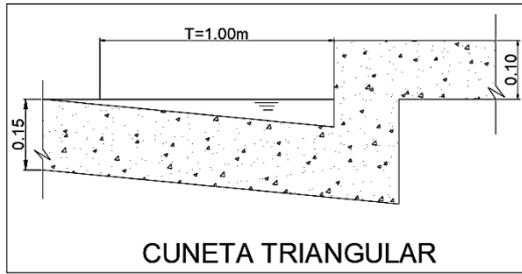
Fuente: OS.060 Drenaje pluvial urbano.

- Tabla de velocidades máximas

Tabla 21. Velocidades máximas para tuberías

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

Fuente: OS.060 Drenaje pluvial urbano.



CUNETA	Pendiente de Talud	H (cm)	T (m)
SEGMENTAL	2:1	16.5	1.50
ASFÁLTICA	12:1 & 2:1	12.5	2.10

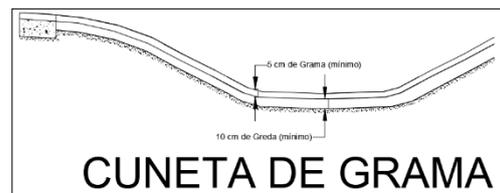


Figura 39. Sección transversal de cunetas

Fuente: OS.060 Drenaje pluvial urbano.

## SUMIDERO TIPO CHICO CONECTADO A LA CÁMARA - S3

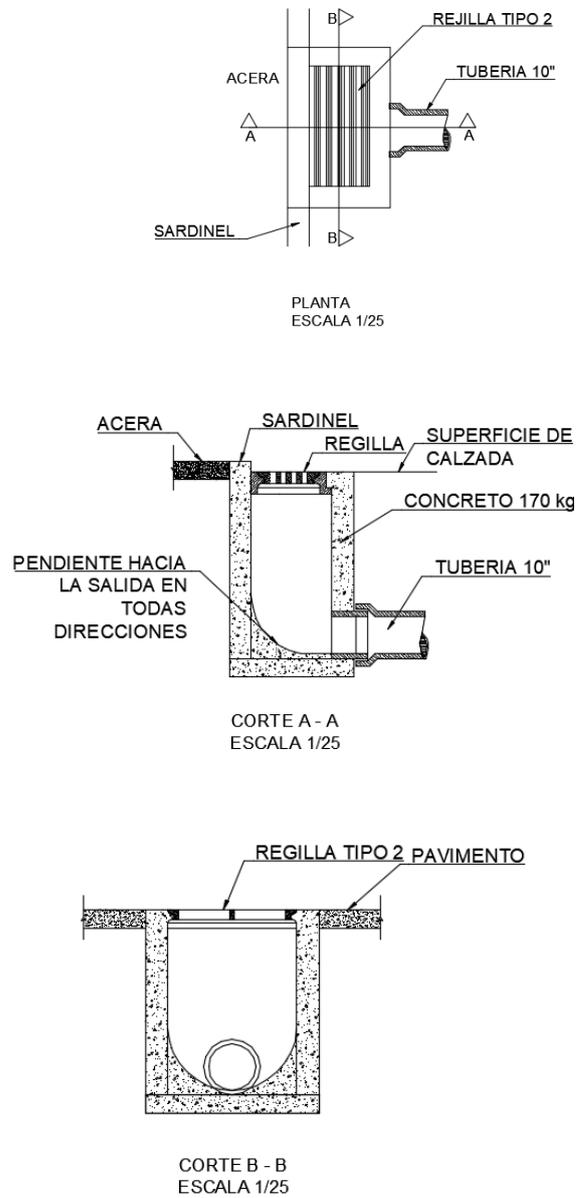


Figura 40. Sumidero Tipo Chico Conectado

Fuente: OS 060 – Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

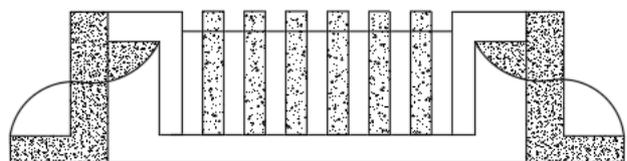
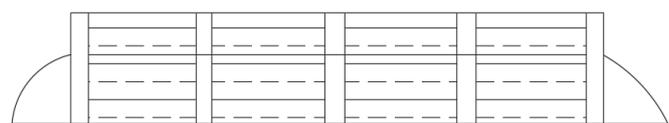
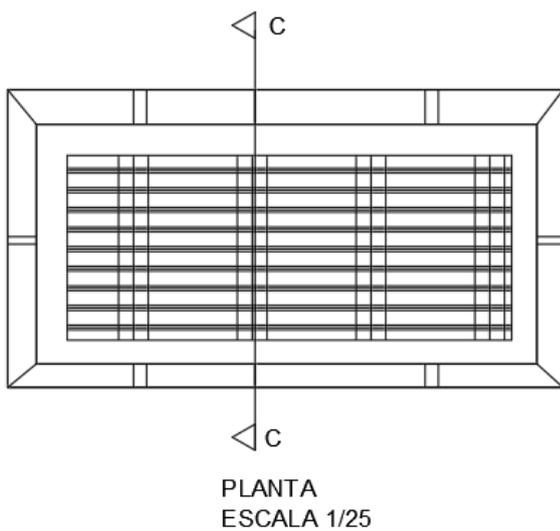
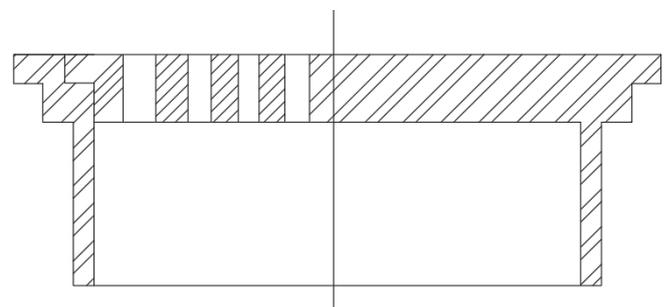
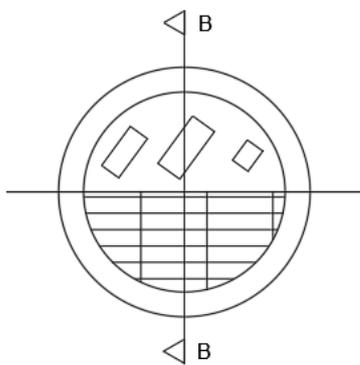
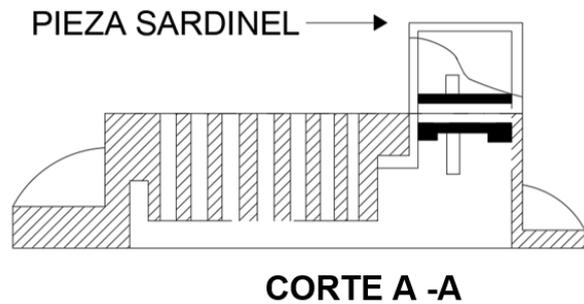
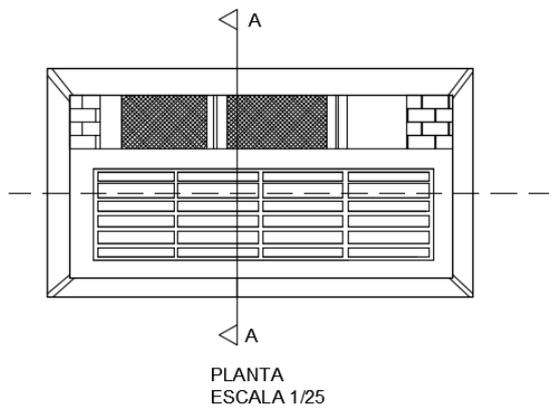


Figura 41. Rejillas de hierro fundido para sumideros.

Fuente: OS 060 – Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

## ANEXO 5: PLANOS

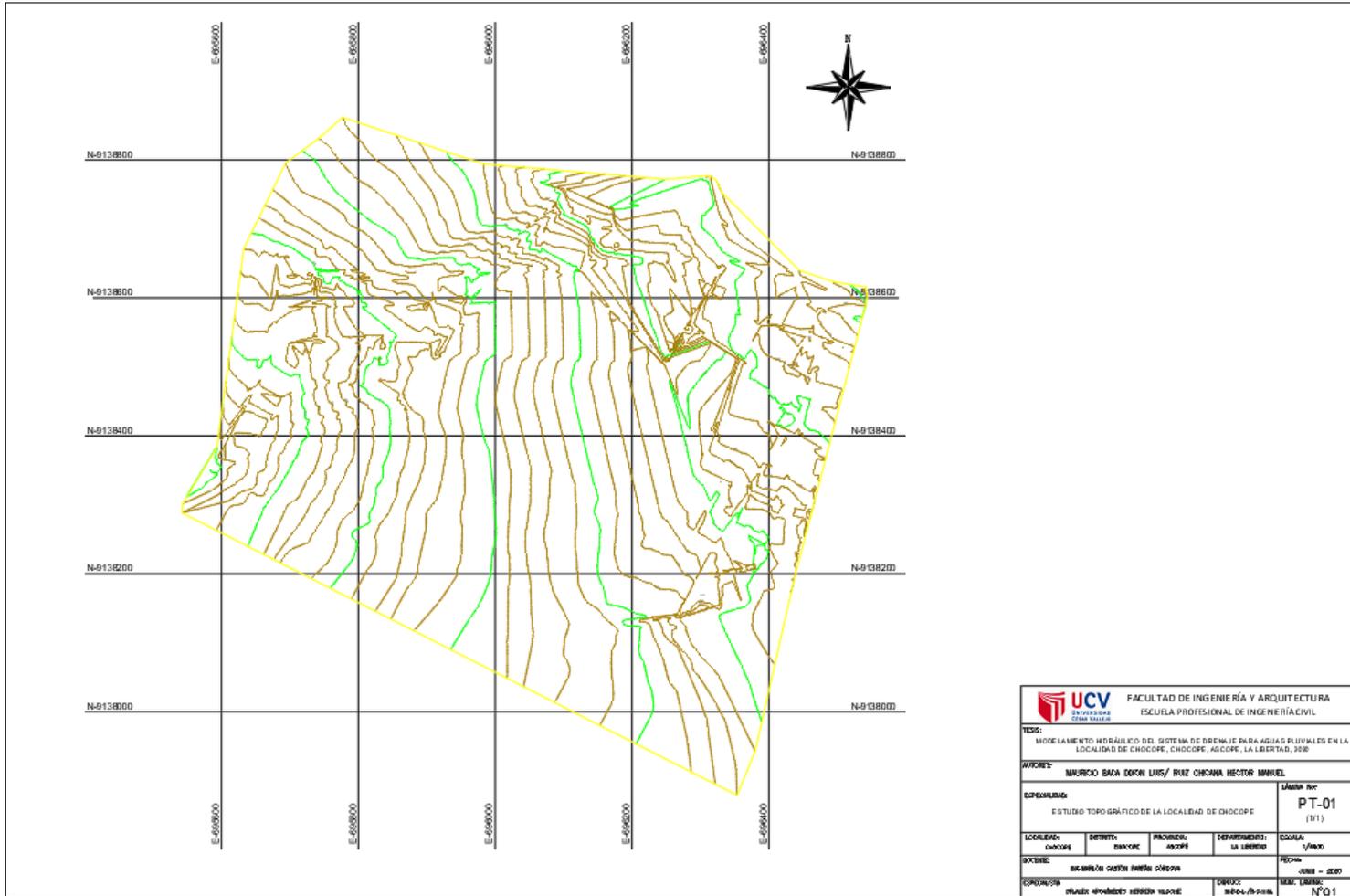


Figura 42. Plano topográfico de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

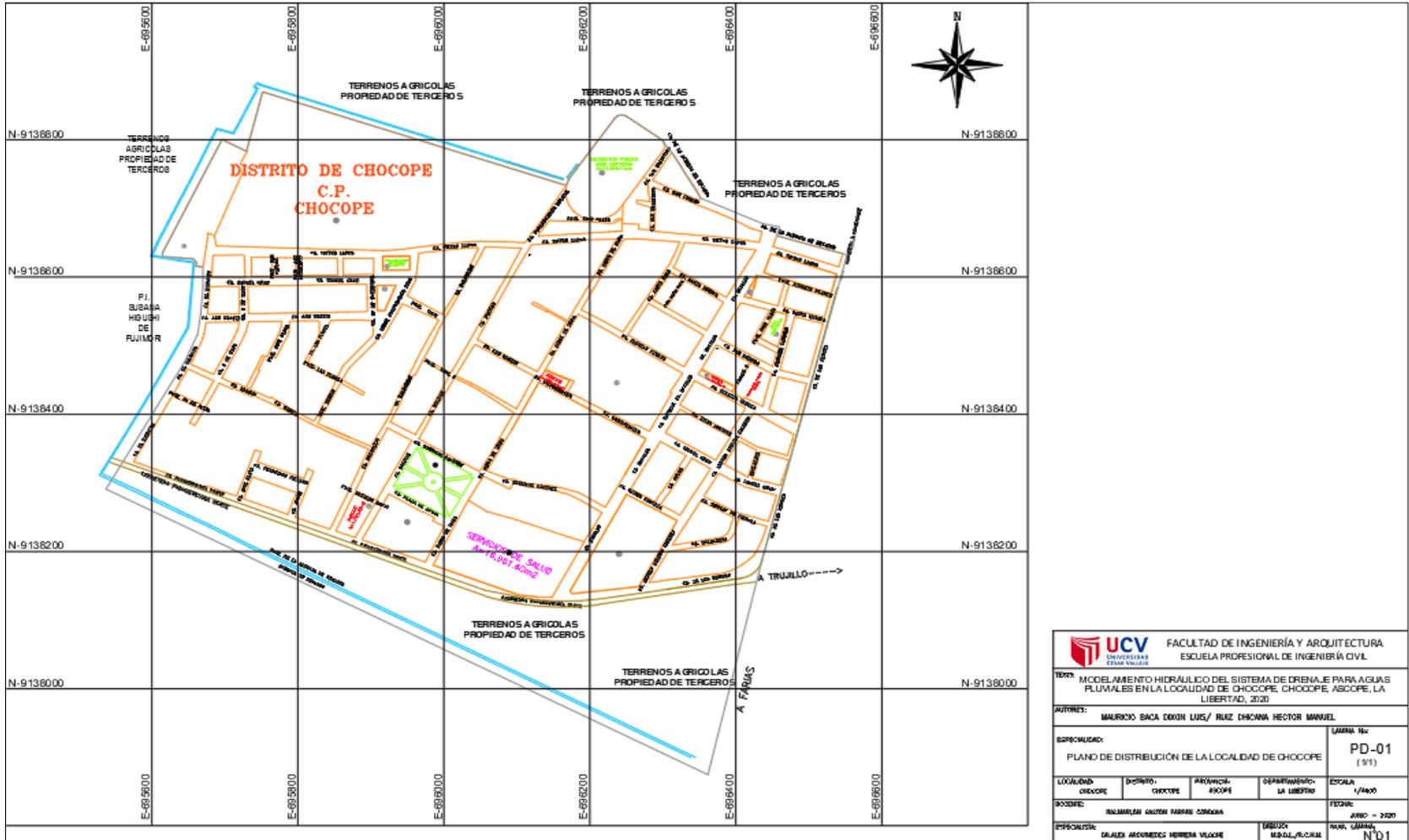


Figura 43. Plano de distribución de la localidad de Chocope.

Fuente: Elaboración propia.

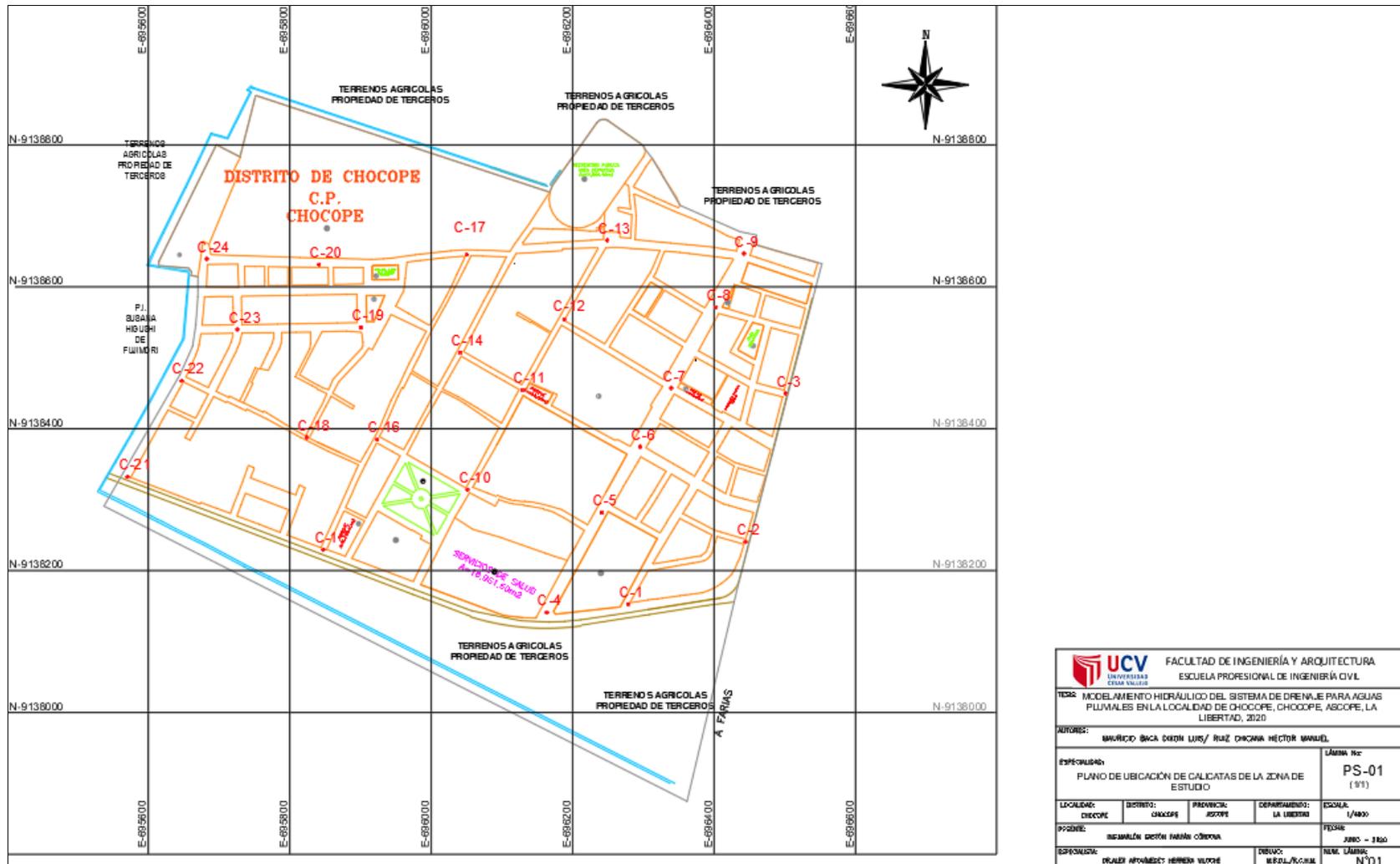


Figura 44. Plano de ubicación de las calicatas - localidad de Chocope.

Fuente: Elaboración propia.

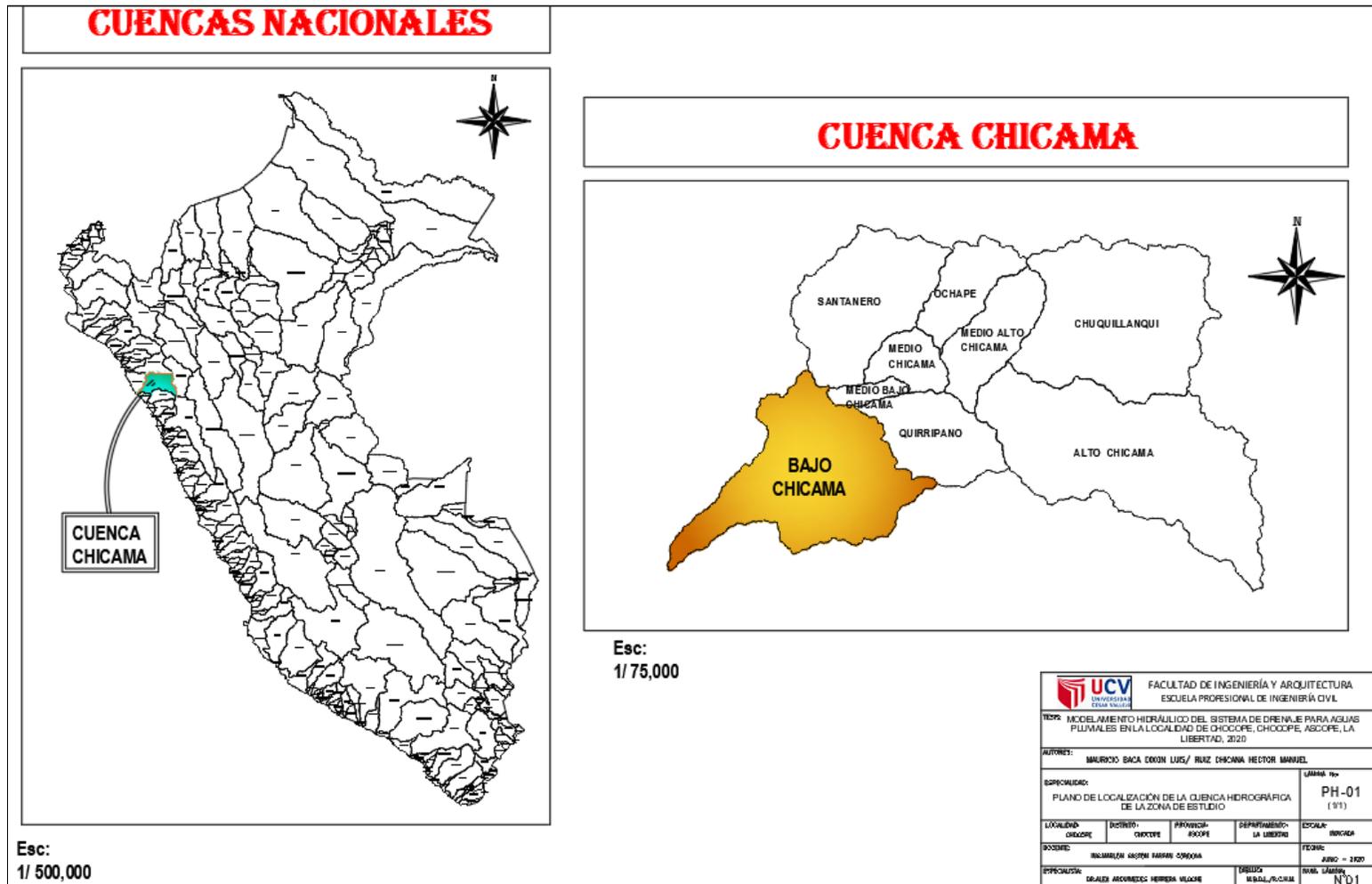


Figura 45. Plano de localización de cuenca hidrográfica - zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

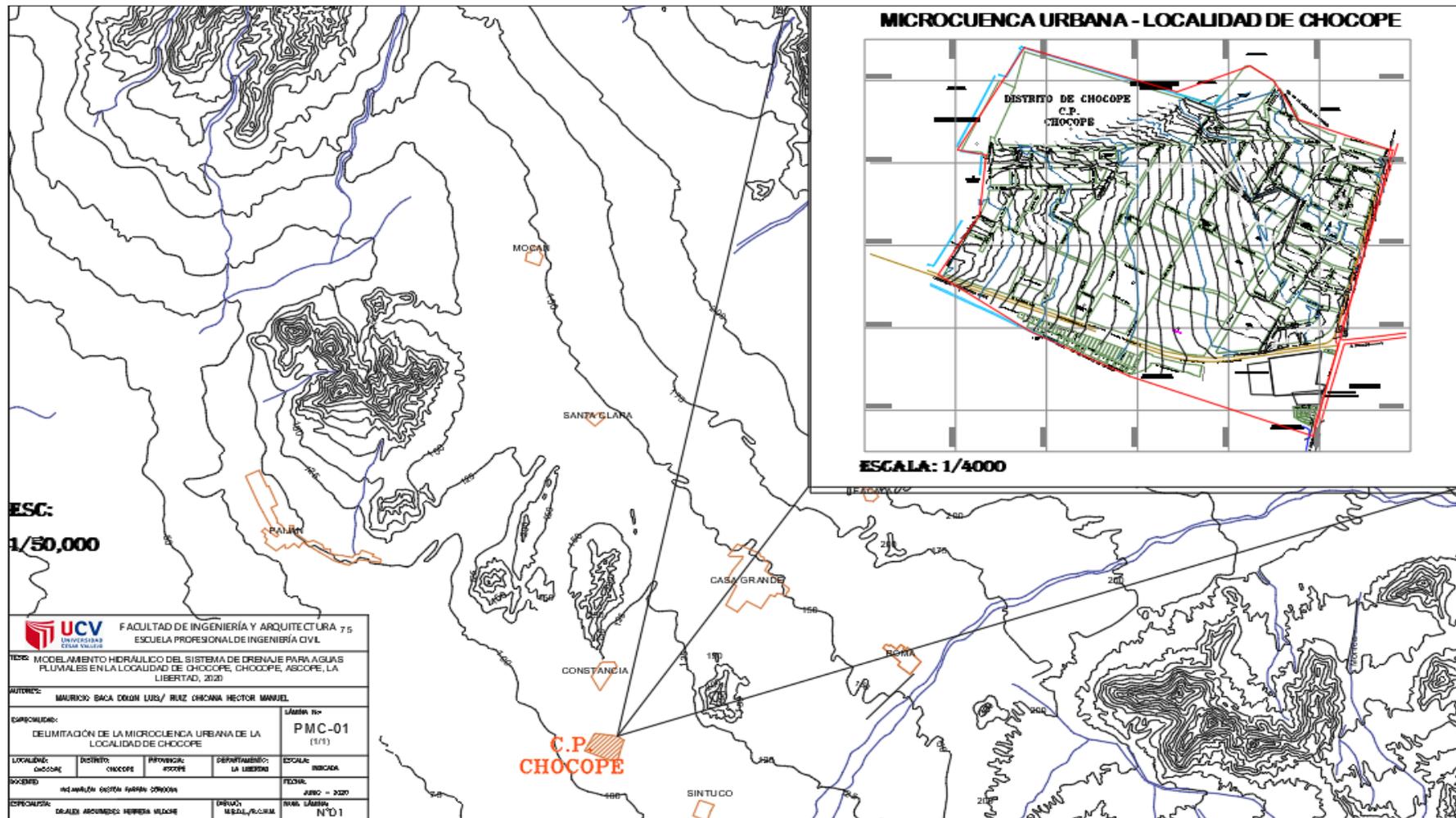


Figura 46. Plano de limitación de microcuena urbana - localidad de Chocope.

Fuente: Elaboración propia.

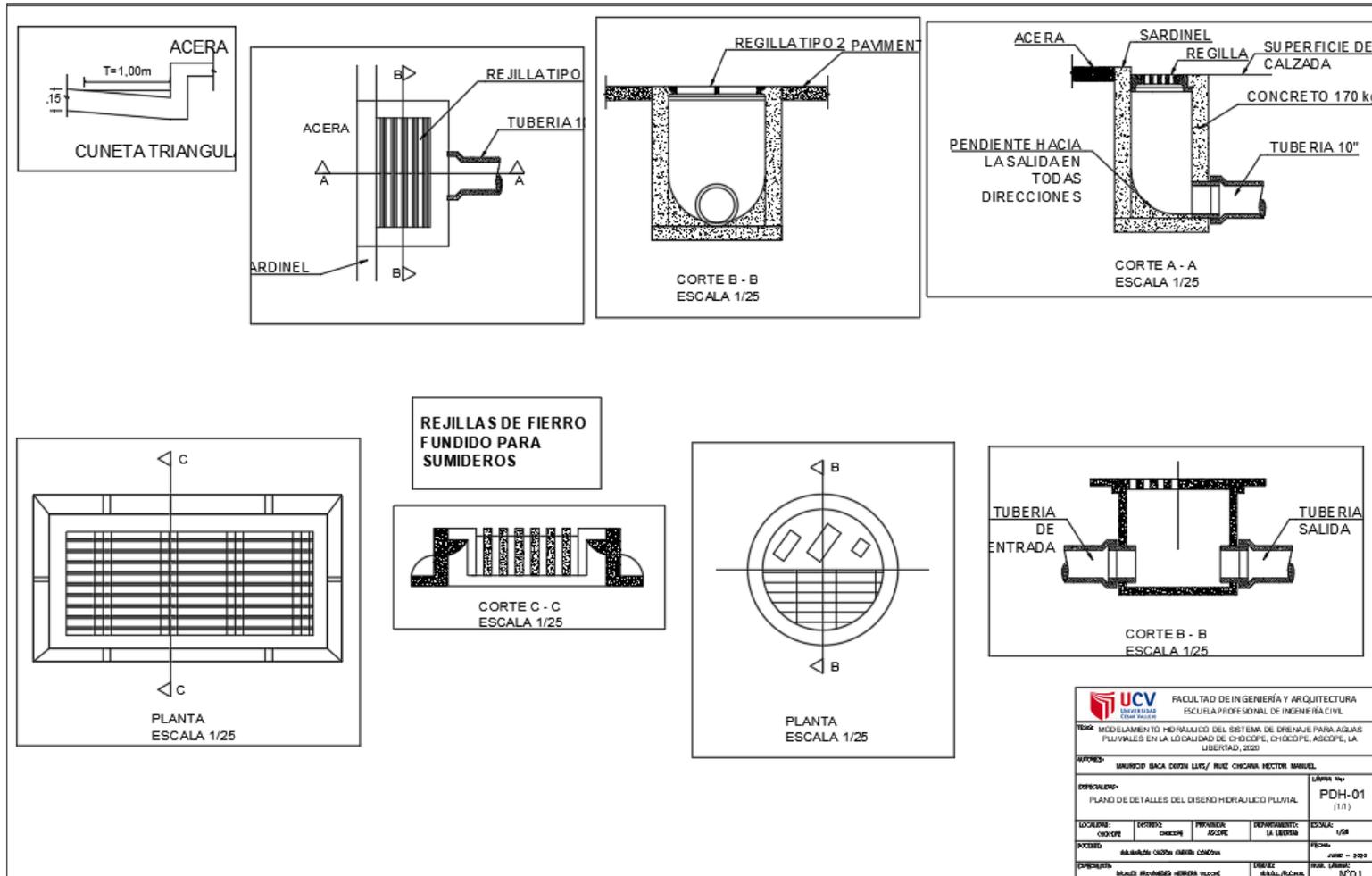
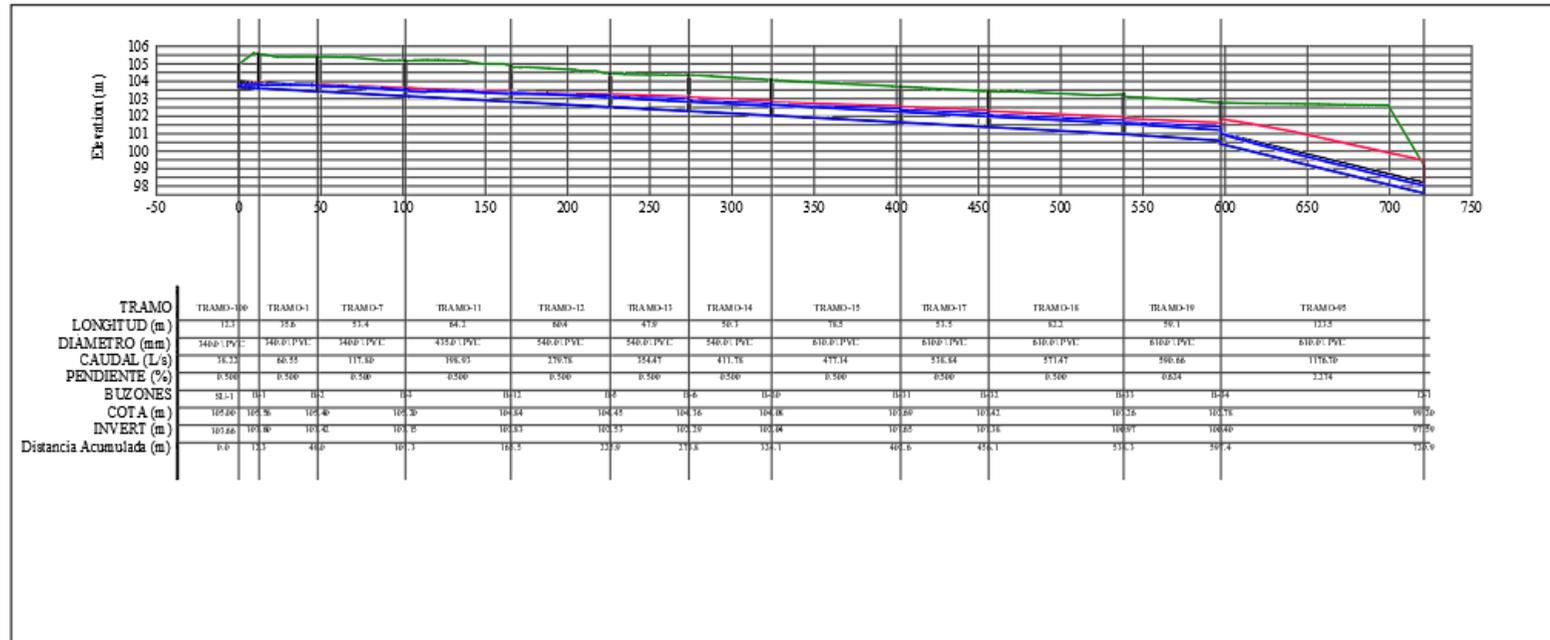


Figura 47. Plano de detalles del diseño hidráulico Pluvial.

Fuente: Elaboración propia.

## COLECTOR PRINCIPAL 1 - 10 AÑOS



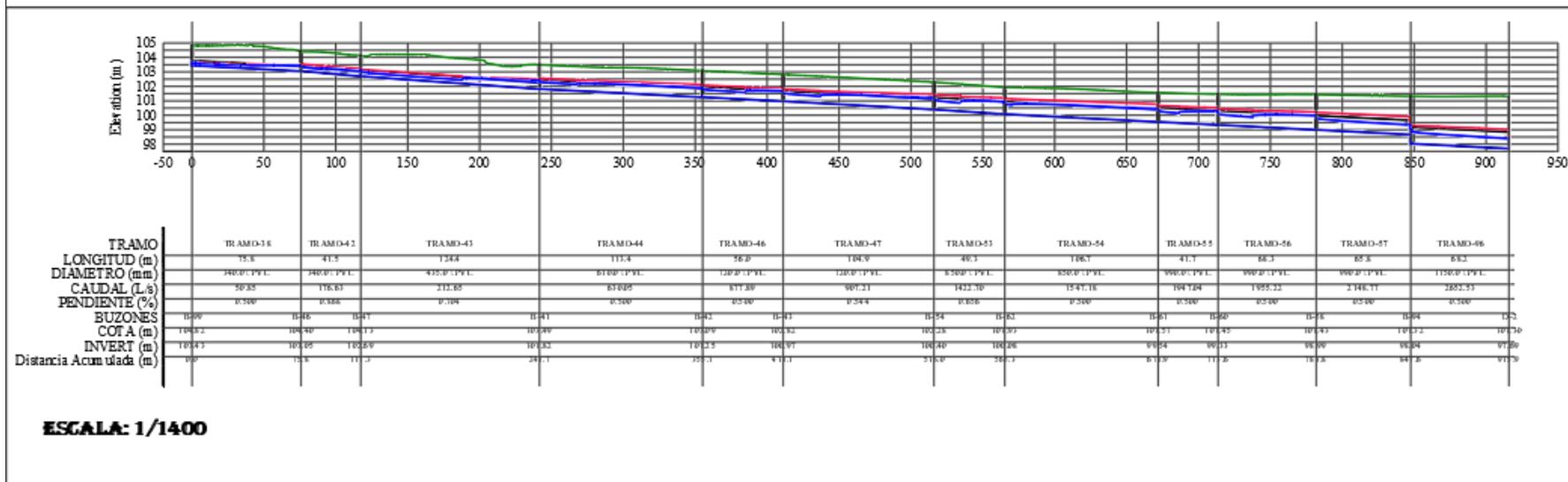
ESC:  
1/1250

<b>UNIVERSIDAD CECILIA TRUJILLO</b>		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TÍTULO: MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA AGUAS PLUVIALES EN LA LOCALIDAD DE CHOCOPÉ, CHOCOPÉ, ASCOPE, LA LIBERTAD, 2020			
AUTORES: MAURICIO BACA DEÓN LUIS / ROY CHICHA HECTOR MANUEL			
ESPECIALIDAD: PLANO DE PERFIL HIDRÁULICO			LÁMINA No: PPH-01 (1/1)
LOCALIDAD: CHOCOPÉ	DISTRITO: CHOCOPÉ	PROVINCIA: ASCOPE	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD
POBLENDO: REGIMULO GASTÓN SERRA OCHOA			FECHA: JUNIO - 2020
ESPECIALISTA: DR. ALAN ROYALDEZ HERRERA MUÑOZ		EDUCADO: M. ED. / P. CAL.	NO. LÁMINA: N° 01

Figura 48. Plano de perfil hidráulico del colector principal 1-10 años

Fuente: Elaboración propia.

## COLECTOR PRINCIPAL 2 - 10 AÑOS

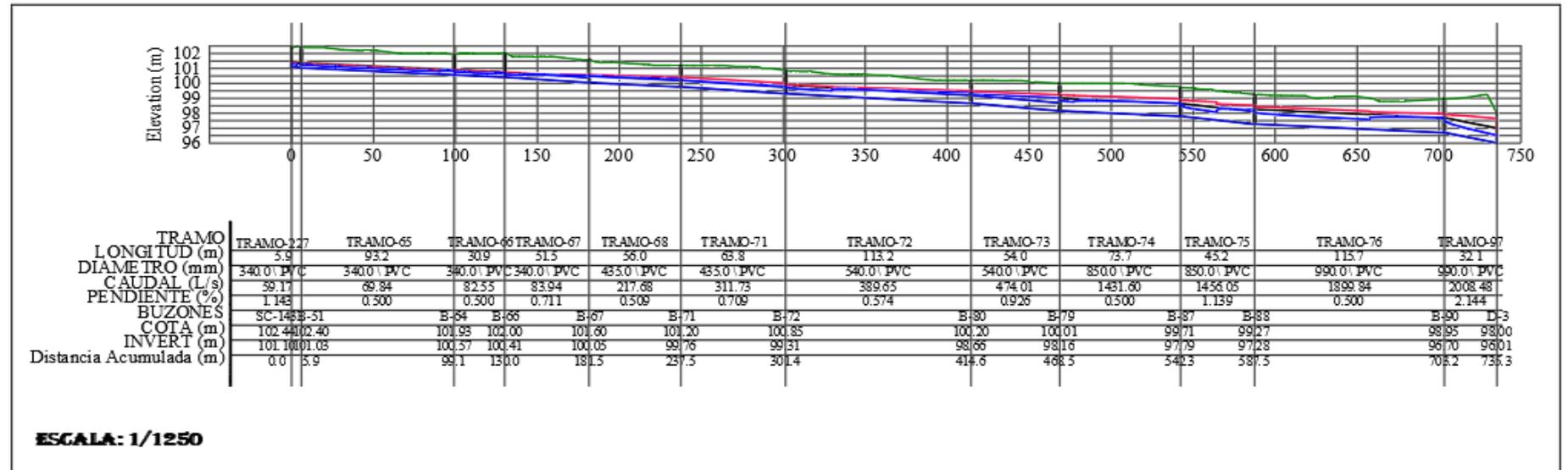


 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CERRO VILLAS		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TÍTULO: MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA AGUAS PLUVIALES EN LA LOCALIDAD DE CHOCOPE, CHOCOPE, ASCOPE, LA LIBERTAD, 2020			
AUTORES: MAURICIO BACA DELGADO LUIS/ ROY CHICANA HECTOR MANUEL			
ESPECIALIDAD: PLANO DE PERFIL HIDRÁULICO			LÁMINA N°: <b>PPH-02</b> (1/1)
LOCALIDAD: CHOCOPE	DISTRITO: CHOCOPE	PROVINCIA: ASCOPE	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD
OBJETO: INCLINACIÓN CANTAS PARA COLECCIÓN			FECHA: 2020 - 03/20
ESPECIALIDAD: DISEÑO DE DRENAJE		DISEÑO: MÉDULA/ROSA	NUM. LÁMINA: N°01

Figura 49. Plano de perfil hidráulico del colector principal 2-10 años

Fuente: Elaboración propia.

## COLECTOR PRINCIPAL 3 - 10 AÑOS



<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TÍTULO: MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE PARA AGUAS PLUVIALES EN LA LOCALIDAD DE CHOCOPE, CHOCOPE, ASCOPE, LA LIBERTAD, 2020	
AUTORES: MAURICIO BACA DÍAZ LUCY RUIZ CHOCOMA HÉCTOR MANUEL	
ESPECIALIDAD: PLANO DE PERFIL HIDRÁULICO	LÁMINA N°: PPH-03 (1/1)
LOCALIDAD: CHOCOPE	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD
DIRECCIÓN: INGENIERÍA CIVIL	ESCALA: 1/1480
ESPECIALIDAD: BILALIX ARYANDEZ HERRERA VILCHUE	FECHA: JUNIO - 2020
DISEÑO: BILALIX ARYANDEZ HERRERA VILCHUE	NOMBRE LÁMINA: N°01

Figura 50. Plano de perfil hidráulico del colector principal 3-10 años

Fuente: Elaboración propia.

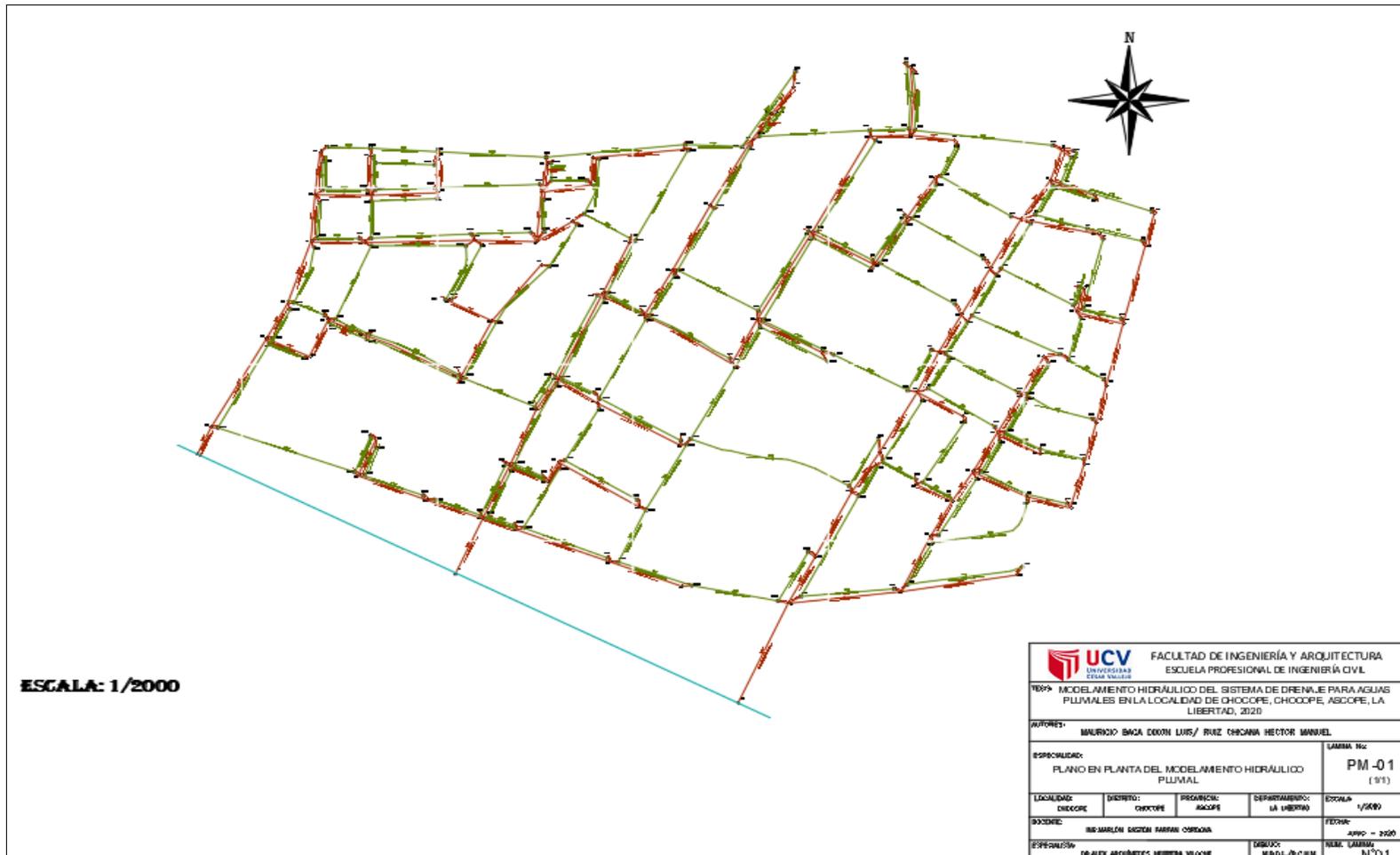


Figura 51. Plano del modelamiento hidráulico pluvial.

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 6: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

**Fuente:** Todas las fotografías fueron tomadas y editadas por elaboración propia.



Figura 52. Psje. Jose Olaya sin capa asfáltica con riesgo ante inundaciones.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 53. Calle. Santa Monica sin capa asfáltica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 54. Psje. Alfonso Ugarte sin capa asfáltica y veredas inexistentes.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 55. Psje. Vigil sin capa asfáltica y sin una red de aguas pluviales.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 56. Calle Eleazar Pereda propiedad en mal estado por humedad.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 57. Calle Andrés Avelino Cáceres sin capa asfáltica.

Fuente: Elaboración propia.



## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUÍMEDES docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional / Programa académico de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Trujillo, asesor (a) de la Tesis titulada:

“Modelamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial en la zona urbana del Distrito de Chocope – Ascope – La Libertad – 2021”,

del (los) autor (autores) Mauricio Baca, Dixon Luis y Ruiz Chicana, Héctor Manuel, constato que la investigación

tiene un índice de similitud de 16% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 01 de marzo del 2022

HERRERA VILOCHE, ALEX ARQUÍMEDES	
DNI: 18210638	Firma: 
ORCID: 0000-0001-9560-6846	