Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Diseño y modelamiento hidráulico de las redes de agua potable y alcantarillado para la localidad de Quinistaquillas, distrito de Quinistaquillas- General Sánchez Cerro- Moquegua

Para obtener el título profesional de Ingeniero Sanitario.

Elaborado por

Cinthya Brenda Quispitupac Sanga

0009-0003-1172-8873

Asesor

Msc. Yuri Marco Sánchez Merlo

0000-0003-0486-2292

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Quispitupac Sanga [1]
Referencia/Reference Estilo/Style: IEEE (2020)	[1] C. Quispitupac Sanga, "*Diseño y modelamiento hidráulico de las redes de agua potable y alcantarillado para la localidad de Quinistaquillas, distrito de Quinistaquillas- General Sánchez Cerro- Moquegua."* [Trabajo de suficiencia profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.

Citar/How to cite	(Quispitupac, 2025)
Referencia/Reference Estilo/Style: APA (7ma ed.)	Quispitupac, C. (2025). *Diseño y modelamiento hidráulico de las redes de agua potable y alcantarillado para la localidad de Quinistaquillas, distrito de Quinistaquillas- General Sánchez Cerro- Moquegua*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mis padres Américo y María, por su apoyo y cariño a lo largo de mi vida.

Agradecimientos

A la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería, por su valiosa formación y al Ingeniero Yuri Marco Sánchez Merlo, por su apoyo en la elaboración de este trabajo de suficiencia profesional.

A los amigos, docentes y colegas ingenieros que he conocido a lo largo de mi trayecto de formación profesional, que me ayudado a mejorar como ingeniera sanitaria.

Resumen

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo diseñar y desarrollar el modelo hidráulico de las redes de agua potable (captación, línea de conducción, reservorios, línea de aducción y redes de distribución) y redes de alcantarillado (redes colectoras y emisor) durante el periodo 2024-2044 de la localidad de Quinistaquillas. Esto es parte de la elaboración del expediente del proyecto denominado “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA”. Con el proyecto se tiene como finalidad, disminuir el índice de Enfermedades Digestivas Infecciosas y parasitarias en la población de la Localidad de Quinistaquillas, para lo cual se plantea mejorar el abastecimiento y calidad de Agua Potable y adecuar el Sistema de Alcantarillado para evacuar las aguas residuales a un punto final de tratamiento.

En el presente trabajo de suficiencia se describe la zona de estudio de Quinistaquillas, se selecciona la opción tecnológica adecuada y se desarrolló las etapas del modelamiento para el sistema de agua potable y alcantarillado, así como se discutió y analizo los resultados obtenidos de los modelos para compararlos con los parámetros definidos en la normativa nacional para sistemas en el ámbito rural.

Palabras clave: Diseño, modelamiento, agua potable, alcantarillado, ámbito rural

Abstract

The purpose of this professional competency work is to design and develop the hydraulic model of the potable water networks (water intake, conduction line, storage tanks, adduction line, distribution networks) and sewerage networks (collector networks and emissary) for the design period from 2024 to 2044 in the rural locality of Quinistaquillas. This effort is part of the preparation of the project dossier entitled 'IMPROVEMENT OF THE POTABLE WATER AND SEWERAGE SYSTEM IN THE LOCALITY OF QUINISTAQUILLAS, DISTRICT OF QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA.' The project's goal is to reduce the rate of infectious digestive and parasitic diseases in the population of Quinistaquillas by improving the supply and quality of potable water and adapting the sewerage system to dispose of wastewater to a final treatment point. In this report, the study area of Quinistaquillas is described, the appropriate technological option is selected, and the stages of modeling for the potable water and sewerage systems are developed. The results obtained from the models are discussed and analyzed to compare them with the parameters defined in the national regulations for rural systems.

Keywords: Design, modeling, potable water, sewerage, rural area.

Tabla de contenido

Pág.

Resumen v

Abstract vi

Introducción xix

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo 1

1.1 Antecedentes Referenciales 1

1.2 Planteamiento de la Realidad Problemática 5

1.3 Objetivos del estudio 7

1.3.1 Objetivo general 7

1.3.2 Objetivos específicos 7

Capítulo II. Marcos teórico y legal 8

2.1 Marco teórico 8

2.1.1 Saneamiento Básico 8

2.1.2 Definiciones Básicas 8

2.1.3 Parámetros de Diseño 9

2.1.4 Abastecimiento de Agua Para Consumo Humano 13

2.1.5 Saneamiento 35

2.1.6 Modelamiento Hidráulico 50

2.2 Marco legal 68

Capítulo III. Descripción del trabajo. 69

3.1 Nombre del Proyecto 69

3.2 Características Generales del proyecto 69

3.3 Evaluación de sistemas existentes 81

3.4 Parámetros de Diseño 95

3.5 Diseño y modelamiento del sistema de agua potable 106

3.6 Diseño y modelamiento del sistema de alcantarillado 149

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....174

4.1 Sistema de agua potable.....174

4.2 Sistema de alcantarillado 191

Conclusiones.....204

Recomendaciones.....208

Referencias bibliográficas.....209

Anexos 211

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1: Periodos de diseño de infraestructura sanitaria.....10

Tabla 2: Dotación de agua según opción tecnológica y región (L/hab/d).....11

Tabla 3: Dotación de agua para centros educativos (L/alumno/d).....12

Tabla 4: Opciones tecnológicas en saneamiento y sus niveles de servicio.....36

Tabla 5: Valores de infiltración en tuberías de alcantarillado l/(s.km).....41

Tabla 6: Propiedades hidráulicas en conductos circulares para tirantes notables.....44

Tabla 7: Separación entre cámaras de inspección según el diámetro del colector.....47

Tabla 8: Valores de coeficientes de Darcy Weisbach típicos.....58

Tabla 9: Elementos que componen el modelo en Watergems.....59

Tabla 10: Valores de coeficientes de Manning típicos.....63

Tabla 11: Elementos que componen el modelo en Sewergems.....65

Tabla 12: Marco legal relacionado a sistemas rurales de agua potable y saneamiento.....68

Tabla 13: Datos generales del proyecto.....69

Tabla 14: Ubicación geográfica del proyecto.....69

Tabla 15: Vías de acceso a la localidad de Quinistaquillas.....71

Tabla 16: Temperatura media mensual año 2012 al 2013.....71

Tabla 17: Precipitación media mensual año 2012 al 2013.....72

Tabla 18: Resumen de población beneficiaria para el proyecto.....76

Tabla 19: Porcentaje de población masculina y femenina en el distrito de Quinistaquillas.....77

Tabla 20: Instituciones educativas del proyecto.....81

Tabla 21: Periodos de diseño de infraestructura de agua potable proyectada.....95

Tabla 22: Periodos de diseño de infraestructura sanitaria proyectada.....95

Tabla 23: Número de viviendas beneficiarias por localidad.....96

Tabla 24: Número de habitantes beneficiarios por localidad.....96

Tabla 25: Población por censo del distrito de Quinistaquillas.....96

Tabla 26: Población de diseño por localidad 97

Tabla 27: Dotación para los usuarios en el proyecto 97

Tabla 28: Demanda por usuarios de centros educativos en Quinistaquillas 98

Tabla 29: Demanda por usuarios de centros educativos en Chimpapampa 98

Tabla 30: Demanda por usuarios de centros de salud en Quinistaquillas 99

Tabla 31: Demanda por usuarios de oficinas (comisaría de Quinistaquillas) 99

Tabla 32: Áreas verdes en el proyecto 100

Tabla 33: Demanda por áreas verdes en Quinistaquillas 100

Tabla 34: Demanda por áreas verdes en Chimpapampa 100

Tabla 35: Demanda por usuarios no domésticos en el proyecto 101

Tabla 36: Parámetros de diseño para todo el ámbito total del proyecto (Localidades de Quinistaquillas / Santa Cruz-Guadalupe/ Chimpapampa) 102

Tabla 37: Parámetros de diseño para todo el ámbito del proyecto de la Localidad de Quinistaquillas 104

Tabla 38: Correspondencia de infraestructura proyectada del sistema de agua potable con elementos del modelamiento hidráulico 109

Tabla 39: Características y dimensiones de tubos HDPE de agua potable según la NTP ISO 4427 121

Tabla 40: Relaciones dimensionales mínimas (SDR) para soldadura por electrofusión 122

Tabla 41: Propiedades iniciales de los reservorios en el modelamiento hidráulico 124

Tabla 42: Configuración de escenarios del modelamiento del sistema de agua potable 126

Tabla 43: Resultados en los nodos de la línea de conducción-aducción de la simulación hidráulica 128

Tabla 44: Resultados en las cámaras rompe presión/cámara repartidora de caudales en la línea de conducción -aducción de la simulación hidráulica 131

Tabla 45: Resultados en las tuberías de la línea de conducción-aducción de la simulación hidráulica 132

Tabla 46: Resultados en los nodos de las redes de distribución de la simulación hidráulica 139

Tabla 47: Resultados en las tuberías de redes de distribución de la simulación hidráulica 141

Tabla 48: Pases aéreos proyectados en la línea de conducción/aducción 144

Tabla 49: Estructuras proyectadas en la línea de conducción.....145

Tabla 50: Estructuras proyectadas en la línea de aducción 148

Tabla 51: Estructuras proyectadas (válvulas) en las redes de distribución.....148

Tabla 52: Correspondencia de infraestructura proyectada del sistema de alcantarillado con elementos del modelamiento hidráulico.....150

Tabla 53: Propiedades de los buzones en el modelamiento hidráulico 157

Tabla 54: Características y dimensiones de tubos PVC-U de alcantarillado según la NTP ISO 4435 159

Tabla 55: Características y caudales de las conexiones domiciliarias en el modelamiento del sistema de alcantarillado.....164

Tabla 56: Configuración de escenarios del modelamiento del sistema de alcantarillado 165

Tabla 57: Caudales parciales y acumulados de los colectores de la simulación hidráulica del escenario 1 166

Tabla 58: Resultados en los colectores de la simulación hidráulica del escenario 1 169

Tabla 59: Comparativa de la pendiente de los colectores y la pendiente mínima en el escenario 1 191

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1: Porcentaje de población peruana que usa servicios de agua potable gestionados de forma segura (%) 1

Figura 2: Porcentaje de población peruana que usa servicios de saneamiento gestionados de forma segura (%) 1

Figura 3: Porcentaje de población que consume agua proveniente de red pública, por residencia - Año móvil: oct. 2016 – set. 2017 a oct. 2022 – set. 2023 2

Figura 4: Porcentaje de población por condición de tenencia de agua por red pública, año 2013 – 2022 2

Figura 5: Porcentaje de población que accede a red pública de alcantarillado, por residencia - Año móvil: oct.2016 – set. 2017 a oct. 2022 – set.2023 3

Figura 6: Porcentaje de población sin acceso a red pública de alcantarillado en área rural, 2012-2022 3

Figura 7: Esquema de sistema de abastecimiento por gravedad y con tratamiento 15

Figura 8: Esquema de sistema de abastecimiento por gravedad y sin tratamiento 16

Figura 9: Esquema de sistema de abastecimiento por bombeo y con tratamiento 16

Figura 10: Esquema de sistema de abastecimiento por bombeo y sin tratamiento 17

Figura 11: Esquema de abastecimiento por captación pluvial 17

Figura 12: Algoritmo de selección de sistemas de abastecimiento de agua potable para el ámbito rural 18

Figura 13: Esquema de un sistema de abastecimiento de agua potable del tipo SA-03...19

Figura 14: Esquema de perfil de captación de manantial tipo ladera 20

Figura 15: Esquema de perfil de línea de conducción 21

Figura 16: Esquema de perfil de cámaras rompe-presión CRP-06 22

Figura 17: Esquema de planta de cámara de distribución de caudales 23

Figura 18: Esquema de perfil de válvula de aire manual 25

Figura 19: Esquema de perfil de válvula de aire automática 25

Figura 20: Esquema de perfil de cámara de válvula de purga 26

Figura 21: Esquema de perfil de pase aéreo L= 10 m con armadura metálica 27

Figura 22: Esquema de perfil de reservorio típico Volumen 5m^3 28

Figura 23: Esquema de sistema de desinfección por goteo 30

Figura 24: Esquema de perfil de línea de aducción 31
Figura 25: Esquema de perfil de cámaras rompe-presión CRP-07 32
Figura 26: Esquema de tipos de redes de distribución.....33
Figura 27: Esquema de perfil de cámara de válvula de control 34
Figura 28: Esquema de perfil de conexión domiciliaria de agua.....35
Figura 29: Esquema de sistema de alcantarillado convencional 37
Figura 30: Esquema de sistema de alcantarillado condominial 38
Figura 31: Esquema de sistema de alcantarillado de pequeño diámetro.....38
Figura 32: Esquema de ingreso de caudales de infiltración al sistema de alcantarillado..41
Figura 33: Esquema de tensión tractiva en una alcantarilla 42
Figura 34: Esquema de buzones de tipo I y II 48
Figura 35: Esquema de buzoneta 48
Figura 36: Caja condominial pre fabricada.....49
Figura 37: Esquema de planta de conexión predial de alcantarillado.....50
Figura 38: Tipos de modelos hidráulicos.....51
Figura 39: Conservación de energía entre nodos 54
Figura 40: Esquema del principio de energía.....55
Figura 41: Esquema de HGL y EGL.....56
Figura 42: Etapas del modelamiento de un sistema de agua potable 60
Figura 43: Demandas entre los nodos de una tubería con LoadBuilder 61
Figura 44: Etapas del modelamiento de un sistema de alcantarillado 66
Figura 45: Localización nacional y departamental del Proyecto 70
Figura 46: Localización distrital del Proyecto 70
Figura 47: Ubicación de la cuenca del río Tambo 73
Figura 48: Área de influencia del Proyecto.....74
Figura 49 Vista satelital del Proyecto 75
Figura 50: Cuadro de la población económicamente activa del distrito de Quinistaquillas (PEA) 78
Figura 51: Cuadro de actividades económicas del distrito de Quinistaquillas.....78

Figura 52: Nivel educativo del distrito de Quinistaquillas.....80
Figura 53: Nivel de alfabetización del distrito de Quinistaquillas 80
Figura 54: Vista fotográfica de la captación existente 81
Figura 55: Vista fotográfica de la desarenador existente.....82
Figura 56: Vista fotográfica del trazo de la línea de conducción existente.....82
Figura 57: Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 01 83
Figura 58: Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 06 83
Figura 59: Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 08 83
Figura 60: Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 10 84
Figura 61: Vista fotográfica de pase aéreo existente N.º 11 84
Figura 62: Vista fotográfica de pase aéreo.....84
Figura 63: Vista fotográfica del interior de una cámara rompe presión existente.....85
Figura 64: Vista fotográfica de una cámara rompe presión existente con deterioro 85
Figura 65: Vista fotográfica del reservorio existente (V=130m^3).....86
Figura 66: Vista fotográfica de reservorio existente 2 (V=15m^3).....87
Figura 67: Vista fotográfica de línea de aducción.....87
Figura 68: Vista fotográfica panorámica del centro Poblado de Quinistaquillas.....88
Figura 69: Esquema de redes de agua potable existentes.....88
Figura 70: Esquema del sistema de agua potable existente 89
Figura 71: Vista fotográfica de buzón en mal estado en calle Los Olivos 90
Figura 72: Esquema de redes de alcantarillado existente 91
Figura 73: Vista fotográfica de la vía departamental por dónde va el tramo 2 del emisor 92
Figura 74: Vista panorámica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). 93
Figura 75: Vista fotográfica de la cámara de rejas y las lagunas facultativas. 93
Figura 76: Vista fotográfica de la quebrada de evacuación de las aguas tratadas. 93
Figura 77: Esquema de sistema de saneamiento existente 94
Figura 78: Vista fotográfica de manantial de ladera 106

Figura 79: Uso del algoritmo de selección de sistemas de abastecimiento de agua potable para el proyecto.....107

Figura 80: Esquema del sistema de agua potable proyectado.....108

Figura 81: Esquema de redes de agua potable proyectadas 111

Figura 82: Esquema en planta del sistema de agua potable proyectado.....112

Figura 83: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Reservoir (Captación) a Nodo 23) 114

Figura 84: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 23 a Nodo 41) 114

Figura 85: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 41 a Nodo 55) 115

Figura 86: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 55 a Nodo 71) 115

Figura 87: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 71 a Nodo 80) 116

Figura 88: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 80 a Nodo 96) 116

Figura 89: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 96 a Nodo 108) 117

Figura 90: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 108 a Nodo 119) 117

Figura 91: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 119 a Tank RAP (Vol. 20m3)) 118

Figura 92: Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Tank RAP (Vol. 20m3)) a Nodo 137(Empalme)).....118

Figura 93: Esqueletonización de redes de distribución en la localidad de Quinistaquillas 119

Figura 94: Esquema del sistema de agua potable con diámetros nominales y caudales 123

Figura 95: Esquema del reservorio proyectado con los niveles usados en el modelamiento 125

Figura 96: Esquema del sistema de saneamiento proyectado 150

Figura 97: Área de influencia del proyecto: “Mejoramiento de la Carretera desde el KM.00+000 Puente El Chorro al KM. 05+979, Distrito de Quinistaquillas, provincia General Sánchez Cerro” 151

Figura 98: Vista satelital del emisor proyectado.....152

Figura 99: Esquema en planta del sistema de saneamiento proyectado.....153

Figura 100: Esquema de redes de alcantarillado y conexiones proyectadas 154

Figura 101: Esqueletonización de emisor de alcantarillado en la localidad de Quinistaquillas 155

Figura 102: Esqueletonización de redes y conexiones de alcantarillado en la localidad de Quinistaquillas.....156

Figura 103: Vista general de diámetros interiores de las tuberías del sistema de alcantarillado en el modelamiento hidráulico.....161

Figura 104: Vista de diámetros interiores de las tuberías de las redes colectoras en el modelamiento hidráulico 162

Figura 105: Vista de diámetros interiores de las tuberías del emisor en el modelamiento hidráulico 163

Figura 106: Línea de gradiente hidráulica y Línea de presión estática a lo largo de la línea de conducción/aducción 175

Figura 107: Comparativa de presiones a lo largo de la línea de conducción/ aducción para los escenarios 1 - escenario 2 y el límite de presión según normativa 176

Figura 108: Esquema en planta de redes de distribución con curvas de presiones en el escenario 1 177

Figura 109: Esquema en planta de redes de distribución con curvas de presiones en el escenario 2 177

Figura 110: Código de colores de presiones en nodos en la línea de conducción – aducción en el escenario 1 179

Figura 111: Código de velocidades en la línea de conducción – aducción en el escenario 1 180

Figura 112: Perfil hidráulico (Gradiente hidráulico/ elevación/ presión) en la línea de conducción – aducción en el escenario 1 181

Figura 113: Perfil hidráulico en la línea de conducción – aducción (Captación a Nodo 23) en el escenario 1.....182

Figura 114: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 23 a Nodo 41) en el escenario 1 182

Figura 115: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 41 a Nodo 55) en el escenario 1 183

Figura 116: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 55 a Nodo 71) en el escenario 1 183

Figura 117: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 71 a Nodo 80) en el escenario 1 184

Figura 118: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 80 a Nodo 96) en el escenario 1 184

Figura 119: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 96 a Nodo 108) en el escenario 1.....185

Figura 120: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 108 a Nodo 119) en el escenario 1.....185

Figura 121: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 119 a Tank RAP (Vol 20m3)) en el escenario 1.....186

Figura 122: Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Tank RAP (Vol 20m3) a Nodo 137 (Empalme)) en el escenario 1 186

Figura 123: Esquema en planta de redes de distribución con código de colores de velocidades en tuberías del escenario 1 188

Figura 124: Perfil hidráulico de la calle Los Olivos en el escenario 1 188

Figura 125: Perfil hidráulico de la calle Central en el escenario 1 189

Figura 126: Perfil hidráulico de la calle 7 de junio en el escenario 1 189

Figura 127: Perfil hidráulico de la calle Las Flores en el escenario 1 189

Figura 128: Esquema en planta de redes de distribución con código de colores de presiones en nodos en el escenario 1.....190

Figura 129: Esquema en planta de tensiones tractivas en colectores del escenario 1 ...194

Figura 130: Perfil de colectores en calle 7 de julio para el escenario 1 195

Figura 131: Perfil de colectores en calle Alameda para el escenario 1 195

Figura 132: Perfil de colectores en calle San Isidro para el escenario 1.....196

Figura 133: Perfil de colectores en Pasaje 1 para el escenario 1.....196

Figura 134: Perfil de colectores en Pasaje Canseco para el escenario 1 197

Figura 135: Perfil de colectores en calle 7 de agosto para el escenario 1.....197

Figura 136: Perfil de colectores en calle Las Flores para el escenario 1.....198

Figura 137: Perfil de colectores en calle Cruz Verde para el escenario 1.....198

Figura 138: Perfil de colectores en calle Alameda de la Juventud para el escenario 1...199

Figura 139: Perfil de colectores en calle Los Olivos tramo 1 para el escenario 1 199

Figura 140: Perfil de colectores en calle Los Olivos tramo 2 para el escenario 1 200

Figura 141: Perfil de colectores en calle Los Olivos tramo 3 para el escenario 1 200

Figura 142: Perfil de colectores en calle Central tramo 1 para el escenario 1 201

Figura 143: Perfil de colectores en calle Central tramo 2 para el escenario 1 201
Figura 144: Perfil de colectores en calle Central tramo 3 para el escenario 1 202
Figura 145: Perfil del tramo 1 del Emisor de alcantarillado para el escenario 1.....202
Figura 146: Perfil del tramo 2 del Emisor de alcantarillado para el escenario 1.....203
Figura 147: Perfil del tramo 3 del Emisor de alcantarillado para el escenario 1.....203

Introducción

En el Perú existe una brecha en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento entre las zonas rurales y las urbanas. Este trabajo de suficiencia aborda el modelamiento hidráulico del proyecto 'MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SÁNCHEZ CERRO - MOQUEGUA', proyecto que busca mejorar las condiciones de abastecimiento de agua potable y la disposición final de aguas residuales en la localidad de Quinistaquillas y sus anexos.

Para el sistema de agua potable, se propone cambiar la captación superficial por captación de manantial, así como proyectar una línea de conducción-aducción, construir un reservorio para Quinistaquillas y renovar/ampliar las redes de distribución. En el sistema de alcantarillado, se plantea la renovación de las redes colectoras y del emisor, y se construirá un cerco perimétrico y pozos percoladores en la PTAR existente. Los parámetros de diseño fueron establecidos de acuerdo con la normativa nacional vigente.

En este proyecto, aprendí sobre el diseño de sistemas en el ámbito rural: sus diferencias y similitudes con los sistemas en el ámbito urbano. Lo anterior se refleja en cómo debe enfocarse la creación de modelos hidráulicos. En los modelos de sistemas de abastecimiento de agua, por ejemplo, cambian los rangos de presión aceptables las redes de distribución. Además, debe emplearse la ecuación de Darcy-Weisbach al proyectar diámetros pequeños para asegurar cálculos precisos. En los modelos de sistemas de alcantarillado, al tratarse de un sistema rural, ningún colector o emisor llega a superar el caudal mínimo de 1.5 lps, por lo tante se debe realizar el análisis de la pendiente mínima y máxima con esta limitación de caudal mínimo.

Este proyecto me permitió aplicar los conocimientos adquiridos en diseño de redes de agua potable y alcantarillado, su modelamiento hidráulico, y al mismo tiempo, comprender los desafíos específicos que presentan los sistemas rurales

Consideré necesario plasmar estos aspectos en mi trabajo de suficiencia profesional, ya que como ingenieros sanitarios también debemos abordar proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales, teniendo en cuenta el impacto social que generan en estas comunidades y el cierre de brechas.

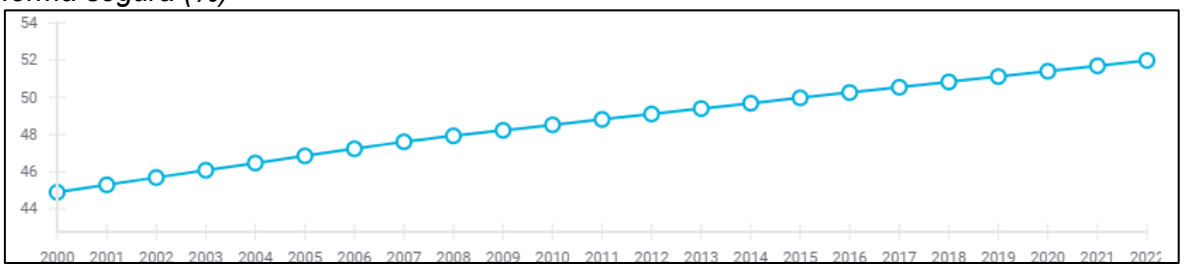
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Antecedentes Referenciales

Según las Naciones Unidas (2017), cerca de 3 de cada 10 personas no tienen acceso a servicios de agua potable, y 6 de cada 10 carecen de acceso a saneamiento gestionado de forma segura. La ausencia de agua potable y saneamiento adecuado se vincula con la propagación de enfermedades como el cólera, disentería, diarreas, hepatitis A, fiebre tifoidea y poliomielitis. El suministro de agua potable y el saneamiento adecuado son esenciales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de manera satisfactoria. Según el portal de base de datos de indicadores de los ODS de las Naciones Unidas para el perfil de Perú, el porcentaje de población peruana que utiliza un servicio de agua potable gestionado de forma segura es del 52,0% en 2022, y para el servicio de saneamiento gestionado de forma segura es del 57,7%.

Figura 1

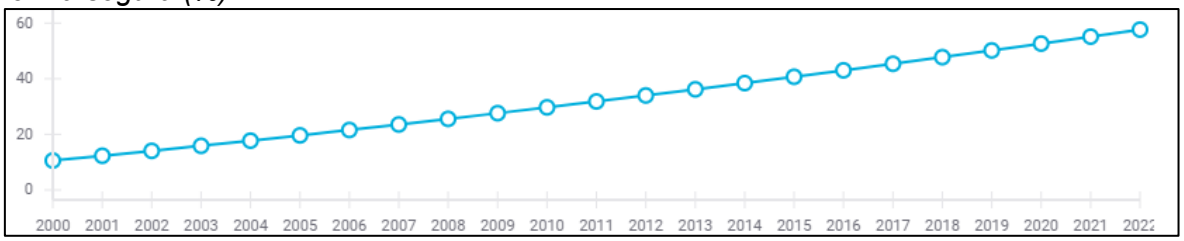
Porcentaje de población peruana que usa servicios de agua potable gestionados de forma segura (%)



Nota: Fuente: Portal de base de datos de las Naciones Unidas (Perfil de país de los ODS: Perú). Recuperado de https://unstats.un.org/sdgs/dataportal/countryprofiles/per#goal-6 [Fecha de acceso: 28 de febrero de 2024]

Figura 2

Porcentaje de población peruana que usa servicios de saneamiento gestionados de forma segura (%)

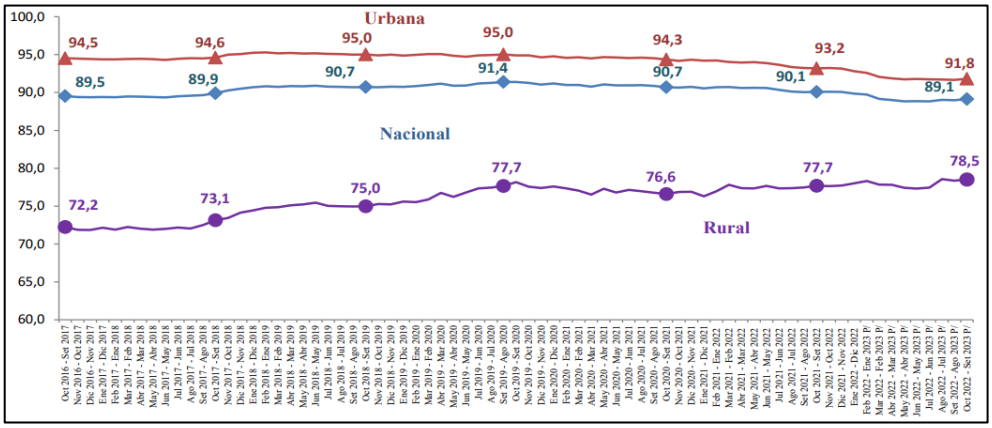


Nota: Fuente: Portal de base de datos de las Naciones Unidas (Perfil de país de los ODS: Perú). Recuperado de https://unstats.un.org/sdgs/dataportal/countryprofiles/per#goal-6 [Fecha de acceso: 28 de febrero de 2024]

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023) en su décimo informe técnico “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico”, durante el período móvil de octubre de 2022 a setiembre de 2023, el 89,1%, la población peruana (casi 29 millones) accedió al servicio de agua potable proveniente de la red pública. Sin embargo, se observa una desigualdad significativa en el acceso al agua entre zonas urbanas y rurales, con una diferencia del 13.3%, dado que el 91.8% de la población urbana accede a este servicio, mientras que para áreas rurales solo lo hace el 78.5%.

Figura 3

Porcentaje de población que consume agua proveniente de red pública, por residencia - Año móvil: oct. 2016 – set. 2017 a oct. 2022 – set. 2023

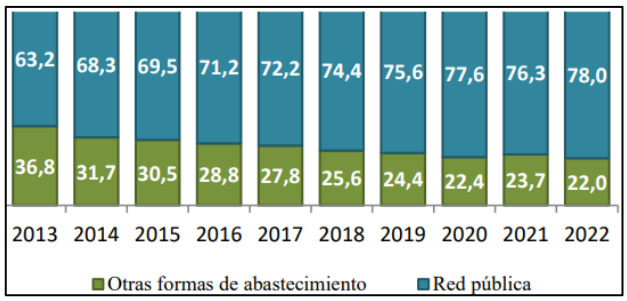


Nota: Fuente: Informe técnico N.º 10 “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico” (p.6), por INEI - Encuesta Nacional de Programas Presupuestales.

A nivel rural, del año 2013 al 2022, existe una tendencia positiva al acceso a agua potable proveniente de red pública, con un incremento de 14.8 puntos porcentuales.

Figura 4

Porcentaje de población por condición de tenencia de agua por red pública, año 2013 – 2022

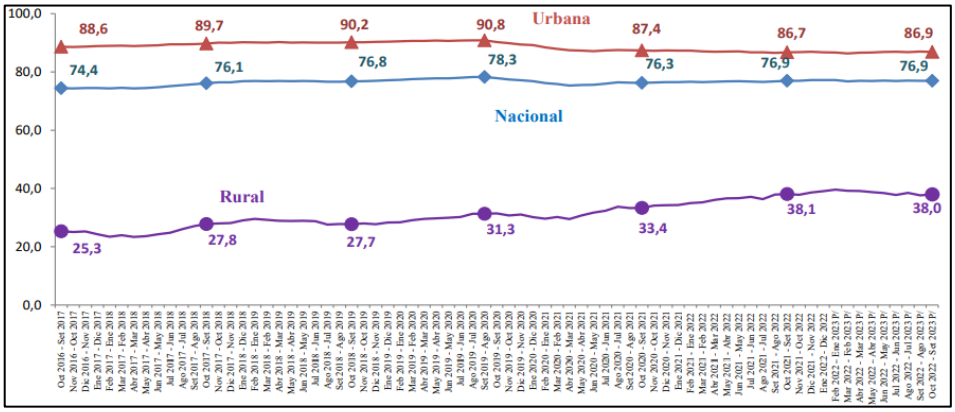


Nota: Red pública, contempla el suministro de agua por red pública tanto dentro de la vivienda como fuera, siempre que esté dentro de la misma edificación o en un pilón de uso público. Otras formas de abastecimiento comprenden camión, cisterna, río, acequia, manantial, pozo, otras formas. Fuente: Informe técnico N.º 10 “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico” (p.12), por INEI - Encuesta Nacional de Programas Presupuestales.

Con respecto al acceso de saneamiento básico, según el informe del INEI, en el año móvil octubre 2022 - setiembre 2023, el 76.9% de la población peruana tiene acceso al sistema de alcantarillado por red pública (casi 25 millones). Según el área de residencia, el servicio está más extendido en el área urbana (86.9%), siendo superior en 48.2 puntos porcentuales en comparación con el área rural (38%).

Figura 5

Porcentaje de población que accede a red pública de alcantarillado, por residencia - Año móvil: oct.2016 – set. 2017 a oct. 2022 – set.2023

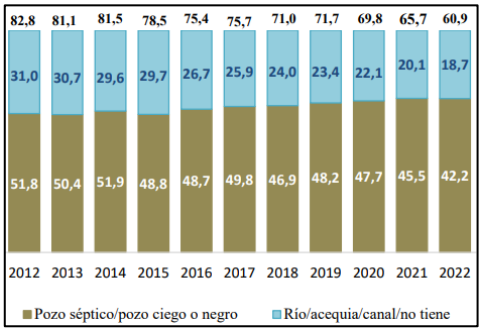


Nota: Tomado de informe técnico N.º 10 “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico” (p.41), por INEI - Encuesta Nacional de Programas Presupuestales.

En el año 2022, el 60.9% de la población del área rural del Perú no tuvo acceso al servicio de saneamiento a través de la red pública de alcantarillado. Esta población usa diferentes métodos para la eliminación de excretas; el 42.2% utiliza letrinas, pozos sépticos y/o pozos ciegos, el 18.7% vierten sus excretas directo en ríos o acequias, o carecen por completo de un sistema de eliminación de excretas.

Figura 6

Porcentaje de población sin acceso a red pública de alcantarillado en área rural, 2012-2022



Nota: Tomado de informe técnico N.º 10 “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico” (p.47), por INEI - Encuesta Nacional de Programas Presupuestales.

A pesar de los avances en el acceso a servicios de agua potable y saneamiento en el Perú, especialmente en áreas rurales, persiste una notable desigualdad entre las zonas rurales y las urbanas. Es crucial invertir recursos financieros suficientes para abordar esta problemática y garantizar un acceso equitativo y sostenible al agua potable y al saneamiento para todos.

Es por ello que el gobierno peruano, a través del Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR), proporciona financiamiento y ejecuta proyectos de infraestructura de saneamiento. Además, contribuye a la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento en las comunidades rurales del país.

En el año 2013, La Municipalidad Distrital de Quinistaquillas, Provincia General Sánchez-Cerro, Región Moquegua; responsable de la dotación de agua potable a todas las localidades del distrito y a la localidad de Quinistaquillas, identifica la problemática de condiciones de insalubridad en la población de la localidad de Quinistaquillas, distrito Quinistaquillas, e inicia la formulación del estudio de Pre inversión. En el año 2014 firma el convenio 42867 entre la Municipalidad Distrital de Quinistaquillas y la Municipalidad Provincial General Sánchez Cerro refrendado con el formato anexo 16 de la Dirección General de Programación Multianual del Ministerio de Economía y Finanzas prorrogado hasta el 12 de marzo del 2015, remitido con OFICIO N° 073-2014-A/MDQ, para la evaluación del estudio de Pre Inversión a Nivel de Perfil.

En el año 2014, 17 de marzo del 2014 inicia la evaluación del Perfil por parte de la OFICINA DE PROGRAMACION DE INVERSIONES (OPI) MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE GENERAL SANCHEZ CERRO – OMATE, culminando la evaluación el 17 de setiembre del 2014 aprobado con el Informe Nº 188-2014-CPLL-UF-GOPDU/MPGSC de fecha 05 de setiembre del 2014; en el Aplicativo del Banco de Proyectos del Ministerio de Economía y Finanzas, asignándole el código único N° 2237294 del Sistema Nacional de Inversión Pública.

A partir del año 2018 la Municipalidad Distrital de Quinistaquillas intenta realizar el estudio del Expediente Técnico, sin mayor éxito y es a partir del año 2021 la municipalidad

encarga a la Empresa Bussines & Consulting Ingenieros SCRL la elaboración del Expediente técnico para buscar financiamiento a través del PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO RURAL del MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, logrando evaluarse a través de la Plataforma PRESET (Plataforma de Registro, Evaluación y Seguimiento de los Expedientes Técnicos), y actualmente se viene evaluando bajo la RM N° 208-2024-VIVIENDA, encontrándose en su última fase de Evaluación en la etapa de CALIDAD, para ser financiado por el Ministerio de Vivienda y cuya Unidad Ejecutora será la Municipalidad distrital de Quinistaquillas.

En el presente trabajo de suficiencia se desarrollará el modelamiento hidráulico del sistema de agua potable y redes de alcantarillado del proyecto anteriormente mencionado.

1.2 Planteamiento de la Realidad Problemática

La localidad de Quinistaquillas, como capital del distrito de Quinistaquillas, requiere infraestructuras que permitan el óptimo desenvolvimiento y desarrollo de las actividades básicas y complementarias de sus pobladores.

En la actualidad, el distrito cuenta con un conjunto de infraestructuras de saneamiento que los pobladores y visitantes perciben como mínimo e insuficiente. Además, es necesario realizar el mantenimiento de las infraestructuras públicas que operan en la localidad. La Municipalidad Distrital de Quinistaquillas en su Programa de Inversiones para el año 2017 mediante el presupuesto participativo, ha considerado la ejecución del proyecto “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA” como una necesidad de ejecución de infraestructura pública en el ámbito distrital.

El proyecto surge por la demanda de los pobladores de la Localidad de Quinistaquillas, conjuntamente con sus juntas directivas, las autoridades del Distrito y los moradores del sector, quienes han solicitado en reiteradas veces la necesidad del “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA

LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA”

Las insuficientes condiciones de la prestación de servicios de agua potable. Las viviendas que se encuentran ubicadas en cotas por encima de los 1805 m.s.n.m. no cuentan con adecuadas presiones de servicio y el abastecimiento de agua potable se da solo por horas debido a la falta de presión y por la mala distribución del mismo, dando como resultado que las familias deban almacenar agua en baldes y bidones, generando focos infecciosos. Además, el clima cálido (con temperaturas superiores a 20 ºC) convierte el agua estancada en hábitat de moscas y mosquitos. También se da un abastecimiento con agua superficial de mala calidad, sin el tratamiento respectivo.

Por otro lado, algunos pobladores carecen de red de alcantarillado, algunos de ellos cuentan con letrinas al interior de sus domicilios, las cuales no tienen un diseño sanitario adecuado, y no reciben un adecuado mantenimiento. Se han detectado inadecuadas prácticas y hábitos de higiene entre la población (escaso aseo, falta de limpieza de los alimentos ingeridos, etc.)

En la actualidad el servicio de alcantarillado alcanza hasta un 88.20% de cobertura. El tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Quinistaquillas se realiza en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) existente.

La elaboración del expediente del Proyecto denominado “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA” tiene como finalidad, disminuir el índice de enfermedades digestivas, infecciosas y parasitarias en la población de la Localidad de Quinistaquillas, distrito de Quinistaquillas para lo cual se plantea mejorar el abastecimiento y calidad del agua potable y adecuar el sistema de alcantarillado para evacuar las aguas residuales a un punto final de tratamiento.

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar el modelo hidráulico del sistema de agua potable (línea de conducción, línea de aducción, redes de distribución) y sistema de saneamiento (redes colectoras y emisor final) durante el periodo 2024-2044 de la localidad de Quinistaquillas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir la zona de estudio de Quinistaquillas y sus anexos.
- Sustentar los parámetros de diseño para el cálculo hidráulico.
- Describir las etapas de modelamiento hidráulico del sistema de agua potable y de alcantarillado en Quinistaquillas.
- Diseñar las otras estructuras hidráulicas (captación, cámaras rompe presiones, cámara distribuidora de caudales, reservorio).

Capítulo II. Marcos teórico y legal

2.1 Marco teórico

2.1.1 Saneamiento Básico

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS,2022) en su publicación: "Saneamiento básico: agua segura, disposición de excretas y manejo de la basura: cuadernillo para capacitaciones con enfoque intercultural en áreas rurales." define al saneamiento básico como el conjunto de medidas que se implementan sobre el ambiente destinadas a minimizar riesgos para la salud, prevenir la contaminación y mejorar los estándares de salud.

De acuerdo con el artículo 2 de la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento (MVCS, 2018), los servicios de saneamiento están conformados por sistemas y procesos, de acuerdo a lo siguiente: Servicio de Agua Potable que incluye su producción y distribución, el Servicio de Alcantarillado Sanitario que se encarga de la recolección, impulsión y conducción de aguas residuales hasta el punto de entrega para su tratamiento, el Servicio de Tratamiento de Aguas Residuales para su disposición final o reúso y el Servicio de Disposición Sanitaria de Excretas que son procesos para la disposición final del agua residual y la disposición adecuada de excretas a nivel intradomiciliario, con o sin uso de sistemas de arrastre hidráulico.

2.1.2 Definiciones Básicas

Las siguientes definiciones son de acuerdo al Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018) en su Norma Técnica de Diseño Opciones Tecnológicas para Sistema en el ámbito rural de la R.M 192-2018-VIVIENDA en el inciso 4 del capítulo I:

2.1.2.1 Ámbito rural del Perú. El ámbito rural se refiere al conjunto de localidades o centros poblados, donde la población no excede los 2000 habitantes, las localidades tienen un sentido territorial de pertenencia y se desarrollaron en base a la oferta de recursos naturales.

2.1.2.2 Ámbito geográfico. El ámbito geográfico se refiere a la región geográfica donde se ubica el sistema de agua potable y/o de saneamiento. Las características regionales impactan en el funcionamiento del sistema. Se toman en cuenta la clasificación clásica de las regiones del Perú (Costa, Sierra y Selva). El ámbito geográfico determina la dotación de abastecimiento de agua y el tipo de fuente preponderante.

2.1.2.3 Fuente de abastecimiento. Se refiere a un cuerpo de agua ya sea natural o artificial, empleado para abastecer agua a uno o varios centros poblados. El origen de la fuente puede ser superficial, subterránea o hasta pluvial.

2.1.2.4 Opciones tecnológicas. Son las diversas soluciones de saneamiento que se rigen a las características técnicas, económicas y sociales para su selección adecuada. La Norma Técnica clasifica las opciones tecnológicas en convencionales (elegidas para atender a comunidades numerosas concentradas en localidades o ciudades) y no convencionales (diseñadas para atender a un número reducido de familias dispersadas en vastas áreas de territorio).

2.1.2.5 Periodo de diseño. Es el lapso de tiempo en el cual la infraestructura de un sistema de agua potable o saneamiento deberá cumplir su función adecuadamente.

2.1.2.6 Periodo óptimo de diseño. Es el lapso de tiempo donde la capacidad de una infraestructura del sistema de agua potable o saneamiento satisface la demanda proyectada, reduciendo el valor actual de costos de inversión, operación y mantenimiento, en el transcurso del horizonte de evaluación del proyecto del sistema de agua potable o saneamiento.

2.1.2.7 Población de diseño. Se refiere al número de habitantes prevista tener al final del periodo de diseño.

2.1.3 Parámetros de Diseño

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018) en el capítulo III de la norma técnica de la R.M. N.º 192-2018-VIVIENDA los parámetros de diseño son los siguientes:

2.1.3.1 Periodo de Diseño. Se establece tomando en cuenta aspectos como la vida útil de la infraestructura y equipos existentes, la economía de escala, la dificultad para realizar ampliaciones, el crecimiento poblacional, la capacidad económica para la ejecución de obras y la vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018) considera los períodos de diseño máximos para los sistemas de saneamiento de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1

Periodos de diseño de infraestructura sanitaria

Estructura	Periodo de diseño
Fuente de abastecimiento	20 años
Obra de captación	20 años
Pozos	20 años
Planta de tratamiento de agua para consumo humano	20 años
Reservorio	20 años
Líneas de conducción, impulsión y distribución.	20 años
Estación de bombeo	10 años
Equipos de bombeo.	10 años
Unidad Básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable	10 años
Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

Nota: Fuente- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].

2.1.3.2 Población de diseño. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018) indica que para su cálculo se debe usar el método de crecimiento aritmético, según la Ecuación 1.

$$Pd = Pi * \left(1 + \frac{r*t}{100}\right) \qquad (1)$$

Donde:

- Pi = Población inicial [habitantes]
- Pd = Población de diseño [habitantes]
- r = Tasa de crecimiento poblacional anual [%]
- t = Período de diseño [años]

La tasa de crecimiento poblacional es específica para cada localidad, si no se dispone de ésta, se debe adoptar una tasa relativa a una localidad cercana, o en su ausencia, se usará la tasa de crecimiento distrital rural.

Si la tasa de crecimiento es negativa, se adoptará una tasa de r=0% y se asume que la población de diseño es igual a la población inicial. Para cualquier caso, se debe contar con un padrón de usuarios actualizado y validado de la localidad del proyecto.

2.1.3.3 Dotación de abastecimiento. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018) define dotación como la cantidad de agua potable necesaria para satisfacer las necesidades diarias de consumo de cada habitante en una vivienda. Es determinada por el tipo de opción tecnológica seleccionada para la disposición sanitaria de excretas sin recolección por redes de tuberías, las dotaciones para usuarios domésticos se detallan en la tabla 2.

Tabla 2

Dotación de agua según opción tecnológica y región (L/hab/d)

Región	Sin arrastre hidráulico (compostera y hoyo seco ventilado)	Con arrastre hidráulico (tanque séptico mejorado)
Costa	60 L/h/d	90 L/h/d
Sierra	50 L/h/d	80 L/h/d
Selva	70 L/h/d	100 L/h/d

Nota: Fuente- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].

Cuando el abastecimiento se de a través de piletas públicas, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018) indica que la dotación recomendada será de 30 L/hab./día.

Cuando se trate de la implementación de un sistema de saneamiento por redes de tuberías y de acuerdo a las características socioeconómicas, culturales, densidad poblacional, y condiciones técnicas, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2004) en su guía de “Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales” nos indica que se debe usar una dotación de 100 L/hab./d.

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018) indica las dotaciones empleadas en instituciones educativas como se muestran en la tabla 3:

Tabla 3

Dotación de agua para centros educativos (L/alumno/d)

Descripción	Dotación (L/alumno/d)
Educación primaria e inferior (sin residencia)	20 L/alumno/d
Educación secundaria y superior (sin residencia)	25 L/alumno/d
Educación en general (con residencia)	50 L/alumno/d

Nota: Fuente- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].

2.1.3.4 Caudal promedio diario anual (Qp) Según la terminología de la norma técnica del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018), el caudal promedio diario anual es el caudal de agua estimado que consume, en promedio, la población de la localidad rural en un año. Se calcula según Ecuación 2:

$$Qp = \frac{Dot * Pd}{86400} \qquad (2)$$

Donde:

- Qp = Caudal promedio diario anual [L/s]
- Dot = Dotación [L/hab/d]
- Pd = Población de diseño en habitantes [hab]

2.1.3.5 Variaciones de consumo. Se basará en estudios de consumo reales en la localidad del proyecto, si no hubiese, se tomarán en cuenta estimaciones disponibles.

2.1.3.5.1 Caudal máximo diario (Qmd). Según la terminología de la norma técnica del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018), es el caudal que corresponde al día de máximo consumo de agua en el año. Sin estudios de consumo, se considera un coeficiente adimensional de 1.3, como se muestra en la Ecuación 3:

$$Qmd = 1{,}3 * Qp \qquad (3)$$

Donde:

- Qmd = Caudal máximo diario anual [L/s]
- Qp = Caudal promedio diario anual [L/s]

2.1.3.5.2 Consumo máximo horario (Qmh). Según la terminología de la norma técnica del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2018), es el caudal que corresponde a la hora de máximo consumo de agua en el día de máximo consumo de agua en el año. Sin estudios de consumo, para el Qmh se determinará multiplicado el consumo promedio diario anual Qp por un coeficiente adimensional de 2, como se muestra en la Ecuación 4:

$$Qmh = 2{,}0 * Qp \qquad (4)$$

Donde:

- Qmh = Caudal máximo horario anual [L/s]
- Qp = Caudal promedio diario anual [L/s]

2.1.3.6 Volumen de almacenamiento. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2006) en la norma OS 0.30–Almacenamiento de agua para consumo humano, indica que el volumen de almacenamiento está destinado a abastecer agua a una población para su distribución con presiones y cantidades adecuadas, ajustándose a las variaciones de consumo que se presenten. Si el suministro es continuo, el volumen de almacenamiento es el 25% de la demanda diaria promedio anual (Qp). Si es discontinuo, el volumen de almacenamiento es igual o mayor al 30% de Qp.

2.1.3.7 Coeficiente de retorno al alcantarillado. Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2006) en la Norma OS.070--Redes de Aguas Residuales indica que el caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno (C) del 80 % del caudal del caudal máximo horario.

2.1.4 Abastecimiento de Agua Para Consumo Humano

Arocha (1980) señaló que el objetivo de un sistema de abastecimiento de agua potable es suministrar agua con presión suficiente y continuidad a una localidad respondiendo adecuadamente a sus condiciones sanitarias, sociales y económicas.

2.1.4.1 Criterios de Selección. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), en el capítulo II-Ítem 1.1. de la norma técnica de la Resolución

Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA establece los criterios de selección para la opción tecnológica de abastecimiento de agua en localidades rurales, donde se evalúan ciertas condiciones técnicas de la zona del proyecto. Los criterios evaluados son:

- Tipo de Fuente. Se clasifican en 3 tipos: superficial (ríos, quebrada, lagunas o lagos, canales, etc.), subterránea (pozos, manantiales y galerías filtrantes) y pluvial (agua de lluvia, agua de neblina).
- Ubicación de la Fuente: Este criterio define si el abastecimiento de agua es por gravedad (fuente ubicada a una cota mayor a la cota de la localidad) o por bombeo (fuente ubicada a una cota menor a la cota de la localidad)
- Nivel freático: Si la fuente escogida sea subterránea, el nivel freático determina si la captación es por manantial (napa freática próxima a la superficie) u otras soluciones como galerías filtrantes o pozos (napa freática profunda).
- Frecuencia e intensidad de lluvias: Se aplica este criterio si la fuente es pluvial, la zona del proyecto debe tener un registro pluviométrico de los últimos 10 años, que asegure la dotación necesaria o complemente la dotación obtenida por otra fuente.
- Disponibilidad de agua: Este criterio indica que la fuente elegida proporcione la dotación suficiente para el consumo humano y servicio en la vivienda. El rendimiento de la fuente escogida debe ser mayor a la demanda estimada de la población del proyecto.
- Zona de vivienda inundable: Se trata de determinar si la zona del proyecto es vulnerable a inundaciones permanentes o limitadas debido a fuertes precipitaciones o desbordamientos de cuerpos de agua (ríos, lagunas, presas de agua).
- Calidad de agua: Se usará los términos de los Estándares de Calidad de Agua del Decreto Supremo N.º 002-2008- MINAM, donde las aguas A1 solo requieren desinfección para su potabilización, mientras que las A2 requieren tratamiento convencional y las A3 requieren tratamiento avanzado. Generalmente en zonas rurales se escogen fuentes subterráneas A1 (su tratamiento es simple desinfección) o fuentes superficiales A2 (su tratamiento consiste en prefiltración con grava y luego

una filtración lenta). La calidad del agua cruda se verificará mediante resultados de ensayos de laboratorio y se determinará el tipo de tratamiento para su potabilización. Además, el agua tratada deberá cumplir con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio de Salud (MINSA,2010) en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano aprobados por el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA.

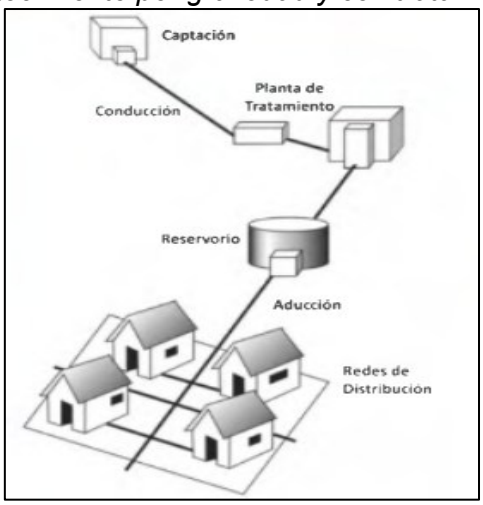
2.1.4.2 Opciones tecnológicas. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) clasifica las alternativas disponibles para los sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales en 07 opciones tecnológicas, los componentes de estas opciones tecnológicas se detallan a continuación:

2.1.4.2.1 Sistemas por gravedad. Depende de la calidad de agua, se clasifican en:

- Con tratamiento. La opción tecnológica SA-01 se compone de captación por gravedad, línea de conducción, planta de tratamiento de agua potable, reservorio, desinfección, línea de aducción, redes de distribución.

Figura 7

Esquema de sistema de abastecimiento por gravedad y con tratamiento



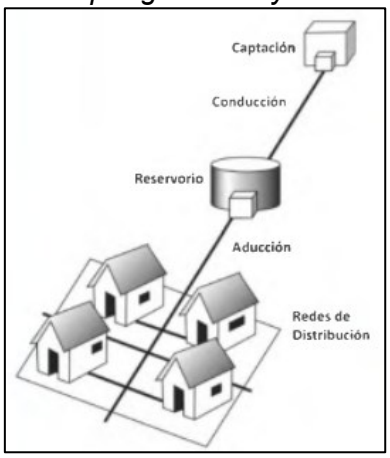
Nota: Tomado de la publicación: “Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local” (p.80), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

- Sin tratamiento. La opción tecnológica SA-03 se compone de captación de manantial (ladera o fondo), línea de conducción, reservorio, desinfección, línea de aducción, redes de distribución. Y el sistema SA-04 consiste en captación (galería

filtrante, pozo profundo o pozo manual), estación de bombeo, reservorio, desinfección, línea de aducción, redes de distribución.

Figura 8

Esquema de sistema de abastecimiento por gravedad y sin tratamiento



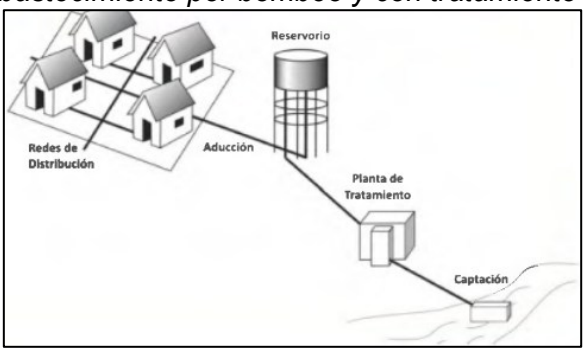
Nota: Tomado de la publicación: "Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local" (p.79), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

2.1.4.2.2 Sistemas por bombeo. Depende de la calidad de agua y su respectiva potabilización, se clasifican en:

- Con tratamiento. La opción tecnológica SA-02 se compone de captación por bombeo, línea de impulsión, planta de tratamiento de agua potable, reservorio, desinfección, línea de aducción, redes de distribución.

Figura 9

Esquema de sistema de abastecimiento por bombeo y con tratamiento



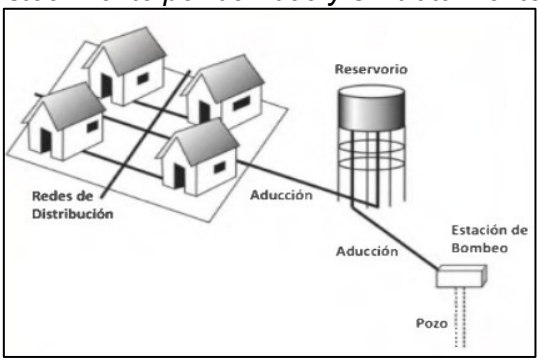
Nota: Tomado de la publicación: "Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local" (p.81), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

- Sin tratamiento. La opción tecnológica SA-05 se compone de captación de manantial (ladera o fondo), estación de bombeo, línea de impulsión, reservorio, desinfección, línea de aducción, redes de distribución. La opción tecnológica SA-06

se compone de captación (galería filtrante pozo profundo o pozo manual), estación de bombeo, línea de impulsión, reservorio, desinfección, línea de aducción, redes de distribución.

Figura 10

Esquema de sistema de abastecimiento por bombeo y sin tratamiento

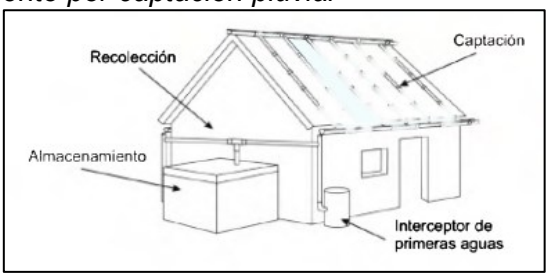


Nota: Tomado de la publicación: "Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local" (p.80), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

2.1.4.2.3 Sistemas pluviales. Usado en zonas con lluvias frecuentes. La opción tecnológica SA-07 se compone de captación de lluvia en techo, reservorio, desinfección.

Figura 11

Esquema de abastecimiento por captación pluvial

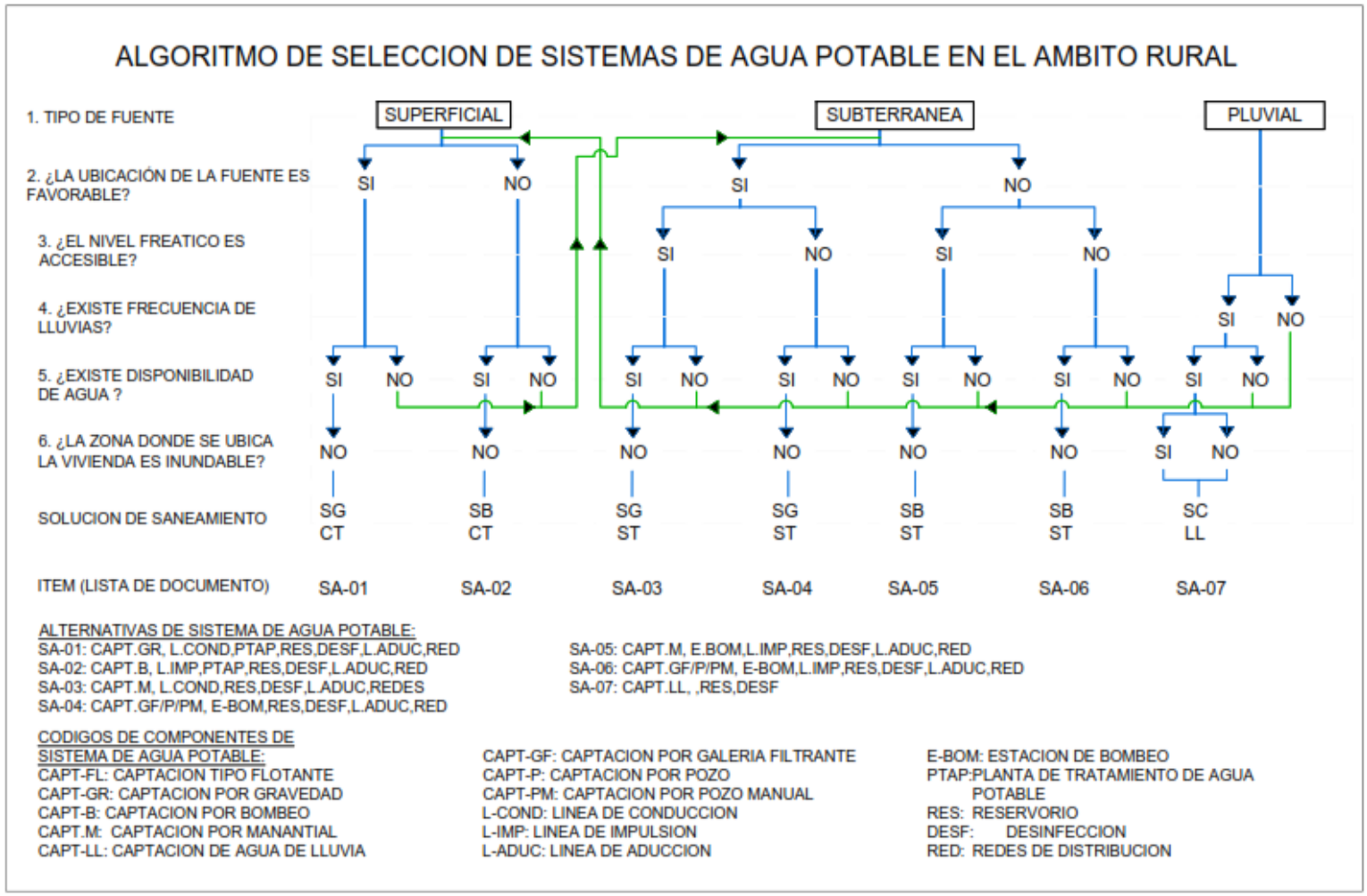


Nota: Tomado de la publicación: "Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local" (p.82), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

2.1.4.3 Algoritmo de selección de opciones tecnológicas. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) en base a los criterios de selección muestra el árbol de decisión o algoritmo de selección con el objetico de seleccionar la opción tecnológica más apropiada.

Figura 12

Algoritmo de selección de sistemas de abastecimiento de agua potable para el ámbito rural

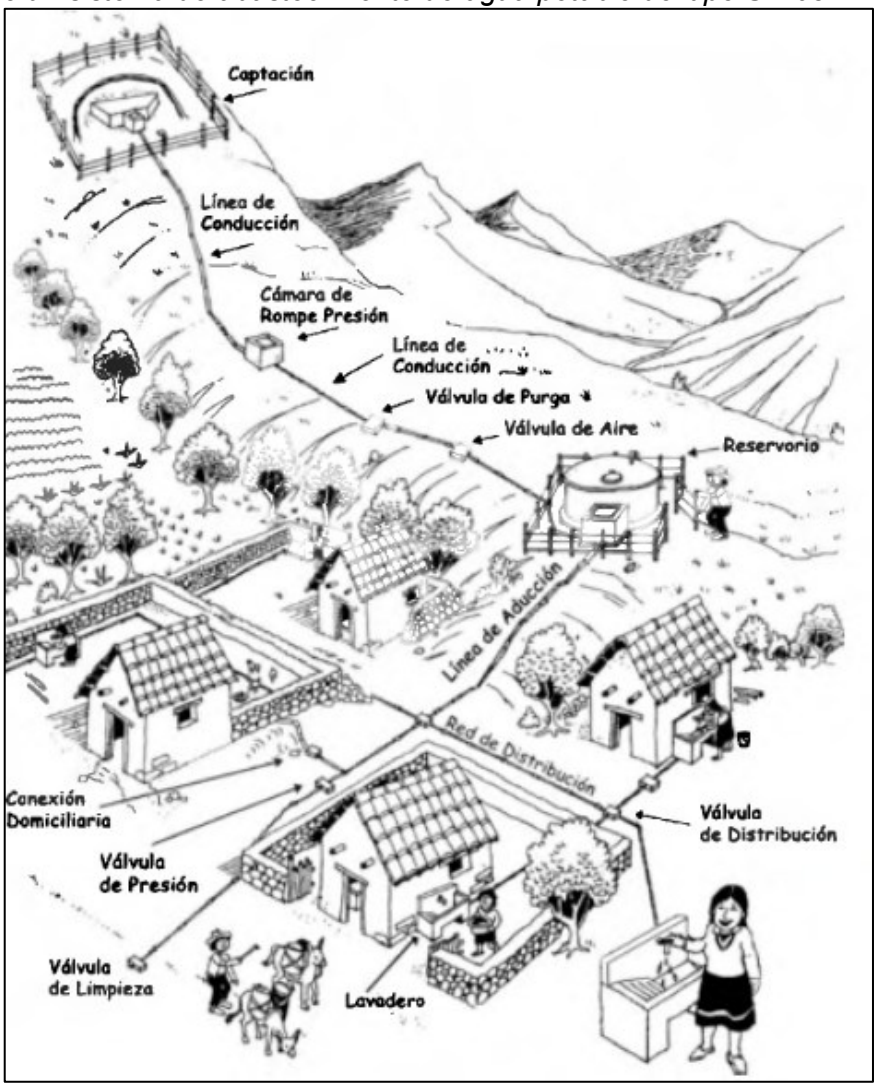


Nota: Adaptado de Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p. 15) por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

2.1.4.4 Diseño de sistema de abastecimiento. Dado que la opción tecnológica para el sistema de abastecimiento de la localidad de Quinistaquillas es SA-03 (Captación de manantial de ladera, línea de conducción, reservorio, desinfección, línea de aducción, redes de distribución). Se desarrollará la base teórica de dichos componentes según la norma técnica de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA

Figura 13

Esquema de un sistema de abastecimiento de agua potable del tipo SA-03



Nota: Tomado de la publicación: "Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local" (p.79), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

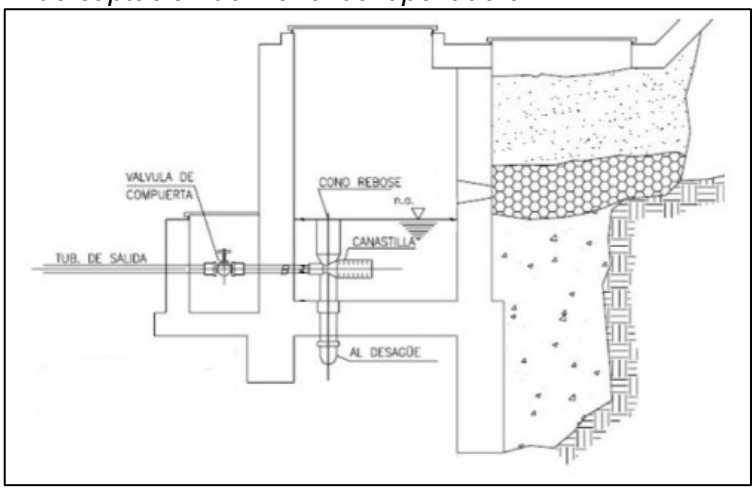
2.1.4.4.1 Captación de Manantial de ladera. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) lo define como la infraestructura que se construye para proteger un manantial que aflora en una superficie inclinada, ya sea de

manera puntual o dispersa. Sus componentes son: Cámara de protección (Evita la perturbación del caudal de agua emergente del manantial), Tuberías y accesorios: (Los diámetros son dimensionados con el caudal máximo diario, salvo razón justificada. Se deben prever canastilla al inicio de la conducción, válvulas, tubería de limpieza, tubería de rebose y su tapa de inspección sanitaria) y Protección perimetral (Protege la zona de captación de agua de la contaminación exterior, además debe contar con canales de drenaje en la parte superior y alrededor de la captación para evitar la contaminación por aguas superficiales).

Además, para su diseño se debe saber el valor del caudal máximo de la fuente, para el cálculo del número y diámetro de los orificios que entran a la cámara húmeda.

Figura 14

Esquema de perfil de captación de manantial tipo ladera



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.61), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

2.1.4.4.2 Línea de conducción. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) señala que esta estructura está compuesta por tuberías, permite conducir el agua desde la captación hasta el reservorio o la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Su dimensionamiento se calcula con el Qmd, además se consideran otras estructuras como anclajes para accesorios, válvulas de purga, válvulas de aire, cámaras rompe presión y pases aéreos.

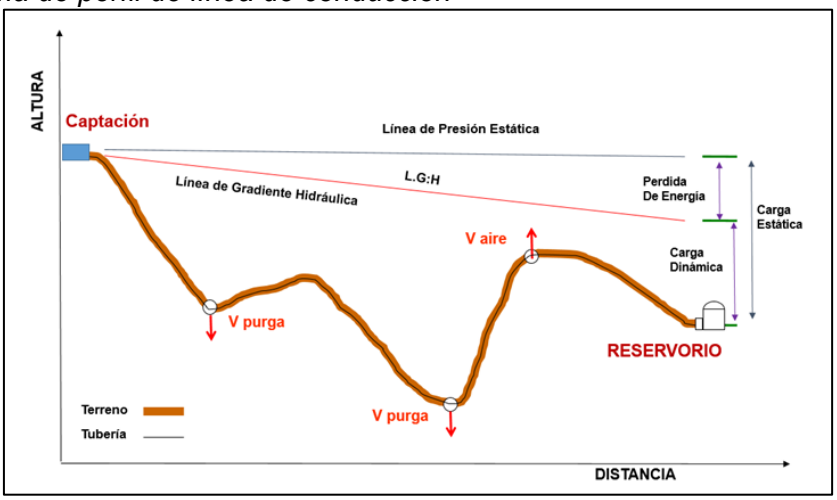
Aunque la norma técnica recomienda el uso de tuberías de PVC, en función de las condiciones expuestas y la topografía del área de estudio en Quinistaquillas, se proyectará el uso de tuberías de HDPE.

El diámetro de la línea de conducción se calcula con el caudal máximo diario (Qmd); pero si el suministro fuera discontinuo se diseña con el caudal máximo horario (Qmh). Además, su velocidad mínima debe superar los 0,60 m/s y la velocidad máxima admisible es 3 m/s, pudiendo llegar hasta los 5 m/s en casos justificados. El diámetro mínimo de la línea de conducción es de 25 mm (1”) para zonas rurales.

Además, la presión estática máxima de las tuberías debe ser menor al 75% de la presión de trabajo determinada por el fabricante de tubos, la presión estática ocurre en una tubería cuando el agua se encuentra en reposo o flujo nulo. Asimismo, las presiones de servicio de accesorios y válvulas de la línea de conducción deben ser compatibles con las presiones de las tuberías.

Figura 15

Esquema de perfil de línea de conducción



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.76), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

La norma técnica señala que mm se usa la fórmula de Hazen-Williams para dimensionar de tuberías de más de Ø50 mm y se usa la fórmula de Fair-Whipple para tuberías iguales o menores de Ø50 mm. En el presente trabajo de suficiencia, usaremos el

software WaterGEMS y la fórmula teórica de Darcy Weisbach al tratarse de diámetros pequeños propios de sistemas rurales.

2.1.4.4.3 **Cámara rompe presiones (CRP6).** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) señala que, debido a la diferencia notable de elevación entre la captación y algunos puntos de la línea de conducción, se pueden generar presiones que superen a la máxima que puede soportar la tubería. Por este motivo, se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión (CRP6) cada 50 m de desnivel. La sección interior mínima de las CRP6 es de 0,60 x 0,60 m, para su facilidad constructiva y para permitir el alojamiento de tuberías y accesorios. La altura de la cámara húmeda se calculará mediante la suma de tres conceptos: Altura mínima de salida (>10 cm), borde libre (>40 cm) y carga de agua requerida (determinado con la ecuación de Bernoulli para permitir el flujo del caudal de salida). Otras recomendaciones son que el nivel de agua debe ser inferior a la tubería de entrada a la cámara, se dispondrá de una canastilla de salida en la tubería de salida (para impedir la entrada de objetos en la tubería). Además, la cámara dispondrá de un aliviadero o rebose y la cámara tendrá una tapa sanitaria con cierre hermético y removible, facilitando operaciones de mantenimiento.

Figura 16

Esquema de perfil de cámaras rompe-presión CRP-06



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.82), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

2.1.4.4.4 Cámara de distribución de caudales. Según la norma técnica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), una cámara distribuidora de caudales tiene como función repartir el caudal por gravedad, en dos partes.

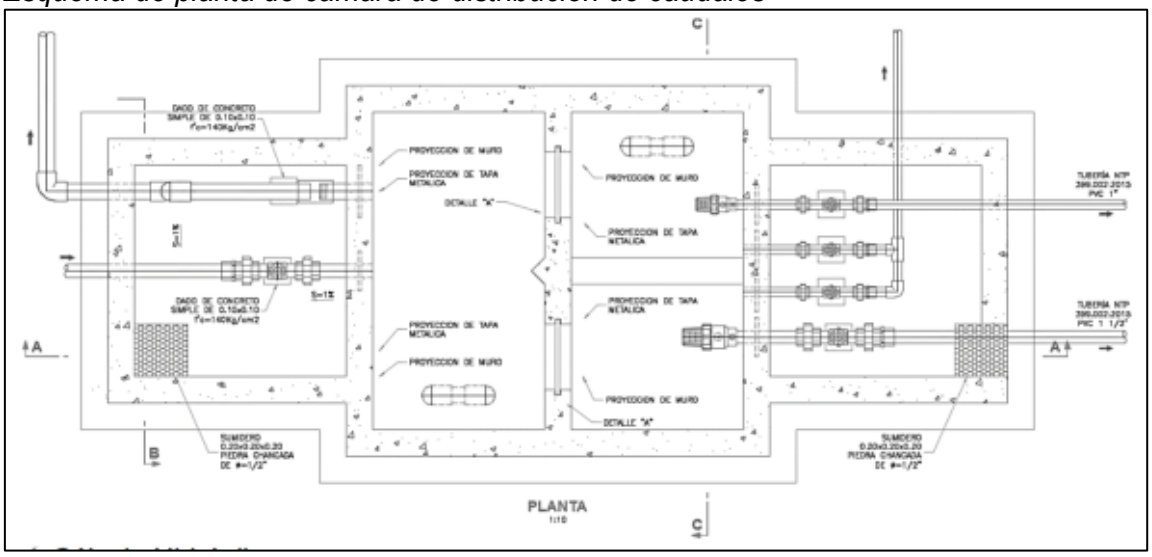
Se diseñan cuando hay más de un reservorio en el proyecto debido a grandes distancias, diferencias de nivel, distintas localidades o cuando el agua de la fuente deba destinarse a distintos usos (consumo humano, riego, pecuaria).

Su instalación incluye ventajas como el uso racional y proporcional del agua, reducción de costos de aducción y disminución de la instalación de cámaras rompe–presión, ya que hidráulicamente esta estructura actúa como una cámara rompe presión.

Cada cámara húmeda debe tener una sección interior mínima de 0.55x0.65 m, para su facilidad constructiva y permitir el alojamiento de tuberías y accesorios. En la construcción de las cámaras se usará concreto armado (f'c=210 kg/cm^2). Tendrá tapa sanitaria metálica de sección 0.6x0.6 m. Contará con tuberías de rebose y purga y un dado de concreto simple (f'c=140 kg/cm^2) de 0.30x0.20x0.20m, y piedra asentada con concreto simple f'c=140 kg/cm^2. El sistema incluirá accesorios en la cámara de distribución (ingreso de ø=xx", salida 1 de ø=a" y salida 2 de ø=b").

Figura 17

Esquema de planta de cámara de distribución de caudales



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.80), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

2.1.4.4.5 Válvula de aire. Según la norma técnica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), las válvulas de aire son dispositivos hidromecánicos diseñados para expulsar y admitir aire automáticamente en la línea de

conducción/aducción/impulsión, asegurando una adecuada operación y mantenimiento. Son necesarias para la evacuación de aire en el llenado o inicio de servicio de la conducción/aducción/impulsión, para la entrada de aire en operaciones de vaciado de líneas o roturas de tuberías evitando las depresiones o vacíos en las tuberías, para expulsar burbujas o bolsas de aire que presentan en el flujo de agua por arrastre y desgasificación (purgado).

Según sus funciones se clasifican en tres tipos: purgadores (eliminan continuamente bolsas o burbujas de aire de las líneas), ventosas bifuncionales (la salida y entrada de aire se da automáticamente) y ventosas trifuncionales (desempeñan las tres funciones anteriores). Las ventosas bifuncionales o trifuncionales se recomiendan instalar en zonas de difícil acceso para su operación y mantenimiento.

La ubicación de ventosas en las líneas de conducción/aducción recomendados y usadas en el presente proyecto son:

- Puntos altos relativos de cada tramo de la línea de agua, para evacuar aire durante su llenado y operación normal, así como la entrada de aire durante su vaciado.
- Variaciones significativas de pendiente, aunque no sean en puntos altos relativos.
- Al inicio y final de tramos con poca o nula pendiente, en intervalos de 400 a 800m.
- Después de la válvula de interrupción de la línea de salida del reservorio.

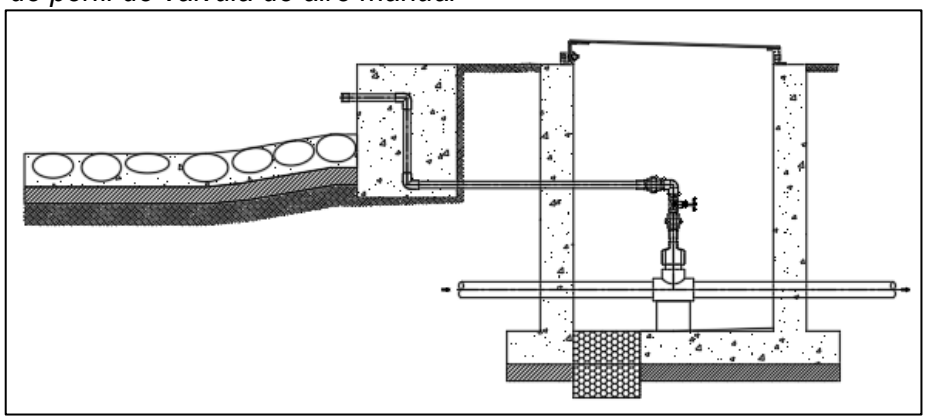
En el presente proyecto se proyecta válvulas de aire de tipo manual y automático.

La válvula de aire manual es de accionamiento manual, su tapa sanitaria es de cierre hermético y removible, para favorecer operaciones de mantenimiento. Para sistemas rurales de abastecimiento de agua, se sugiere que la cámara tenga dimensiones internas de 0.60m x 0.60m x 0.70m, para facilitar su construcción, como para el alojamiento de elementos (tuberías, válvulas y accesorios). Se usará concreto armado f’c=210 kg/cm2, con cemento portland tipo I.

Su operación consiste en abrir despacio la válvula de aire, cuando deja de hacer ruido y se observe que el agua sale con presión entonces cerrar la válvula poco a poco.

Figura 18

Esquema de perfil de válvula de aire manual

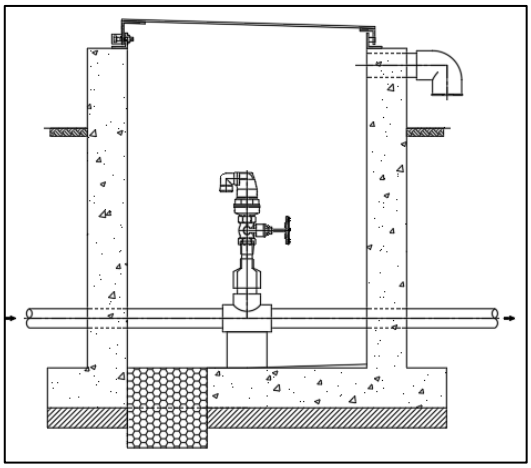


Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (Archivo CAD de cámara de válvula de aire manual), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

La válvula de aire automática es de tipo ventosa trifuncional. La tapa sanitaria será de cierre hermético y removible, facilitando operaciones de mantenimiento. Para sistemas rurales de abastecimiento de agua, se sugiere que la cámara tenga dimensiones internas de 0.60m x 0.60m x 0.70m, para facilitar su construcción, como para el alojamiento de elementos (tuberías, válvulas y accesorios). La estructura será de concreto armado f'c=210 kg/cm^2 con cemento portland tipo I. No requiere operación.

Figura 19

Esquema de perfil de válvula de aire automática



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (Archivo CAD de cámara de válvula de aire automática), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

2.1.4.4.6 Válvula de purga. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) indica que, una válvula de purga consiste en una derivación colocada en la tubería que se desea purgar, cuenta con una válvula de interrupción (según diámetro puede

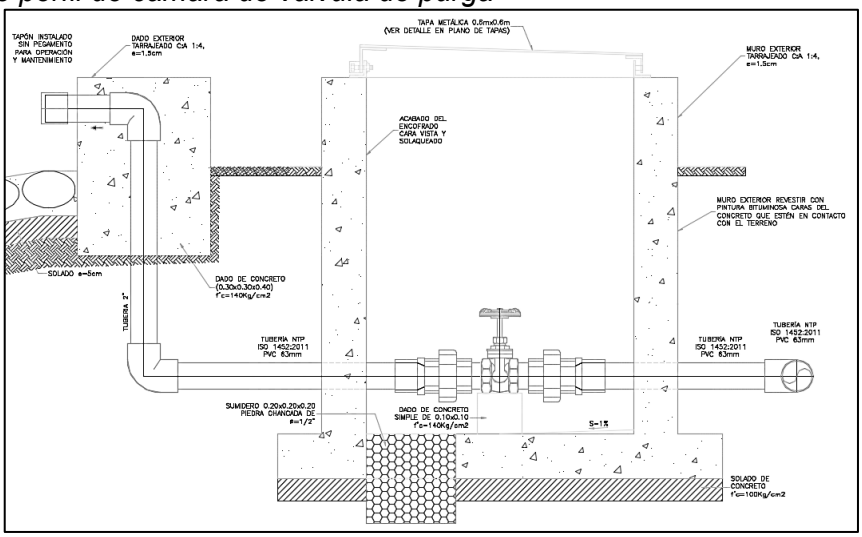
ser compuerta o mariposa) y un tramo de tubería que llega a un desagüe adecuado. Los sedimentos que se acumulan en puntos bajos de la línea de conducción/aducción provocan que el área de flujo de agua disminuya, debiendo instalarse válvulas de purga que permitan la limpieza periódica y su mantenimiento.

Cada tramo de las líneas de aducción o conducción comprendido entre ventosas consecutivas debe tener una o más válvulas de purga en puntos más bajos.

La cámara de concreto armado f'c=210 kg/cm^2 debe tener dimensiones internas de 0.60m x 0.60m x 0.70m, para facilitar su construcción, como para el alojamiento de elementos (tuberías, válvulas y accesorios). El dado de concreto simple será de resistencia de 140 kg/cm². La tapa sanitaria será de cierre hermético y removible, facilitando operaciones de mantenimiento.

Figura 20

Esquema de perfil de cámara de válvula de purga



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.87), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

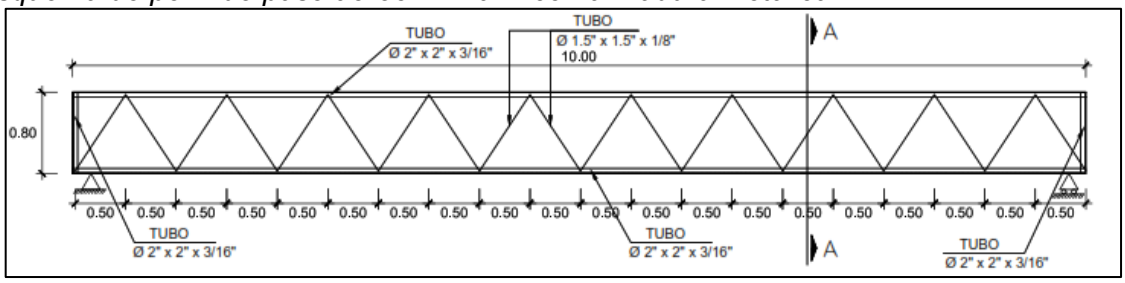
2.1.4.4.7 Pase aéreo. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) nos señala que un pase aéreo es un sistema estructural compuesto de anclajes de concreto y cables de acero que sostienen una tubería que conduce agua, es necesario para continuar el trazo sobre un valle o quebrada que por su topografía no permite instalar la tubería bajo tierra.

Se diseña para soportar todo el peso de la tubería llena de agua y el propio sistema estructural, se estandarizó para longitudes de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75 y 100 m.

De acuerdo a las condiciones de topografía del proyecto se debe seleccionar el diseño de pase aéreo que más sea compatible, pero, de necesitar algún modelo no incluido dentro de los modelos estandarizados, se podrá desarrollar un propio diseño, la supervisión del proyecto debe verificar dicho diseño. Para el presente proyecto se diseñó pases aéreos del tipo acueducto con armadura metálica.

Figura 21

Esquema de perfil de pase aéreo L= 10 m con armadura metálica



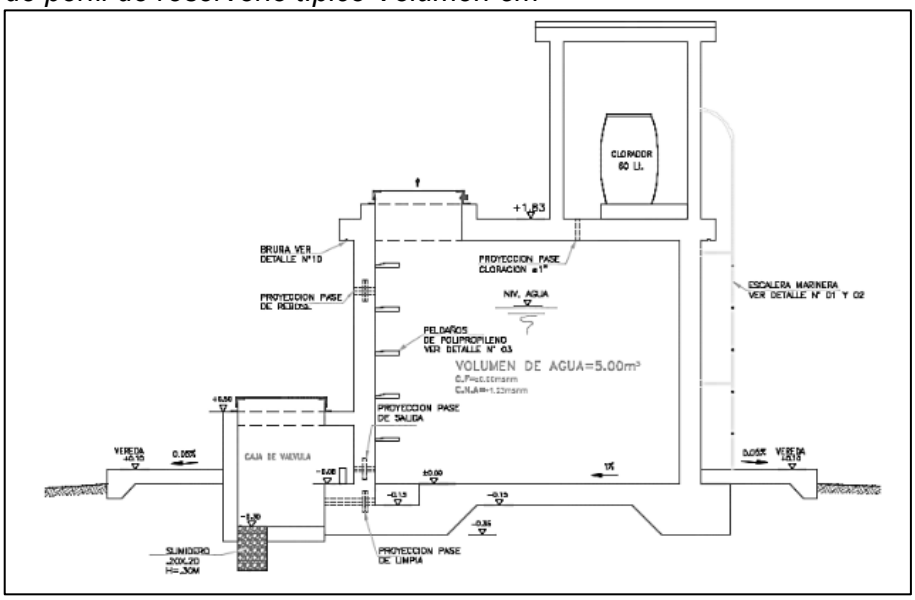
Nota: Fuente-Planos del proyecto "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA"

2.1.4.4.8 Reservorio. Según la norma técnica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), el reservorio es la infraestructura de almacenamiento de agua y su ubicación debe ser lo más cercana la población beneficiaria, su cota de elevación debe garantizar la presión mínima en el punto más crítico del sistema. Su construcción debe preservar la calidad sanitaria del agua y una total hermeticidad. Se usará concreto armado de f'c=280 kg/cm^2 como material de construcción, y su diseño se basará en volúmenes estandarizados de múltiplo de 5m^3 (5, 10, 15, 20 y 40m^3).

Si el suministro de agua es continuo, el volumen de almacenamiento es el 25% de la demanda diaria promedio anual (Qp). Si es discontinuo, el volumen de almacenamiento es igual o mayor al 30% de Qp.

Figura 22

Esquema de perfil de reservorio típico Volumen 5m^3



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.115), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

Se deben aplicar los siguientes criterios:

- Disponer de una tubería de entrada (incluye generalmente una válvula flotadora), una tubería de salida (incluye una canastilla y está a 10 cm por encima de la solera para evitar la entrada de sedimentos), una tubería de rebose (conectada a la tubería de limpieza, para la libre descarga del exceso de caudal en cualquier momento y con capacidad para evacuar el máximo caudal entrante) y una tubería de limpieza (su diámetro debe permitir el vaciado en 2 horas). Todas las tuberías deben ser independientes y con dispositivos de interrupción. Las tuberías de entrada y salida deben ubicarse en posiciones opuestas para garantizar la circulación del agua en el reservorio. Se debe instalar una tubería bypass con una válvula de interrupción, que interconecte las tuberías de entrada y salida, pero no debe usarse el bypass por periodos prolongados, ya que el agua suministrada no cuenta con cloración. También, se deben instalar sistemas de reducción de presión antes o después del reservorio para evitar presiones altas en la aducción y redes de distribución

- La tubería de limpieza debe ubicarse en una cota inferior a la losa de fondo del reservorio, además de que la losa de fondo tenga una pendiente mínima del 1% hacia el punto de limpieza.
- La impermeabilización interior del reservorio debe hacerse con materiales certificados con el estándar NSF 61 o similar.
- La estanqueidad del reservorio debe ser absoluta y debe garantizarse al proyectarse cerrado. Los accesos tanto al interior del reservorio como a la cámara de válvulas deben estar equipados con puertas o tapas con cerrojo.
- El diámetro de las tuberías de ventilación del reservorio debe ser de tamaño reducido para evitar el ingreso de personas y animales, deben estar protegidas con rejillas para dificultar que se introduzcan sustancias al interior del reservorio.
- La distancia recomendable del nivel máximo de agua a la parte inferior de la cubierta del reservorio debe ser igual o mayor que 30 cm para evitar la concentración de cloro y asegurar la renovación del aire.
- Se debe tener un cerco perimétrico mediante muros o vallas metálicas de una altura de 2.20 m a más. El cerco contará con una puerta de ingreso con cerradura.
- El ingreso al interior del reservorio debe efectuarse mediante una escalera de peldaños anclados al muro. Además, el ingreso debe permitir el acceso de materiales y herramientas para cuando se requiera hacer la limpieza y desinfección.
- Las válvulas de interrupción, derivación y control se deben ser agrupadas en cámaras adosadas al reservorio y ser de fácil acceso. La cámara debe contar un punto de evacuación del agua que pueda verterse, como un sumidero con piedra chancada.
- La cloración debe realizarse obligatoriamente en el reservorio, y el sistema elegido debe estar de acuerdo a la ubicación, acceso y capacitación de la población de la localidad rural.

2.1.4.4.9 Sistema de desinfección. Según la norma técnica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), la desinfección asegura la calidad

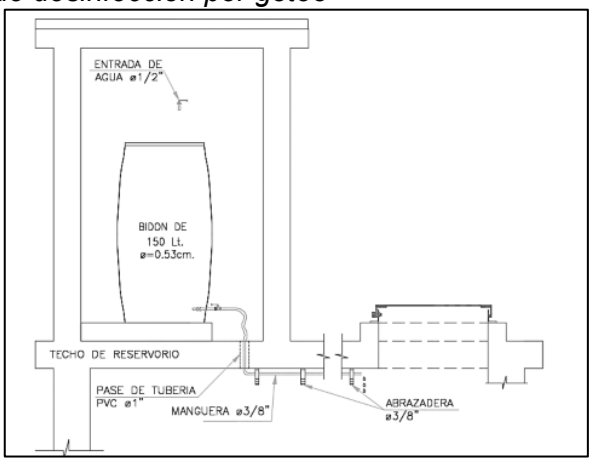
del agua mientras se transporta por las tuberías desde el reservorio hasta las conexiones domiciliarias. El sistema de desinfección debe estar instalado lo más cerca posible de la línea de entrada al reservorio y situado donde la luz natural no afecte la solución de cloro contenida en el recipiente. El rango recomendado del cloro residual activo es de 0.3 mg/L a 0.8 mg/L en condiciones normales de abastecimiento. Cuando las concentraciones superan 0.8 mg/L son detectadas y rechazadas por el consumidor debido al olor y sabor.

Para su construcción, deben emplearse diferentes materiales y sistemas que regulen el goteo por segundo o su equivalente en mL/s. No deben usarse materiales metálicos, ya que estos son susceptibles a la corrosión por el cloro.

La desinfección se debe efectuar con compuestos derivados del cloro, los cuales, debido a sus propiedades oxidantes y altamente corrosivas, tienen gran capacidad destructiva sobre microorganismos presentes en el agua. El Hipoclorito de calcio Ca(OCl)2, comercializado como un producto seco , ya sea granulado, en polvo o pastillas con una concentración del 65% de cloro activo, es usado en la desinfección por goteo para sistemas rurales.

Figura 23

Esquema de sistema de desinfección por goteo



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.120), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

2.1.4.4.10 Línea de aducción. Según la norma técnica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), la línea de aducción es la estructura que transporta el agua potable desde el reservorio hacia las redes de distribución. Su diámetro

se dimensiona con el caudal máximo horario (Qmh). El diámetro mínimo es de 25 mm (1”) para sistemas rurales.

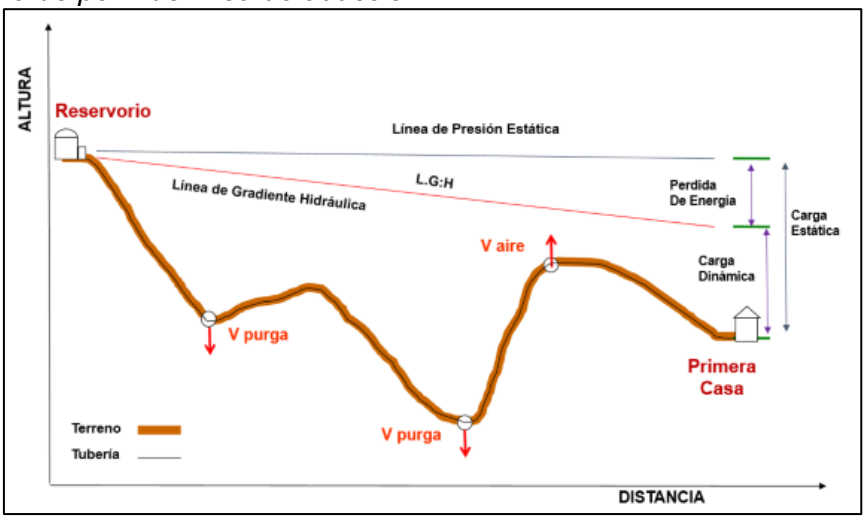
El rango de velocidades admisibles va de 0.60 m/s a 3.0 m/s, al igual que en la línea de conducción. Además, la presión estática máxima de las tuberías debe ser menor al 75% de la presión de trabajo determinada por el fabricante de tubos. Asimismo, las presiones de servicio de accesorios y válvulas de la línea de conducción deben ser compatibles con las presiones de las tuberías.

Para el cálculo de la pérdida de carga por fricción (hf) se considerará la ecuación de Darcy Weisbach en el software WaterGEMS

En trazado de la línea, se recomienda que la pendiente esté en el rango de 0,50% (para facilitar la ejecución y el mantenimiento) a 30% (para prevenir altas velocidades). También se debe buscar el recorrido más corto, siempre y cuando esto no requiera volúmenes de excavación excesivos u otros aspectos. Se evitarán tramos de acceso difícil o que atraviesen zonas vulnerables.

Figura 24

Esquema de perfil de línea de aducción



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.124), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

También, dependiendo del levantamiento topográfico, se debe establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios

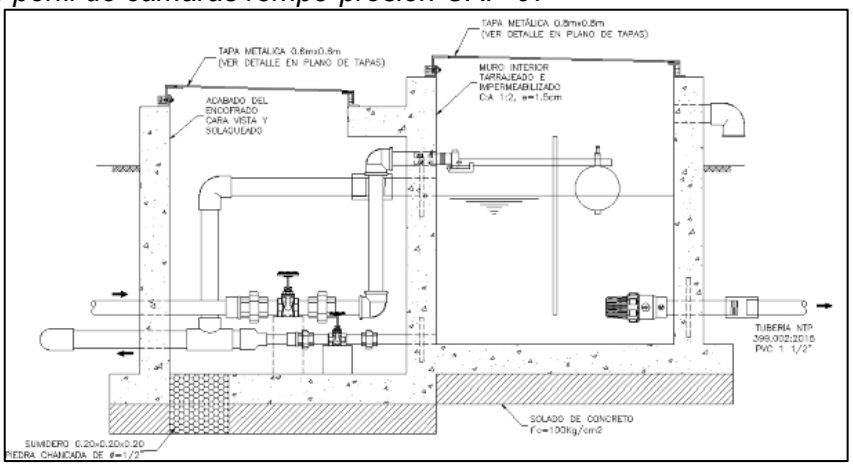
especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación. Luego de su instalación debe realizarse su respectiva prueba hidráulica y desinfección de la línea.

En el presente proyecto del trabajo de suficiencia se usará tuberías de HDPE debido a la topografía y la manejabilidad del material.

2.1.4.4.11 Cámara rompe presiones (CRP7). El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) indica que, si existiese una diferencia notable de cotas entre el reservorio y algunos sectores o puntos de la red de distribución, se pueden generar presiones que sobrepasen la presión máxima que la tubería pueda soportar. Por ello, se sugiere instalar cámaras rompe presión (CRP7) cada 50 m de desnivel. Las recomendaciones de diseño son las misma que para las de cámara rompe presiones CRP6 con excepción de que la tubería de entrada a la cámara debe prever una válvula flotadora para el cierre automático cuando la cámara esté llena y para periodos de caudal nulo debido a la ausencia de demanda de agua.

Figura 25

Esquema de perfil de cámaras rompe-presión CRP-07



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.132), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

2.1.4.4.12 Redes de distribución. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) indica que las redes de distribución son un componente del sistema de agua potable que permite llevar el agua potable hasta cada vivienda mediante las tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias. Las tuberías se dimensionan con el caudal máximo horario (Qmh). En sistema rurales los diámetros mínimos de las tuberías

principales para redes cerradas son de 25 mm (1"), y para redes abiertas se admite un diámetro de 20 mm (3/4") para ramales. La velocidad máxima admisible en las tuberías es de 3 m/s. La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de aducción debe ser mayor a 5 mca., y la presión estática debe ser inferior a 60 mca. Si es necesario, se considera la construcción de cámaras distribuidoras de caudal, cámaras rompe presión CRP7 y reservorios de cabecera, para sectorizar diferentes zonas de presión.

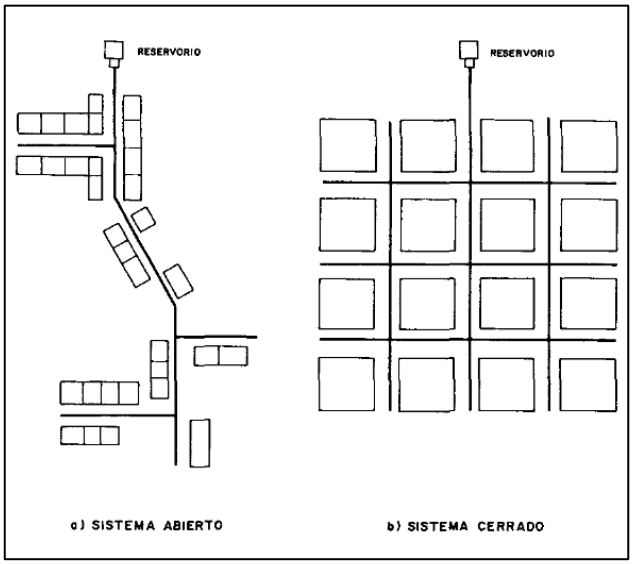
Las redes de distribución de agua potable deben ubicarse siempre en una cota superior con respecto a otras redes que pudieran existir como redes de aguas residuales o de aguas grises. Su trazo debe ubicarse preferentemente en terrenos y vías públicas siempre que sea posible, y evitar su trazo en zonas vulnerables.

Existen dos tipos de redes:

- Redes cerradas o malladas: Son redes formadas de tuberías interconectadas que estableciendo circuitos cerrados “mallas”. El diámetro de la línea de aducción debe garantizar las presiones mínimas de servicio en la red.
- Redes ramificadas: Formada por tuberías que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal, se usa este tipo de diseño de redes para sistemas de 30 conexiones domiciliarias o menos.

Figura 26

Esquema de tipos de redes de distribución

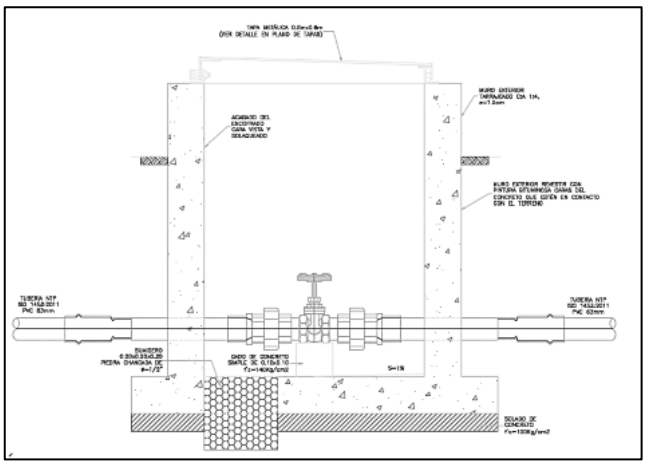


Nota: Fuente: “Agua potable para poblaciones rurales” (p.94), por Agüero Pittman (SER, 1997).

2.1.4.4.13 Válvula de control. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) establece que la ubicación y número de válvulas de control se determinan para aislar tramos de la red durante reparaciones o ampliaciones. Se recomienda instalar una válvula de control en ramales de derivación principales o ingreso de sectores importantes. Una sección interior mínima es de 0.60 x 0.60m de las cámaras de las válvulas de control facilitan el proceso constructivo y garantizan una adecuada operación y mantenimiento. La estructura será de concreto simple con una resistencia de f'c = 210 kg/cm² y las válvulas serán de bronce.

Figura 27

Esquema de perfil de cámara de válvula de control



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p.133), por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

El cierre de la tapa sanitaria será hermética y removible, para el fácil mantenimiento.

Salvo casos justificados, el eje de las válvulas debe ser vertical para impedir posibles acumulaciones de cuerpos extraños o sedimentos que el agua pudiera arrastrar por el fondo de la tubería, dañando el cierre de la válvula.

2.1.4.4.14 Conexión domiciliaria. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) indica que, cuando el suministro se realice mediante redes de distribución, cada vivienda debe dotarse de una conexión domiciliaria, ubicada al frente de la vivienda y próxima al ingreso principal. El diámetro mínimo de la conexión domiciliaria debe ser de 15 mm (1/2”).

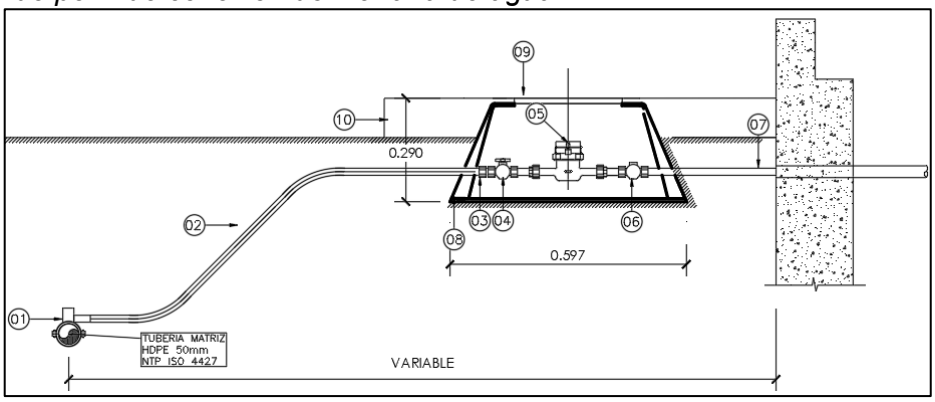
En el proyecto del presente trabajo de suficiencia se contemplan con viviendas de uso doméstico y edificaciones de uso estatal (colegios, municipalidad, etc.). La acometida, que va desde el empalme de la red principal hasta la caja de conexión, tendrá dos diámetros:

- Conexión domiciliaria: tubería HDPE DN 1/2"
- Conexión para instituciones: tubería HDPE DN 3/4"

La conexión domiciliaria se realizará a través de una caja de material termoplástico, la cual deberá apoyarse sobre el solado de fondo de concreto.

Figura 28

Esquema de perfil de conexión domiciliaria de agua



Nota: Fuente-Planos del proyecto "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA"

2.1.5 Saneamiento

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009) en su publicación: "Guía para acciones a nivel local - Saneamiento rural y salud" nos indica que las enfermedades asociadas a la falta de saneamiento pueden prevenirse mediante el uso adecuado de métodos para la recolección y tratamiento de aguas residuales, así como la disposición sanitaria de excretas. Sin embargo, en ocasiones, la ubicación de las comunidades rurales extremadamente pobres, resulta en que los sistemas convencionales requieran una inversión significativa, tanto en la instalación como su operación, mantenimiento, y que deba implementarse servicios de saneamiento sin sistemas de recolección con tuberías.

2.1.5.1 Factores de selección. Según la OPS (2009), para la selección de una opción tecnológica se debe considerar factores como el número de familias de la comunidad, la dispersión de viviendas, la disponibilidad de agua, la disponibilidad de recursos y la capacidad de operación y mantenimiento de la población beneficiaria. Al elegir las alternativas técnicas, se recomienda evitar el uso de alcantarillado en comunidades con menos de 100 familias, optando en su lugar por sistemas de recolección sin tuberías. Para comunidades de 100 a 200 familias, se puede usar alcantarillado con pozos sépticos y percoladores. En comunidades de 200 a 400 familias, se permite el uso de alcantarillado con tanques sépticos o lagunas facultativas, dependiendo de las condiciones locales. Finalmente, para poblaciones de más de 400 familias, se acepta el uso de alcantarillado con tratamiento de aguas residuales de lagunas facultativas o tanques Imhoff. En todos los casos, para considerar la instalación de alcantarillado, se requiere una conexión domiciliaria de agua.

La selección de la tecnología adecuada, basada en las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad, se realiza después de un análisis exhaustivo del área del proyecto.

2.1.5.2 Opciones tecnológicas Según la OPS (2009), estas opciones se clasifican en dos grupos de soluciones, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4

Opciones tecnológicas en saneamiento y sus niveles de servicio

Opción tecnológica		Nivel de servicio	
Con sistemas de recolección en red de tuberías	Alcantarillado convencional	Multifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Alcantarillado condominial		
	Alcantarillado de pequeño diámetro		
Sin sistemas de recolección en red de tuberías	Unidad sanitaria con pozo séptico	Unifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Unidad sanitaria con biodigestor		
	Letrina de hoyo seco ventilado	Unifamiliar	Disposición de excretas
	Letrina de pozo anegado		
	Baño de arrastre hidráulico		
	Letrina compostera o baño ecológico		

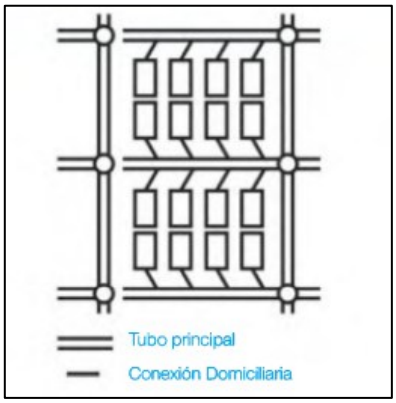
Nota: Adaptado de Organización Panamericana de Salud. (2009). Guía para acciones a nivel local - Saneamiento rural y salud

2.1.5.2.1 Sistema con recolección en red de tuberías. Son 3 sistemas:

- Alcantarillado convencional. La OPS (2009) indica que este sistema es usado para recolectar y trasladar las aguas residuales que fluyen por gravedad libremente bajo condiciones normales mediante tubos principales o colectores. Siendo un sistema que funciona con arrastre hidráulico, requiere una dotación de agua suficiente para que pueda funcionar adecuadamente. Es comúnmente utilizado en zonas urbanas, y ocasionalmente puede llegar a usarse en zonas rurales o pequeñas localidades. Las aguas residuales recolectadas deben ser llevadas a un sistema de tratamiento antes de su disposición final. En la implementación del alcantarillado convencional en la mayoría de los casos no está considerada la participación de los beneficiarios en las diferentes etapas del proyecto.

Figura 29

Esquema de sistema de alcantarillado convencional



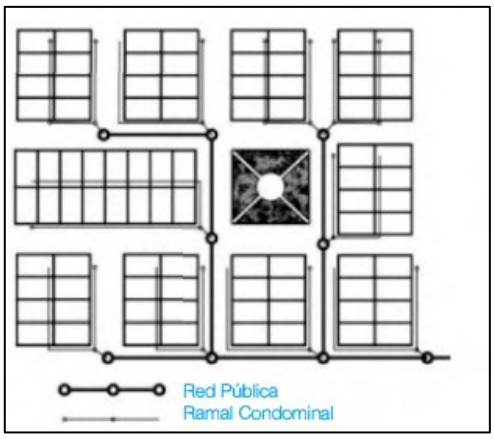
Nota: Tomado de la publicación: “Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local” (p.88), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

- Alcantarillado condominial. La OPS (2009) indica que este sistema recolecta y traslada las aguas residuales usando el ramal condominial como unidad básica de conexión. El ramal condominial es una tubería de diámetro menor (usualmente 100 mm) que recolecta aguas residuales de un grupo de edificaciones y las descarga en un punto de la red pública. Desde el punto de vista técnico, el sistema condominial divide la red de alcantarillado en dos componentes: el ramal condominial y las redes públicas. El ramal puede instalarse a menor profundidad y se asienta en zonas protegidas sin cargas vehiculares, como alrededor de la

manzana (veredas o jardines) o al interior de los lotes. Las viviendas se conectan a los ramales condominiales a través de cajas condominiales, que también actúan como elementos de inspección para mantenimiento.

Figura 30

Esquema de sistema de alcantarillado condominial

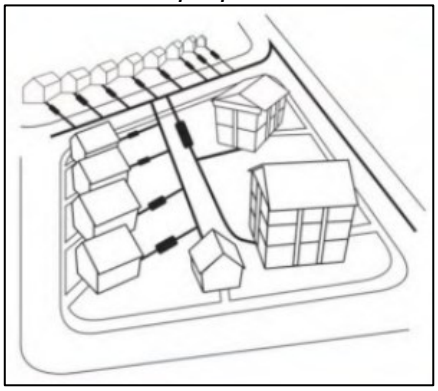


Nota: Tomado de la publicación: "Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local" (p.88), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

- Alcantarillado de pequeño diámetro. Según la OPS (2009), en este sistema las aguas residuales primero se sedimentan en un tanque séptico unifamiliar, instalado a la salida de la caja de registro. La tubería de descarga (diámetro mínimo de 100 mm) del tanque se conecta al alcantarillado. Dado que la remoción de sólidos se realiza antes de la descarga a la red de alcantarillado, los costos de mantenimiento de la red se reducen de manera considerable.

Figura 31

Esquema de sistema de alcantarillado de pequeño diámetro



Nota: Tomado de la publicación: "Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local" (p.89), por Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

2.1.5.2.2 Sistema sin recolección en red de tuberías. Ya que en el presente proyecto se utilizará la opción tecnológica de alcantarillado convencional y condominial, solo se describirá brevemente las opciones tecnológicas sin recolección de tuberías según la publicación de “Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local” dada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS,2009).

- Tanques sépticos. En estos tanques, la materia sólida se decanta cuando el agua residual se detiene, permitiendo que los sedimentos se asienten y las impurezas floten.
- Biodigestor clarificador. En este sistema las aguas residuales pasan primero al biodigestor prefabricado y luego a una zanja de infiltración para su tratamiento.
- Letrinas de hoyo seco ventilado. Comprende un hoyo excavado donde se juntan las heces, cubierto con una losa sanitaria y protegido por una caseta. Cuando la capacidad del hoyo llegue aproximadamente al 75 % de su profundidad, se añade cal a las excretas y se tapan con tierra.
- Letrinas de pozo anegado. Las excretas se conducen por un ducto de defecación directamente hasta a un tanque lleno de agua, donde se realiza la digestión húmeda.
- Baño de arrastre hidráulico. Similar a la letrina de pozo anegado pero la losa cuenta con un aparato sanitario dotado de un sifón. El tanque de digestión húmeda puede estar alejado con relación a la caseta, conectándose a través de un tubo.
- Letrina con separador de orina o baño ecológico. Consta de una taza y dos cámaras. La taza permitir la separación de la orina y las heces. Las dos cámaras son independientes e impermeables.

2.1.5.3 Diseño de redes de recolección de alcantarillado. La norma técnica del Anexo de la R.M.192-2018-VIVIENDA desarrolla los criterios de diseño de las infraestructuras de disposición sanitaria de excretas. Dado que la opción tecnológica en saneamiento para el presente proyecto es alcantarillado convencional y alcantarillado

condominial se desarrollará la base teórica de dichos componentes según la normativa RNE OS 0.70- Redes de aguas residuales.

2.1.5.3.1 Caudales de Contribución. Sánchez Merlo (2020) nos indica que las aguas residuales para un sistema de alcantarillado pueden tener origen en:

- Aguas provenientes del sistema de distribución de agua (Qd_{PSDA}). Pueden ser de usuarios domésticos, estatales, comerciales e industriales. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS,2006) en la norma OS 0.70 indica que el caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado multiplicando el caudal de agua potable consumida por un coeficiente de retorno (C) del 80 %, según se muestra en la ecuación 5.

$$Qd_{PSDA} = C * Qp \qquad (5)$$

  Donde:

  - Qd_{PSDA} = Caudal de contribución al alcantarillado proveniente del sistema de distribución de agua [L/s]
  - Qp = Consumo promedio [L/s]
  - C = Coeficiente de retorno [80%]

- Agua que se infiltran al colector (Q INF). El caudal de infiltración comprende el agua subterránea que penetra las redes de alcantarillado, a través de uniones imperfectas entre tubo y tubo, roturas y/o grietas y/o fisuras en las paredes de las tuberías, paredes de buzones y/o cajas de registros y/o cajas condominiales, anclajes defectuosos y conexiones domiciliarias. El caudal de infiltración se determinará considerando los siguientes aspectos: Características del suelo (Permeabilidad del suelo) y precipitación anual, nivel freático, conductos (Porosidad del material del tubo / tipo de junta) y estado / calidad de instalación de las estructuras del sistema de alcantarillado. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006) en la Norma OS.070 nos indica que la tasa de contribución por infiltración varía de 0.05 A 1.0 l/(s.km). El Centro Panamericano de

Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2005) detalla más sobre las tasas de infiltración en base al tipo de tubería, al tipo de unión y la situación de la tubería respecto a las aguas subterráneas de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5

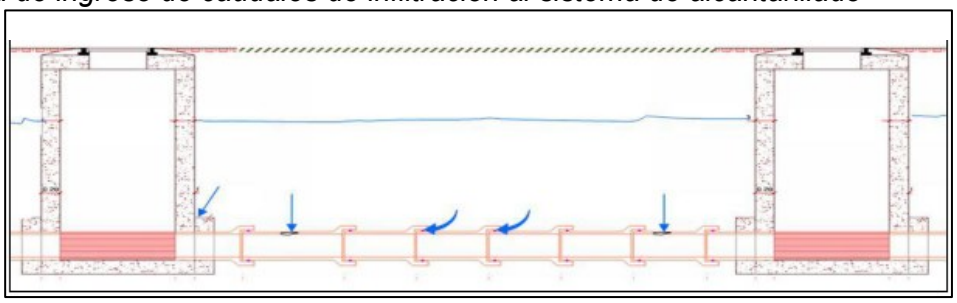
Valores de infiltración en tuberías de alcantarillado l/(s.km)

	Tubo de cemento		**Tubo de arcilla**		**Tubo de arcilla vitrificada**		**Tubo de PVC**	
Unión	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Nivel Freático bajo	0,5	0,2	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	**0,05**
Nivel Freático Alto	0,8	0,2	0,7	0,1	0,3	0,1	0,15	0,5

Nota: Fuente-Norma Boliviana NB 688-01 de Alcantarillado Sanitario

Figura 32

Esquema de ingreso de caudales de infiltración al sistema de alcantarillado



Nota: Fuente: Diplomado “Modelamiento computarizado de sistemas de alcantarillado” por Ing. Yuri Sánchez Merlo (2020)

- Aguas de lluvia proveniente de conexiones erradas: Son los caudales provenientes de conexiones mal instaladas o conexiones erradas, incluyendo conexiones clandestinas de patios domiciliarios que recogen aguas pluviales recolectadas de patios y/o techos. El proyecto en el ámbito de Quinistaquillas no tomará en cuenta este criterio ya que la zona de estudio presenta precipitaciones mínimas.

2.1.5.3.2 Caudal de Diseño. Se determinarán al inicio y final del periodo de diseño. En caso de no contar con mediciones de caudal disponibles, el caudal de diseño se basará en el valor del caudal de contribución al alcantarillado proveniente del sistema de distribución de agua multiplicado por el coeficiente máximo horario. También se considerará el caudal de infiltración, según se muestra en la ecuación 7.

$$Q_D = k2.Qd_{PSDA} + Q\ INF \qquad (7)$$

Donde:

- Q_D = Caudal de diseño [L/s]
- Qd_{PSDA} = Caudal de contribución al alcantarillado proveniente del sistema de distribución de agua [L/s]
- $k2$ = Coeficiente máximo horario [Adimensional]
- $Q\ INF$ = Caudal por infiltración [L/s]

2.1.5.3.3 Dimensionamiento Hidráulico. Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006) en la Norma OS.070, el cálculo del diámetro de los colectores de todos los tramos de la red de alcantarillado debe basarse en los caudales del inicio y final del periodo de diseño. El caudal mínimo a considerar es 1.5 L/s.

También la normativa señala que el criterio principal para definir las pendientes de los colectores es el de tensión tractiva, definido como el esfuerzo tangencial unitario que ejerce el líquido sobre el material depositado y está asociado al escurrimiento por gravedad en el colector de alcantarillado. Una adecuada tensión tractiva asegura la condición de autolimpieza en el colector. Su fórmula se muestra en la siguiente ecuación 8.

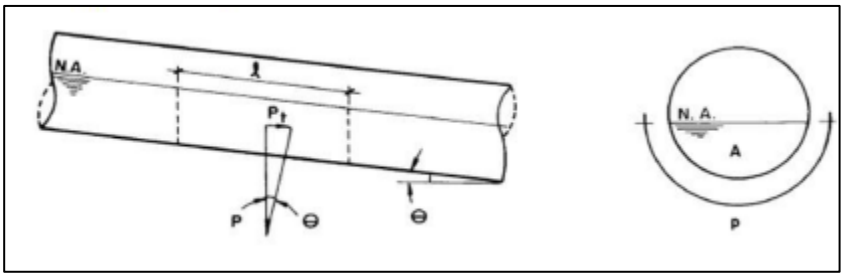
$$\tau = \gamma * Rh * s \qquad (8)$$

Donde:

- τ = Tensión tractiva [Pa ó N/m^2]
- γ = Peso específico del agua [10 000 N/m^3]
- Rh = Radio hidráulico [m]
- s = Pendiente de la línea de energía [m/m]

Figura 33

Esquema de tensión tractiva en una alcantarilla



Nota: Fuente-Diplomado “Modelamiento computarizado de sistemas de alcantarillado” por Ing. Yuri Sánchez Merlo (2020).

El flujo en la alcantarilla es uniforme y permanente, por lo cual la pendiente de la línea de energía es igual al del canal y la superficie del agua, debido a que la velocidad y tirante se mantiene constante a lo largo del tramo de la alcantarilla.

Cada colector de alcantarillado debe ser verificado con el criterio de Tensión Tractiva Media (σt) con un valor mínimo de 1.0 Pa, calculada para el caudal inicial (Qi) y un coeficiente de Manning n de valor de 0.013. Se deben justificar la tensión tractiva media y pendiente mínima para coeficientes de Manning diferentes a 0.013

La expresión recomendada para el cálculo hidráulico en alcantarillas es la Fórmula de Manning, indicada en la ecuación 9.

$$Q = \frac{A * Rh^{2/3} * s^{1/2}}{\eta} \qquad (9)$$

Donde:

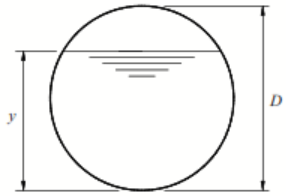
- Q = Caudal [m^3/s]
- A = Área [m2]
- s = Pendiente de la línea de energía [m/m]
- η = Coeficiente de Manning para la fricción

Rocha (2007) indica que las dimensiones observadas del coeficiente de Manning η son $TL^{(-1/3)}$ y sus unidades son $m^{-1/3}\ s$, como no es conveniente que un coeficiente de rugosidad tenga unidades y presente problemas en la conversión del sistema métrico al sistema inglés, la solución practica fue considerarlo adimensional e incluir un factor de corrección siendo 1 para el sistema métrico y 1.486 para el sistema inglés.

La altura de la lámina de agua se estima considerando un régimen de flujo uniforme y permanente. El valor máximo para el caudal final (Qf) debe ser igual o inferior al 75% del diámetro del colector, ya que esta es la máxima capacidad de conducción en la alcantarilla. Además, Sánchez Merlo (2020) señala otra restricción de diseño: la relación tirante-diámetro (y/D) mínima debe ser del 20% para garantizar la capacidad de limpieza y la velocidad mínima.

Tabla 6

Propiedades hidráulicas en conductos circulares para tirantes notables



y/D	A/ D2	P/D	R/D
20%	0.1118	0.9273	0.1206
50%	0.3927	1.5708	0.2500
75%	0.6318	2.0944	0.3017
81%	0.6815	2.2395	0.3044
95%	0.7707	2.6906	0.2864

Nota: Donde y es el tirante de agua, D es el diámetro del colector, A es el área (m^2), P es el perímetro mojado (m) y R es el radio hidráulico (m). El tirante del 20% y 75% son restricciones de diseño para el caudal inicial y final respectivamente. El tirante del 50% es una restricción de diseño cuando la velocidad final es mayor a la velocidad crítica. Rocha (2007) indica que el tirante de 81% se da cuando en el conducto se da la velocidad máxima, y el de 95% se da cuando se da el gasto máximo.
Adaptado de "Hidráulica de Tuberías y Canales" (p.309), por Arturo Rocha (UNI,2007).

- Pendiente mínima. Con la relación y/D mínima, se calcula la relación de la pendiente mínima y caudal.

$$R = 0.1206 * D \qquad (10)$$

$$A = 0.1118 * D^2 \qquad (11)$$

Reemplazando (10) en (8) y despejando D

$$D = \frac{\tau}{0.1206 * \gamma * \mathrm{s}} \qquad (12)$$

Reemplazando (10) y (11) en (9):

$$Q = \frac{0.1118 * D^2 * (0.1206 * D)^{2/3} * s^{1/2}}{\eta} \qquad (13)$$

$$Q = \frac{0.0273 * D^{8/3} * s^{1/2}}{\eta} \qquad (14)$$

Despejando D:

$$D^{8/3} = \frac{36.6432 * Q * \eta}{s^{1/2}} \qquad (15)$$

$$D = \frac{3.8592 * Q^{3/8} * \eta^{3/8}}{s^{3/16}} \qquad (16)$$

Igualando (16) y (12)

$$\frac{\tau}{0.1206 * \gamma * \mathrm{s}} = \frac{3.8592 * Q^{3/8} * \eta^{3/8}}{s^{3/16}} \qquad (17)$$

$$\frac{\tau * s^{3/16}}{0.1206 * \gamma * s} = 3.8592 * Q^{3/8} * \eta^{3/8} \quad (18)$$

$$s = (\frac{3.8592 * \eta^{3/8} * 0.1206 * \gamma}{\tau})^{-16/13} * Q^{-6/13} \quad (19)$$

$$s = (\frac{0.4654 * \eta^{3/8} * \gamma}{\tau})^{-16/13} * Q^{-\frac{6}{13}} \quad (20)$$

Reemplazando con los valores dados por la normativa OS 0.70:

- s = Pendiente de la línea de energía [m/m]
- Q = Caudal [m3/s - factor de conversión de $0.001^{-6/13}$ para L/s]
- η = Coeficiente de Manning para la fricción [0.013]
- γ = Peso específico del agua [10 000 N/m^3]
- τ = Tensión tractiva [1 Pa ó 1N/m^2]

La ecuación queda de la siguiente manera:

$$so_{min} = 0.0055 * Q^{-0.46} \quad (21)$$

Donde

- s = Pendiente mínima [m/m]
- Q = Caudal inicial [L/s]

- Pendiente máxima. Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006) en la Norma OS.070, indica que la pendiente máxima admisible corresponde a una velocidad de 5 m/s para el final del periodo de diseño; otros escenarios donde los colectores requieran velocidades mayores deben ser justificados por el proyectista. Si la velocidad final (Vf) supera a la velocidad crítica (Vc), la altura máxima de la lámina de agua permitida debe ser el 50% del diámetro de la alcantarilla, ya que asegura su ventilación. La velocidad crítica se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_c = 6\sqrt{g * R_H} \quad (22)$$

Donde

- V_c = Velocidad crítica [m/s]

- g = Aceleración de la gravedad [m/s^2]
- R_H = Radio hidráulico [m]

2.1.5.3.4 Redes de recolección. De acuerdo Norma OS.070 del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006), las redes de recolección están compuestas por tuberías principales (Colectores que recibe las aguas residuales provenientes de otras redes y/o ramales colectores) y ramales colectores (Tuberías que se ubican en la vereda de los lotes, recolecta el agua residual de una o más viviendas y la descarga a una tubería principal).

Las tuberías principales tendrán un diámetro nominal mínimo de 160 mm y el ramal condominial tendrá un diámetro mínimo de 100mm.

Las tuberías principales se ubicarán en el eje de la vía vehicular de calles o avenidas de 20 m de ancho o menos. En avenidas con más de 20 m de ancho, se instalará una tubería principal a cada lado de la calzada. Debe haber una distancia mínima de 1.5m entre la línea de propiedad y el plano vertical tangente más cercano de la tubería principal. Se debe considerar una distancia mínima de 2m entre los planos verticales tangentes más próximos de una tubería principal de distribución de agua y una tubería principal de aguas residuales, instaladas en paralelo y medidos en horizontal.

La distancia libre horizontal mínima entre ramales y tuberías principales, ya sea de agua o de alcantarillado, ubicados de forma paralela debe ser de 0.20m, dicha distancia debe medirse entre los planos tangentes más próximos de las tuberías y/o ramales. Además, el ramal de alcantarillado, se ubicará en veredas y paralelo frente al lote. El eje de dichos ramales se ubicará de preferencia sobre el eje de vereda, o en su defecto, a una distancia de 0.50 m a partir del límite de propiedad.

La cobertura sobre las tuberías será mayor a 1 m en las vías vehiculares y 0.30 m en vías peatonales y/o en zonas rocosas. Además, se debe verificar la deformación (deflexión) de la tubería debido a las cargas externas para cualquier profundidad.

2.1.5.3.5 Cámaras de inspección. La Norma OS.070 del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006) clasifica a las cámaras de inspección en cajas de inspección (cajas condominiales), buzones y buzonetas. Los buzones y/o buzonetas se proyectan en todos los lugares donde sea necesario la inspección o limpieza, y también en los siguientes casos: al inicio de todo colector, en todos los empalmes de colectores, en los cambios de dirección, en los cambios de pendiente y en los cambios de diámetro o material de tuberías.

La distancia entre cámaras de inspección está limitada por el alcance de los equipos y/o herramientas de limpieza. La separación máxima depende del diámetro de las tuberías. Para el caso de las tuberías principales la separación será de acuerdo a la siguiente Tabla.

Tabla 7

Separación entre cámaras de inspección según el diámetro del colector

DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (mm)	DISTANCIA MÁXIMA (m)
100	60
150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

Nota: Tomado de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones [Norma OS 0.70]

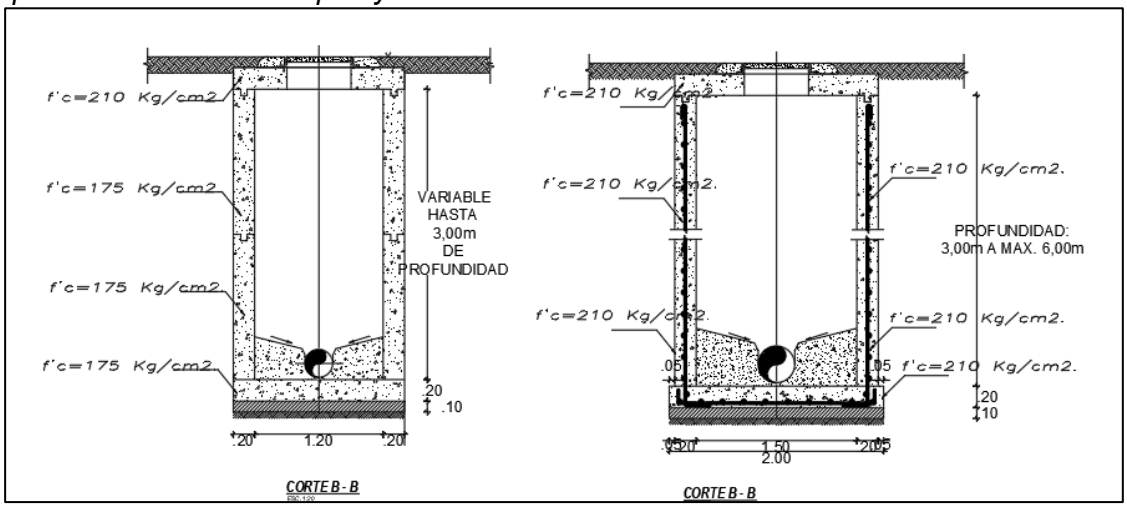
Si las tuberías no lleguen al mismo nivel en la cámara de inspección, se debe diseñar un dispositivo de caída cuando el desnivel del fondo de la cámara y la descarga sea mayor a 1 m, con el fin de prevenir el desgaste o erosión en la cámara, para evitar daños estructurales y garantizar un caudal controlado.

- Buzones. Los buzones son las cámaras de inspección de forma circular construidas de concreto que se ubican en el trazo de los colectores, interceptores y emisores, destinada a la inspección y mantenimiento del mismo. Los buzones de inspección se usarán cuando la profundidad sea mayor de 1.0 m sobre la clave de la tubería. Los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro. Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2019) en el

anexo 12 de la R.M. N.º 153-2019-VIVIENDA, indica una clasificación de los buzones tomando en cuenta la profundidad del buzón y su diámetro los cuales son: Buzón tipo I: Profundidad mínima de 1.20 m hasta profundidad máxima de 3.00 m y con un diámetro de 1.20 m para tuberías de hasta DN 800mm y Buzón tipo II: Profundidad mínima de 3.00 m hasta profundidad máxima de 6.00m y con un diámetro de 1.50 m para tuberías de hasta DN 1200mm.

Figura 34

Esquema de buzones de tipo I y II

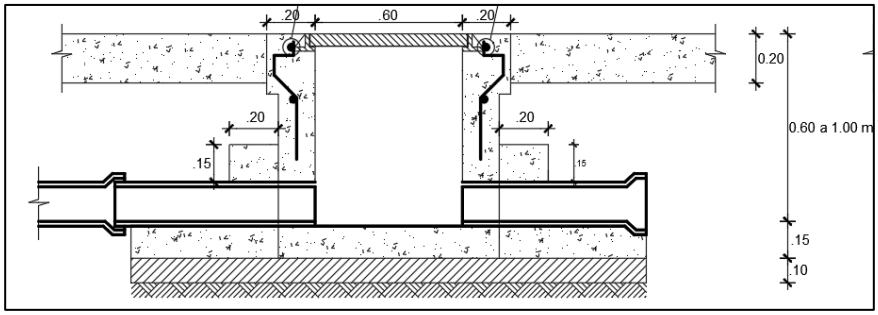


Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 153-2019-VIVIENDA, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2019)

- Buzonetas. Las buzonetas son las cámaras de inspección de forma circular construidas de concreto, usadas en las tuberías principales (hasta DN 200mm) en vías peatonales cuando la profundidad sea menor de 1.00 m sobre la clave del tubo. El diámetro de las buzonetas será de 0.60 m.

Figura 35

Esquema de buzoneta



Nota: Fuente: Anexo de la Resolución Ministerial N.º 153-2019-VIVIENDA, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2019)

- Caja condominal. Según el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL, 2005) en su Reglamento de Elaboración de Proyectos Condominiales de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas Y Periurbanas de Lima Y Callao, se define la caja condominial como la cámara ubicada en el tramo del ramal condominial, destinada a la inspección y mantenimiento del mismo. Puede formar parte de la conexión domiciliaria de alcantarillado. SEDAPAL las clasifica de acuerdo a su diámetro, en dos tipos: D-40 y D-60. Asimismo, se construirán al inicio de los tramos de arranque, en cambios de dirección y/o pendiente del ramal condominal, en sitios donde se necesite inspección y limpieza. La separación máxima entre cajas condominales será de 20 m. En zonas de pendiente alta, se instalará una caja condominial por cada lote atendido, sirviendo como punto de empalme para la respectiva conexión domiciliaria. En zonas de pendiente baja, la conexión entre el lote y el ramal condominal podrá ser mediante cachimba o tee sanitaria, reemplazando así caja condominal y su registro respectivo.

Figura 36

Caja condominial pre fabricada



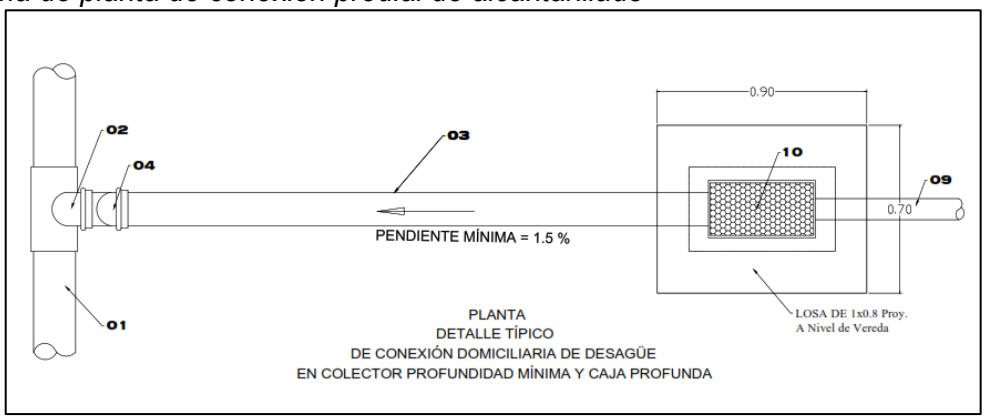
Nota: Tomado de Ficha técnica de Caja Condominial- (Grupo HARD). Recuperado de https://grupohard.com.pe/wp-content/uploads/2022/01/2.pdf [Fecha de acceso: 23 de julio de 2024]

2.1.5.3.6 Conexión predial. De acuerdo al Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2019) en el anexo 9 de la R.M. N.º 153-2019-VIVIENDA define a la conexión de alcantarillado como la agrupación de elementos sanitarios instalados que permite la descarga del agua residual proveniente de cada lote. Deberá considerar un elemento de reunión (Cámara de inspección), elemento de conducción (Tubería con una pendiente mínima de 15 por mil o 1.5%, con un diámetro mínimo de 100mm) y los

elementos de empalme (Accesorio de empalme que permite la descarga en caída libre sobre la clave del colector). La conexión de alcantarillado se debe situar a una distancia mayor de 1.20m del límite izquierdo o derecho de la propiedad, excepto en casos justificados.

Figura 37

Esquema de planta de conexión predial de alcantarillado



Nota: Fuente-Planos del proyecto "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA"

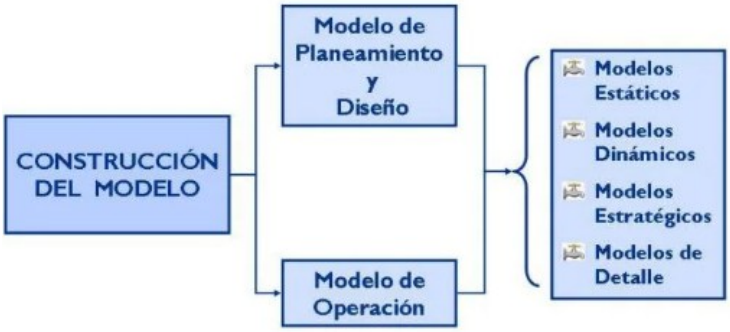
2.1.6 Modelamiento Hidráulico

De acuerdo a Novak et al. (2018), el término modelo o modelamiento se utiliza en hidráulica para describir una simulación física o matemática de un 'prototipo', o una situación dimensionada. Los modelamientos del ingeniero son herramientas para predecir el efecto de un diseño propuesto y para producir soluciones técnicamente y económicamente óptimas a problemas de ingeniería. Quiere decir, un modelamiento es un sistema que convertirá data de entrada (geometría, condiciones límite, fuerza, etc.) en una data de salida (caudales, niveles, presiones, etc.) que se utilizará en el diseño y operación de ingeniería.

Sánchez Merlo (2020) nos muestra una clasificación para los modelos hidráulicos de acuerdo a su construcción y la utilidad con la que fue creado.

Figura 38

Tipos de modelos hidráulicos



Nota: Fuente: Diplomado "Modelamiento computarizado de sistemas de distribución de agua" por Ing. Yuri Sánchez Merlo (2020)

Según Conagua (2019), los modelos de planeamiento son usados para evaluar el rendimiento, los impactos económicos de sistemas propuestos de tuberías y cambios en procedimientos operativos, comportamiento de válvulas de control, tanques, etcétera. Los modelos de operación son usados para predecir el comportamiento hidráulico de variables, como la presión, caudales en las redes y los niveles en tanques de regulación con el fin de mejorar la toma de decisiones. Un modelo estático o de flujo permanente asume que los caudales demandados e inyectados no varían, que no existe acciones de operación en la red, y que el nivel en los reservorios y/o cisternas permanece fijo. Estos modelos se utilizan comúnmente para evaluar el comportamiento de la red bajo caudales máximos horarios, cuando las condiciones son más críticas. En los modelos dinámicos o de flujo no permanente se permite la fluctuación temporal de los caudales demandados e inyectados, así como de las condiciones operativas de la red y de los niveles en los reservorios y/o cisternas. Estos modelos, bajo ciertas restricciones, simulan la evolución temporal de los caudales de la red durante un intervalo específico. Un modelo estratégico solo incorpora elementos primordiales, como tuberías primarias y tanques de almacenamiento y regulación. Se emplean como instrumento de planeación y diseño, como en la ampliación de la red. Un modelo detallado normalmente, cubre un nivel de detalle mayor llegando a incluir las tuberías secundarias y hasta las tomas domiciliarias.

Los softwares WaterGEMS y SewerGEMS de BENTLEY pueden configurar diferentes escenarios y alternativas. Los escenarios y las alternativas le permiten crear, analizar y recuperar un número ilimitado de variaciones de su modelo. Los escenarios contienen alternativas para proporcionar un control preciso sobre los cambios en el modelo. Las alternativas son los componentes básicos detrás de los escenarios. Son conjuntos de datos categorizados que crean escenarios cuando se colocan juntos. Por ejemplo, cuando se configura el sistema por primera vez, los datos que se introducen se almacenan en los distintos tipos alternativos base. Si desea ver cómo se comporta su sistema, por ejemplo, aumentando el diámetro de algunas tuberías seleccionadas, puede crear una alternativa secundaria para lograrlo. Puede hacer otra alternativa hijo “child alternative” con diámetros aún más grandes y otra con diámetros más pequeños. No hay límite en el número de alternativas que puede crearse.

Los softwares WaterGEMS y SewerGEMS de BENTLEY comparten la herramienta Model Builder. Esta herramienta permite usar un archivo existente para construir un nuevo modelo o actualizar un modelo existente de WaterGEMS o SewerGEMS CONNECT. Admite una amplia variedad de formatos de datos, desde bases de datos simples (como Access y DBase), hojas de cálculo (como Excel), datos GIS (como archivos shape), datos de Bentley Map, hasta almacenes de datos de alto nivel (como Oracle y SQL Server), y más. Para la creación de los modelos hidráulicos en el presente trabajo de suficiencia usaremos archivos de AutoCAD (CAD files) en formato .dxf.

Los softwares WaterGEMS y SewerGEMS de BENTLEY comparten el asistente Trex, el cual sirve para asignar automáticamente elevaciones a nodos específicos basándose en datos de un Modelo Digital de Elevación o un Modelo Digital de Terreno. Puede cargar datos de elevación en características de puntos del modelo (nodos) desde una variedad de tipos de archivos, incluyendo archivos vectoriales y ráster. Para la creación de los modelos hidráulicos en el presente trabajo de suficiencia usaremos archivos de AutoCAD (CAD files) en formato .dxf contour (curvas de nivel)

2.1.6.1 Modelamiento de sistemas de redes de agua potable. En el presente trabajo de suficiencia se usará el software Watergems para el diseño de redes de agua potable. Según Whitman, B., & Walski, T. (2021). WaterGEMS es un software usado principalmente en el modelado y análisis de sistemas de distribución de agua. Aunque el énfasis está en sistemas de distribución de agua, es aplicable a cualquier sistema de fluidos con flujo turbulento constante o que cambia lentamente, fluido monofásico, newtoniano, incompresible y que se trasporten en conductos llenos y cerrados (sistema a presión). Las capacidades de WaterGEMS para este proyecto permite realizar simulaciones en estado estático, analizar múltiples demandas variables en el tiempo en cualquier nodo, modelar diferentes tipos de válvulas como FCV y PRV, modelar tanques de almacenamiento (cilíndricos y no cilíndricos) y los niveles hidráulicos de los nodos de fuentes de agua y también se puede utilizar datos de medición de campo para calibrar un modelo.

WaterGEMS se puede utilizar como un programa independiente, integrado con AutoCAD o vinculado a un Sistema de Información Geográfica a través del componente GEMS.

2.1.6.1.1 Consideraciones. Según los recursos de información técnica de Bentley Systems (2019), los principios rectores que impulsan el comportamiento de la red en el software, son el Principio de Conservación de Masa y Energía, y el Principio de Energía.

- Principio de conservación de la masa y energía. El principio de la conservación de masa establece que en cualquier nodo de un sistema que contiene fluido incompresible, el volumen volumétrico total (o los flujos másicos que entran) debe ser igual a los flujos que salen, menos el cambio en el almacenamiento. Separándolos en flujos de tuberías de conexión, demandas y almacenamiento, se obtiene la siguiente ecuación:

$$\sum Q_{IN}\Delta t = \sum Q_{OUT}\Delta t + \Delta V_s \qquad (26)$$

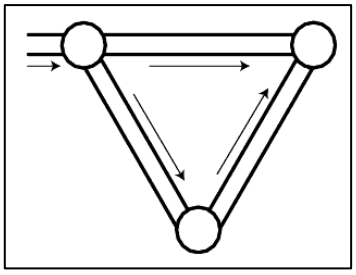
- Q_{IN}=Flujo total hacia el nodo (m3/s)
- Q_{OUT}=Demanda total en el nodo (m3/s)

- ΔV_s =Cambio en el volumen de almacenamiento (m3)
- Δt=Cambio de tiempo (s)

El principio de conservación de la energía establece que las pérdidas de carga a través del sistema deben equilibrarse en cada punto. Para las redes de presión, esto significa que la pérdida de carga total entre dos nodos cualesquiera del sistema debe ser la misma independientemente del camino que se tome entre los dos puntos. La pérdida de carga debe tener un signo consistente con la dirección del flujo asumida (es decir, ganar altura cuando se avanza en dirección opuesta a la dirección del flujo y perder altura cuando se avanza en la dirección del flujo). El mismo principio básico se puede aplicar a cualquier camino entre dos puntos. Como se muestra en la figura anterior, la pérdida de carga combinada alrededor de un circuito debe ser igual a cero para lograr el mismo grado hidráulico que al principio.

Figura 39

Conservación de energía entre nodos



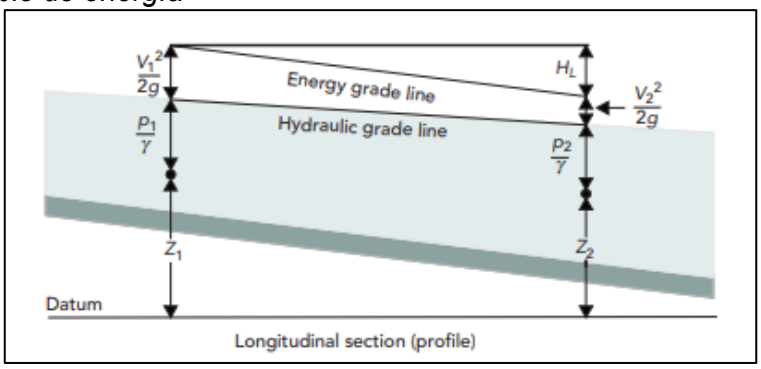
Nota: Tomado de Recursos de información técnica. Recuperado de https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20WaterGEMS%20SS6-v1/en/GUID-33C05F51-03BE-4D23-9B15-8EED1C1FDED6.html por Bentley Systems. (2019). WaterGEMS: [Software de computadora].

- Principio de la energía. La primera ley de la termodinámica estipula que, en cualquier sistema dado, la diferencia entre el calor transferido al sistema (Q) y el trabajo realizado por el sistema (W) equivale al cambio de energía (ΔE), en su entorno durante un periodo de tiempo establecido. Hidráulicamente, la energía usualmente se representa como energía por unidad de peso, lo que da como resultado unidades de longitud. El sistema hidráulico se expresa en términos de altura o carga si se usan estos equivalentes de longitud. La energía en cualquier

punto dentro de un sistema se representa como la suma de tres partes, que son carga de presión (P/γ), Carga de Elevación (z), y carga de velocidad ($v^2/2g$).

Figura 40

Esquema del principio de energía



Nota: Fuente: "Computer Applications in Hydraulic Engineering" (p.7), por Bentley Institute Press (BENTLEY,2021).

Además de la carga de presión, carga de elevación y la carga de velocidad, también se puede agregar energía al sistema mediante una bomba, por ejemplo, y también se puede disminuir energía del sistema debido a la fricción de las tuberías. Respectivamente, estos cambios en la energía se conocen como ganancias y pérdidas de carga. Al equilibrar la energía en dos puntos del sistema, se obtiene la ecuación de energía, como se muestra a continuación:

$$P_1/\gamma + Z_1 + V_1^2/2g + h_p = P_2/\gamma + Z_2 + V_2^2/2g + h_L \quad (23)$$

Dónde:

- p = Presión (N/m2)
- γ = Peso específico (N/m3)
- z = Elevación en el centroide (m)
- v = Velocidad (m/s)
- g = Constante de aceleración gravitacional (m/s2)
- hp = Ganancia de energía de una bomba (m)
- hL = Pérdida de carga combinada por fricción y locales (m)

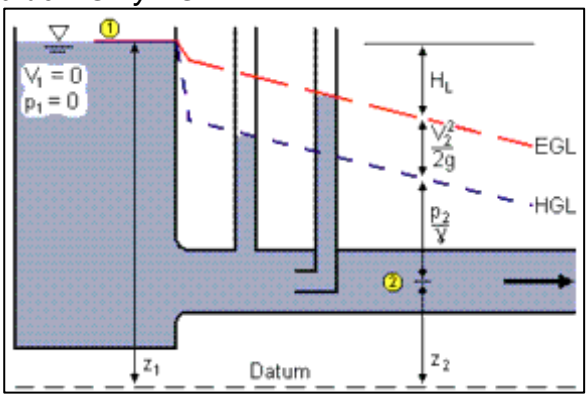
Los sumandos de la ecuación de la energía se pueden agrupar para representar dos valores útiles: la línea de gradiente y la línea de energía.

La línea de gradiente hidráulico se obtiene al sumar la carga de presión (p/γ) y la carga de elevación (z), representando la altura a la que se elevaría una columna de agua en un piezómetro, su gráfica en un perfil a menudo se denomina HGL (Hydraulic Grade Line). La línea de energía se obtiene al sumar la carga de presión (p/γ), la carga de elevación (z) y la carga de velocidad (${v^2}/{2g}$), representando así la altura a la que se elevaría una columna de agua en un tubo pitométrico. Su gráfica en un perfil a menudo se denomina EGL (Energy Grade Line)

Cuando el agua está en reposo (velocidad nula) como cuando se encuentra en un embalse o lago, la EGL tiene el mismo valor que la HGL, tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 41

Esquema de HGL y EGL



Nota: Tomado de Recursos de información técnica. Recuperado de https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20WaterGEMS%20SS6-v1/en/GUID-8F6D97BCD9134D21BF95CE61B1051E59.html por Bentley Systems. (2019). WaterGEMS: [Software de computadora].

Existen muchas ecuaciones que aproximan las pérdidas por fricción asociadas con el flujo de un líquido a través de una sección determinada. Los métodos comúnmente utilizados incluyen la Ecuación de Darcy-Weisbach (Colebrook-White), Ecuación de Manning, Ecuación de Chézy (Kutter) y la Ecuación de Hazen-Williams. Como en el presente trabajo de suficiencia se realiza el modelamiento hidráulico con tuberías de diámetros pequeños, se usará la ecuación de Darcy-

Weisbach al ser una ecuación teórica y más exacta. La ecuación de Darcy-Weisbach debido a sus orígenes no empíricos, es vista por muchos ingenieros como el método más preciso para modelar las pérdidas por fricción. Se muestra como la siguiente ecuación:

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (24)$$

- h_L = pérdida de carga (m)
- f = Factor de fricción de Darcy-Weisbach (sin unidades)
- L = Longitud de la tubería (m)
- D = Diámetro de la tubería (m)
- V = Velocidad del flujo (m/s)
- g = Constante de aceleración gravitacional (m/s^2)

La ecuación de Colebrook-White se utiliza para calcular de forma iterativa el factor de fricción de Darcy-Weisbach, a continuación, se muestra la fórmula para conductos cerrados con flujo lleno:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{k}{3{,}7D} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{f}}\right) \quad (25)$$

- f = Factor de fricción de Darcy-Weisbach (sin unidades)
- k = Coeficiente de rugosidad del material del conducto (m)
- D = Diámetro de la tubería (m)
- Re = Número de Reynolds (sin unidades)

Los valores típicos de rugosidad para tuberías según el método de Darcy Weisbach se muestran en la Tabla 8. Estos valores pueden variar según el fabricante, la calidad de la mano de obra, la antigüedad y otros factores. Por esta razón, la presente tabla debe utilizarse únicamente como una guía.

Tabla 8

Valores de coeficientes de Darcy Weisbach típicos

Material	Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach e (mm)
Asbestos cemento	0.0015
Latón	0.0015
Ladrillo	0.6
Hierro dúctil	0.26
Concreto (encofrados de acero, lisos)	0.18
Concreto (encofrados de madera)	0.6
Concreto centrifugado	0.36
Cobre	0.0015
Metal corrugado	45
Fierro Galvanizado	0.15
Vidrio	0.0015
Plomo	0.0015
Plástico	***0.0015***
Acero con recubrimiento COAL TAR	0.0048
Acero nuevo sin revestimiento	0.045
Acero remachado	0.9
Duelas de madera	0,18

Nota: Tomado de Bentley Institute Press (BENTLEY,2021). Libro: “Computer Applications in Hydraulic Engineering” (p.28)

Ciertas zonas de las tuberías pueden causar turbulencia y pérdidas de energía. Estas pérdidas de energía pueden ocurrir donde hay válvulas, medidores o accesorios que interrumpen el flujo del agua. Aunque estas pérdidas se denominan "locales o menores", pueden tener un impacto significativo en sistemas de tuberías si es que son numerosos en relación a la longitud total de la tubería.

2.1.6.1.2 Elementos del modelamiento. Bentley Systems. (2019) en las referencias técnicas de WaterGEMS, nos define los elementos que pueden usarse en el modelo, organizados en las siguientes categorías según la tabla 9:

Tabla 9

Elementos que componen el modelo en Watergems

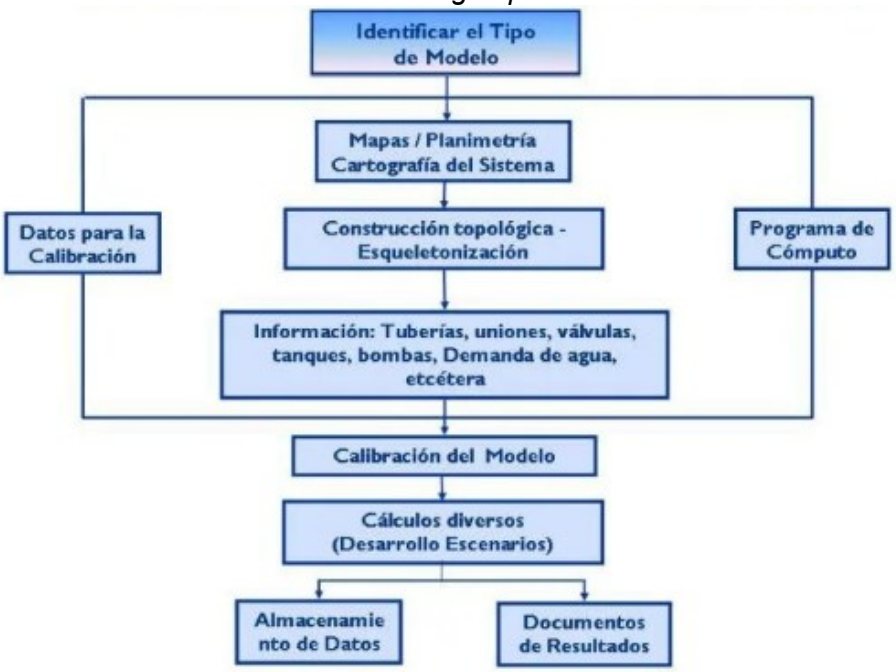
Elemento	Simbología	Definición
Tuberías (Pipes)		Son elementos de enlace que conectan nodos de unión, bombas, válvulas, tanques y depósitos. Transportan agua desde un nodo a otro.
Nodos (Junctions)		Puntos específicos en el sistema donde ocurre un evento de interés. Esto incluye puntos donde las tuberías se intersecan, donde hay demandas importantes en el sistema, o puntos críticos en el sistema donde las presiones son importantes para fines de análisis.
Embalses (Reservoir) y Tanques (Tank)		Nodos de límite con una altura hidráulica conocida que define las alturas hidráulicas iniciales para cualquier ciclo computacional. Forman las restricciones hidráulicas de referencia utilizadas para determinar la condición de todos los demás nodos durante la operación del sistema. Los nodos de límite son elementos como tanques, reservorios y fuentes de presión.
Bombas (Pumps)		Representadas como nodos. Su propósito es proporcionar energía al sistema y aumentar la presión del agua.
Válvulas (Valves)		Las válvulas son dispositivos mecánicos usados para detener o controlar el flujo a través de una tubería, o para controlar la presión en la tubería aguas arriba o aguas abajo de la válvula. Resultan en una pérdida de energía en el sistema. Válvulas reductoras de presión (PRV). Se usan para separar zonas de presión en redes de distribución de agua. Estas válvulas evitan que la presión aguas abajo exceda un nivel especificado, con el fin de evitar presiones y flujos que podrían tener efectos indeseables en el sistema. Se utiliza una presión o una cota piezométrica para controlar el funcionamiento de una VRP. Válvulas de control de flujo (FVC). Limita la velocidad de flujo a través de la válvula a un valor especificado en una dirección determinada. Una tasa de flujo se utiliza para controlar el funcionamiento de una FCV. Estas válvulas se encuentran comúnmente en áreas donde un distrito de agua ha contratado con otro distrito, sirven para limitar la demanda máxima a un valor que no afectará negativamente al sistema del proveedor. Válvulas sostenedoras de presión (PSV). Mantienen una presión especificada aguas arriba de la válvula. Similar a otras válvulas de regulación, las PSV se usan frecuentemente para garantizar que las presiones en el sistema (aguas arriba, en este caso) no caigan a niveles inaceptables. Se utiliza una presión o una cota piezométrica para controlar el funcionamiento de una PSV.

Nota: Elaboración propia con definiciones de Bentley Systems. (2019). WaterGEMS: Modelado hidráulico y análisis de redes de agua [Software de computadora]. Recursos de información técnica.

2.1.6.1.3 Etapas del modelamiento. Sánchez Merlo (2020) indica que, para realizar un modelamiento hidráulico adecuado, es necesario seguir una secuencia de pasos con el fin de que el modelo se asemeje al sistema de agua potable que queremos simular. A continuación, se presentan las etapas del modelamiento

Figura 42

Etapas del modelamiento de un sistema de agua potable



Nota: Fuente: Diplomado "Modelamiento computarizado de sistemas de distribución de agua" por Ing. Yuri Sánchez Merlo (2020)

En la etapa de ingreso de información del modelamiento se debe asignar las demandas. El consumo de agua es el principal motivo de la dinámica hidráulica que se produce en los sistemas de distribución de agua. Al simular estas dinámicas en el modelo de distribución de agua y su representación precisa es fundamental como modelar con precisión los componentes físicos del modelo.

Debido a las dificultades que implica cargar manualmente el modelo, se han desarrollado técnicas automatizadas para ayudar al modelador con esta tarea.

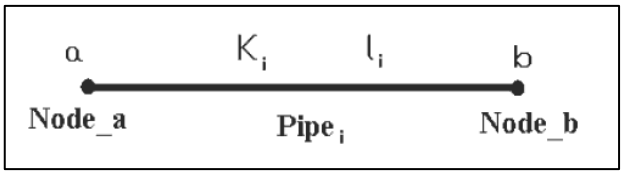
La asignación espacial de demandas es el enfoque más común para cargar un modelo de distribución de agua. LoadBuilder facilita enormemente las tareas de asignación y proyección de la demanda. Se mejora cada paso del proceso de carga, desde la

recopilación y el análisis inicial de datos de fuentes y formatos dispares hasta el empleo de diversas estrategias de asignación.

El método LoadBuilder usado en este trabajo de suficiencia será el de Método de la línea unitaria. El método de flujo de línea unitaria divide la demanda total en el sistema (o en una sección del sistema) en 2 partes: demanda conocida (medida) y demanda desconocida (fugas y demanda de usuarios no medidas). En la siguiente figura se muestra una tubería de ejemplo. Las demandas conocidas (medidas) en los nodos a y b son qa y qb respectivamente. La demanda desconocida se calcula teniendo en cuenta si no hay usuarios en ninguno, en uno o en ambos lados de la tubería. Esto se explica mediante el coeficiente K.

Figura 43

Demandas entre los nodos de una tubería con LoadBuilder



Nota: Tomado de Recursos de información técnica. Recuperado de https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20WaterGEMS%20SS6-v1/en/GUID-2051BBE5DB9E4B0FBF06A6823A89032B.html por Bentley Systems. (2019). WaterGEMS: [Software de computadora].

Dónde:

- Li= longitud de la tubería
- Ki= coeficiente que indica la capacidad de la tubería i para consumir agua

Si no hay usuarios a ambos lados de la tubería (la tubería solo se usa para transferir agua a otra parte del sistema), entonces K es 0. Si hay usuarios a lo largo de un solo lado de la tubería (por ejemplo, tuberías a lo largo de un río), K es 0,5. Si ambos lados de la tubería suministran agua a los usuarios, K es 1.

2.1.6.1.4 Uso de alternativas. Bentley WaterGEMS incluye estos tipos de alternativas tales como Alternativa de topología activa, Alternativas físicas, Alternativas de demanda, Alternativa de configuración inicial, Alternativas operacionales, Alternativas de edad de agua, Alternativas de demanda dependiente de presión, etc. Para el presente

trabajo de suficiencia usaremos la alternativa de Configuración inicial. La opción de configuración inicial contiene los datos que establecen las condiciones de ciertos tipos de elementos de red al comienzo de la simulación. En este caso el nivel inicial de agua de un reservorio de almacenamiento.

2.1.6.2 Modelamiento de sistemas de redes de alcantarillado. En el presente trabajo de suficiencia se usará el software Sewergems para el diseño de las redes de alcantarillado. Según Whitman, B., & Walski, T. (2021). SewerGEMS es un software multiplataforma (GIS, CAD y Stand-Alone) totalmente dinámico para el análisis y diseño de sistemas urbanos de recolección de aguas residuales, de conducción de aguas pluviales y sistemas de bombeo. Con SewerGEMS se puede analizar todos los elementos del sistema de alcantarillado sanitario y combinado en un solo paquete y tener la opción de realizar los análisis con el algoritmo SWMM o la solución implícita de las ecuaciones completas de Saint Venant.

2.1.6.2.1 Consideraciones. Los sistemas de alcantarillado sanitario recogen aguas residuales de las conexiones y las transportan hacia una planta de tratamiento. Las alcantarillas sanitarias están destinados a transportar solo aguas residuales. Sin embargo, su diseño debe permitir la infiltración de agua subterránea que inevitablemente ocurre en los alcantarillados. Los sistemas más antiguos que transportan tanto desechos sanitarios como aguas pluviales se conocen como alcantarillados combinados. Siempre que sea posible, los alcantarillados son sistemas de flujo por gravedad. Cuando las pendientes naturales no son suficientes para transportar el flujo, se utiliza una combinación de sistemas de flujo por gravedad y presión. En el segmento de las tuberías de alcantarillado a gravedad cuando la profundidad del flujo es constante, se utiliza la ecuación de Manning. El segmento de las tuberías de alcantarillado a presión se analiza de la misma manera que un sistema de distribución de agua. El programa utiliza de forma predeterminada la pendiente hidráulica como base para sus cálculos hidráulicos. Luego, la línea de la energía en cualquier punto dado se calcula sumando la carga de velocidad a la línea de gradiente. Debido a esta práctica estándar, ocasionalmente pueden ocurrir discontinuidades de

energía, como cuando el tamaño de la tubería disminuye en la dirección aguas abajo o aumenta la pendiente de la tubería.

- Modelos de rugosidad (Manning). El solucionador Bentley SewerGEMS utiliza la ecuación de Manning para evaluar la pendiente de fricción S_f de acuerdo a la siguiente Ecuación:

$$S_f = \frac{\eta^2 * |Q| * Q}{\mu^2 * A^2 * Rh^{4/3}} \qquad (27)$$

  - S_f = Pendiente de fricción (m/m)
  - η = Coeficiente de Manning para la fricción
  - Q = Caudal (m3/s)
  - A = Área (m2)
  - μ = factor de conversión de unidades (1,0 para unidades SI)
  - Rh = radio hidráulico

  El coeficiente η de Manning es un valor definido por el usuario que introduce los efectos de la rugosidad del conducto, canal o canalón. Los valores típicos de rugosidad para tuberías para la ecuación de Manning, se muestran en la Tabla 10. Estos valores pueden variar según el fabricante, la calidad de la mano de obra, la antigüedad y otros factores. Por esta razón, la presente tabla debe utilizarse únicamente como una guía.

Tabla 10

Valores de coeficientes de Manning típicos

Material	**Coeficiente de rugosidad de Manning n**
Asbestos cemento	0.011
Latón	0.011
Ladrillo	0.015
Hierro dúctil	0.012
Concreto (encofrados de acero, lisos)	0.011
Concreto (encofrados de madera)	0.015
Concreto centrifugado	0.013
Cobre	0.011
Metal corrugado	0.022

Fierro Galvanizado	0.016
Vidrio	0.011
Plomo	0.011
Plástico	0.009
Acero con recubrimiento COAL TAR	0.010
Acero nuevo sin revestimiento	0.011
Acero remachado	0.019
Duelas de madera	0.012

Nota: Fuente: Bentley Institute Press (BENTLEY,2021). Libro: “Computer Applications in Hydraulic Engineering” (p.28)

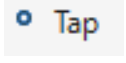
- Determinación de la Tensión tractiva. Para determinar si las tuberías de alcantarillado son esencialmente auto limpiantes en el sentido de que las partículas no se asientan o, si lo hacen, se re suspenden, es necesario determinar si hay suficiente tensión tractiva en la tubería, se compara la tensión tractiva real calculada por el modelo con la tensión tractiva objetiva requerida para mover partículas. Para Bentley Systems. (2019). en sus referencias técnicas de SewerGEMS, los valores objetivo típicos son 0,87 Newtons/m^2 (Pascales) y según la normativa OS 0.70 el valor mínimo de tensión tractiva para un coeficiente Manning de 0.013 es de 1.0 Pa. Los cálculos de tensión tractiva solo se realizan con el solucionador GVF Convex, pero pueden extenderse a otros solucionadores.
- Solucionadores (numéricos). SewerGEMS tiene diferentes solucionadores hidráulicos numéricos para cada escenario. Esto es importante porque no existe una única forma "correcta" de resolver las complejas ecuaciones hidráulicas para una red hidráulica mixta de gravedad y presión. Cada problema tiene sus propias características que pueden hacer que un solucionador (a veces denominado "motor") sea más ventajoso que otro. El solucionador que usaremos es el GVF - Convexo (SewerCAD) que separa el problema hidráulico primero en un conjunto de subredes de gravedad y subredes de presión. Para las subredes de gravedad, divide la solución en un problema de enrutamiento de flujo utilizando enrutamiento convexo (un método de enrutamiento hidrológico) y luego resuelve la línea de gradiente hidráulico (incluida la profundidad y la velocidad) utilizando ecuaciones

de flujo gradualmente variado (GVF) (remanso). Para las subredes de presión, utiliza un solucionador de presión como el que se encuentra en WaterGEMS de Bentley. El método de solución se desarrolló para el modelo SewerCAD y se puede aplicar a alcantarillas sanitarias y combinadas, especialmente aquellas con una gran cantidad de alcantarillas de bombeo o presión, y aquellas que solo requieren un análisis de estado estacionario.

2.1.6.2.2 Elementos del modelamiento. Bentley Systems. (2019) en las referencias técnicas de SewerGEMS, define los elementos que pueden usarse en el modelo hidráulico y se organizan en las siguientes categorías según la tabla 11:

Tabla 11

Elementos que componen el modelo en Sewergems

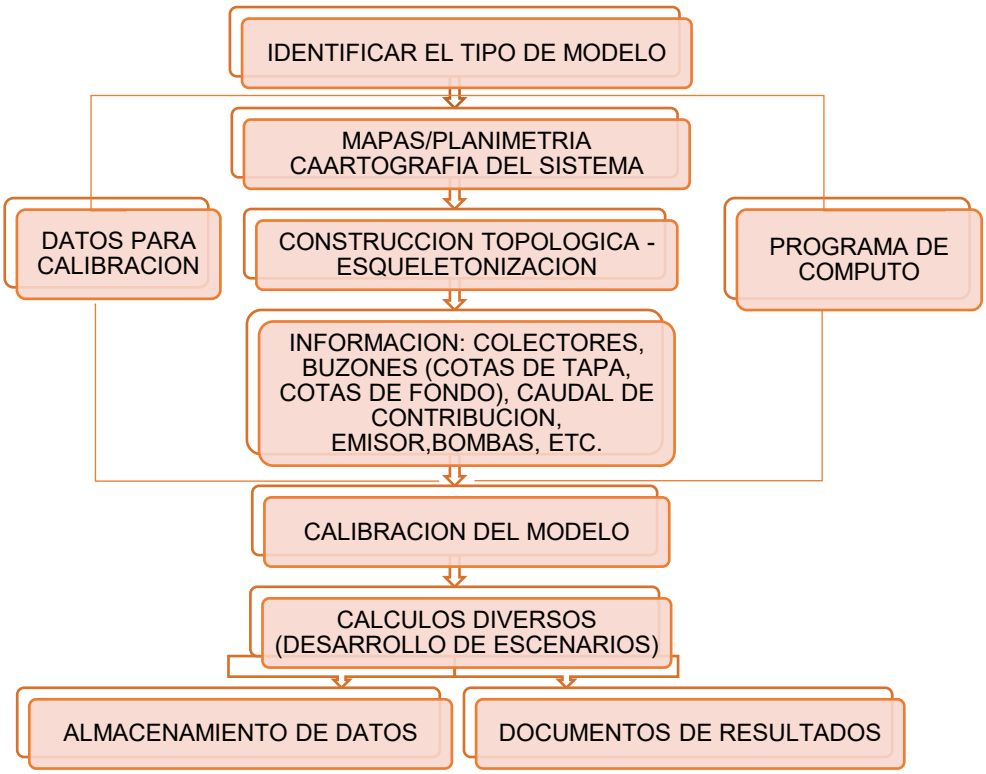
Elemento	Simbología	Definición
Colector (Conduit), Lateral (Lateral), Canal (Channel), Cuneta (Gutter)		Los elementos de enlace conectan los otros elementos para formar la red de alcantarillado. Los elementos de enlace son los elementos de transporte que conducen el flujo a través de la red hasta su eventual punto de descarga en una salida.
Buzones (Manhole)		Los buzones se colocan en un sistema de alcantarillado para proporcionar acceso para inspección, mantenimiento y servicio de emergencia. Se deben colocar buzones en las uniones de alcantarillado (es decir, en T, en Y y en cruces), en los extremos de las terminales aguas arriba de las alcantarillas y en lugares donde hay un cambio en la pendiente o dirección del alcantarillado. Los buzones son lugares donde las cargas ingresan a la parte de gravedad del sistema de alcantarillado.
Emisarios (Outfall)		Los emisarios representan los puntos finales de terminación en una red de alcantarillado sanitario.
Cajas de conexión domiciliaria (Property connection)		Se utilizan para cargar modelos de alcantarillado basados en datos a nivel de conexiones individuales. Las conexiones de propiedad se pueden conectar a una red de gravedad aguas abajo mediante enlaces laterales. Las conexiones de propiedades se utilizan para cargar en los solucionadores explícito y convexo GVF, pero no en el solucionador implícito.
Abrazadera (Tap node)		Se usa para conectar un tubo lateral a otro conducto. Controla la ubicación de la conexión, y el tope de elevación invertida del tubo lateral. A diferencia de la mayoría de los otros nodos, cuando se coloca no rompe el conducto en dos piezas separadas.

Nota: Elaboración propia con definiciones de Bentley Systems. (2019). SewerGEMS: [Software de computadora]. Recursos de información técnica.

2.1.6.2.3 Etapas del modelamiento. Sánchez Merlo (2020) indica que, para realizar un modelamiento hidráulico adecuado, es necesario seguir una secuencia de pasos con el fin de que el modelo se asemeje al sistema de alcantarillado que se desea simular. A continuación, se presentan las etapas del modelamiento.

Figura 44

Etapas del modelamiento de un sistema de alcantarillado



Nota: Adaptado del diplomado "Modelamiento computarizado de sistemas de distribución de agua" por Ing. Yuri Sánchez Merlo (2020)

2.1.6.2.4 Uso de alternativas. Bentley SewerGEMS incluye diferentes tipos de alternativas tales como Alternativa de topología activa, Alternativas físicas, Alternativa de configuración inicial, Alternativas hidrológicas, Alternativas de salida, Alternativas de infiltración y afluencia de capital, Alternativa de escorrentía de lluvia, Alternativa a la calidad del agua.

Para el presente trabajo de suficiencia se usa las alternativas de infiltración y afluencia La alternativa de flujo de entrada le permite definir datos de contribución para elementos capaces de aceptar un flujo de entrada por infiltración. El flujo de infiltración a

las tuberías es el agua que ingresa al sistema desde el suelo a través de las juntas de tuberías y conexiones defectuosas.

El flujo de infiltración del conducto se agrega después de la sección aguas arriba del conducto mediante el motor de cálculo. Por lo tanto, al ver los resultados del flujo, verá el flujo de infiltración en la sección central y la sección aguas abajo del conducto.

Para modelar la infiltración a lo largo de una tubería, es posible especificar la infiltración como: Longitud de la tubería (Pipe Length), Área de la tubería, Diámetro-longitud de la tubería, Recuento, Hidrograma y Carga del patrón. Los primeros cuatro tipos de infiltración son tasas constantes, mientras que los dos últimos son de flujo variable en el tiempo. En el modelamiento hidráulico del presente trabajo de suficiencia, se usará infiltración a través de Longitud de la tubería (Pipe Length).

Sánchez Merlo (2020) nos señala como modelar las tasas de infiltración, debe hacerse en las tablas de colectores (Conduit), primero definiendo Pipe Length en Infiltration Load Type, luego se define el valor y la unidad de la tasa de infiltración en Infiltration Rate per Loading Unit y finalmente definiendo la unidad de longitud de Infiltration Loading Unit.

2.2 Marco legal

Tabla 12

Marco legal relacionado a sistemas rurales de agua potable y saneamiento

1	Constitución Política del Perú, en su Artículo 7 declara que el estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable priorizando el consumo humano sobre otros usos. El Estado promueve el manejo sostenible del agua, el cual se reconoce como un recurso natural esencial y como tal, constituye un bien público y patrimonio de la Nación.
2	Decreto Legislativo N°1280, que aprueba La Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento donde declara que uno de sus principios es la Inclusión social: Los planes, programas y actuaciones del Estado en todos sus niveles y sectores de gobierno se enmarcan en la política de promoción del desarrollo e inclusión social, incidiendo especialmente en la reducción de la brecha de infraestructura de los servicios de saneamiento y el acceso de la población de escasos recursos, especialmente del ámbito rural, a dichos servicios, en condiciones de eficiencia, sostenibilidad y calidad.
3	Decreto Supremo N°011-2006-VIVIENDA, que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), norma técnica de cumplimiento obligatorio por todas las entidades públicas que establece los criterios y requisitos mínimos. Las normas de obras de saneamiento usadas en este trabajo de suficiencia son: · ▪ Norma OS.010. Captación y conducción de agua para consumo humano ▪ Norma OS.030. Almacenamiento de agua para consumo humano ▪ Norma OS.050. Redes de distribución de agua para consumo humano ▪ Norma OS.070. Redes de aguas residuales
4	Resolución Ministerial N° 192-2018 – MVCS, que aprueba la "Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural", en su Anexo se muestra guías de diseño tipo y modelos estandarizados de componentes de los sistemas de saneamiento en el ámbito rural

Nota: Elaboración propia

Capítulo III. Descripción del trabajo

3.1 Nombre del Proyecto

El proyecto es: “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA”

Tabla 13

Datos generales del proyecto

Sector	:	**Gobiernos Locales**
Pliego	:	Municipalidad Distrital de Quinistaquillas
Función	:	18 Saneamiento
División Funcional	:	040 Saneamiento
Grupo Funcional	:	0089 Saneamiento Urbano
Responsable Funcional	:	Vivienda, Construcción y Saneamiento.
Unidad Formuladora	:	Municipalidad Distrital de Quinistaquillas.
Unidad Ejecutora	:	Municipalidad Distrital de Quinistaquillas.
Código único	:	2237294

Nota: Elaboración propia

3.2 Características Generales del proyecto

3.2.1 Ubicación geográfica

La zona involucrada es la Localidad de Quinistaquillas. La capital del distrito se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 16° 44’ 57’’ de latitud sur y 70°52’50’’’ de longitud oeste, en coordenadas UTM WGS 1984 Zona 19S1: 8146740N y 300936E, altitudinalmente se encuentra entre a 1,783 m.s.n.m., presentando la mayor parte de su territorio dentro de la Región Andina. Los Límites interdistrital del distrito de Quinistaquillas son el distrito de Omate por el norte, el distrito de Torata por el sur, el distrito de San Cristóbal, Carumas y Matalaque por el este y el distrito de Torata por el oeste.

Tabla 14

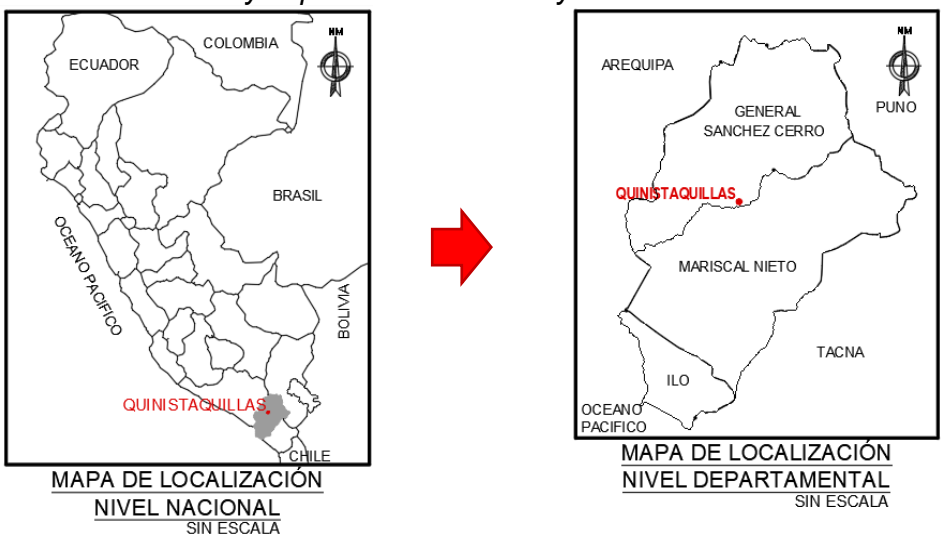
Ubicación geográfica del proyecto

Región	:	Moquegua
Provincia	:	General Sánchez Cerro
Distrito	:	Quinistaquillas
Localidad	:	Quinistaquillas

Nota: Elaboración propia

Figura 45

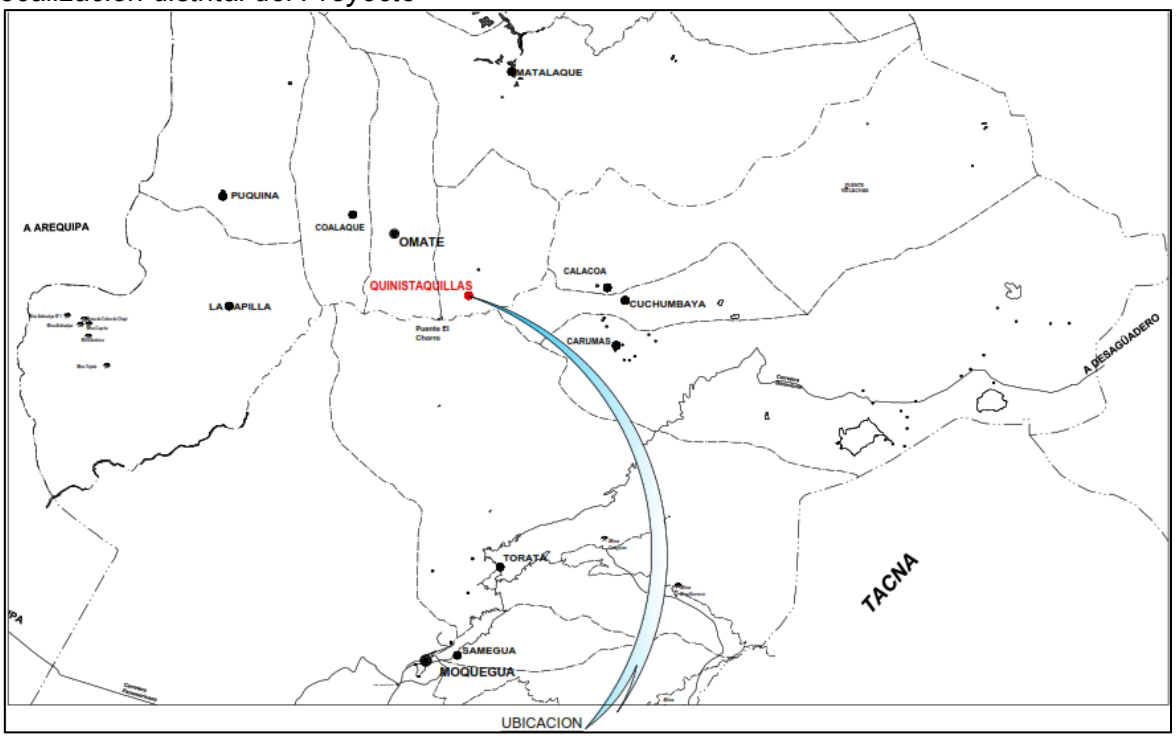
Localización nacional y departamental del Proyecto



Nota: Elaboración propia

Figura 46

Localización distrital del Proyecto



Nota: Elaboración propia

3.2.2 Vías de Acceso

Para llegar al distrito de Quinistaquillas se tiene 02 vías de acceso a través de las ciudades de Moquegua y Arequipa. La trayectoria, distancia, tiempos de traslado para llegar al lugar del proyecto es de acuerdo a la siguiente tabla :

Tabla 15

Vías de acceso a la localidad de Quinistaquillas

DESTINO DE	DESTINO A	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VÍA
	Primera ruta:			
Moquegua	Desvío Omate	50 km	60 min	Asfaltada
Desvío Omate	Puente Otora	14 km	20 min	Asfaltada
Puente Otora	Desvío Puente el Chorro	62 km	120 min	Trocha Carrozable
Desvío Puente el Chorro	Quinistaquillas	10 km	10 min	Trocha Carrozable
	Segunda ruta:			
Arequipa	Mollebaya	14 km	20 min	Asfaltada
Mollebaya	Poccsi	14 km	40 min	Trocha Carrozable
Poccsi	Rio Poroto	9 km	20 min	Trocha Carrozable
Rio Poroto	Puquina	35 km	40 min	Asfaltada
Puquina	Desvío Puente el Chorro	3 km	170 min	Trocha Carrozable
Desvío Puente el Chorro	Quinistaquillas	10 km	10 min	Trocha Carrozable

Nota: Elaboración propia

3.2.3 Clima

El clima del valle de Quinistaquillas es templado, seco y soleado durante casi todo el año. Con escasas precipitaciones pluviales debido a las características del terreno tipo desértico. Su temperatura promedio es de 18º. Normalmente cuenta con 10 horas de sol al día, lo que posibilita su variada producción de frutas muy aromáticas, bonitas y carnosas. El clima que se presenta en el sector es templado con sensación de frío en las noches, la humedad es del orden de 48%. Donde su temperatura promedio oscila entre los 18° a 24°C, existe presencia de lluvias en los meses de diciembre hasta marzo.

Tabla 16

Temperatura media mensual año 2012 al 2013

Temperatura (ºC)	**SET 2012- SET 2013**												
Mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	JUN	JUL	AGO	SET	Promedio
Max	30.5	31.1	31.5	30.1	29.5	29.7	29.9	27.8	28.2	28.2	28.7	30.9	29.7
Min	11.6	11.9	12.3	13.5	14.0	13.7	11.6	10.4	9.9	9.9	9.8	11.1	11.7
Promedio	21.1	21.5	21.9	21.8	21.7	21.7	20.7	19.1	19.0	19.1	19.3	21.0	20.7

Nota: Fuente-Datos Meteorológicos SENAMHI-Estación Quinistaquillas- Recuperado de https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/

Sobre la precipitación considerando que el régimen hídrico para toda esta zona es inferior a los 50 mm de precipitación por año, los datos esperados año tras año serán de unos cuantos milímetros de lluvia, como se aprecia en el siguiente Tabla

Tabla 17

Precipitación media mensual año 2012 al 2013

SET 2012- SET 2013													
Mes	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	JUN	JUL	AGO	SET	Total
Precipitación (mm/mes)	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	1.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3

Nota: Fuente-Datos Meteorológicos SENAMHI-Estación Quinistaquillas- Recuperado de https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/

La precipitación total del año 2012-2013 es de 3.3 mm, siendo entre los meses de enero y febrero los meses con mayor cantidad de precipitación; sin embargo, la cantidad no resulta significativa como para considerarla un factor dispersante.

3.2.4 Evaporación

Los diferentes cuerpos de agua en la superficie del suelo por efectos del calor (temperatura) se transforma en estado gaseoso y se pierde en la atmosfera, de acuerdo a la información recopilada se tiene para los meses de lluvias (diciembre, enero, y febrero), se tiene la evaporación media más baja (2,9mm - 3,1mm), y para el mes de junio se registra la evaporación media más alta (5,2 mm).

3.2.5 Geomorfología

El distrito de Quinistaquillas cuenta con unidades morfológicas variadas y el área de estudio pertenece a la unidad geomorfológica de Vertientes montañosas empinadas a escarpadas.

3.2.6 Fisiografía

El área de estudio tiene un rango de elevación de 1750 a 1,800 metros sobre el nivel del mar de altitud. La topografía del área está caracterizada por tierras altas onduladas, y rodeada por el valle de Quinistaquillas. La fisiografía se caracteriza por presentar terrenos llanos y áridos fuertemente disectados por quebradas.

3.2.7 Topografía y suelos

La topografía de la zona es ondulada, con pendientes promedio que varían de 5% hasta el 35%, con presencia de laderas suaves y quebradas ligeramente ondulados. El suelo presenta conformación areno arcillosa gravosa, partículas angulosas a sub

angulosas de formas chatas de coloración café oscuro húmedo con presencia de roca suelta en cantidades mínimas.

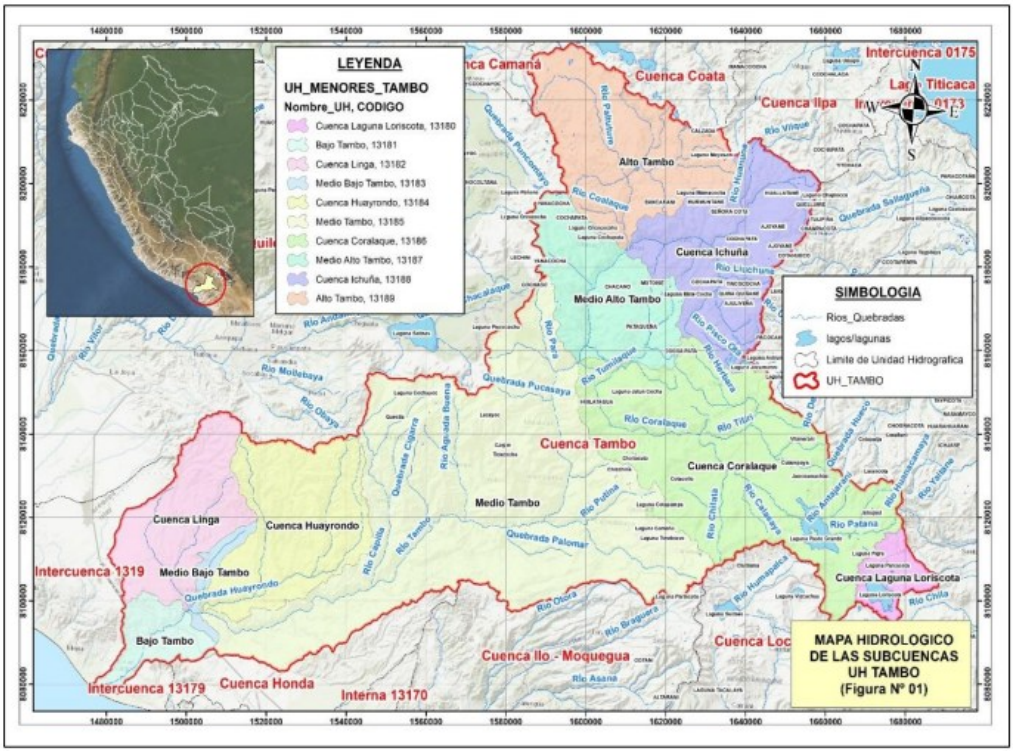
3.2.8 Hidrográficas

El distrito de Quinistaquillas pertenece a la cuenca del Río Tambo que forma parte de la vertiente del pacífico, desembocando en las costas del departamento de Moquegua.

Esta cuenca comprende a las provincias de Mariscal Nieto y Sánchez Cerro en Moquegua, Arequipa e Islay en el departamento de Arequipa, Puno y San Román en el departamento de Puno; forma parte del sistema hidrográfico de la vertiente del pacífico, cubriendo una extensión de aproximadamente 12 744.41 km2 de los cuales 8 149 km2 corresponden a la cuenca húmeda o inbrífera, ubicada por encima de los 3 900 m.s.n.m. El relieve general de la cuenca en la parte alta es el que caracteriza prácticamente a la mayoría de los ríos interandinos, es decir el de hoyas hidrográficas alargadas, de fondo profundo y quebrado con fuerte pendiente; con una fisiografía escarpada y en las partes abruptas cortadas por quebradas de fuertes pendientes y estrechas gargantas macizas.

Figura 47

Ubicación de la cuenca del río Tambo



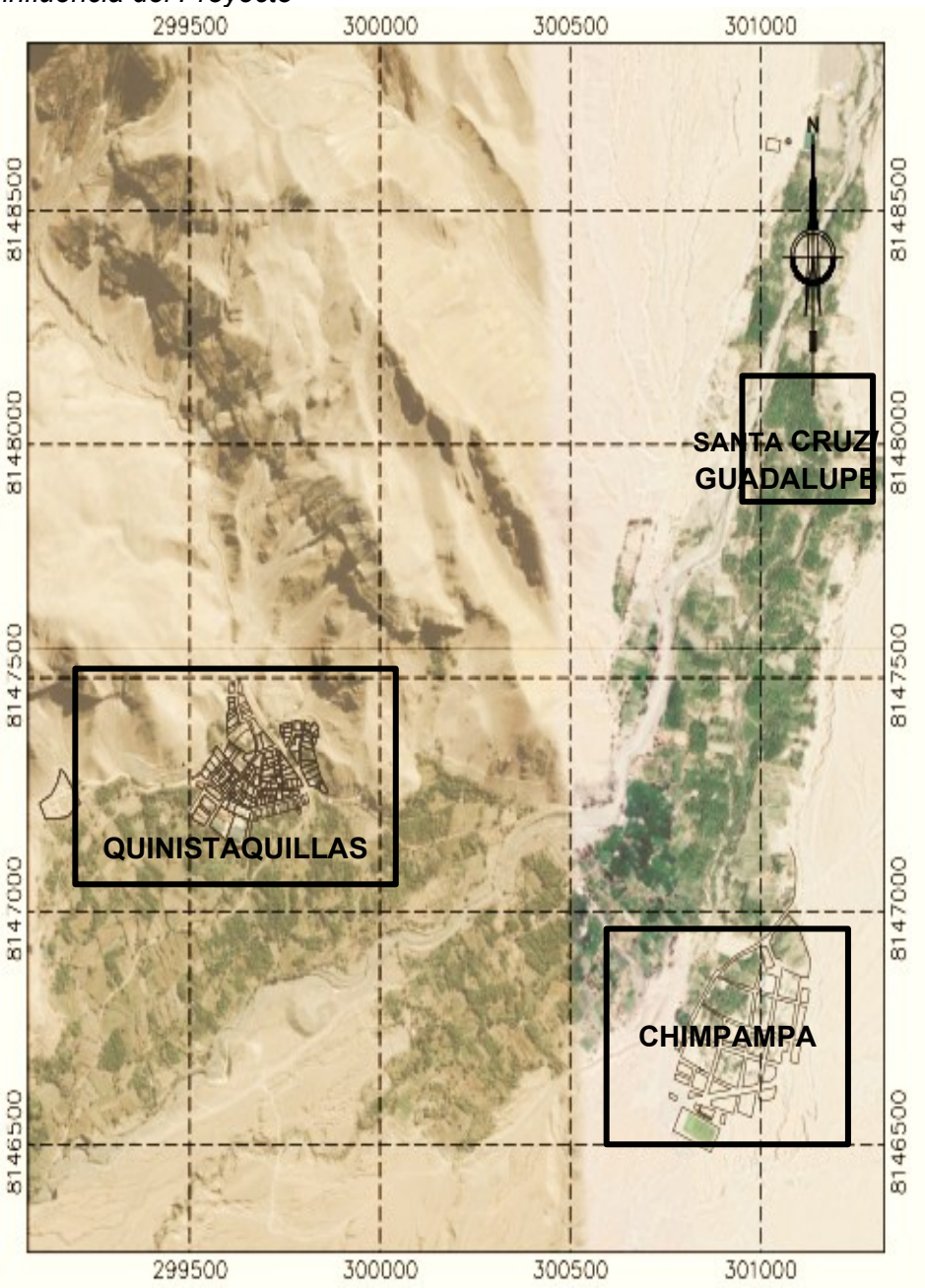
Nota: Fuente – Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2019)-Estudio hidrológico de la unidad hidrográfica de Tambo - Recuperado de: https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4703

3.2.9 Área de influencia y área de estudio

El área de influencia es el área donde se ubican las personas beneficiadas por el proyecto; en tal sentido el área de influencia directa del proyecto será el centro poblado de Quinistaquillas y el área de influencia indirecta serían los centros poblados de Santa Cruz-Guadalupe y Chimpapampa.

Figura 48

Área de influencia del Proyecto

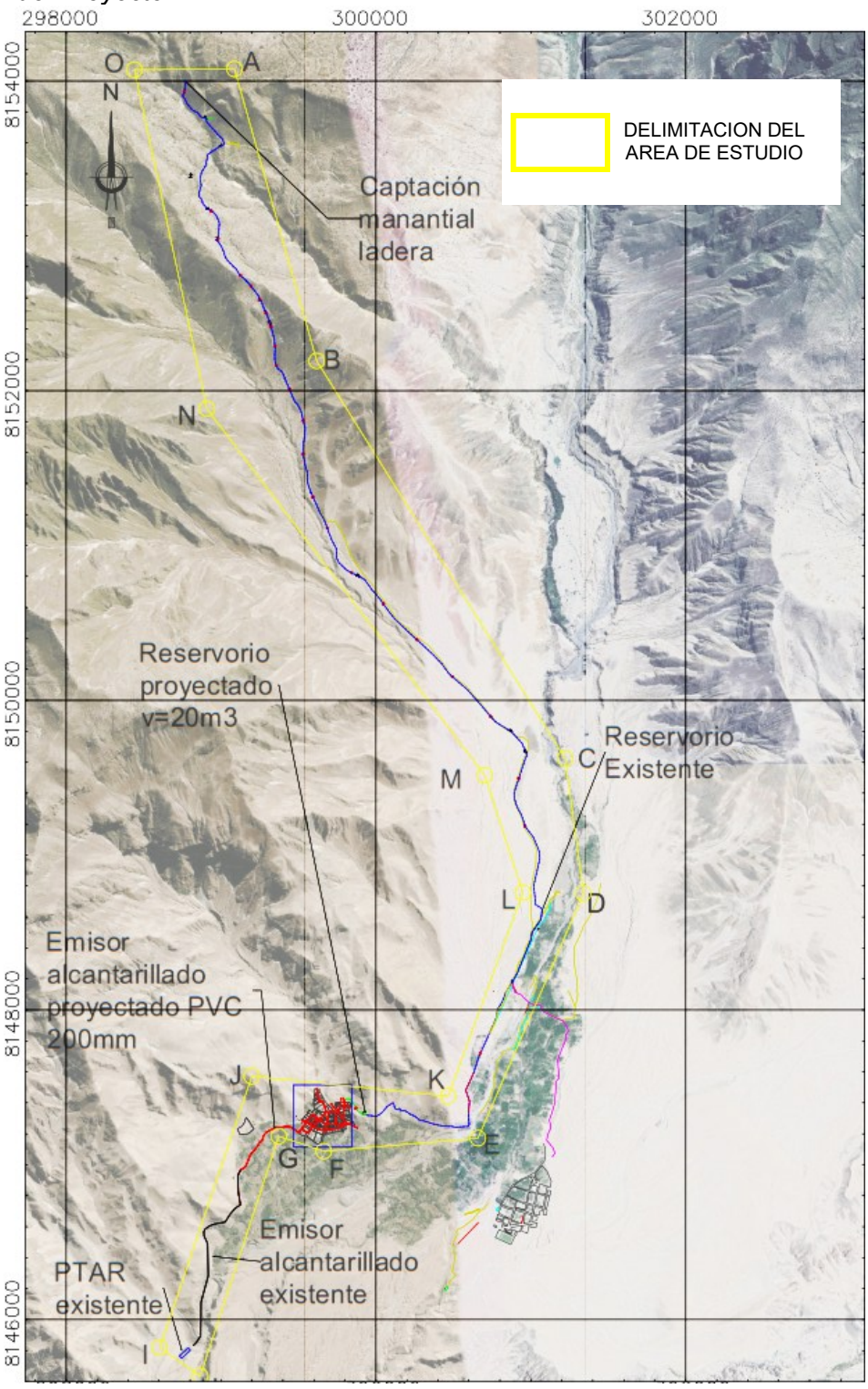


Nota: Elaboración propia

El área de estudio es el terreno donde se desarrollará el PIP, por lo que el área de estudio comprende desde el punto de captación de agua, la línea de conducción, almacenamiento, así como colectores de alcantarillado y disposición final en la PTAR.

Figura 49

Vista satelital del Proyecto



Nota: Elaboración propia

3.2.10 Población beneficiaria con el proyecto

La población beneficiaria del Proyecto está constituida por la población de las localidades de Quinistaquillas, Santa Cruz, Guadalupe y Chimpapampa, que cuentan con sistema de Agua y Alcantarillado, pero de manera deficiente.

Para determinar dicha población en el año 2022 se realizó un empadronamiento de viviendas en los cuatro sectores, verificando la condición de ocupación de cada una de las viviendas, asimismo se determinó el número de instituciones de uso estatal y social.

Tabla 18

Resumen de población beneficiaria para el proyecto

N°	LOCALIDAD	TIPO DE USO	N° MIEMBROS			NUMERO DE VIVIENDAS EMPADRONADAS	DENSIDAD (HAB/LOTE)
			HOMBRES	MUJERES	TOTAL		
1	QUINISTAQUILLAS	PERMANENTE	330	306	636	191	3.33
2	SAN JOSE DE CHIMPAPAMPA	TEMPORAL	169	169	338	134	2.52
3	GUADALUPE	PERMANENTE	8	11	19	11	1.73
4	SANTA CRUZ	PERMANENTE	15	10	25	16	1.56
TOTAL			522	496	1018	352	2.89

Nota: Elaboración propia en base al empadronamiento Año 2022.

Por lo tanto, el número total de viviendas, que debe abastecer este sistema de manera permanente, es de 218 viviendas en la localidad de Quinistaquillas y los anexos rurales de Santa Cruz y Guadalupe con proyección a 20 años de uso

El número total de viviendas de la localidad de Chimpapampa es de 134, que el sistema abastecerá de manera temporal, mientras se construye su reservorio de almacenamiento, que será de uso exclusivo para esa localidad.

3.2.11 Características demográficas

3.2.11.1 Aspectos socioeconómicos. Para poder determinar las posibilidades de crecimiento y desarrollo económico de la población del distrito de Quinistaquillas es necesario desarrollar el diagnóstico de la situación socioeconómica de dicha población,

determinando asimismo los indicadores demográficos, niveles de educación, niveles de salud (especialmente aquellas relacionadas con enfermedades hídricas y condiciones de saneamiento), calidad de las viviendas, condiciones económicas, niveles de ocupación entre otros, se considerará la información estadística existente o disponible a nivel general, local y sectorial y literatura especializada sobre el tema, tales como del INEI, Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio de Agricultura (MINAG), Gobierno Regional, Municipalidad Provincial y Distrital, etc.

Además, se han tomado encuestas socio-económicas a la población con la finalidad de clasificarlas según niveles de ocupación, ingresos, modalidad de abastecimiento de agua, consumo de agua y pago efectivo por dicho consumo, disposición de pago por la prestación de los servicios, etc.

Según el censo del 2017 la población en lo que respecta al Distrito de Quinistaquillas el 52.90% de la población censada es masculina y el 47.10% de la población es femenina.

Tabla 19

Porcentaje de población masculina y femenina en el distrito de Quinistaquillas

CATEGORÍAS	CASOS	%
Hombre	274	52.90 %
Mujer	244	47.10 %
TOTAL	**518**	**100.00%**

Nota: Fuente - INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población VII de Vivienda

La PEA de acuerdo al INEI del censo del 2017, indica la PEA ocupada es 67.81% y la PEA desocupada es 1.37% y la NO PEA es 30.82%, quiere decir que, más del 50% es PEA ocupada en el distrito de Quinistaquillas.

Figura 50

Cuadro de la población económicamente activa del distrito de Quinistaquillas (PEA)

Provincia, distrito, área urbana y rural, condición de actividad económica y sexo	Total	Grupos de edad			
		14 a 29 años	30 a 44 años	45 a 64 años	65 y más años
DISTRITO QUINISTAQUILLAS	**438**	**69**	**121**	**144**	**104**
Hombres	238	36	66	77	59
Mujeres	200	33	55	67	45
PEA	**303**	**40**	**95**	**109**	**59**
Hombres	201	23	63	72	43
Mujeres	102	17	32	37	16
Ocupada	**297**	**39**	**94**	**107**	**57**
Hombres	198	22	62	71	43
Mujeres	99	17	32	36	14
Desocupada	**6**	**1**	**1**	**2**	**2**
Hombres	3	1	1	1	-
Mujeres	3	-	-	1	2
NO PEA	**135**	**29**	**26**	**35**	**45**
Hombres	37	13	3	5	16
Mujeres	98	16	23	30	29

Nota: Fuente - INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población VII de Vivienda

Figura 51

Cuadro de actividades económicas del distrito de Quinistaquillas

AREA # 180209 — **Moquegua, General Sánchez Cerro, distrito: Quinistaquillas**

P5a+: La semana pasada, según sección, ¿A qué actividad se dedicó el negocio?	Casos	%	Acumulado %
A. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	144	48,48%	48,48%
B. Explotación de minas y canteras	1	0,34%	48,82%
C. Industrias manufactureras	1	0,34%	49,16%
F. Construcción	19	6,40%	55,56%
G. Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	5	1,68%	57,24%
H. Transporte y almacenamiento	8	2,69%	59,93%
I. Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	8	2,69%	62,63%
M. Actividades profesionales, científicas y técnicas	4	1,35%	63,97%
N. Actividades de servicios administrativos y de apoyo	3	1,01%	64,98%
O. Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	77	25,93%	90,91%
P. Enseñanza	17	5,72%	96,63%
Q. Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	4	1,35%	97,98%
S. Otras actividades de servicios	5	1,68%	99,66%
T. Actividades de los hogares como empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	1	0,34%	100,00%
Total	297	100,00%	100,00%
No Aplica :	221		

Nota: Fuente - INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población VII de Vivienda

La agricultura es la actividad económica predominante en el distrito de Quinistaquillas, a pesar de su estancamiento. Esta actividad es crucial no solo para el distrito, sino también para toda la Provincia de General Sánchez Cerro, ya que constituye la base alimentaria de la población. Además, es la principal fuente de empleo para la mayoría de los habitantes del distrito, especialmente para aquellos mayores de 15 años

que forman parte de la población económicamente activa. Dentro de la agricultura, la fruticultura destaca, con cultivos de paltas, limas y uvas, así como otros cultivos frutales. También se llevan a cabo actividades complementarias, como la producción de piscos y vinos.

La ganadería es una fuente de ingreso más, está constituida generalmente por el sector agropecuario y ganadero, donde la mayor parte de la población tanto varones y mujeres, comprendido por adultos, jóvenes y niños participan activamente en diferentes formas en el proceso productivo. Por ejemplo, los niños participan en las distintas actividades como las labores agrícolas y/o pecuarias (pastoreos), contribuyendo de esta manera en el sustento familiar. Estas actividades descritas constituyen la fuente de subsistencia de la gran mayoría de la población.

No existe esta actividad económica de minería en la zona.

3.2.11.2 Salud y Limpieza Pública. Considera aspectos como:

En lo respectivo a salud en el distrito de Quinistaquillas cuenta con solo un centro asistencial de salud: Centro de Salud de Quinistaquillas, existe dos consultorios (médico y enfermería). No se encuentran equipados con profesionales y equipos de la especialidad.

Con respecto a la limpieza pública, se da los servicios de recolección, transferencia, transporte y disposición final de los residuos sólidos de la zona del proyecto, se debe indicar que la Municipalidad Distrital cuenta con un personal de limpieza de las calles, parques y jardines, asimismo con un Camión Volquete, los mismos que hacen la recolección de los residuos sólidos en fechas programadas que son los días lunes y jueves para cada anexo durante cada semana. No obstante, a ello se debe señalar que no se cuenta con un área de terreno para la disposición de residuos sólidos formal. De las encuestas realizadas para el presente proyecto se puede identificar que el 7% de la población entierra la basura en hueco y el 93% de la población elimina la basura por medio del camión de basura.

3.2.11.2 Educación. La educación es básicamente estatal, los alumnos asisten normalmente entre los meses de abril a diciembre, la población escolar lo constituyen

personas entre los 06 años de edad (primaria) y 16 años (secundarias), se dispone de infraestructura educativa primaria y secundaria.

Figura 52

Nivel educativo del distrito de Quinistaquillas

AREA # 180209 **Moquegua, General Sánchez Cerro, distrito: Quinistaquillas**

P3a+: Último nivel de estudio que aprobó	Casos	%	Acumulado %
Sin Nivel	15	2,98%	2,98%
Inicial	23	4,57%	7,55%
Primaria	143	28,43%	35,98%
Secundaria	182	36,18%	72,17%
Superior no universitaria incompleta	25	4,97%	77,14%
Superior no universitaria completa	51	10,14%	87,28%
Superior universitaria incompleta	11	2,19%	89,46%
Superior universitaria completa	51	10,14%	99,60%
Maestría / Doctorado	2	0,40%	100,00%
Total	503	100,00%	100,00%
No Aplica :	15		

Nota: Fuente - INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población VII de Vivienda

En el distrito de Quinistaquillas la población en educación básica (inicial, primaria y secundaria) es del 69.18%; la población con educación superior completa entre universitaria y no universitaria es de 20,28%.

Figura 53

Nivel de alfabetización del distrito de Quinistaquillas

AREA # 180209 **Moquegua, General Sánchez Cerro, distrito: Quinistaquillas**

P3a+: Sabe leer y escribir	Casos	%	Acumulado %
Sí sabe leer y escribir	462	91,85%	91,85%
No sabe leer y escribir	41	8,15%	100,00%
Total	503	100,00%	100,00%
No Aplica :	15		

Nota: Fuente - INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población VII de Vivienda

El porcentaje de alfabetización es alto, siendo que el 91.85% de la población sabe leer y escribir. Esta estadística muestra la potencialidad existente en el distrito y sector de influencia del proyecto, que hace prever mayor facilidad en su implementación y mantenimiento, teniendo mayores probabilidades de lograr los objetivos planteados.

En la zona de influencia del proyecto, se ha identificado 05 Instituciones Educativas, cuyas infraestructuras son de material noble, y a la fecha están en buenas condiciones, cuentan con el mobiliario adecuado y personal docente.

Tabla 20

Instituciones educativas del proyecto

USUARIO	NOMBRE DE LOCALIDAD	NIVEL EDUCATIVO	NÚMERO DE ALUMNOS
I.E N° 219	QUINISTAQUILLAS	INICIAL	12
I.E N° 43087	QUINISTAQUILLAS	PRIMARIA	28
I.E N° VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE	QUINISTAQUILLAS	PRIMARIA	27
	QUINISTAQUILLAS	SECUNDARIA	27
I.E N° 345	CHIMPAPAMPA	PRIMARIA	6
I.E N° CARITAS FELICES	CHIMPAPAMPA	PRIMARIA	2

Nota: Fuente: Padrón de los beneficiarios

3.3 Evaluación de sistemas existentes

3.3.1 Sistema de agua potable

El sistema existente de la localidad de Quinistaquillas tiene más de 20 años de antigüedad y está en funcionamiento sin embargo no abastece la demanda requerida.

3.3.1.1 Captación. La captación de agua está ubicada en el lugar denominado Tasata, luego a través de una línea de conducción de 6.3 km va directamente hacia el reservorio de 130 m^3. Esta quebrada sale del manantial y tiene agua suficiente para los sistemas de agua potable. Existe una autorización para poder disponer de un caudal de 4.00 Lps. para poder ser utilizado en el abastecimiento de agua potable para las localidades de Quinistaquillas, Chimpapampa y las zonas rurales de Santa Cruz y Guadalupe.

Figura 54

Vista fotográfica de la captación existente



Nota: Tomado del panel fotográfico.

Se muestra las estructuras de Captación - Desarenador vertedero, el mismo que conecta a una caja de control, mediante tuberías de PVC. Puede evidenciarse su mal estado de funcionamiento.

Figura 55

Vista fotográfica de la desarenador existente



Nota: Tomado del panel fotográfico.

Ambas estructuras construidas en concreto, se encuentran deterioradas y el sistema de válvulas de control totalmente obstruidas, habiéndose improvisado unas tuberías expuestas a manera de By Pass. De la caja de control se empalma tubería PVC de 63 mm para la Línea de Conducción.

3.3.1.2 Línea de Conducción. Este sistema es de tubería tipo PVC de 2" de diámetro, tiene una longitud de 6300 m, desde la captación hacia el reservorio encontrándose en regular estado de conservación; existen tramos que se encuentran descubiertos y otros tramos enterrados.

Como se indicó, la mayor parte del mismo se encuentra enterrado, pero existen 11 tramos que al atravesar quebradas se han construidos unos acueductos (Pases Aéreos) en forma artesanal.

Figura 56

Vista fotográfica del trazo de la línea de conducción existente



Nota: Tomado del panel fotográfico.

3.3.1.3 Pases Aéreos. En el desarrollo de la línea de conducción (que va desde la captación hasta el reservorio 2) y para poder atravesar quebradas se han construido 11 Pases Aéreos construidos artesanalmente, los mismos que no cuentan con las estructuras adecuadas, con sistemas de sostenimiento compuesto por un cable empotrado en ambos extremos.

Figura 57

Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 01



Nota: Tomado del panel fotográfico.

Figura 58

Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 06



Nota: Tomado del panel fotográfico.

Figura 59

Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 08



Nota: Tomado del panel fotográfico.

Figura 60

Vista fotográfica del pase aéreo existente N.º 10



Nota: Tomado del panel fotográfico.

Figura 61

Vista fotográfica de pase aéreo existente N.º 11



Nota: Tomado del panel fotográfico

En los pases aéreos se han instalado las tuberías de PVC, las mismas que para protegerlas de las inclemencias climáticas, han sido revestidas en forma artesanal, por hojas de latón, las mismas que en la actualidad se encuentran corroídas. Las deficiencias y deterioros pueden ser apreciadas en las vistas fotográficas de estas estructuras.

Figura 62 *Vista fotográfica de pase aéreo*



Nota: Tomado del panel fotográfico. Se observa la precariedad del sistema de sujeción conformado por un cable de acero y abrazaderas de alambre.

3.3.1.4 Cámaras rompe Presión. En el recorrido de esta línea de conducción y para poder disminuir las elevadas presiones originadas por una diferencia de cotas de 850 m, se han construido 14 Cámaras Rompe Presión, las cuales, se encuentra en buen estado. En el año 2016, la municipalidad distrital de Quinistaquillas ha realizado cambios de tapas metálicas de control y el mantenimiento de los ingresos y salidas a dichas cámaras.

Figura 63

Vista fotográfica del interior de una cámara rompe presión existente



Nota: Tomado del panel fotográfico

Figura 64

Vista fotográfica de una cámara rompe presión existente con deterioro



Nota: Tomado del panel fotográfico

3.3.1.5 Almacenamiento. Cuenta con 2 reservorios.

El reservorio existente 1 es un reservorio de concreto armado tipo circular apoyado de 130 m3 de capacidad en regular estado de conservación, se encuentra ubicado en la parte alta de la zona del poblado de Quinistaquillas; y tiene una antigüedad aproximada de 12 años; este reservorio cuenta con una tapa sanitaria, así mismo cuenta con tubería de ventilación y su cámara de llaves que se encuentran en regular estado.

Actualmente solo llega al reservorio aproximadamente 0.21 lps de agua por un mal funcionamiento del sistema de captación.

El reservorio es de forma hexagonal de 3.20 m de lado interior y 3.00 m, de altura; La altura de almacenamiento de agua es de 2.60, con lo que se tiene una capacidad de almacenamiento de 130 m³. El estado actual de esta estructura es de regular a buena, apreciándose micro fisuras en su interior y algunas fisuras de tarrajeos de mayor magnitud en sectores de sus paredes exteriores, con posibilidad que estas fisuras se extienda hacia el interior de los muros, al encontrase en todas su perímetro superior e inferior, tal como puede apreciarse en las vistas fotográficas. Este reservorio cuenta con un sistema de clorinador, para el tratamiento del agua almacenada. Las instalaciones de las válvulas de ingreso, salida, rebose y limpia se encuentran deterioradas por el uso, por lo que requiere mantenimiento y cambio total de válvulas.

Respecto a la capacidad de almacenamiento, este reservorio debe abastecer principalmente a las localidades de Quinistaquillas y su anexo de Santa Cruz y Guadalupe; La localidad de Chimpapampa, también utiliza este almacenamiento de agua, mientras no cuente con un reservorio propio.

Figura 65

Vista fotográfica del reservorio existente (V=130m^3)



Nota: Tomado del panel fotográfico

El reservorio existente 2 es exclusivo para la localidad de Quinistaquillas, el reservorio es de forma rectangular de 3.60 m de lado; la altura de almacenamiento de agua es de 1.15, con lo que se tiene una capacidad de almacenamiento de 15 m³. El estado

actual de esta estructura es de regular a buena, con el inconveniente que tiene expuestas sus tuberías de salida y entrada. Además de que se ubica en la cota de 1830 msnm, cota que resulta insuficiente para dar una buena presión a los lotes más alejados de la calle 7 de junio del poblado de Quinistaquillas.

Figura 66

Vista fotográfica de reservorio existente 2 (V=15m^3)



Nota: Tomado del panel fotográfico

3.3.1.6 Línea de Aducción. La línea de aducción es de tubería tipo PVC de 2” de diámetro, va desde el reservorio hasta la red de distribución donde se encuentra la población de Quinistaquillas, en esta línea de aducción también encontramos que está deteriorada, con rupturas en varios tramos, los cuales deben ser reparados periódicamente.

Figura 67

Vista fotográfica de línea de aducción



Nota: Tomado del panel fotográfico

3.3.1.7 Redes de Distribución. Para la distribución de agua potable en la localidad de Quinistaquillas, existen instaladas tuberías con diámetros que varían entre 3” y 2” y de

materiales como PVC y Fierro Fundido (en alguno de sus tramos). Gran cantidad de tuberías existentes posee una antigüedad que supera los 20 años, presentándose en algunos sectores, fugas de agua. Es necesario el cambio integral de todas las redes de agua en la localidad de Quinistaquillas.

Figura 68

Vista fotográfica panorámica del centro Poblado de Quinistaquillas



Nota: Tomado del panel fotográfico

Figura 69

Esquema de redes de agua potable existentes

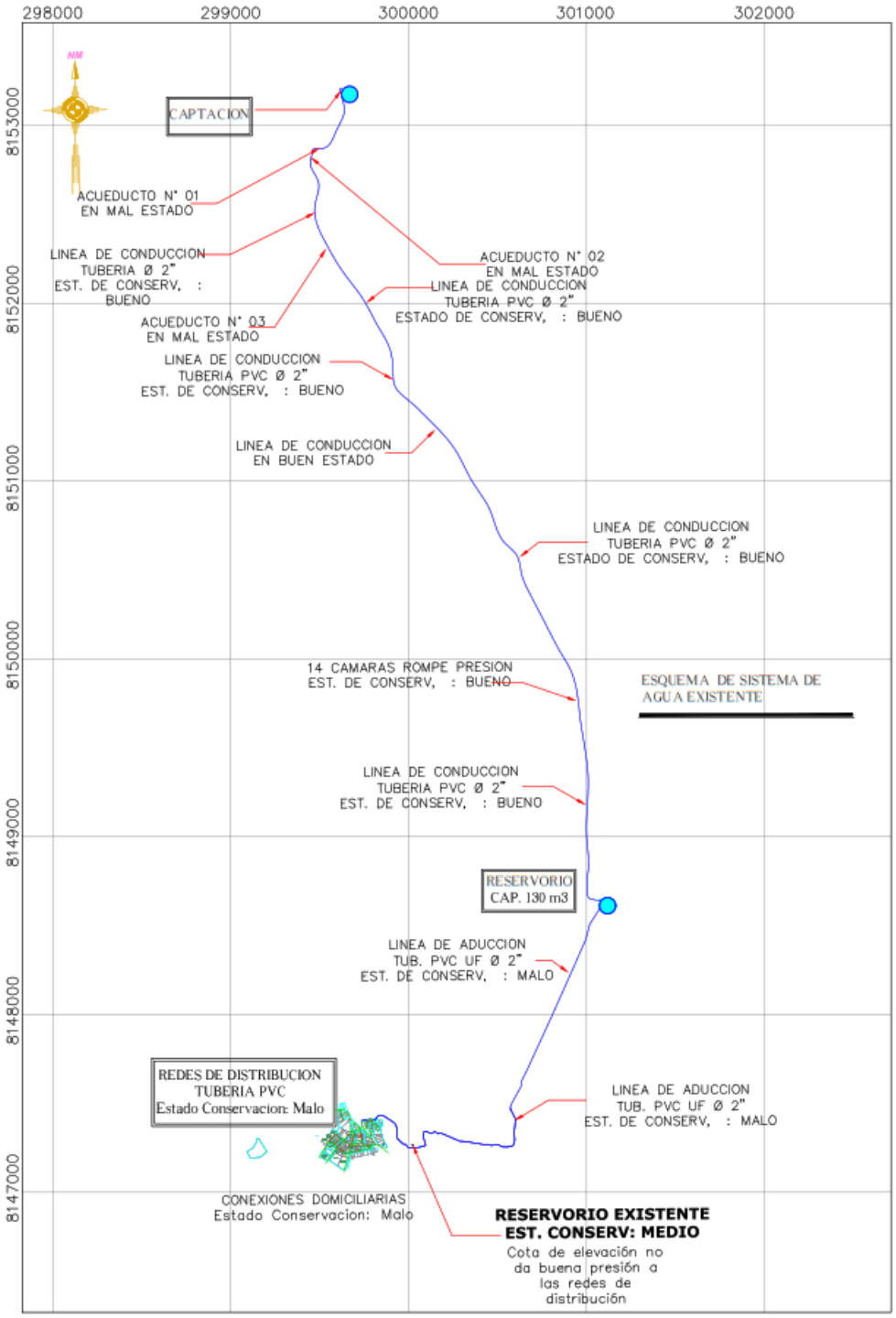


Nota: Elaboración propia en base a planos del sistema existente y ortofoto

3.3.1.8 Conexiones Domiciliarias. En la actualidad, la mayor cantidad de viviendas de la localidad de Quinistaquillas, cuenta con conexiones domiciliarias de agua potable, pero la gran mayoría se encuentran deterioradas por su tiempo de servicio, teniendo un funcionamiento deficiente.

Figura 70

Esquema del sistema de agua potable existente



Nota: Elaboración propia en base a planos del sistema existente

3.3.2 Sistema de saneamiento

3.3.2.1 Redes de Colectores. El sistema de saneamiento de la localidad, se compone de una red de colectores con tuberías concreto simple normalizado de 8”; Muchas de las tuberías instaladas que en su mayoría son de Concreto Simple Normalizado (CSN), poseen una antigüedad de más de 20 años, presentando rajaduras y fugas de aguas servidas a consecuencia de los movimientos sísmicos producidos en la zona. Asimismo, estos colectores están conectados mediante Buzones de Concreto, los cuales se encuentran en mal estado debido a su antigüedad.

Figura 71

Vista fotográfica de buzón en mal estado en calle Los Olivos

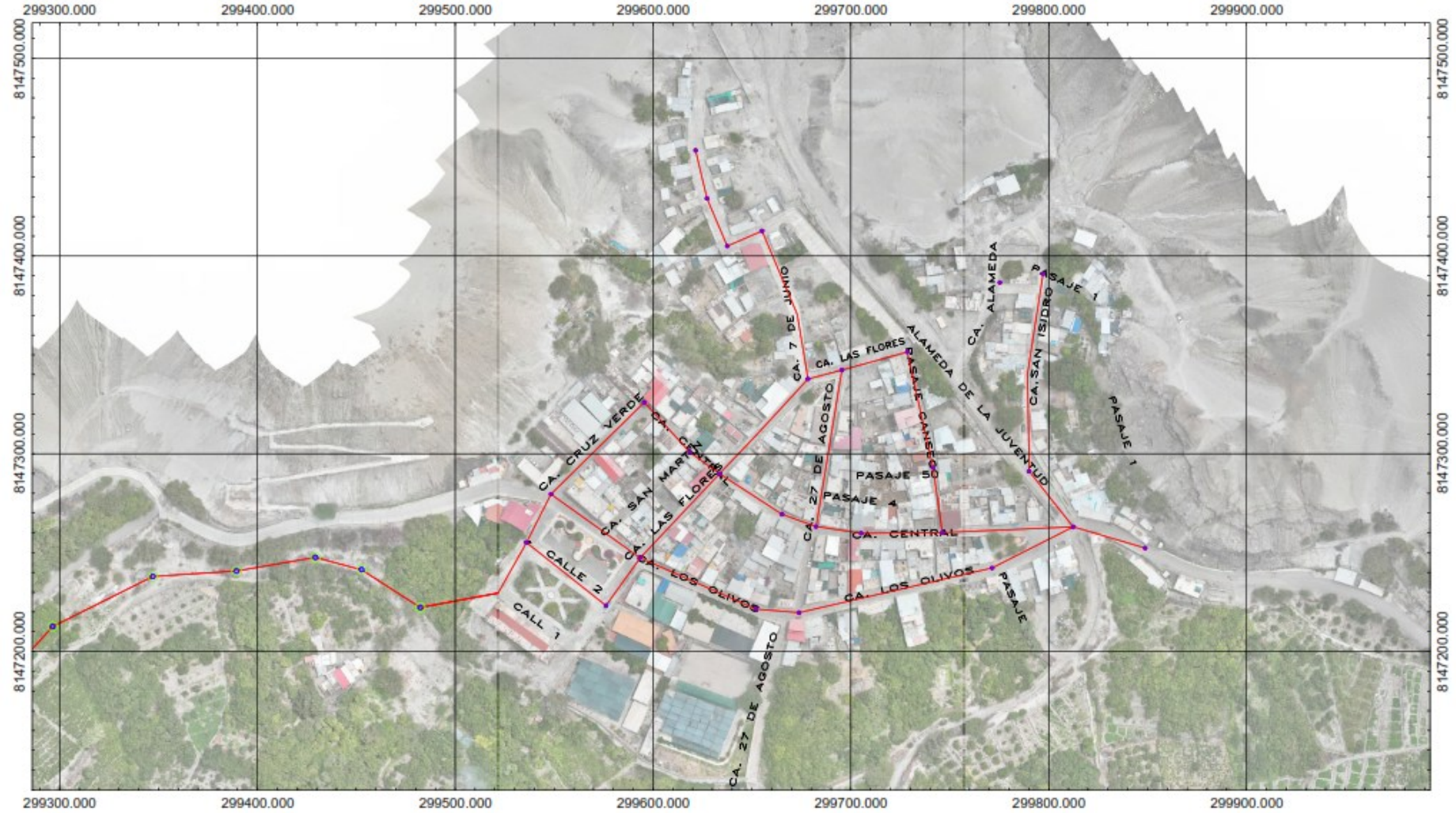


Nota: Tomado del panel fotográfico

En la actualidad, la mayor cantidad de viviendas de la localidad de Quinistaquillas, cuenta con conexiones domiciliarias de alcantarillado, pero por su tiempo de servicio, se encuentran deterioradas y algunas obstruidas, teniendo un funcionamiento deficiente. Con la construcción de nuevas viviendas en las calles 7 de junio y calle Olivos, falta ampliar este servicio a los nuevos lotes con nuevas conexiones domiciliarias.

Figura 72

Esquema de redes de alcantarillado existente



Nota: Elaboración propia en base a planos del sistema existente y ortofoto

3.3.2.2 Emisor. El emisor final está compuesto por 2 tramos: El primero en una longitud de 2,350 ml, desde la salida de la localidad, es de concreto simple normalizado de 10” de diámetro, estas tuberías instaladas en su mayoría son de CSN, poseen una antigüedad de más de 20 años, presentando rajaduras y fugas de aguas servidas a consecuencia de los movimientos sísmicos, presenta buzones de concreto que se encuentran en mal estado;

El segundo tramo tiene como punto de descarga, la Planta de Tratamiento de las aguas residuales (PTAR), con una longitud de 1,390 ml, con tubería PVC S-25 de 200 mm de diámetro; Asimismo cuenta con buzones de inspección en concreto. Este tramo se encuentra en buen estado de conservación, por haber sido intervenido con el cambio total de tuberías y buzones en el año 2008, en una inversión del Gobierno Regional de Moquegua.

Figura 73

Vista fotográfica de la vía departamental por dónde va el tramo 2 del emisor



Nota: Tomado del panel fotográfico

3.3.2.3 Planta de Tratamiento de aguas residuales (PTAR). La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales existente se ubica en la zona baja de Quinistaquillas. Está compuesta por 02 Lagunas Facultativas (Primaria y Secundaria) revestidas con Geo membrana y una cámara de rejas al ingreso de las mismas. Todo el componente de la PTAR, se encuentra en buen estado de funcionamiento. Su construcción data del 2008 en una inversión del Gobierno Regional de Moquegua. Pero no cuenta con un cerco perimétrico ni una disposición final adecuada.

Figura 74

Vista panorámica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).



Nota: Tomado del panel fotográfico

Figura 75

Vista fotográfica de la cámara de rejas y las lagunas facultativas.



Nota: Tomado del panel fotográfico

Figura 76

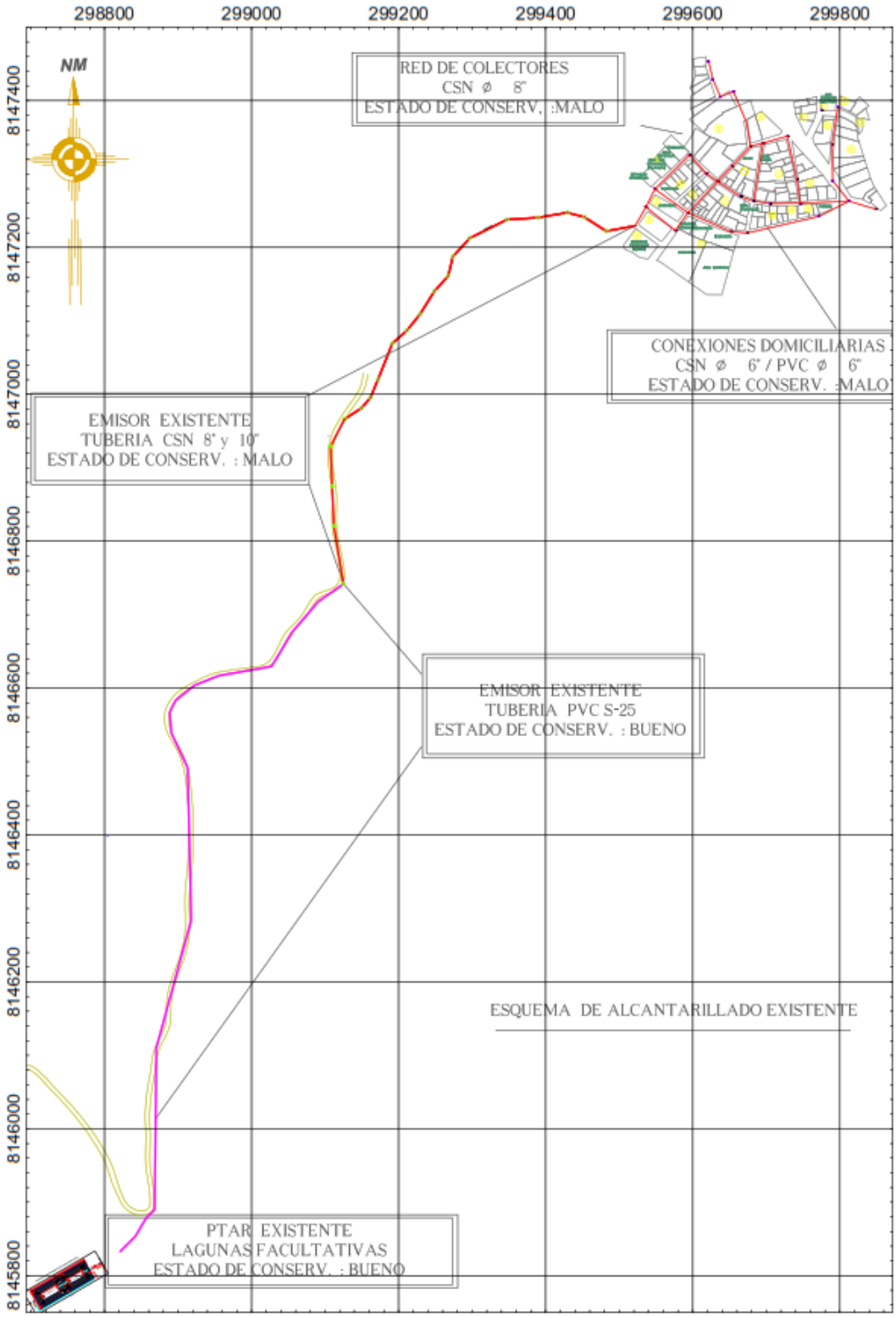
Vista fotográfica de la quebrada de evacuación de las aguas tratadas.



Nota: Tomado del panel fotográfico

Figura 77

Esquema de sistema de saneamiento existente



Nota: Elaboración propia en base a planos del sistema existente

3.4 Parámetros de Diseño

3.4.1 Periodo de Diseño

Los periodos de diseño para el sistema de agua y saneamiento son mostrados en las siguientes tablas:

Tabla 21

Periodos de diseño de infraestructura de agua potable proyectada

Estructura proyectada	Periodo. de diseño.	Referencia
Captación de manantial de ladera	20 años	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a
Líneas de conducción	20 años	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a
Reservorio	20 años	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a
Líneas de aducción	20 años	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a
Redes de distribución.	20 años	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a

Nota: Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].

Tabla 22

Periodos de diseño de infraestructura sanitaria proyectada

Estructura proyectada	Periodo. de diseño.	Referencia
Buzonetas y buzones	20 años	Referencia 2, ítem 6 inciso 6.1
Colectores de alcantarillado	20 años	Referencia 2, ítem 6 inciso 6.1
Pozo Percolador (o de absorción)	10 años	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a

Nota: Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].
Referencia 2 – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS-OPS. (2005). Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado

3.4.2 Población de diseño

3.4.2.1 Población actual. La población beneficiaria del Proyecto está constituida por la población de los sectores de Quinistaquillas, Santa Cruz y Guadalupe, que cuentan con sistema de Agua y Alcantarillado, pero de manera deficiente. La población total beneficiaria del proyecto es de 1013 habitantes, para un total de 352 viviendas de acuerdo a las siguientes tablas:

Tabla 23

Número de viviendas beneficiarias por localidad

LOCALIDAD	N° VIVIENDAS BENEFICIADAS
QUINISTAQUILLAS	191
ANEXO SANTA CRUZ-GUADALUPE	27
CHIMPAPAMPA	134
TOTAL	**352**

Nota: Elaboración propia en base al padrón de beneficiarios

Tabla 24

Número de habitantes beneficiarios por localidad

LOCALIDAD	N° DE HABITANTES
QUINISTAQUILLAS	636
ANEXO SANTA CRUZ-GUADALUPE	44
CHIMPAPAMPA	338
TOTAL	**1018**

Nota: Elaboración propia en base al padrón de beneficiarios

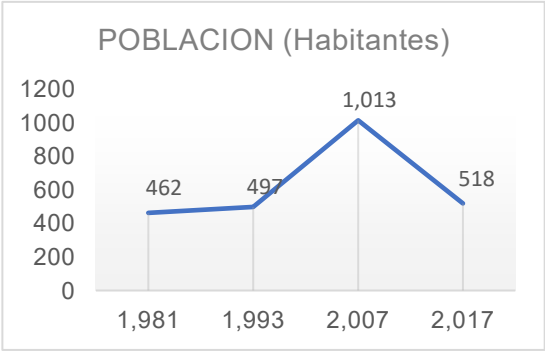
La información anterior fue proporcionada por la Municipalidad Distrital de Quinistaquillas en base a los planos de lotización y padrón de beneficiarios.

3.4.2.2 Crecimiento poblacional. Para hallar la tasa de crecimiento poblacional se ha optado por realizar un estudio de crecimiento poblacional utilizando los datos de los cuatro últimos censos publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Tabla 25

Población por censo del distrito de Quinistaquillas

CENSO (Año)	POBLACION (Habitantes)
1981	462
1993	497
2007	1013
2017	518



Nota: Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Se observa un crecimiento negativo del año 2007 al año 2017 en el distrito de Quinistaquillas, también se analizó el crecimiento poblacional de los distritos circundantes,

y también se observa un crecimiento negativo. La Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural nos indica que se adoptará una tasa de crecimiento de 0% para este tipo de casos.

3.4.2.3 Población de diseño. Al ser la tasa de crecimiento del valor de 0%, la población de diseño es igual a la población actual, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 26

Población de diseño por localidad

Localidad	Población de diseño
Quinistaquillas	636
Anexo Santa Cruz-Guadalupe	44
Chimpapampa	338
Total	**1018**

Nota: Elaboración propia

3.4.3 Dotación de abastecimiento

En el ámbito del proyecto se implementará un sistema de saneamiento a través de redes colectoras de alcantarillado, por lo que le corresponde una dotación de 100 L/h/d, para los usuarios domésticos, según indica el MEF para este tipo de sistema.

También existen usuarios no domésticos como las instituciones estatales (instituciones educativas, consultorios de salud, comisaría) y áreas verdes.

Tabla 27

Dotación para los usuarios en el proyecto

Usuario	Dotación	Referencia
Doméstico	100 L/hab/d	Referencia 1, ítem 6 inciso 6.3.1
Estatal: Educación primaria e inferior (sin residencia)	20 L/alumno/d	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c
Estatal: Educación secundaria y superior (sin residencia)	25 L/alumno/d	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c
Estatal: Oficinas	6 L/m2/d	Referencia 3, ítem 2 inciso 2.2.i
Estatal: Consultorio Médico	500 L/d por consultorio	Referencia 3, ítem 2 inciso 2.2.s
Otros: Área verde	2 L/m2/d	Referencia 3, ítem 2 inciso 2.2.u

Nota: Referencia 1 - Ministerio de Economía y Finanzas. (2004). Herramientas metodológicas para la elaboración de estudios de PIP de saneamiento básico en ámbito Rural Sección 3: Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales
Referencia 2 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].
Referencia 3 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma IS. 010].

3.4.4 Cálculo de la demanda proyectada

3.4.4.1 Usuarios domésticos. Ver tabla 36 y 37.

3.4.4.2 Usuarios estatales. Ver tabla 28, 29, 30 y 31.

Tabla 28

Demanda por usuarios de centros educativos en Quinistaquillas

Parámetros básicos de diseño	Cód.	Fórmula	Dato	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
Número de estudiantes de Primaria	Ep	Dato	67	alumno	Padrón de beneficiarios
Número de estudiantes de Secundaria y superior	Es	Dato	27	alumno	Padrón de beneficiarios
Dotación Educación primaria	Dep	Dato	20	L/alumno/d	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c
Dotación Educación secundaria y superior	Des	Dato	25	L/alumno/d	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c
Demanda de instituciones educativas	Q	$Q = \frac{Ep * Dep + Es * Des}{86400}$	0.023	L/s	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c

Nota: Fuente: Elaboración propia
Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].

Tabla 29

Demanda por usuarios de centros educativos en Chimpapampa

Parámetros básicos de diseño	Cód.	Fórmula	Datos de diseño	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
Número de estudiantes de Primaria	Ep	Dato	8	alumnos	Padrón de beneficiarios
Número de estudiantes de Secundaria y superior	Es	Dato	0	alumnos	Padrón de beneficiarios
Dotación Educación primaria	Dep	Dato	20	L/alumno/d	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c

Dotación Educación secundaria y superior	Des	Dato	25	L/alumno/d	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c
Demanda de instituciones educativas	Q	$Q = \frac{Ep * Dep + Es * Des}{86400}$	0.002	L/s	Referencia 1, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.c

Nota: Fuente: Elaboración propia
Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].

Tabla 30

Demanda por usuarios de centros de salud en Quinistaquillas

Parámetros básicos de diseño	Cód.	Fórmula	Datos de diseño	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
Número de consultorios	$Cons.$	Dato	2	consultorio	Plano de catastro
Dotación	Dot	Dato	500	L/(día-consultorio)	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.s
Demanda de comisaría	Q	$Q = \frac{Cons * Dot}{86400}$	0.012	L/s	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.s

Nota: Fuente: Elaboración propia
Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma IS. 010].

Tabla 31

Demanda por usuarios de oficinas (comisaría de Quinistaquillas)

Parámetros básicos de diseño	Cód.	Fórmula	Datos de diseño	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
Área de comisaria	A	Dato	385	m^2	Plano de catastro
Dotación	Dot	Dato	6	L/m2/d	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.i
Demanda de comisaría	Q	$Q = \frac{A * Dot}{86400}$	0.027	L/s	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.i

Nota: Fuente: Elaboración propia
Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma IS. 010].

3.4.4.3 Áreas verdes. Ver tabla 32,33 y 34

Tabla 32

Áreas verdes en el proyecto

USUARIO	NOMBRE DE LOCALIDAD	AREA (M2)
PLAZA	QUINISTAQUILLAS	899
PARQUE	QUINISTAQUILLAS	191
HUERTO	QUINISTAQUILLAS	947
PLAZA	CHIMPAPAMPA	500
CANCHA DE FUTBOL	CHIMPAPAMPA	4000

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Demanda por áreas verdes en Quinistaquillas

Parámetros básicos de diseño	Cód.	Fórmula	Datos de diseño	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
Área verde	A	Dato	2037	m^2	Plano de catastro
Dotación	Dot	Dato	2	L/m2/d	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.u
Demanda de áreas verdes	Q	$Q = \frac{A * Dot}{86400}$	0.047	L/s	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.u

Nota: Fuente: Elaboración propia
Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma IS. 010].

Tabla 34

Demanda por áreas verdes en Chimpapampa

Parámetros básicos de diseño	Cód.	Fórmula	Datos de diseño	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
Área verde	A	Dato	4500	m^2	Plano de catastro
Dotación	Dot	Dato	2	L/m2/d	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.u
Demanda de áreas verdes	Q	$Q = \frac{A * Dot}{86400}$	0.104	L/s	Referencia 1, ítem 2 inciso 2.2.u

Nota: Fuente: Elaboración propia
Referencia 1 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma IS. 010].

3.4.4.4 Resumen usuarios no domésticos. Ver tabla 35

Tabla 35

Demanda por usuarios no domésticos en el proyecto

USUARIO	LOCALIDAD QUINISTAQUILLAS	LOCALIDAD CHIMPAPAMPA	TOTAL, DEL AMBITO DEL PROYECTO
ESTATAL (Qp2)	0.062	0.002	0.063
AREA VERDE (Qp3)	0.047	0.104	0.151
TOTAL	0.109	0.106	0.215

Nota: Fuente: Elaboración propia

3.4.5 Resumen de parámetros de diseño

Tabla 36

Parámetros de diseño para todo el ámbito total del proyecto (Localidades de Quinistaquillas / Santa Cruz-Guadalupe/ Chimpapampa)

Id	Parámetros básicos de diseño	Código	Fórmula	Datos de diseño	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
1	Población inicial	Pi	Dato	1018	habitantes	Padrón de beneficiarios
2	Periodo de diseño	t	Dato	20	años	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a
3	Tasa de crecimiento poblacional	r	Dato	0	%	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.b
4	Población de diseño	Pd	$Pd = Pi * (1 + \frac{r * t}{100})$	1018	habitantes	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.b
5	Dotación para usuarios domésticos	Dot	Dato	100	L/hab-d	Referencia 1, Ítem 6 inciso 6.3.1
6	Consumo Promedio Anual Domestico	$Qp1$	$Qp1 = \frac{Pd * Dot}{86400}$	1.178	L/s	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d
7	Consumo Promedio Anual Estatal	$Qp2$	Dato	0.064	L/s	Ver tabla Nº 35
8	Consumo Promedio Anual áreas verdes	$Qp3$	Dato	0.151	L/s	Ver tabla Nº 35
9	Consumo Promedio Anual total	Qp	$Qp = Qp1 + Qp2 + Qp3$	1.393	L/s	(9)=(6)+(7)+(8)
10	Coeficiente de variación máximo diario	K_1	Dato	1.3	adimensional	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.1
11	Coeficiente de variación máximo horario	K_2	Dato	2	adimensional	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.2
12	Consumo Máximo Diario	Qmd	$Qmd = Qp * K_1$	1.811	L/s	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.1
13	Consumo Máximo Horario	Qmh	$Qmh = Qp * K_2$	2.786	L/s	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.2

14	Volumen de almacenamiento por regulación	Vrg	Dato	25	%	Referencia 2 Capitulo III ítem 2 inciso 2.14.
15	Volumen de almacenamiento por reserva	Vrs	Dato	0	%	Referencia 3, ítem 4.3
16	Volumen de reservorio año 20	Vol	$Vol = Qp * 86.4 * Vrg$	30.1	m3	Referencia 2 Capitulo III ítem 2 inciso 2.14. (fuente continua)
17	Volumen de reservorio existente	Vol	Dato	130.0	m3	Diagnóstico del sistema existente de agua potable

Nota: Fuente: Elaboración propia
Referencia 1 - Ministerio de Economía y Finanzas. (2004). Herramientas metodológicas para la elaboración de estudios de PIP de saneamiento básico en ámbito Rural Sección 3: Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales
Referencia 2 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].
Referencia 3 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma OS. 030].

Tabla 37

Parámetros de diseño para todo el ámbito del proyecto de la Localidad de Quinistaquillas

AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS						
Id	**Parámetros básicos de diseño**	**Código**	**Fórmula**	**Datos de diseño**	**Unidad**	**Referencia, criterio o cálculo**
1	Población inicial	Pi	Dato	636	habitantes	Padrón de beneficiarios
2	Periodo de diseño	t	Dato	20	años	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.a
3	Tasa de crecimiento poblacional	r	Dato	0	%	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.b
4	Población de diseño	Pd	$Pd = Pi * (1 + \frac{r * t}{100})$	636	habitantes	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.b
5	Dotación	Dot	Dato	100	L/hab-d	Referencia 1, Ítem 6 inciso 6.3.1
6	Consumo Promedio Anual Domestico	$Qp1$	$Qp1 = \frac{Pd * Dot}{86400}$	0.736	L/s	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d
7	Consumo Promedio Anual Estatal	$Qp2$	Dato	0.062	L/s	Ver tabla Nº 35
8	Consumo Promedio Anual área verdes	$Qp3$	Dato	0.047	L/s	Ver tabla Nº 35
9	Consumo Promedio Anual total	Qp	$Qp = Qp1 + Qp2 + Qp3$	0.845	L/s	(9)=(6)+(7)+(8)
10	Coeficiente de variación máximo diario	K_1	Dato	1.3	adimensional	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.1
11	Coeficiente de variación máximo horario	K_2	Dato	2	adimensional	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.2
12	Consumo Máximo Diario	Qmd	$Qmd = Qp * K1$	1.098	L/s	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.1
13	Consumo Máximo Horario	Qmh	$Qmh = Qp * K2$	1.690	L/s	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.1.d.2

14	Volumen de almacenamiento por regulación	Vrg	Dato	25	%	Referencia 2 Capitulo III ítem 2 inciso 2.14.
15	Volumen de almacenamiento por reserva	Vrs	Dato	0	%	Referencia 3, ítem 4.3
16	Volumen de reservorio año 20	Vol	$Vol = Qp * 86.4 * Vrg$	18.3	m3	Referencia 2 Capitulo III ítem 2 inciso 2.14. (fuente continua)
17	Volumen de reservorio proyectado	Vol	$Vol = si\ (> 15 - 20) \rightarrow$	20.0	m3	Referencia 2, Capitulo III ítem 1 inciso 1.3
18	Coeficiente de Aporte	c	Dato	80	%	Referencia 4, ítem 4.4
19	Caudal de contribución al alcantarillado proveniente del sistema de distribución de agua	Qd_{PSDA}	$Qd_{PSDA} = (Qp1 + Qp2) * c$	0.638	L/s	Referencia 4, ítem 4.4
20	Caudal de contribución máximo al alcantarillado proveniente del sistema de distribución de agua	Qmh_{PSDA}	$Qmh_{PSDA} = Qd_{PSDA} * k2$	1.276	L/s	Referencia 4, ítem 4.5
21	Tasa de contribución de infiltración	Ti	Dato	0.050	L/s/km	Referencia 4, Anexo 1 – ítem A.8.5
22	Longitud área de drenaje	L	Dato	2.614	km	Plano del sistema de alcantarillado proyectado
23	Caudal por infiltración	I	$I = Ti * L$	0.1307	L/s	Referencia 4, Anexo 1 – ítem A.5.4
24	Caudal de contribución	Qc	$Qc = Qmh_{PSDA} + I$	1.407	L/s	Referencia 4, Anexo 1 – ítem A.4.7.1
25	Caudal de diseño en colectores	Qd	Dato	1.5	L/s	Referencia 4, ítem 4.6

Nota: Fuente: Elaboración propia

Referencia 1 - Ministerio de Economía y Finanzas. (2004). Herramientas metodológicas para la elaboración de estudios de PIP de saneamiento básico en ámbito Rural Sección 3: Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales
Referencia 2 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica].
Referencia 3 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma OS. 030].
Referencia 4 - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA [Norma OS. 070].

3.5 Diseño y modelamiento del sistema de agua potable

3.5.1 Selección de opción tecnológica según el algoritmo

Se ha considerado cambiar la ubicación y el tipo de la captación del proyecto, La captación existente, que es de fuente superficial con un canal de derivación del riachuelo que pasa luego a un desarenador, será reemplazada por una captación proyectada de manantial de ladera de fuente subterránea. El riachuelo proviene del manantial donde se ubicará la captación proyectada, y está a solo unos 50 m aguas abajo del manantial aproximadamente. Además, con la captación de manantial de ladera se preservará la calidad del agua y se requerirá un mantenimiento menos complicado que una captación de tipo superficial.

Figura 78

Vista fotográfica de manantial de ladera

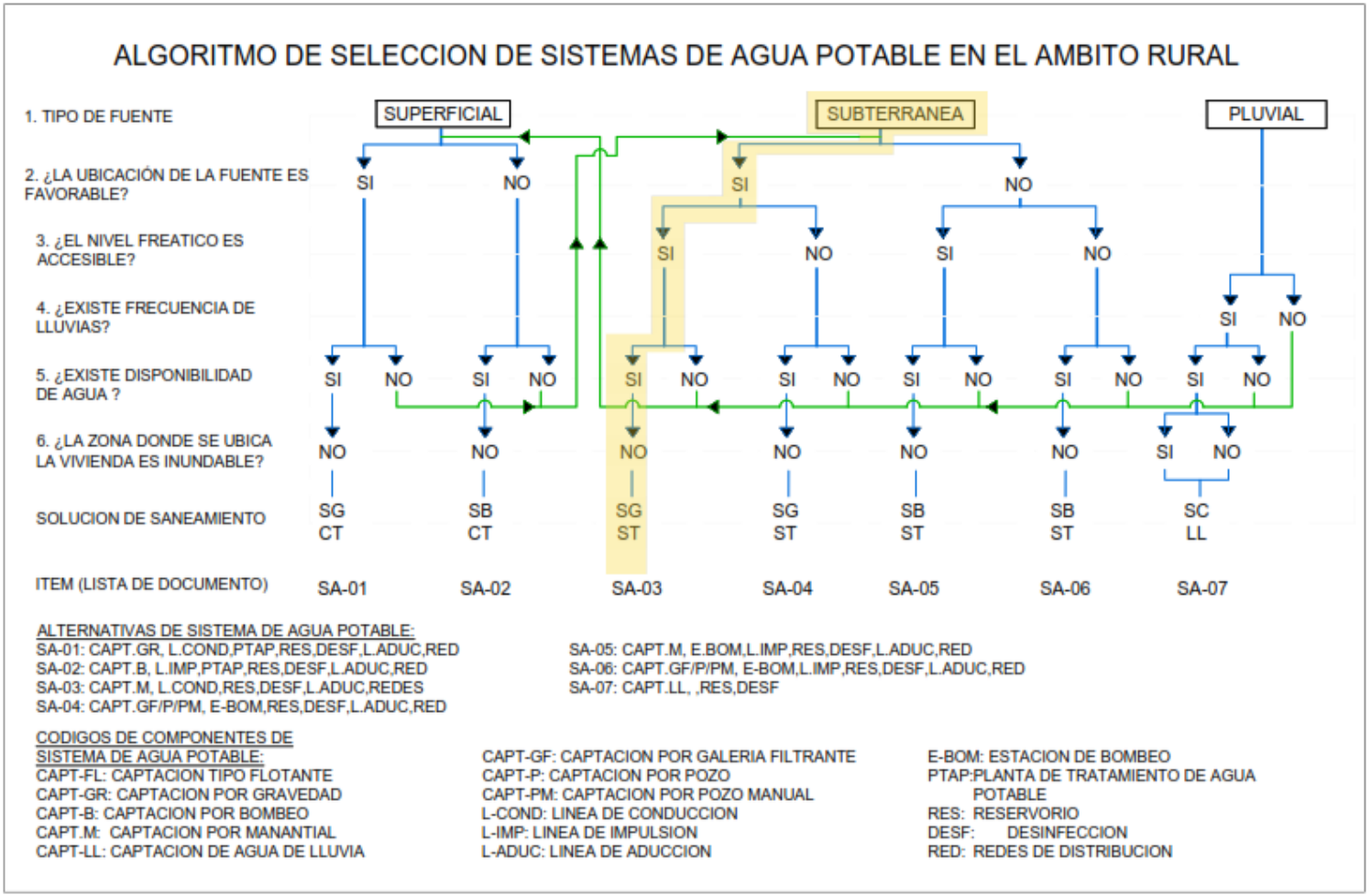


Nota: Tomado del panel fotográfico

Como se ha cambiado el tipo y ubicación de la captación, la opción tecnológica también cambia, según se ve en el siguiente algoritmo de la gráfica Nº 79.

Figura 79

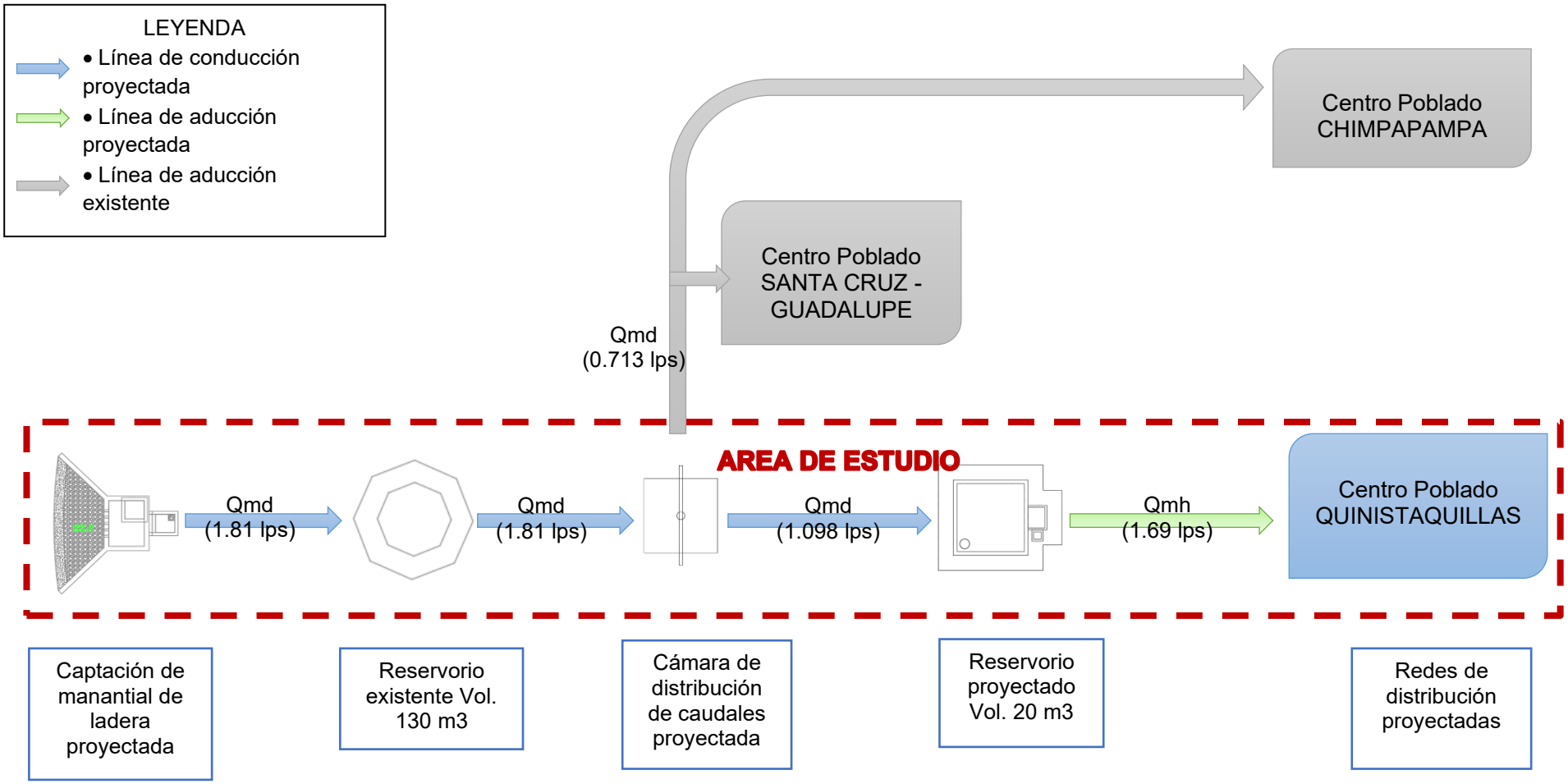
Uso del algoritmo de selección de sistemas de abastecimiento de agua potable para el proyecto



Nota: Elaboración propia - adaptado de Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA [Norma técnica]. (p. 15) por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2018)

Figura 80

Esquema del sistema de agua potable proyectado



Nota: Elaboración propia

3.5.2 Etapas del modelamiento

3.5.2.1 Tipo de modelo. Modelo de diseño y del tipo estático

3.5.2.2 Mapas / planimetría / cartografía del sistema. Se cuenta con el plano topográfico, plano de lotización dado por COFOPRI, ortofoto georreferenciada de la localidad de Quinistaquillas, plano de interferencias, plano de secciones - tipos de pavimento y el plano general del sistema existente de agua potable.

3.5.2.3 Construcción topológica – esqueletonización. La construcción topológica para un modelamiento hidráulico se refiere al proceso de crear una representación detallada y precisa del sistema de distribución de agua potable que queremos representar, considerando la disposición y conexión de todos sus componentes. En la siguiente tabla se detalla la correspondencia entre los componentes del sistema de agua potable proyectado y los elementos del modelamiento hidráulico.

Tabla 38

Correspondencia de infraestructura proyectada del sistema de agua potable con elementos del modelamiento hidráulico

Infraestructura proyectada del sistema de agua potable	Elemento del modelamiento hidráulico
Captación de manantial de ladera	Reservoir
Línea de conducción/ aducción/ redes de distribución	Pipe
Cámara rompe presión / cámara distribuidora de caudales	Pressure reducing valve (PRV)
Reservorio de almacenamiento 1 (Vol. 130m3)/ Reservorio de almacenamiento 2 (Vol. 20m3)	Tank

Nota: Elaboración propia

Se considerará la nueva ubicación de la captación de manantial como el inicio de la línea de conducción. Para el trazo de la línea de conducción y aducción se ha considerado la infraestructura existente (reservorio de 130m3, cámara repartidora de caudales) e infraestructura proyectada (captación de manantial de ladera, reservorio de 20m3), el trazo ha tomado en cuenta las condiciones topográficas del terreno, caminos existentes, interferencias (evitando cruzarse con canales de agua existentes) y la minimización de impactos ambientales y sociales.

Generalmente, para la creación de los planos de línea de conducción de agua potable se trabaja con el software Civil 3D, la línea de conducción/aducción es un alineamiento vinculado a una superficie creada con las curvas de nivel del estudio topográfico.

Para la construcción topológica de la línea de conducción/aducción se debe aislar el alineamiento convirtiéndolo en una secuencia de polilíneas, los nodos de estas polilíneas (inicio y final de la polilínea) son puntos notables y estarán ubicados en los anclajes, el inicio y final de pases aéreos, cambio de pendientes y la ubicación de las cámaras rompe presión y reservorios. También debe tenerse en cuenta la escala de ploteo de los planos (1/500 o 1/1000) al ubicar los nodos.

Las cámaras rompe-presión (CRP6 y CRP7) se ubicarán tomando en cuenta la infraestructura existente y a cada 50 m de desnivel aproximadamente. Hidráulicamente la cámara repartidora de caudales se comporta como una cámara rompe presión

Según la evaluación del sistema de agua potable existente, el reservorio que abastece a la localidad de Quinistaquillas (reservorio 2) se encuentra en una cota deficiente que no da suficiente presión. Se decidió cambiar la ubicación de dicho reservorio llevándolo a una cota más alta.

Para el trazo de las redes de distribución se tomaron en cuenta las redes existentes y la ampliación de redes para nuevos lotes, que están en la calle 7 de Junio y en la prolongación de la calle Los Olivos. También se consideraron las interferencias; a lo largo del lado oeste de la calle Alameda de la Juventud existen muros hechos con gaviones que no permiten el paso de redes de agua potable. Una parte de ese muro de gaviones será derribado y reconstruido para el trazo de la tubería que alimenta a las tuberías de la calle 7 de junio, esto con el fin de evitar un “sifón” y lograr presiones adecuadas.

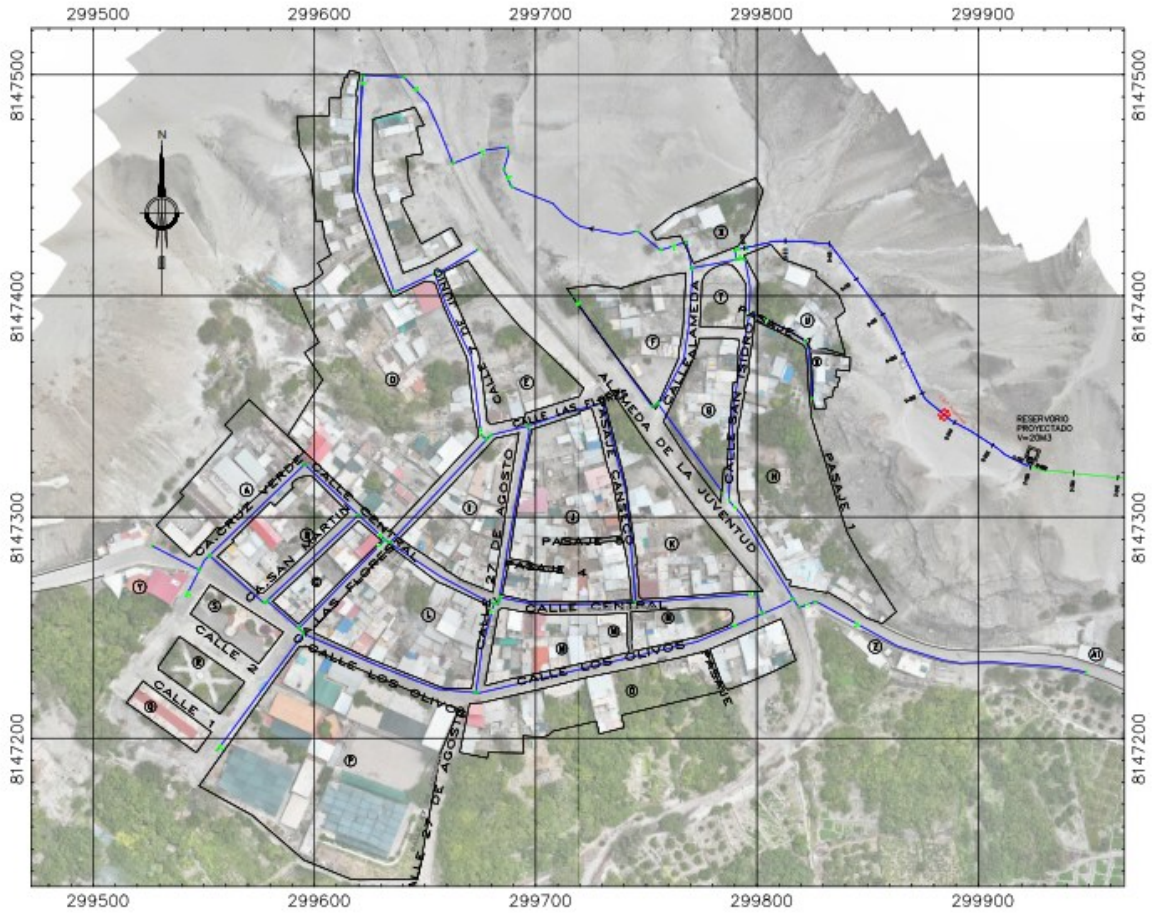
Con la herramienta Model Builder se exportará el archivo .dxf de las polilíneas que representan la línea de conducción/ aducción/ redes de distribución hacia el software WaterGEMS, convirtiéndolas las polilíneas en pipes (tuberías). El nodo inicial de línea de conducción se transformará en la captación de manantial de ladera (reservoir), los nodos

que representen las cámaras rompe-presión se transformarán en Pressure Reducing Valve (PRV). Los nodos (tank) que representa a los reservorios se ubicará en el centro geométrico del esquema de los reservorios. En las tuberías de entradas a los reservorios se colocará una Flow Control Valve (FCV), este artificio representa una manera de fijar los valores de los caudales calculados (Caudal máximo diario y caudal máximo horario) según los parámetros de diseño.

A continuación, se presentan el esquema del sistema de agua potable proyectado y el esquema de las redes de distribución proyectadas. Con base en estos esquemas, se realiza el procedimiento de construcción topológica del modelo hidráulico.

Figura 81

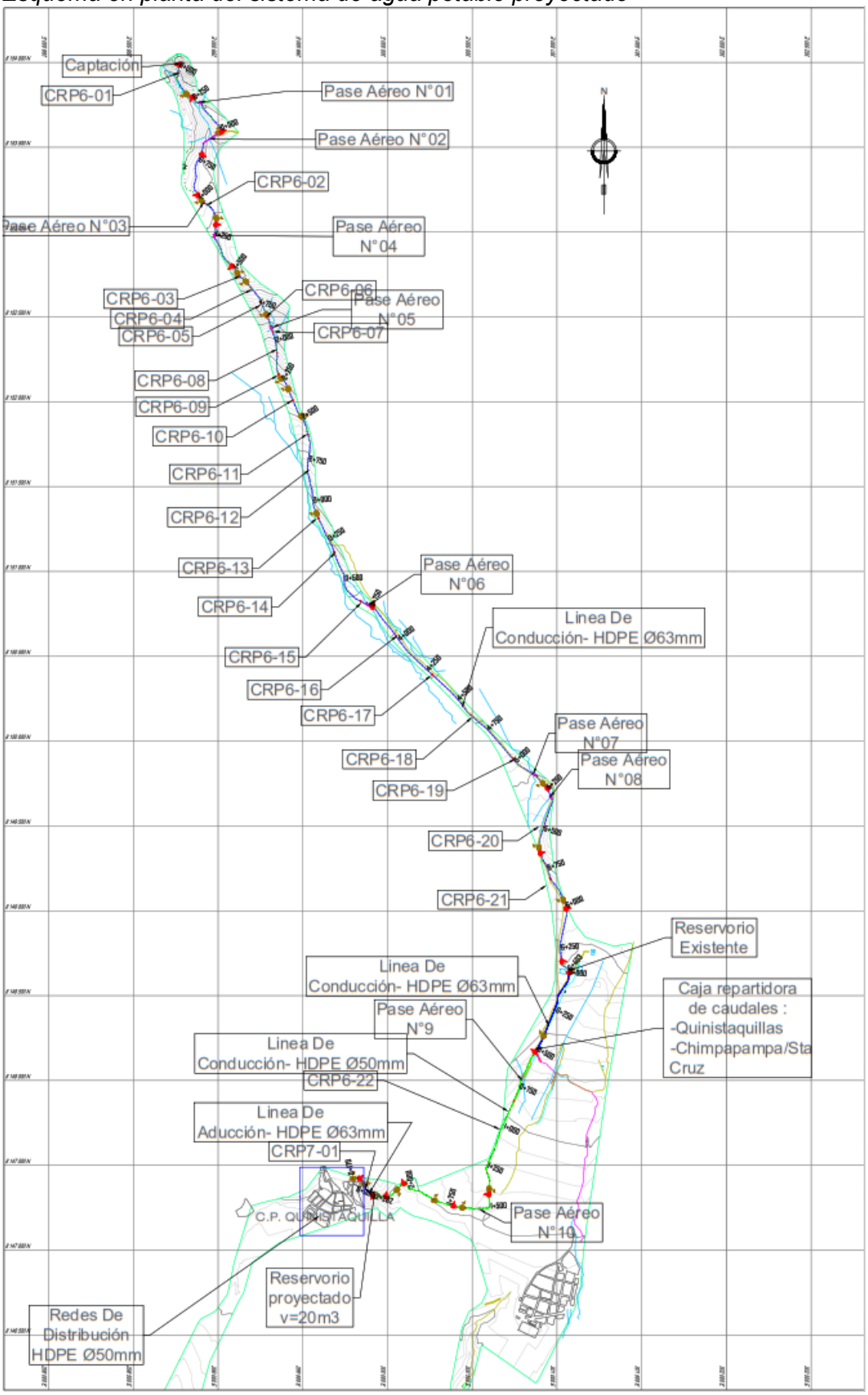
Esquema de redes de agua potable proyectadas



Nota: Elaboración propia en base a plano de redes proyectadas de agua potable y ortofoto

Figura 82

Esquema en planta del sistema de agua potable proyectado

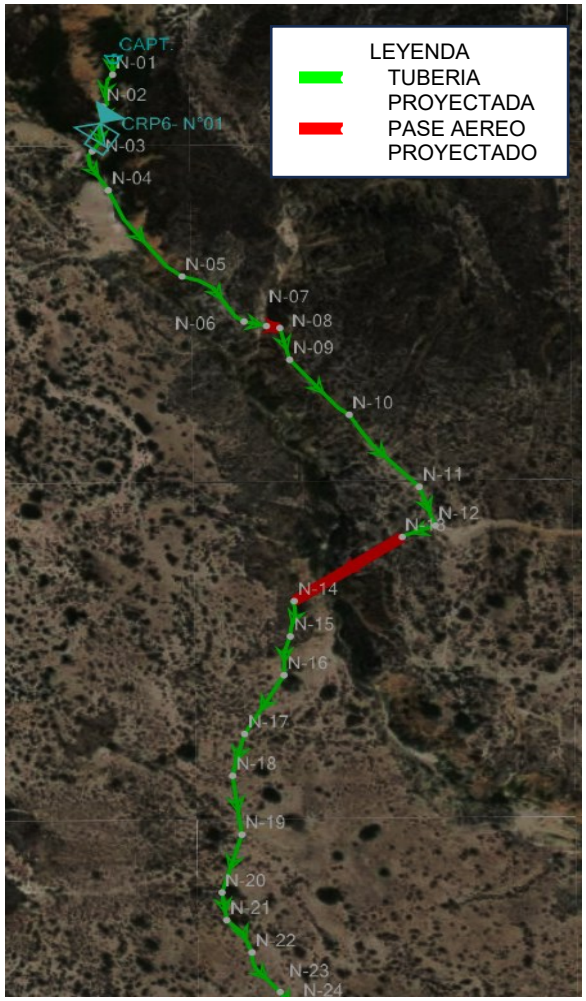


Nota: Tomado del plano del sistema de agua potable proyectado

Además, el software WaterGEMS permite el uso de Background layers (capas de fondo) como archivos dxf, shapefiles, imágenes, rasters, etc. También puede usarse como fondo la vinculación de Bing Maps, que son mapas creados por la empresa Microsoft y pueden conectarse para softwares de Bentley (WaterGEMS). Para la visualización de ortofotos (archivos que muestran la representación fotográfica de una zona de la superficie, donde sus elementos están una misma escala, sin deformaciones y debidamente georreferenciada con la misma validez de un plano cartográfico) con el modelo hidráulico se usara WaterGEMS vinculado al Civil3D. A continuación, en las siguientes figuras se muestra la esqueletonización del sistema de agua potable proyectado

Figura 83

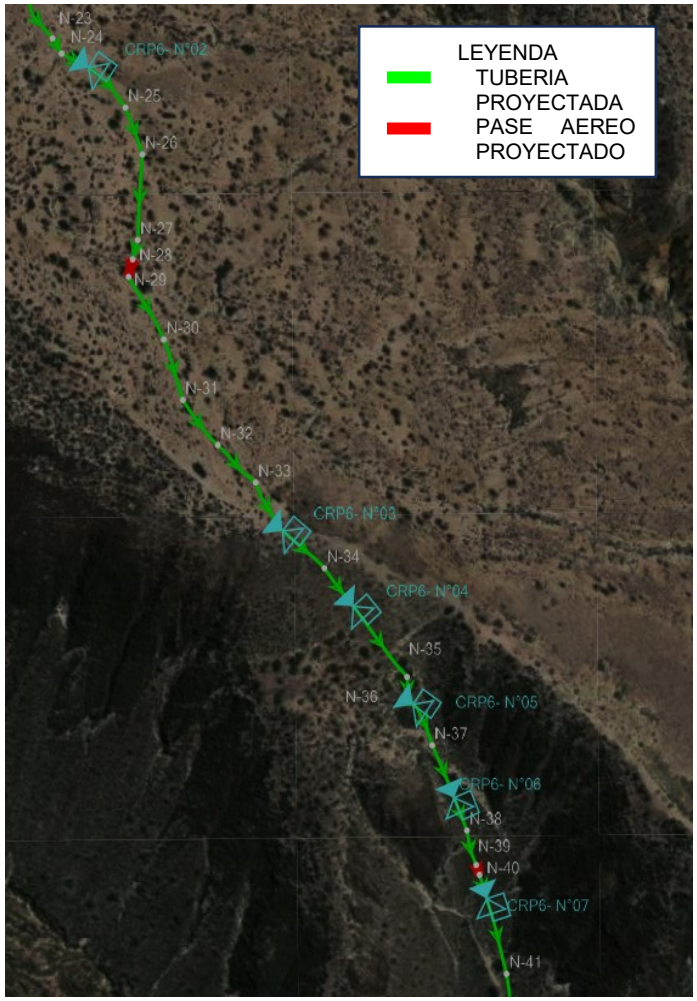
Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Reservoir (Captación) a Nodo 23)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 84

Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 23 a Nodo 41)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 85

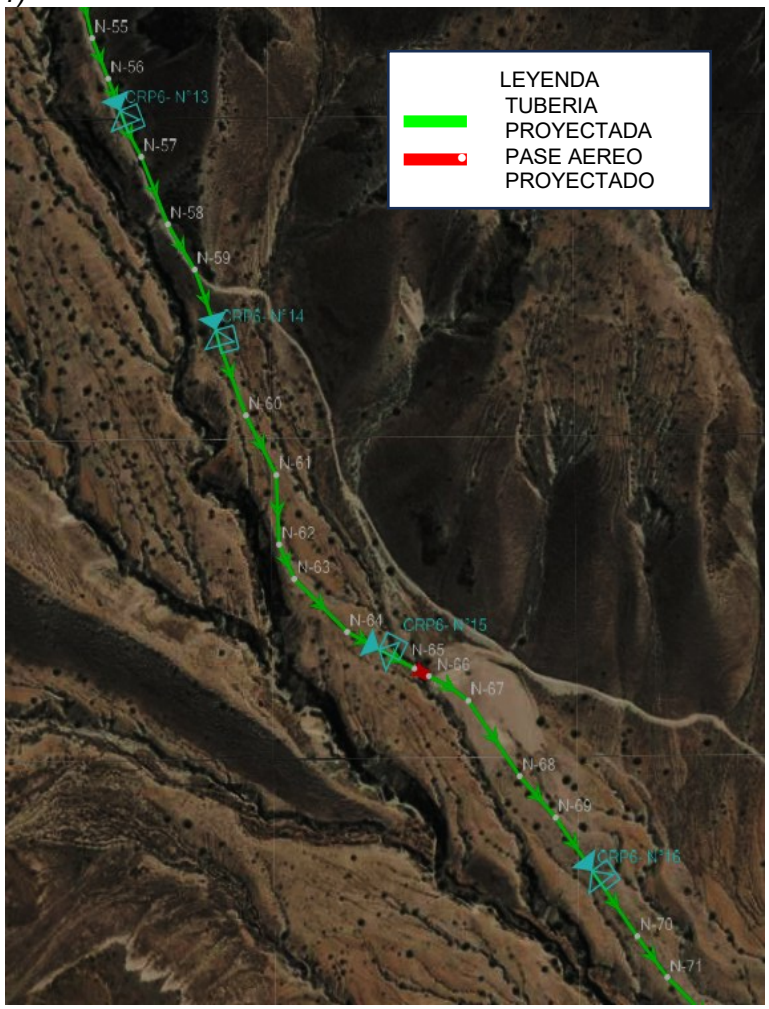
Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 41 a Nodo 55)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 86

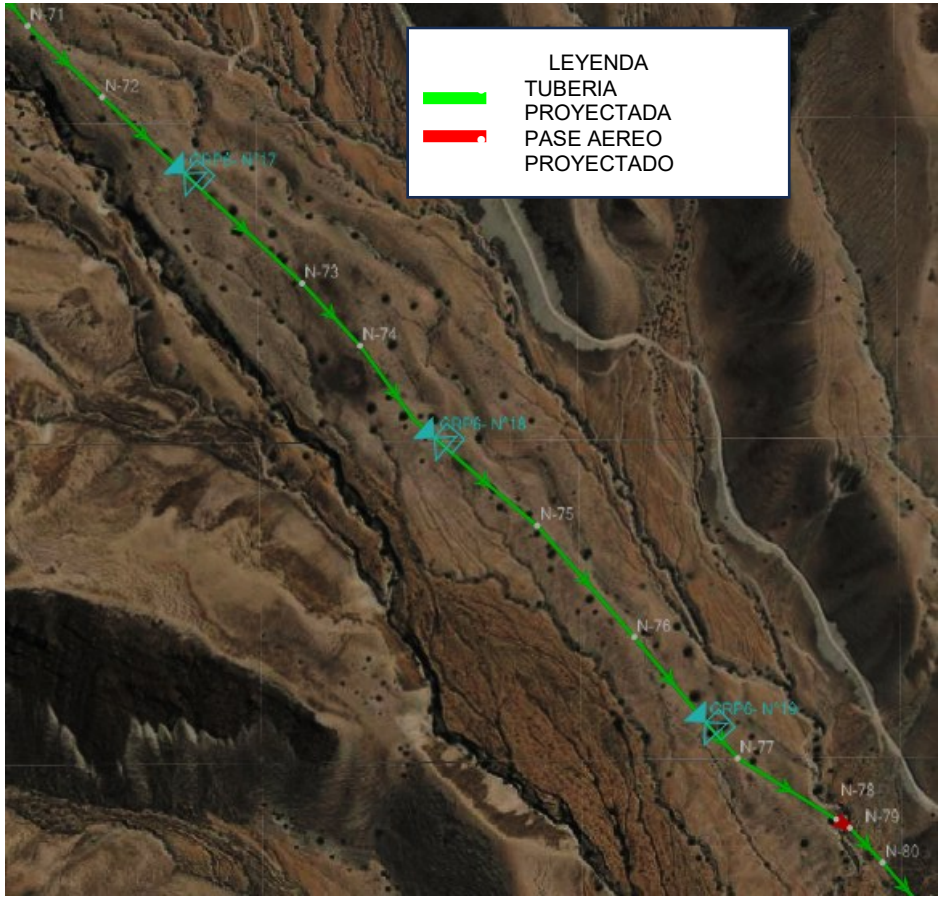
Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 55 a Nodo 71)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 87

Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 71 a Nodo 80)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 88

Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 80 a Nodo 96)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 89

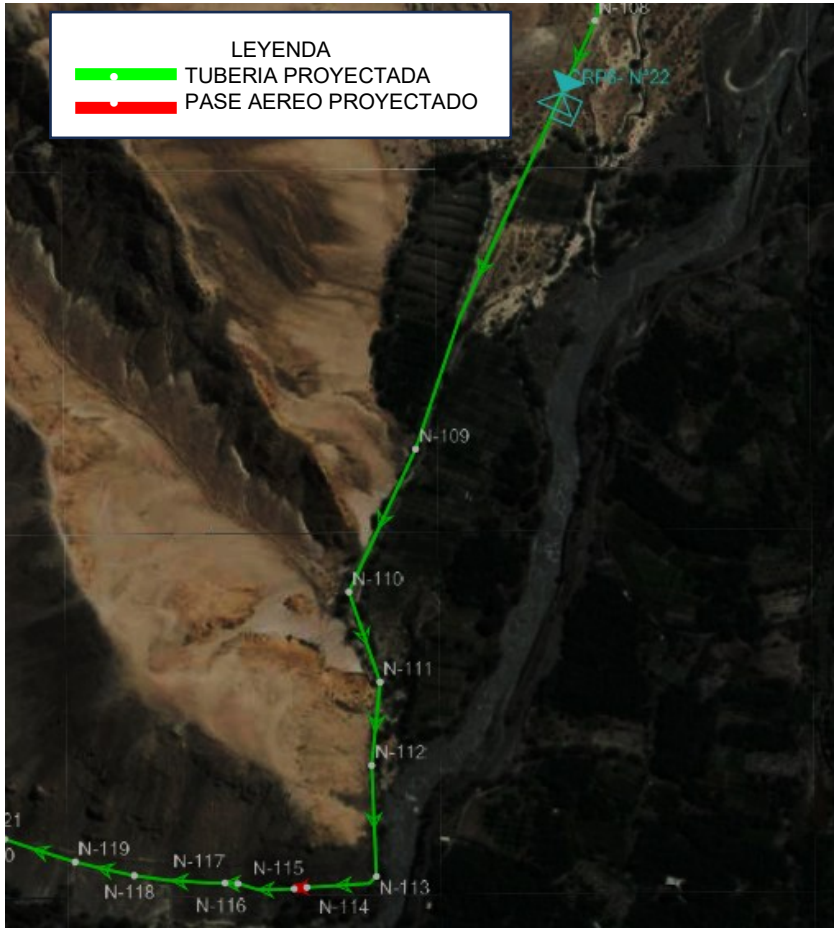
Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 96 a Nodo 108)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 90

Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 108 a Nodo 119)



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 91

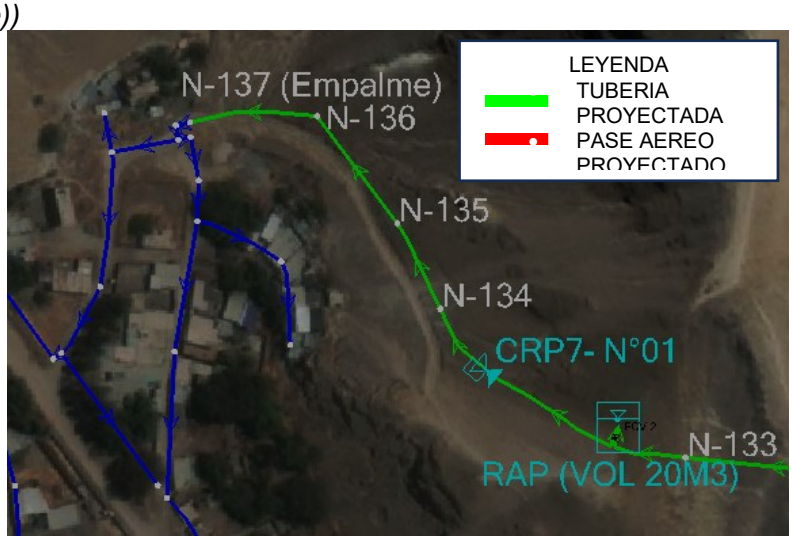
Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Nodo 119 a Tank RAP (Vol. 20m3))



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 92

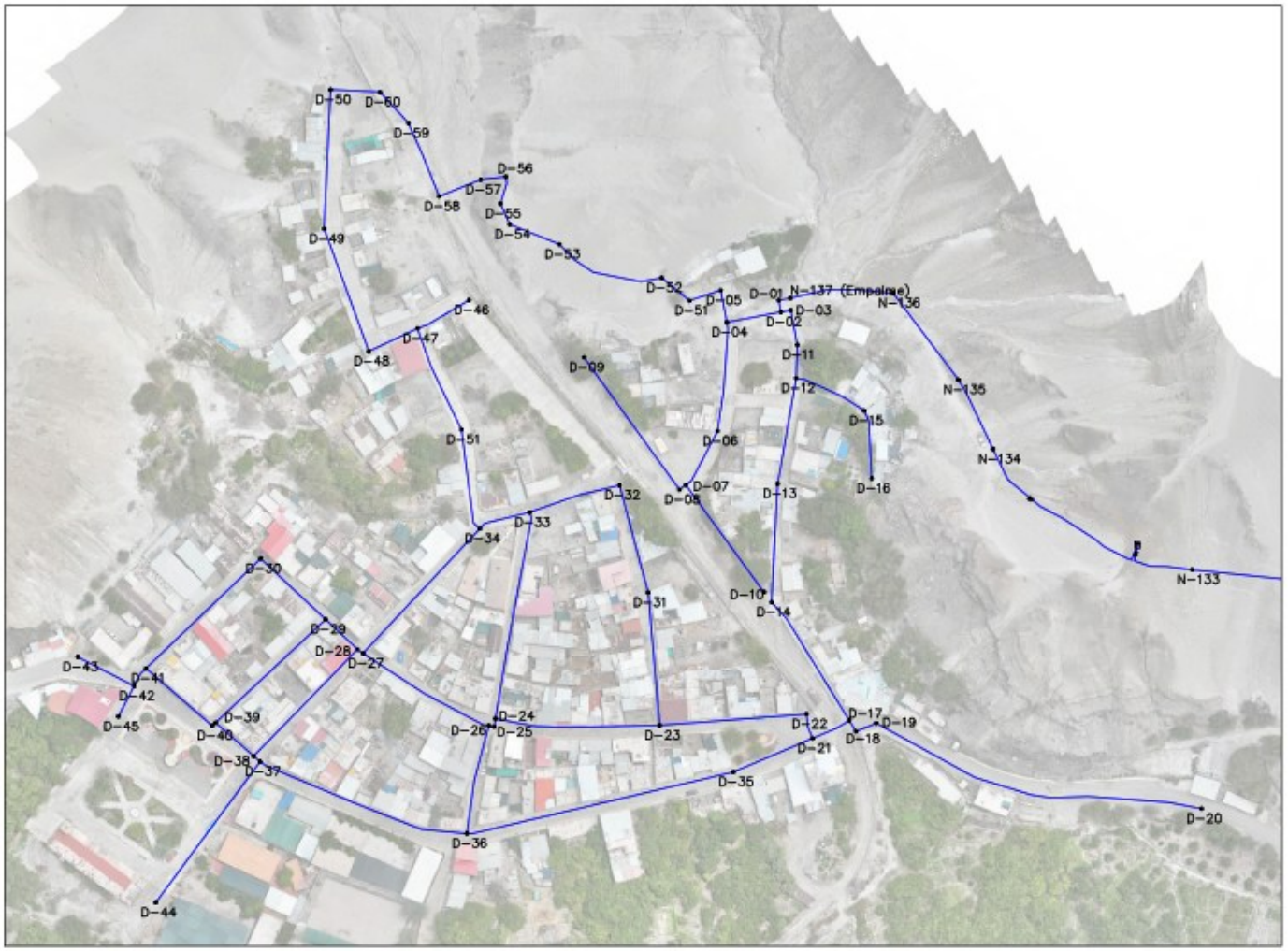
Esqueletonización de la línea de conducción- aducción (Tank RAP (Vol. 20m3)) a Nodo 137(Empalme))



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 93

Esqueletonización de redes de distribución en la localidad de Quinistaquillas



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Ortofoto de Quinistaquillas

3.5.2.4 Ingreso de información. En el software WaterGEMS se introduce los datos de entrada en los siguientes elementos.

- Captación (Reservoir). La principal característica de este elemento es su elevación, que en este caso representa la cota piezométrica de inicio de la línea de conducción.
- Nodos (Junction). Para estos elementos del modelamiento hidráulico, se debe asignar la elevación y la demanda de agua potable. Basándose en el plano topográfico en AutoCAD, se aíslan las curvas de nivel (polilíneas con elevación) y se guardan en un archivo .dxf. Las curvas de nivel tendrán un detalle de 1 metro de diferencia. Con la herramienta Trex, se asignarán automáticamente las elevaciones a los nodos del modelamiento hidráulico. Utilizando la herramienta Load Builder con el método de la línea unitaria (Unit Line), se asignarán las demandas. Los nodos de la línea de conducción/aducción no presentan demandas de agua. En cambio, los nodos de las redes de distribución sí presentan demanda (caudal máximo horario). Se debe crear un conjunto de selección (selection set) de los elementos de las redes de distribución (junctions y pipes). Una vez seleccionado el conjunto, se le debe asignar un valor de 1 para k (método Unit Line), ya que la mayoría de las tuberías suministran a usuarios a ambos lados de la tubería. La suma de demandas para el conjunto de selección de las redes de distribución será el caudal máximo horario (1.69 lps), según los cálculos realizados con los parámetros de diseño
- Tuberías (Pipe). Las tuberías proyectadas (línea de conducción, línea de aducción y redes de distribución) serán de material polietileno de alta densidad (HDPE) y estarán bajo la Norma ISO 4427. Se escogió este material ya que presenta ventajas, para la conducción de agua potable, como no toxicidad, resistencia a la abrasión, resistencia a los sismos, estanquidad, un buen desempeño hidráulico debido a su bajo coeficiente de rugosidad, bajo peso y elevada vida útil.

  La norma ISO 4427 especifica la utilización de polietilenos clasificados por el MRS (Minimum Required Strength) para la producción de tubos de HDPE. Los valores

de 80 kgf/cm2 (8 MPa) y 100 kgf/ cm2 (10 MPa) corresponden a la tensión circunferencial del material PE 80 y PE 100 respectivamente. También se clasifica por la Presión Nominal (PN) y el valor de la Relación de Dimensiones Standard (SDR) que corresponde al cociente entre el diámetro exterior o nominal (DN) y el espesor nominal (e) de las paredes del tubo que se puede expresar como SDR=DN/e.

Tabla 39

Características y dimensiones de tubos HDPE de agua potable según la NTP ISO 4427

Diámetro Externo (mm)	PE 100									
	SDR26 (PN6)		SDR21 (PN8)		SDR17 (PN10)		SDR13.6 (PN12.5)		SDR11 (PN16)	
	PE 80									
	SDR26 (PN5)		SDR21 (PN6)		SDR17 (PN8)		SDR13.6 (PN10)		SDR11 (PN12.5)	
	e (mm)	Di (mm)	e (mm)	Di (mm)	e (mm)	Di (mm)	e (mm)	Di (mm)	e (mm)	Di (mm)
20 (1/2")	-	-	-	-	-	-	1.80	16.40	1.90	16.20
25 (3/4")	-	-	-	-	1.80	21.40	1.90	21.20	2.30	20.40
32 (1")	-	-	-	-	2.00	28.00	2.40	27.20	3.00	26.00
40 (1 1/4")	-	-	1.90	36.20	2.40	35.20	3.00	34.00	3.70	32.60
50 (1 1/2")	**2.00**	46.00	2.40	45.20	3.00	44.00	3.80	42.40	4.60	40.80
63 (2")	**2.50**	58.00	3.00	57.00	3.80	55.40	4.70	53.60	5.80	51.40
75 (2 1/2")	**2.90**	69.20	3.60	67.80	4.50	66.00	5.60	63.80	6.80	61.40

Nota: Fuente Catalogo Nicoll. Recuperado de: https://grupoaliaxis.s3.us-east-2.amazonaws.com/nicoll-peru/Ficha+tecnica/Infraestructura/Cat%C3%A1logo+Tubo+polietileno+Alta+Densidad+HDPE-PEAD+Nicoll.pdf

La elección del tipo de tubería (PE 100 / PE 80) depende del comportamiento estructural de la tubería frente a las cargas externas. La elección del diámetro de la tubería depende del cálculo hidráulico (caudales, presiones y velocidades).

Existen diferentes métodos para unir tubos y accesorios de polietileno (electrofusión, termofusión, compresión por accesorios, etc.). Dado que se proyectan diámetros pequeños y hay zonas con accesibilidad limitada se elige el método de electrofusión. La electrofusión consiste en hacer pasar corriente eléctrica a baja tensión (entre 8 y 48 V según el modelo) por las espiras metálicas de los

accesorios electrosoldables, se origina un calentamiento (efecto Joule) que suelda el tubo con el accesorio. La gama va desde DN 20 a 800 mm. Además, los tubos y accesorios de HDPE a unir deben ser de clase PE 100. Los componentes de toma / accesorios de ≤d63 sólo se deben montar en tubos ≤ SDR11.

Tabla 40

Relaciones dimensionales mínimas (SDR) para soldadura por electrofusión

DIÁMETRO (MM)	SDR MÍNIMO
20-32	11
40-110	17
125-1000	26

Nota: Fuente Manual HDPE Plastiforte. Recuperado de: https://es.scribd.com/document/331977124/Manual-Hdpe-Rev

Las tuberías de la línea de conducción, aducción, redes de distribución y acometidas que van hacia las conexiones domiciliarias, así como los accesorios que las unen (acoples, tees, codos, tapones, reducciones y abrazaderas para conexiones), serán de material HDPE y varían de diámetros de 20mm (1/2") hasta 63mm (2"). Los componentes de toma / accesorios de ≤ d63 sólo se deben montar en tubos ≤ SDR11. Considerando lo anterior se proyecta tuberías y accesorios de HDPE PE 100 SDR 11 (PN16). En el modelamiento hidráulico se trabajará con los diámetros interiores útiles para lograr un cálculo más acertado.

Como se trabaja con diámetros pequeños, se usará las ecuaciones de Darcy-Weisbach y Colebrook-White para el cálculo hidráulico, esto debe fijarse en las opciones de base de cálculo (Base Calculation Options) donde se seleccionará Darcy- Weisbach como método de fricción (Friction Method) en el software de WaterGEMS.

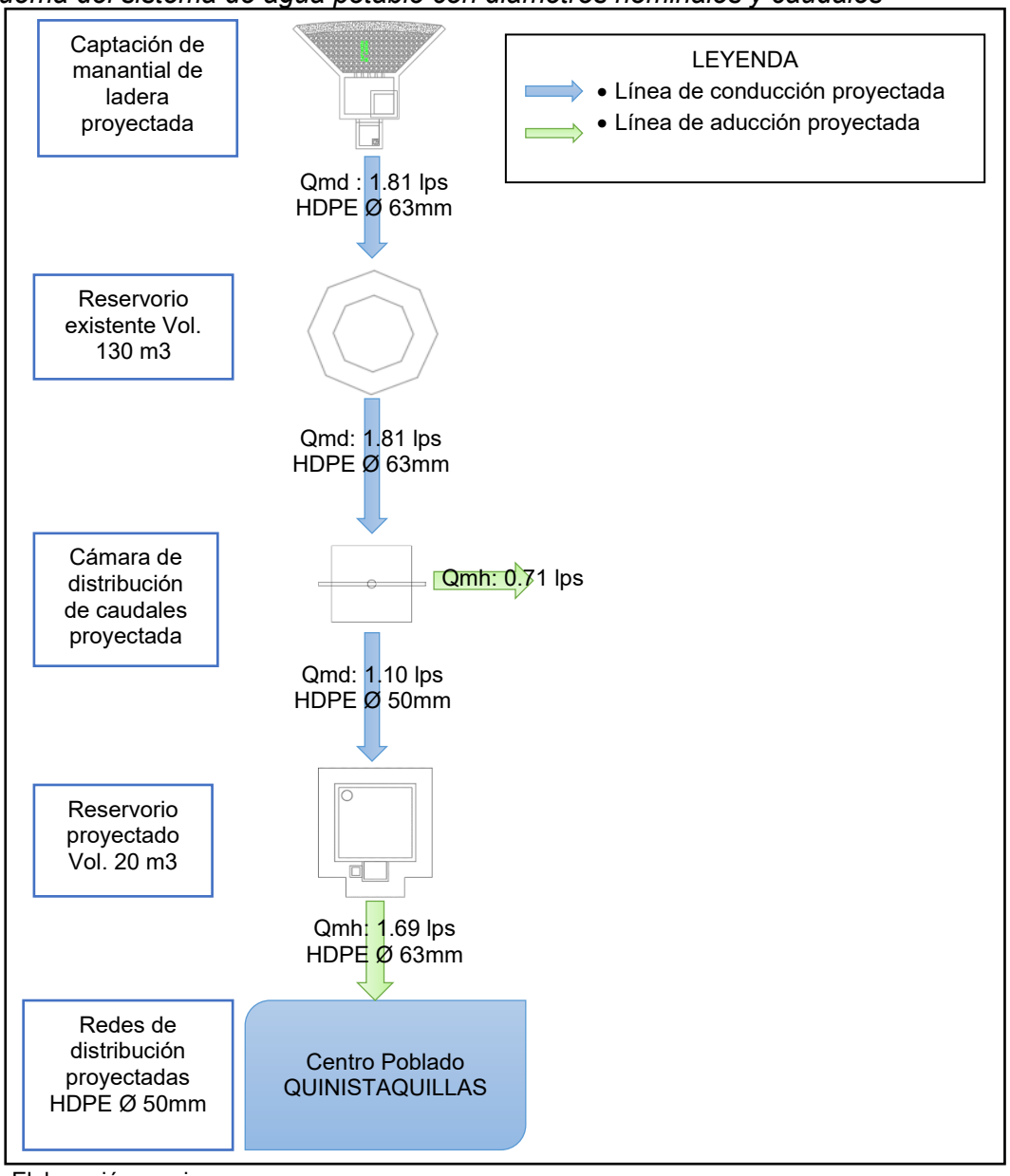
Otro dato a ingresar es el valor de la rugosidad absoluta de las tuberías, para el cálculo de la pérdida de carga por fricción. De acuerdo a los catálogos comerciales, las tuberías de HDPE tienen un e de 0.0015mm.

En la siguiente figura se muestra la elección de diámetros comerciales para el sistema de agua potable, se eligió estos diámetros considerando la normativa de

velocidades mínimas, rango de presiones y disponibilidad de tubos y accesorios en el mercado.

Figura 94

Esquema del sistema de agua potable con diámetros nominales y caudales



Nota: Elaboración propia

- Reservorio de almacenamiento (Tank). Se deben fijar las condiciones físicas de estos elementos como su elevación (Elevation), tipo de sección (Section), el área de la sección (Area -average en m2) o radio (m). Tanto el reservorio existente como proyectado no tienen secciones circulares, sino hexagonal y rectangular respectivamente, por lo cual se elige Non-circular, el área se asigna según los

planos de arquitectura de los reservorios. El elemento tank por definición es el nodo de inicio del primer tramo de la línea de aducción, por lo cual al asignar su elevación será la cota de la tubería de salida.Además, por defecto en WaterGEMS los tanks se modelan como reservorios con tuberías de entrada inferior al nivel máximo de agua, para modelar reservorios con tuberías de entrada superior al nivel máximo de agua se debe fijar como verdadero (true) la condición de que tiene una tubería de entrada separada (Has separated inlet?) , el paso siguiente es asignar la tubería de entrada (Inlet Pipe), la condición de que el reservorio se llena desde arriba (Tank fills from top?) como verdadero (true) y finalmente definir el nivel de la tubería de entrada en metros (Level- Inlet Invert), este nivel de tubería se asignará tomando el valor de los planos de arquitectura de la tubería de entrada. Luego debe fijarse el rango operacional de los reservorios, se escoge el tipo de rango operacional por niveles (Level), la elevación base (Elevation-Base) será la cota de fondo del reservorio, el nivel mínimo (Level-mínimum) será la altura de agua mínima donde se ubica la canastilla de la tubería de salida, el nivel inicial (Level-Initial) será el nivel de agua cuando se ejecute el modelamiento, y el nivel máximo (Level-Maximum) será el nivel de la lámina de agua antes de llegar a la tubería de rebose.

Tabla 41

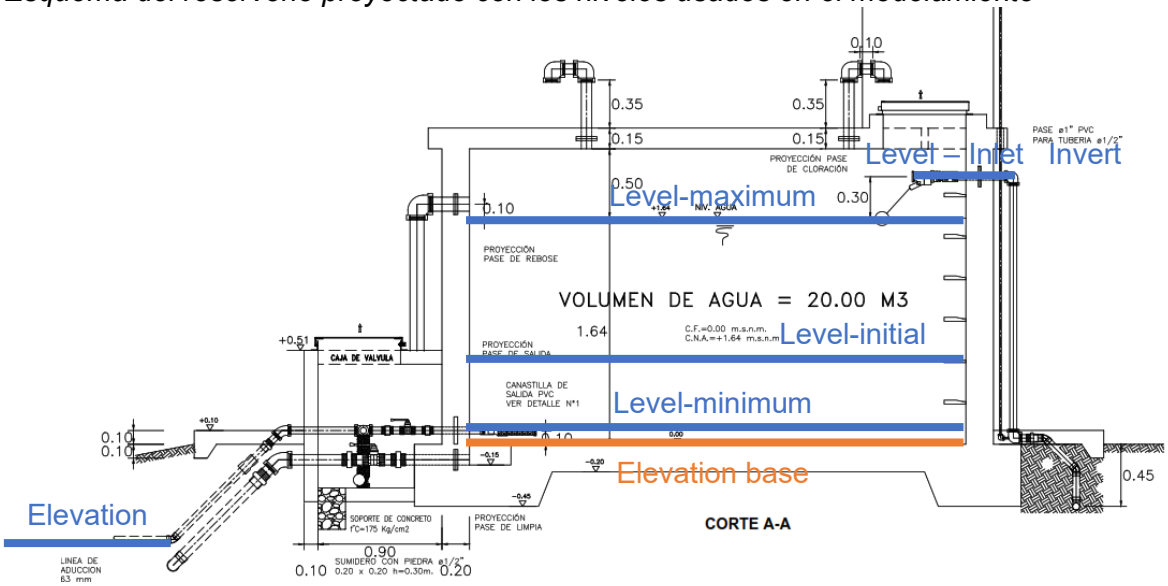
Propiedades iniciales de los reservorios en el modelamiento hidráulico

Label	Reservorio	RAE (VOL 130M3)	RAP (VOL 20M3)
Section	Sección	Non-Circular	Non-Circular
Area (Average) (m²)	Área promedio (m²)	50	12.96
Tank Fills From Top?	¿El reservorio se llena desde arriba?	True	True
Level (Inlet Invert) (m)	Nivel de la tubería de entrada (m)	3.00	2.00
Elevation (m)	Elevación (m)	1,988.50	1,858.50
Elevation (Base) (m)	Elevación base (m)	1,989.00	1,859.00
Level (Initial) (m)	Nivel inicial	0.11	0.11
Level (Maximum) (m)	Nivel máximo	2.60	1.64
Level (Minimum) (m)	Nivel mínimo	0.10	0.10

Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 95

Esquema del reservorio proyectado con los niveles usados en el modelamiento



Nota: Elaboración propia

También en las tuberías de entrada de los reservorios (Inlet) se agregará válvulas de control de flujo (FCV) para fijar los caudales calculados según los parámetros de diseño, en la FCV-1 vinculada al reservorio existente RAE (VOL 130M3) se asigna un valor de 1.81 lps (caudal máximo diario para el ámbito total del proyecto) en la configuración de flujo (flow setting). Para la FCV-2 vinculada al reservorio proyectado RAP (VOL 20M3) se asigna un valor de 1.10 lps (caudal máximo diario para la localidad de Quinistaquillas) en la configuración de flujo (flow setting).

- Cámara rompe presión / cámara distribuidora de caudales (Pressure reducing valve -PRV). Las PRV en el software WaterGEMS pueden usarse para modelar válvulas reductoras de presión y cámaras rompe presión. Para configuras estos elementos como cámaras rompe presión, se debe asignar una presión inicial (Pressure Setting-Initial) de 0 mca. Esto también aplica para la cámara repartidora de caudales. Para simular el flujo que va hacia la localidad de Chimpapampa se realizará el siguiente artificio, de la PRV que representa la cámara repartidora (CRC-01) se le vinculará una tubería que representa el inicio de la línea de aducción hacia Chimpapampa. La demanda del nodo final de dicha tubería será de 0.71 lps

que representa el caudal máximo diario de los centros poblados del anexo Santa Cruz- Guadalupe y Chimpapampa.

3.5.2.5 Calibración del modelo. Al ser un modelo de diseño, no se realizará la calibración, ya que simula un sistema de agua potable proyectado y no evalúa un sistema existente. Además, no se tienen registros de consumos de agua o presiones. En el expediente técnico se incluye el manual de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, donde la JASS deberá llevar registros diarios de los niveles de agua de los reservorios, caudales de entrada y salida, presiones en la red a través de mediciones manuales de presión en conexiones domiciliarias, así como mediciones de cloro residual en puntos considerados representativos.

3.5.2.6 Cálculos diversos (Desarrollos de escenarios). Al presentar una tasa de crecimiento poblacional de 0%, la demanda se mantiene constante a lo largo de todo el periodo de diseño. En este informe se presentan 2 escenarios, el escenario 1 simula el sistema de agua potable con las condiciones más desfavorables con reservorios casi vacíos y los caudales calculados con los parámetros de diseño (descritos en la figura Nº 94), el escenario 2 simula el sistema de agua potable en un estado de presión estática máxima para comparar con los límites de presión especificados en la normativa para sistemas en el ámbito rural. En la siguiente tabla se describe los escenarios y sus alternativas.

Tabla 42

Configuración de escenarios del modelamiento del sistema de agua potable

Escenario	Configuración de Alternativa	Alternativa	Descripción de la alternativa	Descripción del escenario
Escenario 1: Nivel mínimo de reservorios/ Demanda periodo de diseño	Initial Setting (Configuración inicial)	Nivel mínimo	RAE (VOL 130M3) Level initial: 0.11 m RAP (VOL 20M3) Level initial: 0.11 m	Condición de reservorios casi vacíos y caudales de las tuberías calculados en los parámetros de diseño
	Demand (Demanda)	Demanda Periodo de diseño	La sumatoria de la demanda de los nodos de las redes de distribución es 1.69 lps.	

Escenario 2: Nivel máximo de reservorios/ Demanda nula	Initial Setting (Configuración inicial)	Nivel máximo	RAE (VOL 130M3) Level initial: 2.60 RAP (VOL 20M3) Level initial: 1.64 m	Reservorios llenos con válvula flotadora cerrando el flujo. El agua en las tuberías del sistema se encuentra en reposo Se busca simular un escenario de presión estática máxima.
	Demand (Demanda	Demanda nula	La sumatoria de la demanda de los nodos de las redes de distribución es 0 lps.	

Nota: Elaboración propia

3.5.2.7 Almacenamiento de datos. En el software WaterGEMS en la pestaña Report (Reportes) se almacena y gestiona datos principalmente con las Flex Tables (tablas flexibles) donde se puede visualizar, editar y analizar los datos de entrada (diámetros, coeficiente de rugosidad, demandas, elevaciones, etc.) y los datos de salida (Presiones, velocidades, gradientes hidráulicos, etc.). Para el presente informe analizaremos las flex tables de los elementos de tuberías (pipes), nodos (junctions), Cámaras rompe presión (PRV).

3.5.2.8 Documentos de resultados. Las Flex Tables pueden exportarse como archivos .shp, .txt o .csv. Se escogió el formato .csv para poder visualizar las tablas en Excel. Dichas tablas se presentan el ítem 3.5.3 de este informe.

3.5.3 Resultados del modelamiento

Se mostrarán los resultados para el escenario 1, el cual es el escenario crítico con los niveles de reservorios mínimos y la demanda proyectada según los parámetros de diseño. La comparación de los escenarios 1 y 2 se desarrollará en el capítulo 4.

3.5.3.1 Escenario 1-Línea de conducción y aducción. Se muestran los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 43

Resultados en los nodos de la línea de conducción-aducción de la simulación hidráulica

Nodo	Demanda (L/s)	Elevación (m)	Cota Piezométrica(m)	Presión (mca)
N-01	0	3,014.93	3,018.67	3.74
N-02	0	3,000.21	3,018.17	17.93
N-03	0	2,985.08	2,996.25	11.15
N-04	0	2,971.97	2,995.61	23.6
N-05	0	2,955.54	2,994.08	38.46
N-06	0	2,951.75	2,993.04	41.21
N-07	0	2,948.28	2,992.76	44.38
N-08	0	2,948.56	2,992.59	43.93
N-09	0	2,946.44	2,992.13	45.6
N-10	0	2,941.24	2,991.05	49.72
N-11	0	2,933.61	2,989.72	55.99
N-12	0	2,931.23	2,989.14	57.79
N-13	0	2,918.00	2,988.70	70.55
N-14	0	2,917.08	2,987.08	69.86
N-15	0	2,915.87	2,986.56	70.55
N-16	0	2,916.20	2,986.01	69.66
N-17	0	2,916.20	2,985.05	68.71
N-18	0	2,916.00	2,984.45	68.31
N-19	0	2,916.04	2,983.62	67.44
N-20	0	2,916.30	2,982.78	66.34
N-21	0	2,916.27	2,982.39	65.99
N-22	0	2,916.52	2,981.82	65.17
N-23	0	2,912.98	2,981.14	68.03
N-24	0	2,910.70	2,980.88	70.04
N-25	0	2,902.94	2,907.69	4.74
N-26	0	2,894.72	2,906.96	12.21
N-27	0	2,892.74	2,905.71	12.94
N-28	0	2,890.52	2,905.42	14.86
N-29	0	2,890.13	2,905.15	14.99
N-30	0	2,883.85	2,904.08	20.19
N-31	0	2,879.09	2,903.15	24.01
N-32	0	2,874.34	2,902.29	27.89
N-33	0	2,870.61	2,901.48	30.81
N-34	0	2,835.97	2,860.49	24.47
N-35	0	2,778.02	2,812.50	34.4
N-36	0	2,770.24	2,812.16	41.84
N-37	0	2,743.30	2,763.48	20.14
N-38	0	2,699.22	2,715.84	16.59
N-39	0	2,682.95	2,715.31	32.3
N-40	0	2,678.40	2,715.16	36.69

N-41	0	2,640.37	2,667.88	27.45
N-42	0	2,602.68	2,622.08	19.36
N-43	0	2,587.34	2,621.44	34.03
N-44	0	2,563.63	2,572.17	8.52
N-45	0	2,540.55	2,570.90	30.29
N-46	0	2,518.95	2,525.04	6.07
N-47	0	2,507.33	2,524.23	16.87
N-48	0	2,487.91	2,522.80	34.82
N-49	0	2,465.66	2,476.80	11.12
N-50	0	2,451.55	2,475.87	24.27
N-51	0	2,439.26	2,475.04	35.71
N-52	0	2,420.04	2,428.29	8.24
N-53	0	2,413.47	2,427.61	14.12
N-54	0	2,401.66	2,426.84	25.13
N-55	0	2,392.65	2,425.98	33.26
N-56	0	2,386.27	2,425.34	38.99
N-57	0	2,372.90	2,380.47	7.56
N-58	0	2,361.52	2,379.40	17.84
N-59	0	2,353.34	2,378.61	25.23
N-60	0	2,327.79	2,339.64	11.82
N-61	0	2,319.08	2,338.65	19.52
N-62	0	2,310.07	2,337.63	27.5
N-63	0	2,306.40	2,337.07	30.61
N-64	0	2,296.73	2,335.94	39.13
N-65	0	2,283.17	2,290.27	7.08
N-66	0	2,281.14	2,290.02	8.87
N-67	0	2,277.03	2,289.31	12.25
N-68	0	2,264.77	2,287.94	23.12
N-69	0	2,257.38	2,287.12	29.67
N-70	0	2,237.02	2,246.48	9.45
N-71	0	2,231.24	2,245.72	14.46
N-72	0	2,219.88	2,244.20	24.27
N-73	0	2,183.25	2,200.26	16.98
N-74	0	2,173.13	2,199.00	25.82
N-75	0	2,142.29	2,155.63	13.31
N-76	0	2,127.74	2,153.45	25.66
N-77	0	2,111.35	2,114.89	3.53
N-78	0	2,098.17	2,113.17	14.97
N-79	0	2,098.00	2,112.94	14.91
N-80	0	2,096.45	2,112.23	15.76
N-81	0	2,096.03	2,111.25	15.19
N-82	0	2,092.21	2,110.44	18.19
N-83	0	2,092.93	2,110.19	17.23

N-84	0	2,093.14	2,109.95	16.77
N-85	0	2,085.12	2,108.59	23.42
N-86	0	2,065.89	2,074.14	8.23
N-87	0	2,060.23	2,073.28	13.02
N-88	0	2,057.95	2,072.60	14.62
N-89	0	2,052.78	2,072.11	19.3
N-90	0	2,043.99	2,071.24	27.2
N-91	0	2,039.95	2,070.69	30.68
N-92	0	2,031.03	2,034.75	3.71
N-93	0	2,023.81	2,033.69	9.86
N-94	0	2,018.00	2,032.09	14.06
N-95	0	2,016.62	2,031.26	14.62
N-96	0	2,006.02	2,028.39	22.32
N-97	0	2,004.25	2,027.86	23.56
N-98	0	2,000.96	2,026.90	25.88
N-99	0	1,999.46	2,026.40	26.88
N-100	0	1,983.92	1,988.08	4.15
N-101	0	1,973.19	1,986.36	13.14
N-102	0	1,969.26	1,985.69	16.4
N-103	0	1,947.21	1,981.85	34.57
N-104	0	1,935.36	1,942.23	6.86
N-105	0	1,923.88	1,940.59	16.67
N-106	0	1,918.45	1,939.98	21.49
N-107	0	1,919.15	1,939.71	20.52
N-108	0	1,913.51	1,938.45	24.89
N-109	0	1,884.83	1,902.75	17.88
N-110	0	1,877.37	1,900.22	22.81
N-111	0	1,873.11	1,898.69	25.53
N-112	0	1,871.32	1,897.34	25.98
N-113	0	1,865.29	1,895.55	30.21
N-114	0	1,863.04	1,894.41	31.31
N-115	0	1,863.31	1,894.21	30.84
N-116	0	1,860.52	1,893.31	32.73
N-117	0	1,860.65	1,893.10	32.39
N-118	0	1,860.58	1,891.67	31.03
N-119	0	1,858.92	1,890.72	31.73
N-120	0	1,855.54	1,889.54	33.94
N-121	0	1,852.21	1,888.98	36.7
N-122	0	1,852.55	1,888.38	35.76
N-123	0	1,850.50	1,887.51	36.93
N-124	0	1,849.28	1,886.61	37.26
N-125	0	1,848.07	1,886.19	38.05
N-126	0	1,848.05	1,885.93	37.8

N-127	0	1,847.04	1,885.44	38.33
N-128	0	1,845.97	1,884.47	38.43
N-129	0	1,842.26	1,883.50	41.15
N-130	0	1,841.49	1,882.93	41.36
N-131	0	1,845.95	1,882.29	36.26
N-132	0	1,848.62	1,881.60	32.91
N-133	0	1,854.83	1,880.48	25.59
N-134	0	1,826.55	1,836.63	10.06
N-135	0	1,823.39	1,836.21	12.79
N-136	0	1,816.87	1,835.63	18.73
N-137 (Empalme)	0.002	1,811.68	1,835.07	23.34

Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Tabla 44

Resultados en las cámaras rompe presión/cámara repartidora de caudales en la línea de conducción -aducción de la simulación hidráulica

Cámara	Elevación (m)	Cota piezométrica (de) (m)	Cota piezométrica (a) (m)	Presión (de) (m)	Presión (a) (m)
CRP6- N°01	2,996.67	3,017.93	2,996.67	21.21	0
CRP6- N°02	2,908.52	2,980.41	2,908.52	71.75	0
CRP6- N°03	2,861.34	2,900.65	2,861.34	39.23	0
CRP6- N°04	2,813.83	2,859.77	2,813.83	45.85	0
CRP6- N°05	2,764.16	2,812.03	2,764.16	47.78	0
CRP6- N°06	2,716.36	2,762.64	2,716.36	46.19	0
CRP6- N°07	2,669.02	2,714.79	2,669.02	45.68	0
CRP6- N°08	2,622.84	2,666.97	2,622.84	44.04	0
CRP6- N°09	2,572.95	2,620.80	2,572.95	47.75	0
CRP6- N°10	2,525.73	2,570.05	2,525.73	44.22	0
CRP6- N°11	2,477.62	2,522.13	2,477.62	44.42	0
CRP6- N°12	2,429.48	2,474.07	2,429.48	44.5	0
CRP6- N°13	2,381.22	2,424.83	2,381.22	43.52	0
CRP6- N°14	2,340.98	2,377.67	2,340.98	36.62	0
CRP6- N°15	2,290.89	2,335.37	2,290.89	44.4	0
CRP6- N°16	2,247.67	2,286.15	2,247.67	38.4	0
CRP6- N°17	2,202.63	2,242.54	2,202.63	39.83	0
CRP6- N°18	2,157.63	2,197.25	2,157.63	39.54	0
CRP6- N°19	2,115.60	2,151.81	2,115.60	36.14	0
CRP6- N°20	2,075.33	2,107.35	2,075.33	31.96	0
CRP6- N°21	2,035.02	2,070.06	2,035.02	34.97	0
CRC-01	1,943.82	1,980.81	1,943.82	36.91	0
CRP6- N°22	1,908.94	1,937.17	1,908.94	28.18	0
CRP7- N°01	1,836.97	1,856.89	1,836.97	19.92	0

Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Tabla 45

Resultados en las tuberías de la línea de conducción-aducción de la simulación hidráulica

Tubería	Nodo inicio	Nodo llegada	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Darcy-Weisbach (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente hidráulica (m/m)	Cota piezom. inicio (m)	Cota piezom. llegada(m)	hf (m)
L-01	CAPT.	N-01	13.81	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	3,018.90	3,018.67	0.22
L-02	N-01	N-02	31.01	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	3,018.67	3,018.17	0.5
L-03	N-02	CRP6- N°01	15.18	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	3,018.17	3,017.93	0.25
L-04	CRP6- N°01	N-03	26.51	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,996.67	2,996.25	0.43
L-05	N-03	N-04	39.1	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,996.25	2,995.61	0.63
L-06	N-04	N-05	94.96	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,995.61	2,994.08	1.54
L-07	N-05	N-06	64.01	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,994.08	2,993.04	1.03
L-08	N-06	N-07	17.85	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,993.04	2,992.76	0.29
L-09	N-07	N-08	10.43	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0161	2,992.76	2,992.59	0.17
L-10	N-08	N-09	28.39	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,992.59	2,992.13	0.46
L-11	N-09	N-10	66.4	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,992.13	2,991.05	1.07
L-12	N-10	N-11	82.74	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,991.05	2,989.72	1.34
L-13	N-11	N-12	35.54	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,989.72	2,989.14	0.57
L-14	N-12	N-13	27.58	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,989.14	2,988.70	0.45
L-15	N-13	N-14	100	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,988.70	2,987.08	1.62
L-16	N-14	N-15	32.3	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,987.08	2,986.56	0.52
L-17	N-15	N-16	34.23	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,986.56	2,986.01	0.55
L-18	N-16	N-17	59.06	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,986.01	2,985.05	0.95
L-19	N-17	N-18	37.25	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,985.05	2,984.45	0.6
L-20	N-18	N-19	51.34	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,984.45	2,983.62	0.83
L-21	N-19	N-20	52.18	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,983.62	2,982.78	0.84

L-22	N-20	N-21	24.02	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,982.78	2,982.39	0.39
L-23	N-21	N-22	34.97	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,982.39	2,981.82	0.57
L-24	N-22	N-23	41.93	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,981.82	2,981.14	0.68
L-25	N-23	N-24	16.32	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,981.14	2,980.88	0.26
L-26	N-24	CRP6- N°02	28.91	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,980.88	2,980.41	0.47
L-27	CRP6- N°02	N-25	51.22	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,908.52	2,907.69	0.83
L-28	N-25	N-26	45.59	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,907.69	2,906.96	0.74
L-29	N-26	N-27	77.33	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,906.96	2,905.71	1.25
L-30	N-27	N-28	18.11	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,905.71	2,905.42	0.29
L-31	N-28	N-29	16.16	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,905.42	2,905.15	0.26
L-32	N-29	N-30	66.49	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,905.15	2,904.08	1.07
L-33	N-30	N-31	57.64	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,904.08	2,903.15	0.93
L-34	N-31	N-32	53.1	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,903.15	2,902.29	0.86
L-35	N-32	N-33	50.03	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,902.29	2,901.48	0.81
L-36	N-33	CRP6- N°03	51.15	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,901.48	2,900.65	0.83
L-37	CRP6- N°03	N-34	52.72	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,861.34	2,860.49	0.85
L-38	N-34	CRP6- N°04	44.52	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,860.49	2,859.77	0.72
L-39	CRP6- N°04	N-35	82.28	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,813.83	2,812.50	1.33
L-40	N-35	N-36	20.67	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,812.50	2,812.16	0.33
L-41	N-36	CRP6- N°05	7.85	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,812.16	2,812.03	0.13
L-42	CRP6- N°05	N-37	41.99	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,764.16	2,763.48	0.68
L-43	N-37	CRP6- N°06	52.01	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,763.48	2,762.64	0.84
L-44	CRP6- N°06	N-38	31.96	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,716.36	2,715.84	0.52
L-45	N-38	N-39	32.62	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,715.84	2,715.31	0.53
L-46	N-39	N-40	9.39	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0161	2,715.31	2,715.16	0.15
L-47	N-40	CRP6- N°07	22.65	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,715.16	2,714.79	0.37
L-48	CRP6- N°07	N-41	70.63	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,669.02	2,667.88	1.14

L-49	N-41	CRP6- N°08	56.07	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,667.88	2,666.97	0.91
L-50	CRP6- N°08	N-42	47.23	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,622.84	2,622.08	0.76
L-51	N-42	N-43	39.99	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,622.08	2,621.44	0.65
L-52	N-43	CRP6- N°09	39.48	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,621.44	2,620.80	0.64
L-53	CRP6- N°09	N-44	48.27	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,572.95	2,572.17	0.78
L-54	N-44	N-45	78.65	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,572.17	2,570.90	1.27
L-55	N-45	CRP6- N°10	53.08	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,570.90	2,570.05	0.86
L-56	CRP6- N°10	N-46	43.13	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,525.73	2,525.04	0.7
L-57	N-46	N-47	49.65	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,525.04	2,524.23	0.8
L-58	N-47	N-48	88.8	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,524.23	2,522.80	1.44
L-59	N-48	CRP6- N°11	41.52	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,522.80	2,522.13	0.67
L-60	CRP6- N°11	N-49	50.55	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,477.62	2,476.80	0.82
L-61	N-49	N-50	57.58	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,476.80	2,475.87	0.93
L-62	N-50	N-51	51.46	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,475.87	2,475.04	0.83
L-63	N-51	CRP6- N°12	59.81	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,475.04	2,474.07	0.97
L-64	CRP6- N°12	N-52	73.18	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,429.48	2,428.29	1.18
L-65	N-52	N-53	42.06	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,428.29	2,427.61	0.68
L-66	N-53	N-54	47.95	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,427.61	2,426.84	0.77
L-67	N-54	N-55	53.09	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,426.84	2,425.98	0.86
L-68	N-55	N-56	39.77	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,425.98	2,425.34	0.64
L-69	N-56	CRP6- N°13	31.45	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,425.34	2,424.83	0.51
L-70	CRP6- N°13	N-57	46.68	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,381.22	2,380.47	0.75
L-71	N-57	N-58	66.19	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,380.47	2,379.40	1.07
L-72	N-58	N-59	48.66	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,379.40	2,378.61	0.79
L-73	N-59	CRP6- N°14	58.65	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,378.61	2,377.67	0.95
L-74	CRP6- N°14	N-60	82.69	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,340.98	2,339.64	1.34
L-75	N-60	N-61	61.48	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,339.64	2,338.65	0.99

L-76	N-61	N-62	63.02	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,338.65	2,337.63	1.02
L-77	N-62	N-63	34.48	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,337.63	2,337.07	0.56
L-78	N-63	N-64	69.99	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,337.07	2,335.94	1.13
L-79	N-64	CRP6- N°15	34.83	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,335.94	2,335.37	0.56
L-80	CRP6- N°15	N-65	38.17	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,290.89	2,290.27	0.62
L-81	N-65	N-66	15.28	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,290.27	2,290.02	0.25
L-82	N-66	N-67	44.31	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,290.02	2,289.31	0.72
L-83	N-67	N-68	84.49	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,289.31	2,287.94	1.37
L-84	N-68	N-69	51.02	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,287.94	2,287.12	0.82
L-85	N-69	CRP6- N°16	60.06	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,287.12	2,286.15	0.97
L-86	CRP6- N°16	N-70	73.3	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,247.67	2,246.48	1.18
L-87	N-70	N-71	47.04	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,246.48	2,245.72	0.76
L-88	N-71	N-72	94.06	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,245.72	2,244.20	1.52
L-89	N-72	CRP6- N°17	102.6	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,244.20	2,242.54	1.66
L-90	CRP6- N°17	N-73	146.95	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,202.63	2,200.26	2.38
L-91	N-73	N-74	77.68	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,200.26	2,199.00	1.26
L-92	N-74	CRP6- N°18	108.37	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,199.00	2,197.25	1.75
L-93	CRP6- N°18	N-75	123.56	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,157.63	2,155.63	2
L-94	N-75	N-76	134.65	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,155.63	2,153.45	2.18
L-95	N-76	CRP6- N°19	101.31	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,153.45	2,151.81	1.64
L-96	CRP6- N°19	N-77	44.13	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,115.60	2,114.89	0.71
L-97	N-77	N-78	106.04	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,114.89	2,113.17	1.71
L-98	N-78	N-79	14.67	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,113.17	2,112.94	0.24
L-99	N-79	N-80	43.47	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,112.94	2,112.23	0.7
L-100	N-80	N-81	60.85	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,112.23	2,111.25	0.98
L-101	N-81	N-82	50.17	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,111.25	2,110.44	0.81
L-102	N-82	N-83	15.3	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,110.44	2,110.19	0.25

L-103	N-83	N-84	15.2	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,110.19	2,109.95	0.25
L-104	N-84	N-85	83.97	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,109.95	2,108.59	1.36
L-105	N-85	CRP6- N°20	76.71	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,108.59	2,107.35	1.24
L-106	CRP6- N°20	N-86	73.41	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,075.33	2,074.14	1.19
L-107	N-86	N-87	53.21	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,074.14	2,073.28	0.86
L-108	N-87	N-88	42.15	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,073.28	2,072.60	0.68
L-109	N-88	N-89	30.16	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,072.60	2,072.11	0.49
L-110	N-89	N-90	53.97	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,072.11	2,071.24	0.87
L-111	N-90	N-91	34.08	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,071.24	2,070.69	0.55
L-112	N-91	CRP6- N°21	39.09	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,070.69	2,070.06	0.63
L-113	CRP6- N°21	N-92	16.48	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,035.02	2,034.75	0.27
L-114	N-92	N-93	65.87	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,034.75	2,033.69	1.06
L-115	N-93	N-94	98.66	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,033.69	2,032.09	1.59
L-116	N-94	N-95	51.34	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,032.09	2,031.26	0.83
L-117	N-95	N-96	177.56	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,031.26	2,028.39	2.87
L-118	N-96	N-97	32.71	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,028.39	2,027.86	0.53
L-119	N-97	N-98	59.62	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,027.86	2,026.90	0.96
L-120	N-98	N-99	31.04	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,026.90	2,026.40	0.5
L-121	N-99	FCV-1	52.79	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	2,026.40	2,025.55	0.85
L-122	RAE (VOL 130M3)	N-100	64.01	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	1,989.11	1,988.08	1.03
L-123	FCV-1	RAE (VOL 130M3)	1	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.016	1,992.02	1,992.00	0.02
L-123-	N-100	N-101	106.25	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	1,988.08	1,986.36	1.72
L-124	N-101	N-102	41.08	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	1,986.36	1,985.69	0.66
L-125	N-102	N-103	237.69	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	1,985.69	1,981.85	3.84
L-126	N-103	CRC-01	64.71	51.4	HDPE	0.0015	1.811	0.87	0.0162	1,981.85	1,980.81	1.05
L-127	CRC-01	N-104	78.82	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,943.82	1,942.23	1.58
L-128	N-104	N-105	82.18	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,942.23	1,940.59	1.65

L-129	N-105	N-106	30	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,940.59	1,939.98	0.6
L-130	N-106	N-107	13.73	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,939.98	1,939.71	0.28
L-131	N-107	N-108	62.59	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,939.71	1,938.45	1.26
L-132	N-108	CRP6- N°22	63.68	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,938.45	1,937.17	1.28
L-133	CRP6- N°22	N-109	308.31	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,908.94	1,902.75	6.19
L-134	N-109	N-110	125.96	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,902.75	1,900.22	2.53
L-135	N-110	N-111	76.39	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,900.22	1,898.69	1.53
L-136	N-111	N-112	67.13	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,898.69	1,897.34	1.35
L-137	N-112	N-113	89.19	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,897.34	1,895.55	1.79
L-138	N-113	N-114	57.01	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,895.55	1,894.41	1.14
L-139	N-114	N-115	9.99	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,894.41	1,894.21	0.2
L-140	N-115	N-116	44.8	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,894.21	1,893.31	0.9
L-141	N-116	N-117	10.2	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,893.31	1,893.10	0.2
L-142	N-117	N-118	71.55	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,893.10	1,891.67	1.44
L-143	N-118	N-119	47.49	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,891.67	1,890.72	0.95
L-144	N-119	N-120	58.37	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,890.72	1,889.54	1.17
L-145	N-120	N-121	27.91	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,889.54	1,888.98	0.56
L-146	N-121	N-122	29.87	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,888.98	1,888.38	0.6
L-147	N-122	N-123	43.58	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,888.38	1,887.51	0.87
L-148	N-123	N-124	44.76	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,887.51	1,886.61	0.9
L-149	N-124	N-125	20.92	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,886.61	1,886.19	0.42
L-150	N-125	N-126	12.98	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,886.19	1,885.93	0.26
L-151	N-126	N-127	24.23	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,885.93	1,885.44	0.49
L-152	N-127	N-128	48.31	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,885.44	1,884.47	0.97
L-153	N-128	N-129	48.69	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,884.47	1,883.50	0.98
L-154	N-129	N-130	28.08	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,883.50	1,882.93	0.56
L-155	N-130	N-131	32.24	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,882.93	1,882.29	0.65

L-156	N-131	N-132	34.25	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,882.29	1,881.60	0.69
L-157	N-132	N-133	55.96	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,881.60	1,880.48	1.12
L-158	N-133	FCV-2	24.82	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,880.48	1,879.98	0.5
L-159	FCV-2	RAP (VOL 20M3)	3.48	40.8	HDPE	0.0015	1.098	0.84	0.0201	1,859.57	1,859.50	0.07
L-159--	RAP (VOL 20M3)	CRP7- N°01	50.43	51.4	HDPE	0.0015	1.69	0.81	0.0143	1,857.61	1,856.89	0.72
L-160	CRP7- N°01	N-134	24.02	51.4	HDPE	0.0015	1.69	0.81	0.0143	1,836.97	1,836.63	0.34
L-161	N-134	N-135	29.15	51.4	HDPE	0.0015	1.69	0.81	0.0143	1,836.63	1,836.21	0.42
L-162	N-135	N-136	40.69	51.4	HDPE	0.0015	1.69	0.81	0.0143	1,836.21	1,835.63	0.58
L-163	N-136	N-137 Empalme	39.03	51.4	HDPE	0.0015	1.69	0.81	0.0143	1,835.63	1,835.07	0.56

Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

3.5.3.2 Escenario 1- Redes de distribución. Se muestran los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 46

Resultados en los nodos de las redes de distribución de la simulación hidráulica

Nodo	Demanda (L/s)	Elevación (m)	Cota Piezométrica(m)	Presión (mca)
N-137 (Empalme)	0.002	1,811.68	1,835.07	23.34
D-01	0.004	1,811.52	1,834.88	23.31
D-02	0.013	1,811.00	1,834.69	23.64
D-03	0.007	1,811.28	1,834.63	23.3
D-04	0.032	1,809.82	1,834.49	24.62
D-05	0.005	1,813.34	1,834.41	21.03
D-06	0.028	1,803.32	1,834.46	31.08
D-07	0.033	1,802.03	1,834.46	32.36
D-08	0.028	1,801.79	1,834.46	32.6
D-09	0.027	1,807.44	1,834.45	26.96
D-10	0.022	1,798.63	1,834.46	35.75
D-11	0.011	1,809.53	1,834.43	24.84
D-12	0.035	1,806.94	1,834.24	27.25
D-13	0.037	1,800.42	1,833.72	33.23
D-14	0.042	1,798.50	1,833.19	34.61
D-15	0.024	1,808.97	1,834.24	25.22
D-16	0.011	1,814.42	1,834.24	19.78
D-17	0.032	1,794.34	1,832.60	38.18
D-18	0.006	1,794.33	1,832.60	38.2
D-19	0.059	1,794.86	1,832.60	37.66
D-20	0.056	1,808.86	1,832.59	23.68
D-21	0.025	1,793.52	1,832.49	38.89
D-22	0.028	1,794.20	1,832.47	38.19
D-23	0.072	1,792.52	1,832.35	39.75
D-24	0.062	1,792.41	1,832.32	39.83
D-25	0.002	1,792.12	1,832.32	40.12
D-26	0.042	1,792.10	1,832.31	40.13
D-27	0.053	1,791.30	1,832.29	40.91
D-28	0.032	1,791.24	1,832.29	40.96
D-29	0.046	1,791.30	1,832.28	40.9
D-30	0.04	1,790.14	1,832.27	42.05
D-31	0.04	1,796.19	1,832.34	36.08
D-32	0.033	1,801.59	1,832.34	30.69
D-33	0.058	1,800.86	1,832.34	31.41
D-34	0.053	1,799.49	1,832.35	32.8
D-35	0.059	1,791.41	1,832.43	40.94

D-36	0.098	1,787.14	1,832.31	45.08
D-37	0.066	1,784.74	1,832.28	47.44
D-38	0.034	1,784.76	1,832.28	47.43
D-39	0.034	1,784.82	1,832.27	47.36
D-40	0.015	1,784.68	1,832.27	47.5
D-41	0.044	1,783.75	1,832.27	48.42
D-42	0.019	1,782.95	1,832.27	49.22
D-43	0.01	1,783.73	1,832.27	48.44
D-44	0.028	1,778.11	1,832.27	54.06
D-45	0.006	1,781.59	1,832.27	50.57
D-46	0.01	1,809.41	1,832.61	23.16
D-47	0.036	1,809.20	1,832.61	23.37
D-48	0.03	1,809.20	1,832.70	23.45
D-49	0.044	1,815.08	1,832.93	17.82
D-50	0.023	1,820.00	1,833.23	13.2
D-51	0.035	1,804.32	1,832.47	28.09
D-51	0	1,813.92	1,834.34	20.38
D-52	0	1,817.42	1,834.26	16.8
D-53	0	1,820.94	1,834.00	13.04
D-54	0	1,821.69	1,833.88	12.17
D-55	0	1,824.10	1,833.83	9.71
D-56	0	1,825.48	1,833.77	8.27
D-57	0	1,818.57	1,833.71	15.11
D-58	0	1,814.23	1,833.61	19.34
D-59	0	1,817.52	1,833.43	15.88
D-60	0	1,821.58	1,833.34	11.73

Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Tabla 47

Resultados en las tuberías de redes de distribución de la simulación hidráulica

Tubería	Nodo inicio	Nodo llegada	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Darcy Weisbach (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente hidráulica (m/m)	Cota piezom. inicio (m)	Cota piezom. llegada(m)	hf (m)
P-01	N-137 (Empalme)	D-01	4.44	40.8	HDPE	0.0015	1.688	1.29	0.043	1,835.07	1,834.88	0.19
P-02	D-01	D-02	4.47	40.8	HDPE	0.0015	1.684	1.29	0.043	1,834.88	1,834.69	0.19
P-03	D-02	D-03	3.76	40.8	HDPE	0.0015	0.945	0.72	0.015	1,834.69	1,834.63	0.06
P-04	D-02	D-04	20.69	40.8	HDPE	0.0015	0.726	0.56	0.010	1,834.69	1,834.49	0.2
P-05	D-04	D-05	12.18	40.8	HDPE	0.0015	0.557	0.43	0.006	1,834.49	1,834.41	0.07
P-06	D-04	D-06	41.15	40.8	HDPE	0.0015	0.137	0.10	0.001	1,834.49	1,834.46	0.02
P-07	D-06	D-07	23.67	40.8	HDPE	0.0015	0.109	0.08	0.000	1,834.46	1,834.46	0.01
P-08	D-07	D-10	49.81	40.8	HDPE	0.0015	0.022	0.02	0.000	1,834.46	1,834.46	0
P-09	D-07	D-08	2.95	40.8	HDPE	0.0015	0.054	0.04	0.000	1,834.46	1,834.46	0
P-10	D-08	D-09	61.22	40.8	HDPE	0.0015	0.027	0.02	0.000	1,834.46	1,834.45	0
P-11	D-03	D-11	13.28	40.8	HDPE	0.0015	0.938	0.72	0.015	1,834.63	1,834.43	0.2
P-12	D-11	D-12	12.45	40.8	HDPE	0.0015	0.927	0.71	0.015	1,834.43	1,834.24	0.19
P-13	D-12	D-13	40.3	40.8	HDPE	0.0015	0.857	0.66	0.013	1,834.24	1,833.72	0.52
P-14	D-13	D-14	44.5	40.8	HDPE	0.0015	0.820	0.63	0.012	1,833.72	1,833.19	0.53
P-15	D-12	D-15	28.57	40.8	HDPE	0.0015	0.035	0.03	0.000	1,834.24	1,834.24	0
P-16	D-15	D-16	25.76	40.8	HDPE	0.0015	0.011	0.01	0.000	1,834.24	1,834.24	0
P-17	D-14	D-17	53.24	40.8	HDPE	0.0015	0.778	0.60	0.011	1,833.19	1,832.60	0.58
P-18	D-17	D-18	4.8	40.8	HDPE	0.0015	0.121	0.09	0.000	1,832.60	1,832.60	0
P-19	D-18	D-19	8.17	40.8	HDPE	0.0015	0.115	0.09	0.000	1,832.60	1,832.60	0
P-20	D-19	D-20	128.67	40.8	HDPE	0.0015	0.056	0.04	0.000	1,832.60	1,832.59	0.01
P-21	D-17	D-21	15.33	40.8	HDPE	0.0015	0.626	0.48	0.008	1,832.60	1,832.49	0.11

P-22	D-21	D-22	9.51	40.8	HDPE	0.0015	0.329	0.25	0.002	1,832.49	1,832.47	0.02
P-23	D-22	D-23	55.33	40.8	HDPE	0.0015	0.301	0.23	0.002	1,832.47	1,832.35	0.12
P-24	D-23	D-24	61.9	40.8	HDPE	0.0015	0.136	0.10	0.001	1,832.35	1,832.32	0.03
P-25	D-24	D-25	2.98	40.8	HDPE	0.0015	0.172	0.13	0.001	1,832.32	1,832.32	0
P-26	D-25	D-26	2.04	40.8	HDPE	0.0015	0.170	0.13	0.001	1,832.32	1,832.31	0
P-27	D-26	D-27	54.63	40.8	HDPE	0.0015	0.121	0.09	0.000	1,832.31	1,832.29	0.02
P-28	D-27	D-28	2.59	40.8	HDPE	0.0015	0.253	0.19	0.002	1,832.29	1,832.29	0
P-29	D-28	D-29	16.38	40.8	HDPE	0.0015	0.136	0.10	0.001	1,832.29	1,832.28	0.01
P-30	D-29	D-30	33.42	40.8	HDPE	0.0015	0.063	0.05	0.000	1,832.28	1,832.27	0
P-31	D-23	D-31	50.1	40.8	HDPE	0.0015	0.092	0.07	0.000	1,832.35	1,832.34	0.01
P-32	D-31	D-32	41.69	40.8	HDPE	0.0015	0.053	0.04	0.000	1,832.34	1,832.34	0
P-33	D-32	D-33	35.29	40.8	HDPE	0.0015	0.019	0.01	0.000	1,832.34	1,832.34	0
P-34	D-34	D-33	20.12	40.8	HDPE	0.0015	0.137	0.11	0.001	1,832.35	1,832.34	0.01
P-35	D-33	D-24	78.82	40.8	HDPE	0.0015	0.099	0.08	0.000	1,832.34	1,832.32	0.02
P-36	D-34	D-27	64.07	40.8	HDPE	0.0015	0.184	0.14	0.001	1,832.35	1,832.29	0.06
P-37	D-51	D-34	38.51	40.8	HDPE	0.0015	0.375	0.29	0.003	1,832.47	1,832.35	0.12
P-38	D-47	D-51	41.47	40.8	HDPE	0.0015	0.409	0.31	0.004	1,832.61	1,832.47	0.15
P-39	D-47	D-46	22.08	40.8	HDPE	0.0015	0.010	0.01	0.000	1,832.61	1,832.61	0
P-40	D-48	D-47	20.19	40.8	HDPE	0.0015	0.455	0.35	0.004	1,832.70	1,832.61	0.09
P-41-	D-49	D-48	48.98	40.8	HDPE	0.0015	0.485	0.37	0.005	1,832.93	1,832.70	0.23
P-42	D-50	D-49	52.29	40.8	HDPE	0.0015	0.529	0.40	0.006	1,833.23	1,832.93	0.29
P-43	D-21	D-35	32.38	40.8	HDPE	0.0015	0.272	0.21	0.002	1,832.49	1,832.43	0.06
P-44	D-35	D-36	102.68	40.8	HDPE	0.0015	0.214	0.16	0.001	1,832.43	1,832.31	0.12
P-45	D-36	D-37	82.85	40.8	HDPE	0.0015	0.121	0.09	0.000	1,832.31	1,832.28	0.04
P-46	D-37	D-38	3.18	40.8	HDPE	0.0015	0.027	0.02	0.000	1,832.28	1,832.28	0
P-47	D-38	D-39	19.07	40.8	HDPE	0.0015	0.078	0.06	0.000	1,832.28	1,832.27	0
P-48	D-39	D-40	1.66	40.8	HDPE	0.0015	0.071	0.05	0.000	1,832.27	1,832.27	0

P-49	D-40	D-41	32.89	40.8	HDPE	0.0015	0.056	0.04	0.000	1,832.27	1,832.27	0
P-50	D-41	D-42	8.11	40.8	HDPE	0.0015	0.035	0.03	0.000	1,832.27	1,832.27	0
P-51	D-42	D-45	12.85	40.8	HDPE	0.0015	0.006	0.00	0.000	1,832.27	1,832.27	0
P-52	D-42	D-43	23.8	40.8	HDPE	0.0015	0.010	0.01	0.000	1,832.27	1,832.27	0
P-53	D-37	D-44	65.79	40.8	HDPE	0.0015	0.028	0.02	0.000	1,832.28	1,832.27	0
P-54	D-30	D-41	59.58	40.8	HDPE	0.0015	0.023	0.02	0.000	1,832.27	1,832.27	0
P-55	D-29	D-39	56.71	40.8	HDPE	0.0015	0.027	0.02	0.000	1,832.28	1,832.27	0
P-56	D-28	D-38	55.91	40.8	HDPE	0.0015	0.085	0.06	0.000	1,832.29	1,832.28	0.01
P-57	D-26	D-36	41.37	40.8	HDPE	0.0015	0.006	0.00	0.000	1,832.31	1,832.31	0
P-58	D-05	D-51	12.31	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,834.41	1,834.34	0.07
P-59	D-51	D-52	13.52	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,834.34	1,834.26	0.08
P-60	D-52	D-53	42.73	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,834.26	1,834.00	0.26
P-61	D-53	D-54	20.11	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,834.00	1,833.88	0.12
P-62	D-54	D-55	8.58	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,833.88	1,833.83	0.05
P-63	D-55	D-56	10.47	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,833.83	1,833.77	0.06
P-64	D-56	D-57	9.52	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,833.77	1,833.71	0.06
P-65	D-57	D-58	16.74	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,833.71	1,833.61	0.1
P-66	D-58	D-59	29.81	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,833.61	1,833.43	0.18
P-67	D-59	D-60	15.83	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,833.43	1,833.34	0.09
P-68	D-60	D-50	18.63	40.8	HDPE	0.0015	0.552	0.42	0.006	1,833.34	1,833.23	0.11

Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

3.5.4 Descripción técnica del sistema proyecto

3.5.4.1 Captación. Se está considerando el mejoramiento del Sistema de Captación mediante la construcción de todas las estructuras necesarias para una adecuada captación del agua proveniente del manantial de tipo ladera y está compuesta por protección de afloramiento, cámara húmeda y una cámara seca (Accesorios de tubería de conducción y tubería de limpia y rebose)

3.5.4.2 Línea de Conducción (Captación–Reservorio 1 de 130m3–Reservorio 2 de 20m3). La línea de conducción de la captación de manantial de ladera hasta el reservorio proyectado de 20m3, que pasa por el reservorio existente de 130m3 será de material de HDPE NTP 4427 PE100 SDR11. En su recorrido se han proyectado la instalación de 6912 ml con tubería HDPE de 63 mm, 1773 ml con tubería HDPE de 50 mm. Se proyecta la construcción 22 Cámaras Rompe Presión CRP-6, 14 cámaras de válvulas de purga, 18 cámaras de válvulas de aire. En el recorrido donde se presente quebradas se construirá 01 Pase aéreo de 5 m (P.A.4), 03 Pases aéreos de 10 m (P.A. 1, 5 y 10), 04 Pases aéreos de 15 m (P.A. 4, 6, 7 y 8), 01 Pase aéreo de 30 m (P.A.9) y de 01 Pase aéreo de 100 m (P.A.2). El pase aéreo 02 tendrá su estructura de soporte conformada por torres de concreto y cable de acero con sus respectivas péndolas de soporte. Los demás pases aéreos serán conformados con estribos de concreto y soportes metálicos.

Tabla 48

Pases aéreos proyectados en la línea de conducción/aducción

PASE AEREO	LONGITUD (m)	INICIO		FIN	
		ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)
N°01	10	298891.08	8153761.77	298901.37	8153760.05
N°02	100	298995.81	8153579.72	298912.46	8153524.48
N°03	5	298910.60	8153173.55	298915.26	8153171.08
N°04	15	298979.29	8152987.70	298975.33	8152972.02
N°05	10	299311.93	8152440.96	299315.19	8152432.16
N°06	15	299876.66	8150806.47	299890.28	8150799.56
N°07	15	300861.14	8149805.25	300873.61	8149797.44
N°08	15	300962.69	8149674.01	300968.58	8149659.89
N°09	30	300806.59	8148039.21	300791.51	8148013.28
N°10	10	300546.69	8147244.61	300536.76	8147243.56

Nota: Elaboración propia

Tabla 49

Estructuras proyectadas en la línea de conducción

ESTRUCTURA	ESTE (m)	NORTE (m)	Progr.:	ALINEAMIENTO
CAPTACION DE LADERA PROYECTADO	298772.72	8,153,992.28	0+000	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 1	298771.85	8153986.60	0+005.83	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 01	298,762.77	8,153,936.71	0+060.00	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 1	298813.96	8153813.08	0+205.91	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 2	298849.29	8153794.60	0+246.24	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 3	299020.11	8153593.49	0+521.89	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 2	299001.53	8153582.10	0+547.24	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 4	298842.30	8153458.47	0+722.43	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 5	298880.06	8153217.65	0+982.43	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 3	298902.69	8153185.59	1+022.68	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 02	298,936.48	8,153,160.83	1+066.00	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 4	298988.77	8153082.09	1+162.99	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 6	298986.09	8153044.59	1+200.59	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 7	299081.52	8152800.00	1+479.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 5	299112.89	8152759.02	1+532.69	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 03	299,124.33	8,152,742.57	1+552.82	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 6	299164.99	8152708.89	1+605.64	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 04	299,192.99	8,152,674.42	1+650.06	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 05	299,250.65	8,152,585.85	1+760.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 7	299285.39	8152514.16	1+841.23	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)

CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 06	299,290.66	8,152,501.59	1+854.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 07	299,322.26	8,152,410.65	1+951.47	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 08	299,347.58	8,152,286.98	2+078.17	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 09	299,356.94	8,152,162.13	2+204.88	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 8	299370.31	8152137.83	2+232.99	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 9	299413.87	8152074.87	2+312.68	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 10	299,441.74	8,152,008.32	2+384.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 10	299490.97	8151913.18	2+493.27	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 11	299,530.41	8,151,807.01	2+607.96	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 12	299,529.39	8,151,590.35	2+827.36	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 11	299581.49	8151341.78	3+083.42	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 13	299,593.03	8,151,312.53	3+114.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 14	299,685.17	8,151,113.39	3+335.04	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 15	299,842.66	8,150,823.84	3+681.53	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 8	299908.62	8150790.78	3+755.31	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 16	300,047.84	8,150,622.70	3+974.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 17	300,263.69	8,150,392.15	4+291.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 18	300,492.85	8,150,152.07	4+624.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 19	300,741.12	8,149,893.45	4+984.38	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 12	300916.90	8149751.08	5+212.68	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 9	300943.62	8149721.06	5+252.88	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 20	300,922.28	8,149,494.57	5+494.86	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)

VALV PURGA 13	300894.05	8149372.19	5+621.43	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 10	300902.00	8149339.14	5+655.48	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 21	300,963.21	8,149,185.99	5+820.91	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV PURGA 14	301037.92	8149063.00	5+965.93	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 11	301054.08	8149012.88	6+019.10	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 12	301027.78	8148701.51	6+335.35	Conducción (Capt. hacia R.E. 130m3)
VALV.AIRE 13	301071.14	8148636.57	0+008.81	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV PURGA 15	300923.65	8148264.96	0+414.60	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADO	300,880.44	8,148,181.23	0+509.01	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV.AIRE 14	300871.73	8148167.63	0+525.15	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 6 N° 22	300,746.75	8,147,882.09	0+840	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV PURGA 16	300599.43	8147361.88	1+398.35	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV.AIRE 15	300598.09	8147329.49	1+430.85	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV PURGA 17	300441.37	8147250.03	1+670.20	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV.AIRE 16	300388.66	8147259.11	1+723.74	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV PURGA 18	300276.77	8147292.20	1+841.37	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV.AIRE 17	300097.08	8147392.46	2+074.00	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV PURGA 19	300055.71	8147356.15	2+130.00	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)
VALV.AIRE 18	299991.07	8147314.97	2+212.00	Conducción (R.E. 130m3 hacia REP 20m3)

Nota: Elaboración propia

3.5.4.3 Reservorio Apoyado. Al contar con un reservorio de almacenamiento (V:130m3) cuya estructura principal, se encuentra en buen estado, y que abastece a las localidades de Quinistaquillas, Chimpapampa, Santa Cruz y Guadalupe , sólo se ha

programado la construcción de un Reservorio de 20m3 exclusivo para la localidad de Quinistaquillas, éste tendrá una línea de entrada de DN 2", línea de salida de DN 2", línea de limpia de DN 4" a 3", línea de rebose de DN 4", línea de bypass de DN 2", tuberías de ventilación DN 3", tubería de Ingreso a cloración de DN 2" a ½"

3.5.4.4 Línea de Aducción. Se proyecta la línea de aducción tubería de HDPE de 63 mm con una longitud de 179 ml, sale de reservorio de 20m3 hasta la entrega a las redes que distribuirá el agua potable a la Localidad de Quinistaquillas. En su recorrido se han proyectado la construcción 01 Cámaras Rompe Presión CRP-7, 02 cámaras de válvulas de purga y 02 cámaras de válvulas de aire.

Tabla 50

Estructuras proyectadas en la línea de aducción

ESTRUCTURA	ESTE (m)	NORTE (m)	Progr.:	ALINEAMIENTO
RESERVORIO PROYECTADO V=20M3	299,924.71	8,147,327.71	0+000.00	Aducción (REP 20m3 hacia redes de distribución)
VALV.AIRE 19	299859.54	8147339.66	0+008.00	Aducción (REP 20m3 hacia Redes de distribución)
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADO 7 N° 01	299,884.69	8,147,346.27	0+045.98	Aducción (REP 20m3 hacia redes de distribución)
VALV PURGA 20	299858.90	8147388.53	0+096.30	Aducción (REP 20m3 hacia Redes de distribución)
VALV.AIRE 20	299833.82	8147422.40	0+138.45	Aducción (REP 20m3 hacia Redes de distribución)
VALV PURGA 21	299796.68	8147422.11	0+176.50	Aducción (REP 20m3 hacia Redes de distribución)

Nota: Elaboración propia

3.5.4.5 Redes de Distribución. Se proyecta, la instalación de redes de distribución, mediante el empleo de 2148.88 ml de tuberías HDPE PE 100 SDR11 DN 50mm. En su recorrido se han proyectado la construcción de 11 cámaras de válvulas de control, 05 cámaras de válvulas de purga y 06 cámaras de válvulas de aire manual.

Tabla 51

Estructuras proyectadas (válvulas) en las redes de distribución

ITEM	VÁLVULA	COORDENADA (Este)	COORDENADA (Norte)
1	Válvula de aire manual Nº 01	299792.69	8147416.72
2	Válvula de aire manual Nº 02	299718.89	8147396.35
3	Válvula de aire manual Nº 03	299687.29	8147452.90

4	Válvula de aire manual Nº 04	299645.72	8147493.13
5	Válvula de aire manual Nº 05	299621.60	8147496.11
6	Válvula de aire manual Nº 06	299722.40	8147349.43
7	Válvula de purga Nº 01	299762.41	8147422.58
8	Válvula de purga Nº 02	299676.08	8147465.21
9	Válvula de purga Nº 03	299845.60	8147251.54
10	Válvula de purga Nº 04	299557.40	8147196.37
11	Válvula de purga Nº 05	299542.87	8147265.86
12	Válvula de control Nº 01	299792.28	8147421.19
13	Válvula de control Nº 02	299796.06	8147408.98
14	Válvula de control Nº 03	299770.53	8147404.17
15	Válvula de control Nº 04	299803.87	8147389.21
16	Válvula de control Nº 05	299822.78	8147260.47
17	Válvula de control Nº 06	299797.16	8147265.17
18	Válvula de control Nº 07	299790.09	8147250.86
19	Válvula de control Nº 08	299680.19	8147257.28
20	Válvula de control Nº 09	299675.25	8147339.21
21	Válvula de control Nº 10	299629.11	8147286.86
22	Válvula de control Nº 11	299629.58	8147291.94

Nota: Elaboración propia

La mayoría de las calles de la localidad de Quinistaquillas se encuentran con pavimento rígido y las viviendas en su mayoría con veredas de circulación, por lo que se tendrá que realizar la rotura y reposición del mencionado pavimento y veredas de concreto.

3.5.4.6 Conexiones Domiciliarias. Se instalará 201 conexiones domiciliarías de agua potable con tubería HDPE de 1/2” para usuarios domésticos y 10 conexiones domiciliarías de agua potable con tubería HDPE de 3/4” para usuarios estatales.

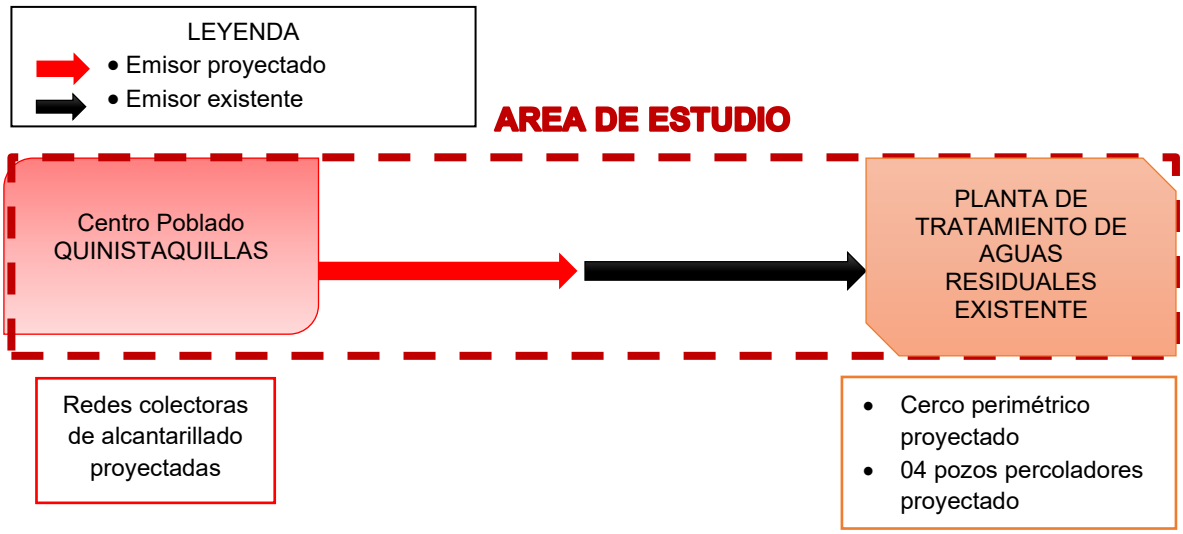
3.6 Diseño y modelamiento del sistema de alcantarillado

3.6.1 Selección de opción tecnológica según el algoritmo

La opción tecnológica será alcantarillado convencional (ya que ya existen colectores de CSN que van hacia a un emisor que finalizar en una PTAR existente) y alcantarillado condominial (actualmente existen en las calles, estructuras de interferencias como gaviones y/o muros, que no permitirían conectar directamente las conexiones a los colectores, por lo cual se usarán ramales condominiales).

Figura 96

Esquema del sistema de saneamiento proyectado



Nota: Elaboración propia

3.6.2 Etapas del modelamiento

3.6.2.1 Tipo de modelo. Modelo de diseño y del tipo estático

3.6.2.2 Mapas / planimetría / cartografía del sistema. Se cuenta el plano de lotización dado por COFOPRI, ortofoto georreferenciada de la localidad de Quinistaquillas, plano de interferencias, plano de secciones - tipos de pavimento, el plano general del sistema existente de alcantarillado y el plano topográfico

3.6.2.3 Construcción topológica – esqueletonización. Se refiere al proceso de crear una representación detallada y precisa del sistema de recolección de aguas residuales que queremos representar, considerando la disposición y conexión de todos sus componentes.

Tabla 52

Correspondencia de infraestructura proyectada del sistema de alcantarillado con elementos del modelamiento hidráulico

Infraestructura proyectada del sistema de alcantarillado	Elemento del modelamiento hidráulico
Colector / Emisor de alcantarillado	Conduit
Buzón / Buzoneta de alcantarillado	Manhole
Buzón de empalme al emisor existente	Outfall
Conexión de alcantarillado	Property Connection
Acometida de alcantarillado	Lateral
Silla tee	Tap

Nota: Elaboración propia

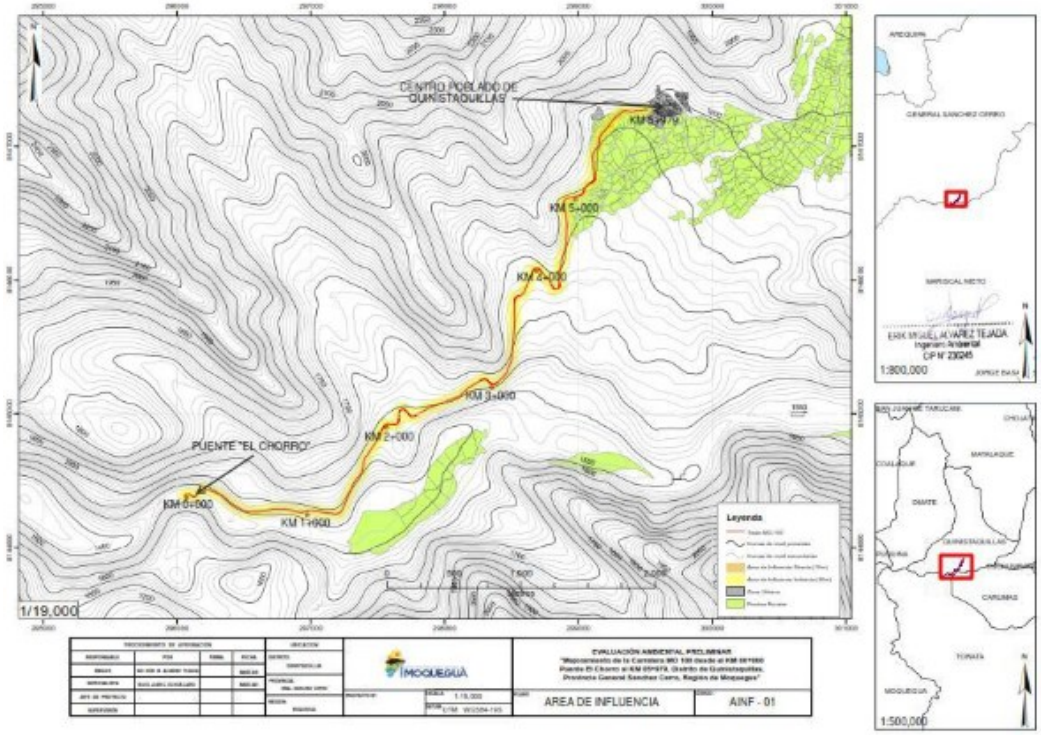
En base a los colectores y emisor existentes de alcantarillado, cuyo material es concreto simple normalizado, que necesitan ser reemplazados, se realiza el trazo para los colectores y el emisor proyectado, añadiendo colectores para que reciban las aguas residuales de las nuevas conexiones, y corrigiendo la ubicación de buzones que generen un ángulo menor a 90º entre colectores.

Además, se tiene conocimiento que el Gobierno Regional de Moquegua viene ejecutando la obra: “Mejoramiento de la Carretera desde el KM.00+000 Puente El Chorro al KM. 05+979, Distrito de Quinistaquillas, provincia General Sánchez Cerro”, en tal sentido, se debe evaluar si puede presentarse algún tipo de interferencia y descartar la duplicidad de intervención en algunos tramos de la red de alcantarillado y/o ramal emisor.

Se precisa que la ubicación política del proyecto es en la Carretera MO - 100 desde el km 00 + 00 puente El Chorro al km 06 + 101. La siguiente figura muestra el área de influencia del proyecto: “Mejoramiento de la Carretera desde el KM.00+000 Puente El Chorro al KM. 05+979, Distrito de Quinistaquillas, provincia General Sánchez Cerro”

Figura 97

Área de influencia del proyecto: “Mejoramiento de la Carretera desde el KM.00+000 Puente El Chorro al KM. 05+979, Distrito de Quinistaquillas, provincia General Sánchez Cerro”



Nota: Fuente: DIA con HR N° E-187616-2022

El área de influencia directa está conformada por una franja de 50 metros (25 metros a cada lado del eje de la vía). En ella existirán zonas con impactos directos que sobrepasen el límite definido por el derecho de vía y que reciban efectos inducidos por las obras de pavimentación y posterior operación de la vía, considera las áreas ocupadas por los componentes auxiliares, las áreas ocupadas por el centro poblado de Quinistaquillas y la determinación de los impactos directos a ambos lados del eje. Se tenía planeado reemplazar el emisor existente de CSN hasta el tramo que atraviesa la carretera MO-100. Sin embargo, dado que el proyecto en ejecución incluirá la sustitución del tramo del emisor ubicado dentro de su área de influencia directa (carretera MO-100), el proyecto se limitará a reemplazar el emisor que se encuentra antes de llegar a la carretera MO-100.

Figura 98

Vista satelital del emisor proyectado



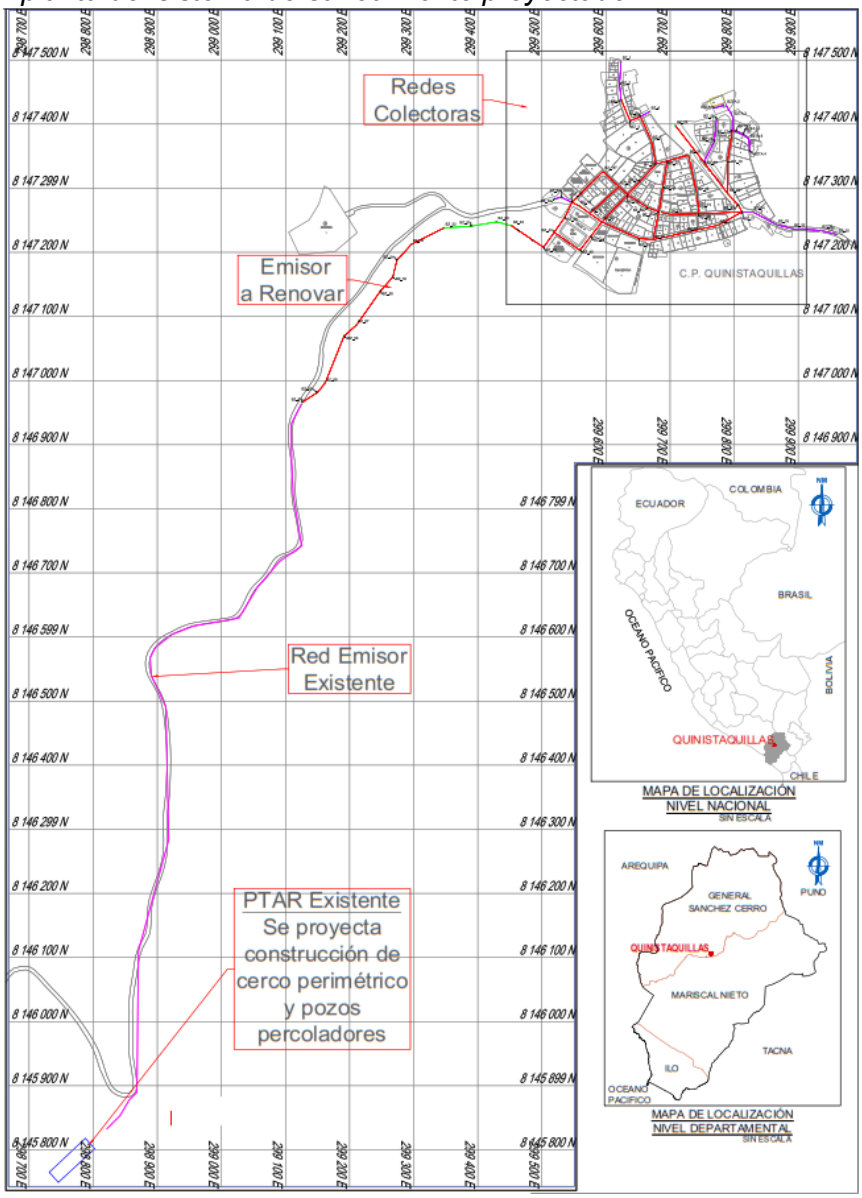
Nota: Elaboración propia con uso de Google Earth.
El trazo rojo representa el emisor proyectado por el proyecto “Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en la Localidad de Quinistaquillas, Distrito de Quinistaquillas – General Sánchez Cerro - Moquegua” y el trazo negro representa el emisor proyectado por el proyecto: “Mejoramiento de la Carretera desde el KM.00+000 Puente El Chorro al KM. 05+979, Distrito de Quinistaquillas, provincia General Sánchez Cerro”

Generalmente, para la creación de los planos de redes de alcantarillado se trabaja con el software Civil 3D, se crea un Pipe Network (Red de tuberías) vinculada a la superficie de la topografía. Con la Pipe Network se puede crear alineamientos, perfiles longitudinales y secciones transversales de las redes de alcantarillado. Una vez creado el Pipe Network de las redes de alcantarillado se debe aislar los colectores como líneas separadas, los

inicios y finales representarán los nodos (buzones). Al aislar los colectores deben seguir la dirección del flujo del agua, asegurándose de que cada tramo esté correctamente conectado a los nodos correspondientes. Esto permite una representación precisa del sistema de alcantarillado y facilita el análisis hidráulico y evita posibles problemas en la ejecución del modelamiento. Con Model Builder se exportará el archivo .dxf de las líneas, que representan los colectores, hacia el software SewerGEMS, convirtiendo las líneas en conduits (colectores) y los nodos en manholes (buzones). A continuación, se muestra un esquema del sistema de saneamiento proyectado en la localidad de Quinistaquillas.

Figura 99

Esquema en planta del sistema de saneamiento proyectado

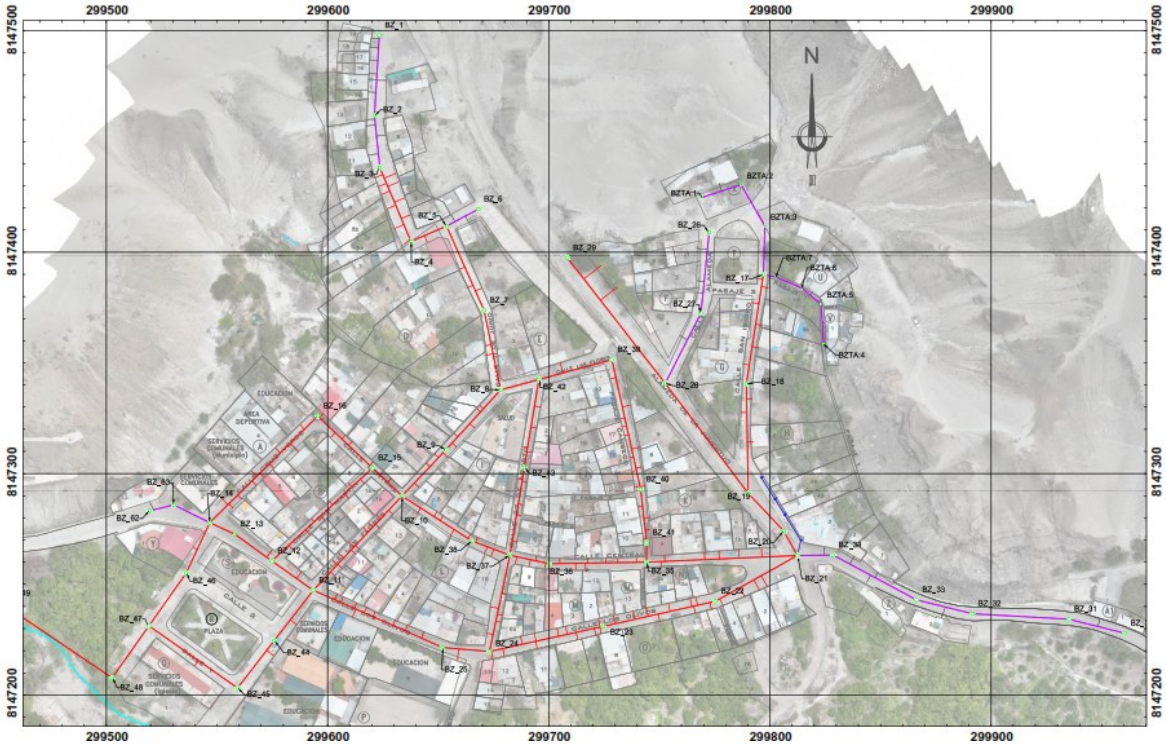


Nota: Tomado del plano del sistema de saneamiento proyectado

Con el plano de conexiones proyectadas de alcantarillado, en AutoCAD se colocarán un punto (point) en el centro geometrico de caja de las conexiones domiciliarias. Con la herramienta Model Builder se exportará el archivo .dxf de los puntos, que representan las conexiones, hacia el software SewerGEMS, convirtiéndolas los puntos en Property Connections (conexiones domiciliarias).

Figura 100

Esquema de redes de alcantarillado y conexiones proyectadas



Nota: Elaboración propia en base a plano de redes proyectadas de agua potable y ortofoto

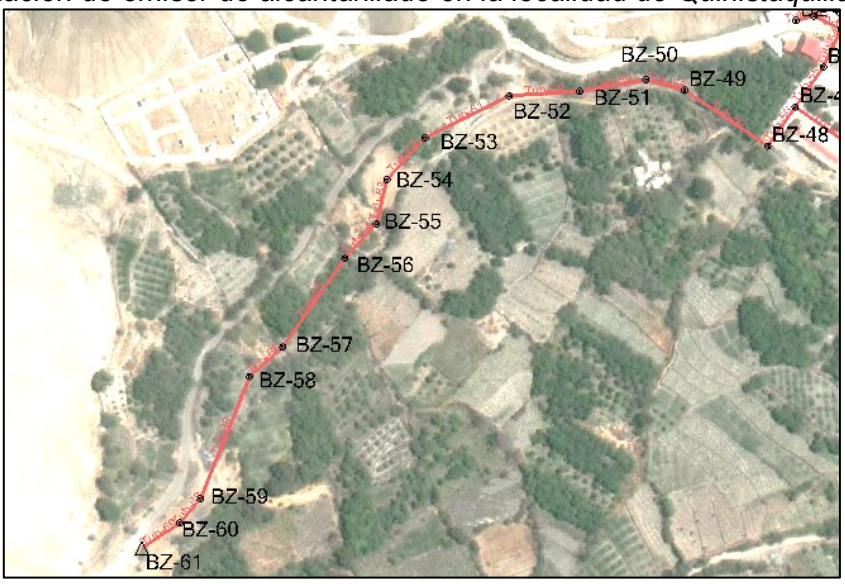
Con base en lo anterior, se realiza el procedimiento de construcción topológica del modelo hidráulico que representa el sistema de alcantarillado proyectado. Luego, con la herramienta Load Builder a través del método Property Connection load data – Nearest link (carga de datos de conexión de propiedad – enlace más cercano) se vincularán las Property Connections (conexiones) a los colectores (conduits), se crearán Laterals (Acometidas) y Taps (Sillas tee). Se agregará una Property Connection que simulará el ramal colector, este se vinculará al Buzon que se encuentra en la intersección de Alameda de la Juventud y Calle Olivos.

Para que un modelamiento no presente errores, toda la red de alcantarillado debe tener un punto de descarga, el Manhole ubicado al final del emisor proyectado se convertirá en un Outfall. Además, los buzones proyectados que tengan doble arranque deberán ser duplicados mediante la creación de nuevos nodos (manholes) que tengan la misma ubicación y cotas de los buzones que queremos duplicar.

Además, el software SewerGEMS permite el uso de Background layers (capas de fondo) como archivos dxf, shapefiles, imágenes, rasters, etc. También puede usarse como fondo la vinculación de Bing Maps, que son mapas creados por la empresa Microsoft y pueden conectarse para softwares de Bentley (SewerGEMS). Para la visualización de ortofotos (archivos que muestran la representación fotográfica de una zona de la superficie, donde sus elementos están una misma escala, sin deformaciones y debidamente georreferenciada con la misma validez de un plano cartográfico) con el modelo hidráulico se usara SewerGEMS vinculado al Civil3D. A continuación, en las siguientes figuras se muestra la esqueletonización del sistema de alcantarillado proyectado, la figura 101 muestra la esqueletonización del emisor hasta el buzón de empalme (Outfall) que se encuentra antes de llegar a la carretera MO-100 y la figura 102 muestra la esqueletonización de las redes colectoras y conexiones de alcantarillado.

Figura 101

Esqueletonización de emisor de alcantarillado en la localidad de Quinistaquillas



Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS y Mapa Bing

Figura 102

Esqueletonización de redes y conexiones de alcantarillado en la localidad de Quinistaquillas



Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS y Ortofoto de Quinistaquillas

3.6.2.4 Ingreso de información. En el software SewerGEMS se introduce los datos de entrada en los siguientes elementos.

- Buzones (Manhole). Para estos elementos del modelamiento hidráulico, se debe asignar las cotas de tapa (Elevation-Rim) y cota de fondo (Elevation-Invert), con la herramienta Trex, se asignarán automáticamente las elevaciones a los manholes del modelamiento, pero es recomendable comprobar y tipear uno a uno en las propiedades de los buzones para que estén compatibilizados con los buzones (Structure) del Pipe Network del archivo Civil3D.

Tabla 53

Propiedades de los buzones en el modelamiento hidráulico

Buzón	Cota de tapa (m)	Cota de fondo (m)	Profundidad (m)	Diámetro (mm)
BZ-1	1,819.85	1,818.65	1.2	1,200.00
BZ-2	1,816.65	1,815.45	1.2	1,200.00
BZ-3	1,813.91	1,812.71	1.2	1,200.00
BZ-4	1,809.53	1,808.33	1.2	1,200.00
BZ-5	1,809.36	1,808.16	1.2	1,200.00
BZ-6	1,809.83	1,808.63	1.2	1,200.00
BZ-7	1,804.49	1,803.29	1.2	1,200.00
BZ-8	1,799.96	1,798.76	1.2	1,200.00
BZ-9	1,794.91	1,793.71	1.2	1,200.00
BZ-10	1,791.38	1,789.63	1.75	1,200.00
BZ-10"	1,791.38	1,789.63	1.75	1,200.00
BZ-11	1,784.59	1,782.84	1.75	1,200.00
BZ-11"	1,784.59	1,782.84	1.75	1,200.00
BZ-12	1,784.35	1,782.60	1.75	1,200.00
BZ-13	1,783.43	1,782.03	1.4	1,200.00
BZ-14	1,783.22	1,781.47	1.75	1,200.00
BZ-15	1,791.45	1,789.45	2	1,200.00
BZ-15"	1,791.45	1,789.45	2	1,200.00
BZ-16	1,790.26	1,788.76	1.5	1,200.00
BZ-17	1,806.57	1,804.37	2.2	1,200.00
BZ-18	1,799.99	1,798.09	1.9	1,200.00
BZ-19	1,796.36	1,794.86	1.5	1,200.00
BZ-20	1,795.20	1,792.95	2.25	1,200.00
BZ-21	1,794.00	1,792.00	2	1,200.00
BZ-21	1,794.00	1,792.00	2	1,200.00
BZ-22	1,791.49	1,790.29	1.2	1,200.00

BZ-23	1,789.13	1,787.93	1.2	1,200.00
BZ-24	1,787.08	1,785.33	1.75	1,200.00
BZ-25	1,786.00	1,784.80	1.2	1,200.00
BZ-26	1,809.22	1,807.82	1.4	1,200.00
BZ-27	1,804.00	1,801.80	2.2	1,200.00
BZ-28	1,800.73	1,799.53	1.2	1,200.00
BZ-29	1,807.20	1,806.00	1.2	1,200.00
BZ-30	1,799.57	1,798.37	1.2	1,200.00
BZ-31	1,799.00	1,797.80	1.2	1,200.00
BZ-32	1,797.52	1,796.32	1.2	1,200.00
BZ-33	1,796.43	1,794.93	1.5	1,200.00
BZ-34	1,794.65	1,793.15	1.5	1,200.00
BZ-35	1,792.39	1,790.99	1.4	1,200.00
BZ-36	1,792.32	1,790.52	1.8	1,200.00
BZ-37	1,792.33	1,790.33	2	1,200.00
BZ-37	1,792.33	1,790.33	2	1,200.00
BZ-38	1,791.99	1,790.14	1.85	1,200.00
BZ-39	1,801.52	1,800.12	1.4	1,200.00
BZ-39	1,801.52	1,800.12	1.4	1,200.00
BZ-40	1,794.95	1,793.45	1.5	1,200.00
BZ-41	1,793.00	1,791.70	1.3	1,200.00
BZ-42	1,800.95	1,799.45	1.5	1,200.00
BZ-42	1,800.95	1,799.45	1.5	1,200.00
BZ-43	1,796.54	1,794.89	1.65	1,200.00
BZ-44	1,780.73	1,778.83	1.9	1,200.00
BZ-45	1,778.54	1,776.54	2	1,200.00
BZ-46	1,779.99	1,777.99	2	1,200.00
BZ-47	1,778.56	1,776.11	2.45	1,200.00
BZ-48	1,776.22	1,775.02	1.2	1,200.00
BZ-49	1,779.34	1,774.54	4.8	1,500.00
BZ-50	1,779.67	1,774.32	5.35	1,500.00
BZ-51	1,777.80	1,773.95	3.85	1,500.00
BZ-52	1,776.17	1,773.27	2.9	1,200.00
BZ-53	1,772.94	1,771.74	1.2	1,200.00
BZ-54	1,771.53	1,770.33	1.21	1,200.00
BZ-55	1,770.55	1,769.35	1.2	1,200.00
BZ-56	1,769.97	1,768.77	1.2	1,200.00
BZ-57	1,769.06	1,767.86	1.2	1,200.00
BZ-58	1,768.01	1,766.81	1.2	1,200.00
BZ-59	1,765.02	1,763.42	1.6	1,200.00
BZ-60	1,764.75	1,762.65	2.1	1,200.00
BZ-62	1,783.61	1,782.41	1.2	1,200.00
BZ-63	1,783.75	1,782.25	1.5	1,200.00

BZTA-1	1,813.30	1,812.65	0.65	600
BZTA-2	1,813.41	1,812.41	1	600
BZTA-3	1,810.71	1,809.71	1	600
BZTA-4	1,808.71	1,807.91	0.8	600
BZTA-5	1,808.49	1,807.49	1	600
BZTA-6	1,807.62	1,806.62	1	600
BZTA-7	1,806.82	1,805.82	1	600

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

- Colectores (Conduit). Los colectores proyectados serán de material PVC-U y estarán bajo la Norma Técnica Peruana NTP- ISO 4435, se escogió este material ya que presenta ventajas como facilidad en el ensamblaje, rapidez en instalación de la tubería, su Unión Flexible reduce al mínimo los riesgos de hacer un acople defectuoso y mejora los rendimientos, además la junta es completamente hermética impidiendo filtraciones como infiltraciones. La tubería permite absorber asentamientos diferenciales generados por mala compactación, suelos inestables, por condiciones de tráfico o sismos.

  La Norma Técnica Peruana NTP- ISO 4435 clasifica los tubos PVC en función a la rigidez nominal del anillo o en función de la Relación de la Dimensión Standard (SDR). También la NTP-ISO 4435 nos indica las características de los tubos, para un modelamiento hidráulico se necesita conocer los diámetros internos útiles.

Tabla 54

Características y dimensiones de tubos PVC-U de alcantarillado según la NTP ISO 4435

Diámetro Nominal	**Diámetro Externo**	**Longitud Total**	**Longitud Útil**	**Diámetro interior (mm)**			**Espesor Mínimo e (mm)**		
DN	**De**	**Lt**	**Lu**	**SDR-51 SN 2**	**SDR-41 SN 4**	**SDR-34 SN 8**	**SDR-51 SN 2**	**SDR-41 SN 4**	**SDR-34 SN 8**
(mm)	**(mm)**	**(m)**	**(m)**	**S-25**	**S-20**	**S-16,7**	**S-25**	**S-20**	**S-16,7**
110	110	6	5.85	-	103.60	103.60	-	3.20	3.20
160	160	6	5.82	153.60	152.00	150.60	3.20	4.00	4.70
200	200	6	5.80	192.20	190.20	188.20	3.90	4.90	5.90

Nota: Fuente Catalogo Nicoll. Recuperado de: https://grupoaliaxis.s3.us-east-2.amazonaws.com/nicoll-peru/Ficha+tecnica/Infraestructura/Ficha+T%C3%A9cnica+Sistema+de+AlcantarilladoNTP-ISO+4435+Nicoll.pdf

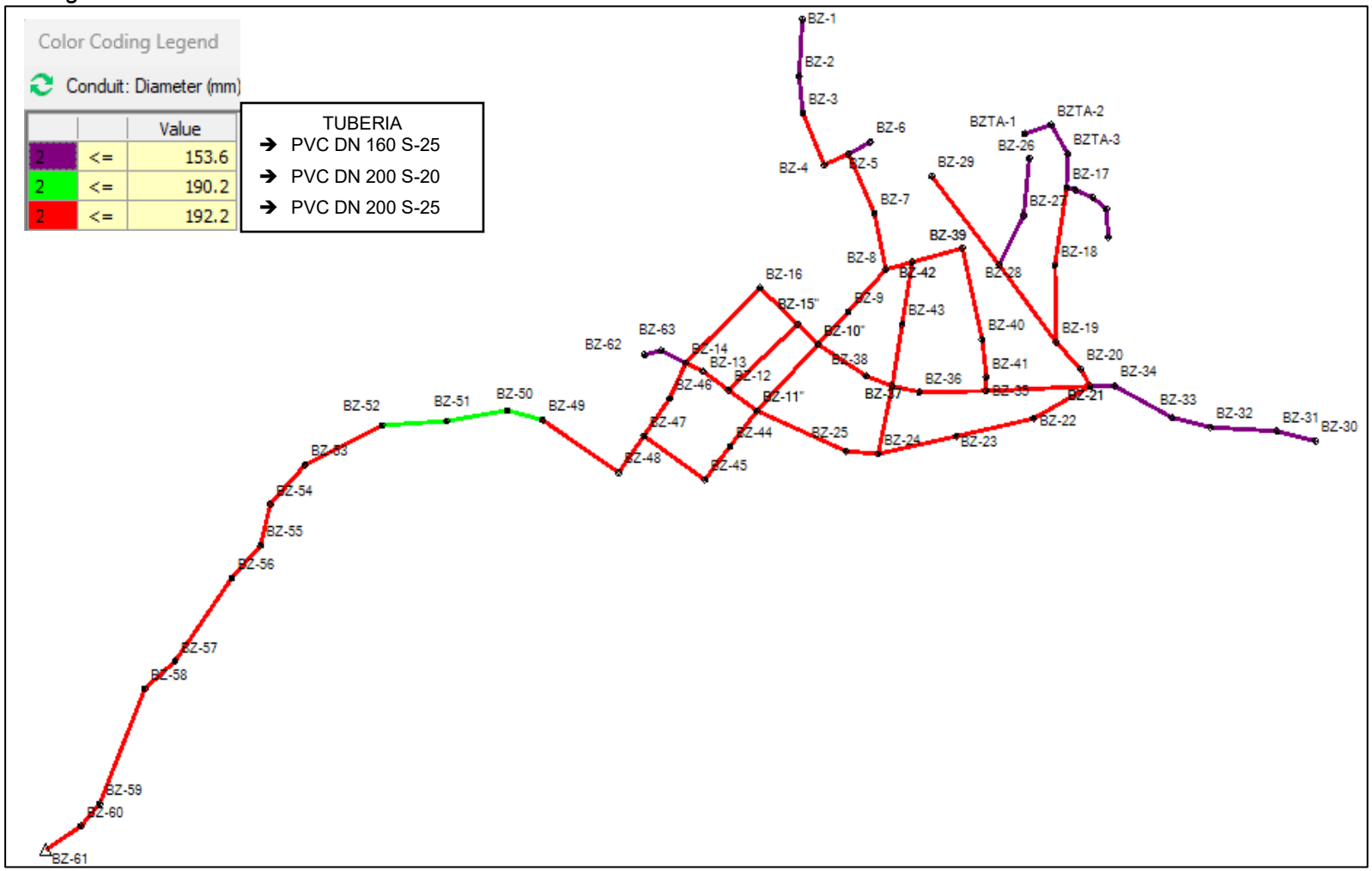
La elección del tipo de tubería (SN2/SN4/SN8) depende del comportamiento estructural de la tubería frente a las cargas externas. La elección del diámetro de la tubería depende del cálculo hidráulico (caudales de contribución, tensión tractiva, velocidades de flujo, tirante de agua). De acuerdo al estudio de mecánica de suelos se recomienda que las tuberías sean de tipo SN2. En el sistema de alcantarillado proyectado la mayoría de los buzones son tipo I (<3m de profundidad), pero en un tramo del emisor (Bz49-Bz50-Bz51) son tipo II (>3m y <6m de profundidad). Las tuberías que unen estos buzones están sometidos a una mayor carga ya que poseen más cobertura por lo cual serán de tipo SN4.

Los colectores tendrán un diámetro nominal de 200mm, a excepción de los colectores de arranque y ubicados en calles poco transitadas que tendrán un diámetro nominal de 160 mm. En el modelo hidráulico se debe usar el diámetro interno para una mayor precisión en los resultados, el coeficiente de Manning será de 0.013 como indica la norma OS 0.70

Como también se considerarán caudales de infiltración en el modelamiento, en la Flex Table de los colectores se fijará Pipe Length en Infiltration Load Type, luego se define el valor y la unidad de la tasa de infiltración en Infiltration Rate per Loading Unit (0.05 L/s) y finalmente se define la unidad de longitud de Infiltration Loading Unit. (km). Lo anterior simula la tasa de infiltración recomendada por CEPIS y la normativa nacional, la cual es 0.05 L/s/km. El caudal de infiltración que llega al buzón de empalme en el punto final del emisor proyectado es de 0.1307L/s. Este caudal considera todos los caudales de infiltración a lo largo de toda la red de alcantarillado proyectado.

Figura 103

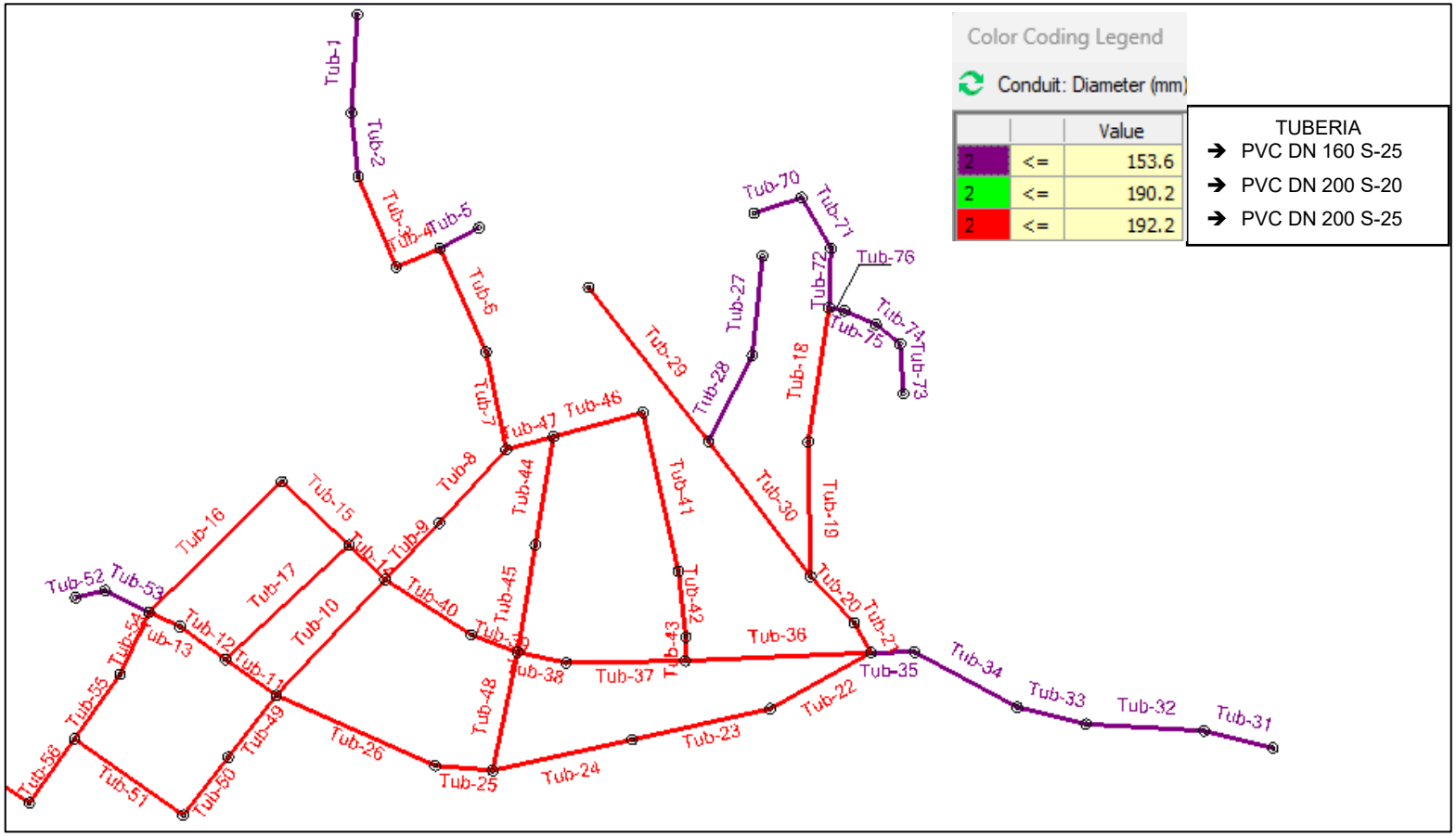
Vista general de diámetros interiores de las tuberías del sistema de alcantarillado en el modelamiento hidráulico



Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 104

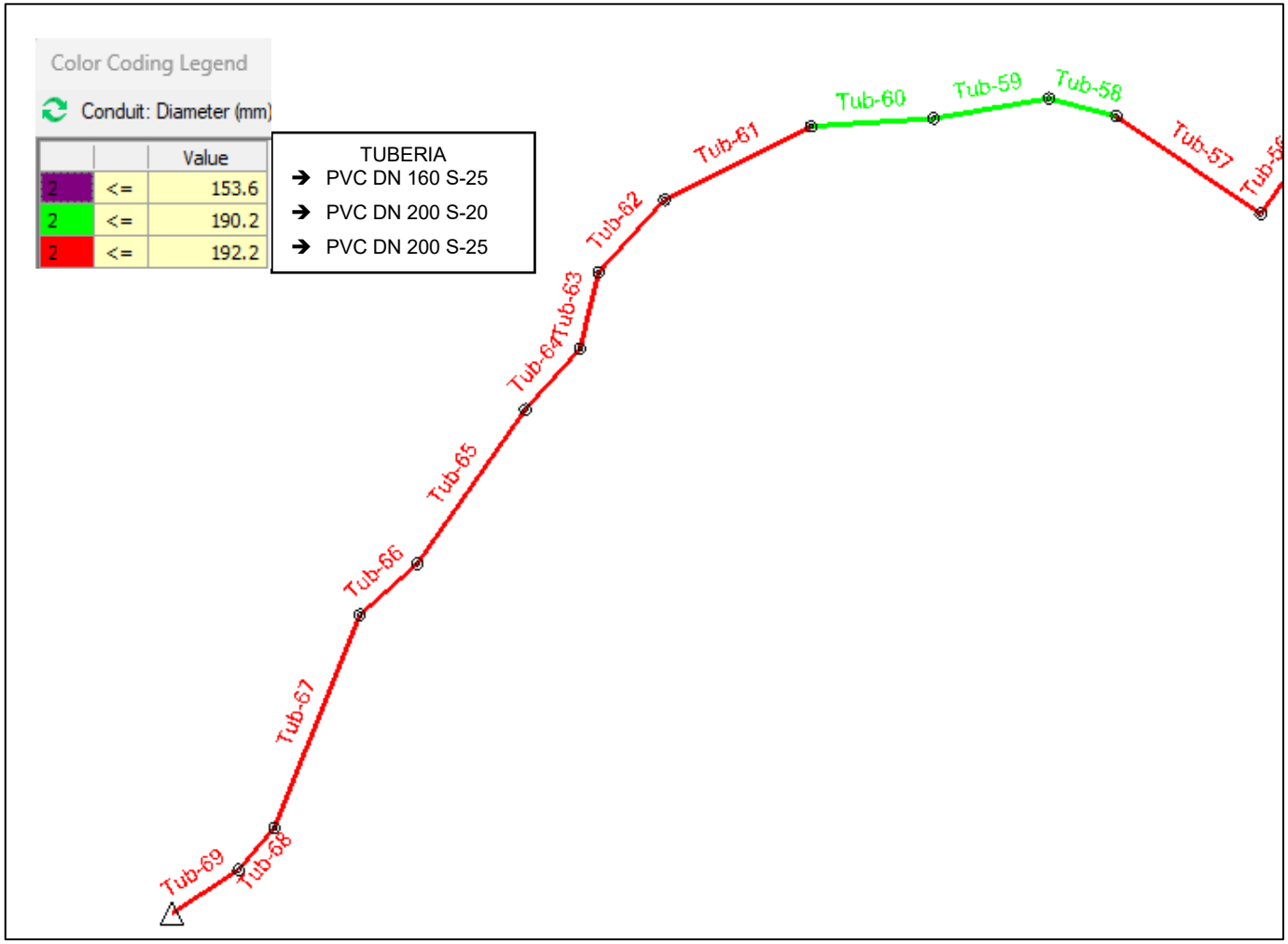
Vista de diámetros interiores de las tuberías de las redes colectoras en el modelamiento hidráulico



Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 105

Vista de diámetros interiores de las tuberías del emisor en el modelamiento hidráulico



Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

- Conexiones domiciliarias (Property Connection). Estos elementos del modelamiento tienen la propiedad Base Flow (Caudal base), la suma de estos caudales de todas las conexiones domiciliarias, entre domésticas y estatales, debe sumar el caudal de contribución máximo al alcantarillado proveniente del sistema de distribución de agua que tiene un valor de 1.276 L/s

Tabla 55

Características y caudales de las conexiones domiciliarias en el modelamiento del sistema de alcantarillado

Conexión	Caudal base (L/s)	Número de conexiones	Caudal (L/s)
DOMESTICO	0.006	194	1.159
DOMESTICO CONDOMINIAL (3 LOTES)	0.018	1	0.018
I E 43087	0.010	1	0.010
I E INICIAL	0.004	1	0.004
I E V.R.HAYA PRIMARIA	0.010	1	0.010
I E V.R.HAYA SECUNDARIA	0.013	1	0.013
OFICINA COMISARIA	0.043	1	0.043
SALUD 1	0.009	1	0.009
SALUD 2	0.009	1	0.009
		Total	1.276

Nota: Elaboración propia

3.6.2.5 Calibración del modelo. Al ser un modelo de diseño, no se realizará la calibración, ya que simula un sistema de alcantarillado proyectado y no evalúa un sistema existente. Además, no se tienen registros de caudales que lleguen a la PTAR existente. En el expediente técnico se incluye el manual de operación y mantenimiento del sistema de saneamiento, donde la JASS deberá llevar registros diarios de los caudales que ingresan a la PTAR.

3.6.2.6 Cálculos diversos (Desarrollos de escenarios). Al presentar una tasa de crecimiento poblacional de 0%, la demanda de agua y su contribución al alcantarillado, se mantienen constante a lo largo de todo el periodo de diseño. En este informe se presenta el escenario 1, el cual simula el sistema con los caudales de contribución proveniente del sistema de agua potable y los caudales de infiltración. Los caudales provenientes de aguas

de lluvia proveniente a conexiones erradas no se consideran ya que las precipitaciones a lo largo de todo el año son mínimas.

En la tabla 37: Resumen de parámetros de diseño se demostró que el caudal de toda la red de alcantarillado que va hacia el buzón de empalme final es de 1.407 L/s. Este valor es menor del caudal mínimo de diseño en colectores que dicta la normativa, cuyo valor es 1.5 L/s, por lo cual es necesario analizar el valor de la pendiente de cada colector comparado con el valor de la pendiente mínima (Ecuación 21) para comprobar la tensión tractiva. Por lo cual sólo se creará un único escenario que simule el caudal de diseño.

Tabla 56

Configuración de escenarios del modelamiento del sistema de alcantarillado

Escenario	Configuración de Alternativa	Alternativa	Descripción de la alternativa	Descripción del escenario
Escenario 1: Caudal de contribución real	Active Topology (Topología activa)	Base active topology	Incluye la topología de buzones (manholes), colectores (conduits), conexiones (property Connections/ links/ taps) y buzón de descarga (Outfall)	Simula el caudal de contribución real (proveniente del sistema de distribución de agua y el de infiltración) en el sistema de alcantarillado.
	Infiltration and Inflow (Infiltración y afluencia)	Base Infiltration and Inflow	La característica de infiltración (Infiltration Load Type) estará activa y simulará una tasa de 0.05 L/s/km	

Nota: Elaboración propia

3.6.2.7 Almacenamiento de datos. En el software SewerGEMS en la pestaña Report (Reportes) se almacena y gestiona datos principalmente con las Flex Tables (tablas flexibles) donde se puede visualizar, editar y analizar datos de entrada (diámetros, coeficiente de Manning, tasa de infiltración, carga sanitaria, cotas de tapa y fondo, etc.) y datos de salida (caudales, velocidades, tensión tractiva, etc.).

3.6.2.8 Documentos de resultados. Las Flex Tables pueden exportarse como archivos .shp, .txt o .csv. Se escogió el formato .csv para poder visualizar las tablas en Excel. Dichas tablas se presentan el ítem 3.6.3 de este informe.

3.6.3 Resultados del modelamiento

3.6.3.1 Escenario 1 – Colectores y emisor. Se muestran los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 57

Caudales parciales y acumulados de los colectores de la simulación hidráulica del escenario 1

Colec-tor	Longitud (m)	Bz inicio	Bz llegada	Tipo de carga de infiltración	Unidad carga infiltración	Tasa infiltración (L/s)	Caudal Infiltración local (L/s)	Caudal Infiltración acumulado (L/s)	Caudal Contribución local (L/s)	Caudal contribución acumulado (L/s)	Caudal del colector (L/s)
Tub-1	36.27	BZ-1	BZ-2	Pipe Length	km	0.05	0.0018	0.0018	0.0418	0.0418	0.0437
Tub-2	23.69	BZ-2	BZ-3	Pipe Length	km	0.05	0.0012	0.0030	0.0239	0.0658	0.0688
Tub-3	36.11	BZ-3	BZ-4	Pipe Length	km	0.05	0.0018	0.0048	0.0598	0.1255	0.1303
Tub-4	17.55	BZ-4	BZ-5	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0057	0.0060	0.1315	0.1372
Tub-5	16.23	BZ-5	BZ-6	Pipe Length	km	0.05	0.0008	0.0008	0.0120	0.0000	0.0008
Tub-6	41.72	BZ-5	BZ-7	Pipe Length	km	0.05	0.0021	0.0086	0.0179	0.1614	0.17
Tub-7	36.61	BZ-7	BZ-8	Pipe Length	km	0.05	0.0018	0.0104	0.0179	0.1793	0.1897
Tub-8	36.64	BZ-8	BZ-9	Pipe Length	km	0.05	0.0018	0.0148	0.0332	0.2185	0.2334
Tub-9	28.8	BZ-9	BZ-10	Pipe Length	km	0.05	0.0014	0.0163	0.0239	0.2424	0.2587
Tub-10	58.5	BZ-10	BZ-11"	Pipe Length	km	0.05	0.0029	0.0220	0.0717	0.3620	0.384
Tub-11	22.89	BZ-11	BZ-12	Pipe Length	km	0.05	0.0011	0.0011	0.0060	0.0060	0.0071
Tub-12	20.66	BZ-12	BZ-13	Pipe Length	km	0.05	0.0010	0.0053	0.0000	0.0658	0.071
Tub-13	12.5	BZ-13	BZ-14	Pipe Length	km	0.05	0.0006	0.0059	0.0000	0.0658	0.0717
Tub-14	18.41	BZ-10"	BZ-15	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0009	0.0120	0.0120	0.0129
Tub-15	34.08	BZ-15	BZ-16	Pipe Length	km	0.05	0.0017	0.0026	0.0299	0.0418	0.0445
Tub-16	68.58	BZ-16	BZ-14	Pipe Length	km	0.05	0.0034	0.0061	0.1006	0.1425	0.1485
Tub-17	61.91	BZ-15"	BZ-12	Pipe Length	km	0.05	0.0031	0.0031	0.0598	0.0598	0.0629

Tub-70	18.37	BZTA-1	BZTA-2	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0009	0.0060	0.0060	0.0069
Tub-71	21.49	BZTA-2	BZTA-3	Pipe Length	km	0.05	0.0011	0.0020	0.0000	0.0060	0.008
Tub-72	21.98	BZTA-3	BZ-17	Pipe Length	km	0.05	0.0011	0.0031	0.0060	0.0120	0.015
Tub-73	18.35	BZTA-4	BZTA-5	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0009	0.0120	0.0120	0.0129
Tub-74	11.46	BZTA-5	BZTA-6	Pipe Length	km	0.05	0.0006	0.0015	0.0120	0.0239	0.0254
Tub-75	12.64	BZTA-6	BZTA-7	Pipe Length	km	0.05	0.0006	0.0021	0.0000	0.0239	0.026
Tub-76	5.74	BZTA-7	BZ-17	Pipe Length	km	0.05	0.0003	0.0024	0.0000	0.0239	0.0263
Tub-18	49.98	BZ-17	BZ-18	Pipe Length	km	0.05	0.0025	0.0080	0.0359	0.0717	0.0797
Tub-19	49.49	BZ-18	BZ-19	Pipe Length	km	0.05	0.0025	0.0105	0.0179	0.0897	0.1001
Tub-20	23.46	BZ-19	BZ-20	Pipe Length	km	0.05	0.0012	0.0220	0.0000	0.1315	0.1535
Tub-21	12.59	BZ-20	BZ-21	Pipe Length	km	0.05	0.0006	0.0226	0.0000	0.1315	0.1541
Tub-22	42.45	BZ-21	BZ-22	Pipe Length	km	0.05	0.0021	0.0325	0.0239	0.2092	0.2417
Tub-23	52.02	BZ-22	BZ-23	Pipe Length	km	0.05	0.0026	0.0351	0.0538	0.2630	0.2981
Tub-24	52.61	BZ-23	BZ-24	Pipe Length	km	0.05	0.0026	0.0377	0.0658	0.3288	0.3665
Tub-25	21.25	BZ-24	BZ-25	Pipe Length	km	0.05	0.0011	0.0562	0.0125	0.6196	0.6757
Tub-26	63.95	BZ-25	BZ-11"	Pipe Length	km	0.05	0.0032	0.0594	0.0522	0.6718	0.7312
Tub-27	36.79	BZ-26	BZ-27	Pipe Length	km	0.05	0.0018	0.0018	0.0179	0.0179	0.0198
Tub-28	35.52	BZ-27	BZ-28	Pipe Length	km	0.05	0.0018	0.0036	0.0120	0.0299	0.0335
Tub-29	71.83	BZ-29	BZ-28	Pipe Length	km	0.05	0.0036	0.0036	0.0120	0.0120	0.0155
Tub-30	62.31	BZ-28	BZ-19	Pipe Length	km	0.05	0.0031	0.0103	0.0000	0.0418	0.0522
Tub-31	26.17	BZ-30	BZ-31	Pipe Length	km	0.05	0.0013	0.0013	0.0060	0.0060	0.0073
Tub-32	43.55	BZ-31	BZ-32	Pipe Length	km	0.05	0.0022	0.0035	0.0000	0.0060	0.0095
Tub-33	26.04	BZ-32	BZ-33	Pipe Length	km	0.05	0.0013	0.0048	0.0060	0.0120	0.0167
Tub-34	42.87	BZ-33	BZ-34	Pipe Length	km	0.05	0.0021	0.0069	0.0179	0.0299	0.0368
Tub-35	16.1	BZ-34	BZ-21	Pipe Length	km	0.05	0.0008	0.0077	0.0060	0.0359	0.0436
Tub-36	68.38	BZ-21	BZ-35	Pipe Length	km	0.05	0.0034	0.0034	0.0359	0.0359	0.0393
Tub-37	43.87	BZ-35	BZ-36	Pipe Length	km	0.05	0.0022	0.0103	0.0418	0.1674	0.1776

Tub-38	18.24	BZ-36	BZ-37	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0112	0.0179	0.1853	0.1965
Tub-39	18.23	BZ-37	BZ-38	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0009	0.0179	0.0179	0.0188
Tub-40	37.64	BZ-38	BZ-10	Pipe Length	km	0.05	0.0019	0.0028	0.0299	0.0478	0.0506
Tub-41	59.98	BZ-39	BZ-40	Pipe Length	km	0.05	0.0030	0.0030	0.0658	0.0658	0.0688
Tub-42	24.22	BZ-40	BZ-41	Pipe Length	km	0.05	0.0012	0.0042	0.0239	0.0897	0.0939
Tub-43	8.83	BZ-41	BZ-35	Pipe Length	km	0.05	0.0004	0.0047	0.0000	0.0897	0.0943
Tub-44	40.33	BZ-42	BZ-43	Pipe Length	km	0.05	0.0020	0.0020	0.0272	0.0272	0.0292
Tub-45	40.08	BZ-43	BZ-37	Pipe Length	km	0.05	0.0020	0.0040	0.0299	0.0571	0.0611
Tub-46	34.2	BZ-39	BZ-42	Pipe Length	km	0.05	0.0017	0.0017	0.0060	0.0060	0.0077
Tub-47	17.94	BZ-42	BZ-8	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0026	0.0000	0.0060	0.0086
Tub-48	44.47	BZ-37	BZ-24	Pipe Length	km	0.05	0.0022	0.0174	0.0359	0.2783	0.2957
Tub-49	28.86	BZ-11"	BZ-44	Pipe Length	km	0.05	0.0014	0.0828	0.0060	1.0397	1.1226
Tub-50	26.98	BZ-44	BZ-45	Pipe Length	km	0.05	0.0013	0.0842	0.0104	1.0501	1.1343
Tub-51	48.92	BZ-45	BZ-47	Pipe Length	km	0.05	0.0024	0.0866	0.0060	1.0561	1.1427
Tub-52	11.23	BZ-62	BZ-63	Pipe Length	km	0.05	0.0006	0.0006	0.0060	0.0060	0.0065
Tub-53	18.08	BZ-63	BZ-14	Pipe Length	km	0.05	0.0009	0.0015	0.0000	0.0060	0.0074
Tub-54	25.14	BZ-14	BZ-46	Pipe Length	km	0.05	0.0013	0.0147	0.0060	0.2202	0.2348
Tub-55	29.18	BZ-46	BZ-47	Pipe Length	km	0.05	0.0015	0.0161	0.0000	0.2202	0.2363
Tub-56	28.81	BZ-47	BZ-48	Pipe Length	km	0.05	0.0014	0.1042	0.0000	1.2763	1.3805
Tub-57	60.2	BZ-48	BZ-49	Pipe Length	km	0.05	0.0030	0.1072	0.0000	1.2763	1.3835
Tub-58	24.13	BZ-49	BZ-50	Pipe Length	km	0.05	0.0012	0.1084	0.0000	1.2763	1.3847
Tub-59	40.35	BZ-50	BZ-51	Pipe Length	km	0.05	0.0020	0.1104	0.0000	1.2763	1.3867
Tub-60	42.47	BZ-51	BZ-52	Pipe Length	km	0.05	0.0021	0.1125	0.0000	1.2763	1.3888
Tub-61	56.65	BZ-52	BZ-53	Pipe Length	km	0.05	0.0028	0.1154	0.0000	1.2763	1.3917
Tub-62	33.94	BZ-53	BZ-54	Pipe Length	km	0.05	0.0017	0.1171	0.0000	1.2763	1.3934
Tub-63	27.16	BZ-54	BZ-55	Pipe Length	km	0.05	0.0014	0.1184	0.0000	1.2763	1.3947
Tub-64	28.15	BZ-55	BZ-56	Pipe Length	km	0.05	0.0014	0.1198	0.0000	1.2763	1.3961

Tub-65	65.06	BZ-56	BZ-57	Pipe Length	km	0.05	0.0033	0.1231	0.0000	1.2763	1.3994
Tub-66	26.53	BZ-57	BZ-58	Pipe Length	km	0.05	0.0013	0.1244	0.0000	1.2763	1.4007
Tub-67	79.34	BZ-58	BZ-59	Pipe Length	km	0.05	0.0040	0.1284	0.0000	1.2763	1.4047
Tub-68	19.06	BZ-59	BZ-60	Pipe Length	km	0.05	0.0010	0.1293	0.0000	1.2763	1.4056
Tub-69	27.47	BZ-60	BZ-61	Pipe Length	km	0.05	0.0014	0.1307	0.0000	1.2763	1.407

Nota: Fuente-Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Tabla 58

Resultados en los colectores de la simulación hidráulica del escenario 1

Colector	Longitud (m)	Bz inicio	Bz llegada	Cota inicio (m)	Cota llegada (m)	Caudal del Colector (L/s)	Diámetro interno (mm)	Coeficiente Manning (n)	Pendiente (cm/m)	Velocidad (m/s)	Tensión tractiva (Pascales)	y/D (%)
Tub-1	36.27	BZ-1	BZ-2	1,818.65	1,815.45	0.0437	153.6	0.013	8.82	0.41	1.99	2.27
Tub-2	23.69	BZ-2	BZ-3	1,815.45	1,812.71	0.0688	153.6	0.013	11.57	0.51	3.04	2.65
Tub-3	36.11	BZ-3	BZ-4	1,812.71	1,808.33	0.1303	192.2	0.013	12.13	0.61	4.03	2.68
Tub-4	17.55	BZ-4	BZ-5	1,808.33	1,808.16	0.1372	192.2	0.013	0.97	0.26	0.59	4.96
Tub-5	16.23	BZ-5	BZ-6	1,808.16	1,808.63	0.0008	153.6	0.013	2.9	0.07	0.15	0.51
Tub-6	41.72	BZ-5	BZ-7	1,808.16	1,803.29	0.17	192.2	0.013	11.68	0.64	4.46	3.09
Tub-7	36.61	BZ-7	BZ-8	1,803.29	1,798.76	0.1897	192.2	0.013	12.37	0.67	4.93	3.22
Tub-8	36.64	BZ-8	BZ-9	1,798.76	1,793.71	0.2334	192.2	0.013	13.78	0.75	5.85	3.44
Tub-9	28.8	BZ-9	BZ-10	1,793.71	1,789.63	0.2587	192.2	0.013	14.16	0.79	6.25	3.58
Tub-10	58.5	BZ-10	BZ-11"	1,789.63	1,782.84	0.384	192.2	0.013	11.61	0.83	6.4	4.49
Tub-11	22.89	BZ-11	BZ-12	1,782.84	1,782.60	0.0071	192.2	0.013	1.05	0.11	0.16	1.24
Tub-12	20.66	BZ-12	BZ-13	1,782.60	1,782.03	0.071	192.2	0.013	2.76	0.3	0.98	2.85
Tub-13	12.5	BZ-13	BZ-14	1,782.03	1,781.47	0.0717	192.2	0.013	4.48	0.36	1.42	2.55
Tub-14	18.41	BZ-10"	BZ-15	1,789.63	1,789.45	0.0129	192.2	0.013	0.96	0.13	0.2	1.63

Tub-15	34.08	BZ-15	BZ-16	1,789.45	1,788.76	0.0445	192.2	0.013	2.03	0.24	0.62	2.45
Tub-16	68.58	BZ-16	BZ-14	1,788.76	1,781.47	0.1485	192.2	0.013	10.63	0.6	3.88	2.95
Tub-17	61.91	BZ-15"	BZ-12	1,789.45	1,782.60	0.0629	192.2	0.013	11.07	0.47	2.68	1.95
Tub-70	18.37	BZTA-1	BZTA-2	1,812.65	1,812.41	0.0069	153.6	0.013	1.31	0.12	0.19	1.48
Tub-71	21.49	BZTA-2	BZTA-3	1,812.41	1,809.71	0.008	153.6	0.013	12.55	0.26	1.24	0.99
Tub-72	21.98	BZTA-3	BZ-17	1,809.71	1,804.97	0.015	153.6	0.013	21.58	0.39	2.49	1.16
Tub-73	18.35	BZTA-4	BZTA-5	1,807.91	1,807.49	0.0129	153.6	0.013	2.26	0.17	0.4	1.77
Tub-74	11.46	BZTA-5	BZTA-6	1,807.49	1,806.62	0.0254	153.6	0.013	7.59	0.33	1.39	1.84
Tub-75	12.64	BZTA-6	BZTA-7	1,806.62	1,805.82	0.026	153.6	0.013	6.36	0.31	1.22	1.93
Tub-76	5.74	BZTA-7	BZ-17	1,805.82	1,804.97	0.0263	153.6	0.013	14.76	0.42	2.33	1.58
Tub-18	49.98	BZ-17	BZ-18	1,804.37	1,798.09	0.0797	192.2	0.013	12.57	0.51	3.37	2.16
Tub-19	49.49	BZ-18	BZ-19	1,798.09	1,794.86	0.1001	192.2	0.013	6.52	0.45	2.21	2.74
Tub-20	23.46	BZ-19	BZ-20	1,794.86	1,792.95	0.1535	192.2	0.013	8.16	0.55	3.24	3.21
Tub-21	12.59	BZ-20	BZ-21	1,792.95	1,792.00	0.1541	192.2	0.013	7.55	0.55	2.99	3.21
Tub-22	42.45	BZ-21	BZ-22	1,792.00	1,790.29	0.2417	192.2	0.013	4.03	0.49	2.32	4.69
Tub-23	52.02	BZ-22	BZ-23	1,790.29	1,787.93	0.2981	192.2	0.013	4.54	0.55	2.77	4.97
Tub-24	52.61	BZ-23	BZ-24	1,787.93	1,785.33	0.3665	192.2	0.013	4.94	0.61	3.25	5.38
Tub-25	21.25	BZ-24	BZ-25	1,785.33	1,784.80	0.6757	192.2	0.013	2.49	0.58	2.53	8.4
Tub-26	63.95	BZ-25	BZ-11"	1,784.80	1,782.84	0.7312	192.2	0.013	3.06	0.64	3.07	8.3
Tub-27	36.79	BZ-26	BZ-27	1,807.82	1,801.80	0.0198	153.6	0.013	16.37	0.37	2.31	1.42
Tub-28	35.52	BZ-27	BZ-28	1,801.80	1,799.53	0.0335	153.6	0.013	6.38	0.34	1.37	2.15
Tub-29	71.83	BZ-29	BZ-28	1,806.00	1,799.53	0.0155	192.2	0.013	9.01	0.27	1.24	1.1
Tub-30	62.31	BZ-28	BZ-19	1,799.53	1,794.86	0.0522	192.2	0.013	7.49	0.39	1.82	1.96
Tub-31	26.17	BZ-30	BZ-31	1,798.37	1,797.80	0.0073	153.6	0.013	2.18	0.14	0.31	1.42
Tub-32	43.55	BZ-31	BZ-32	1,797.80	1,796.32	0.0095	153.6	0.013	3.4	0.17	0.49	1.45
Tub-33	26.04	BZ-32	BZ-33	1,796.32	1,794.93	0.0167	153.6	0.013	5.34	0.26	0.87	1.63
Tub-34	42.87	BZ-33	BZ-34	1,794.93	1,793.15	0.0368	153.6	0.013	4.15	0.3	1.04	2.51

Tub-35	16.1	BZ-34	BZ-21	1,793.15	1,792.00	0.0436	153.6	0.013	7.14	0.38	1.69	2.39
Tub-36	68.38	BZ-21	BZ-35	1,792.00	1,790.99	0.0393	192.2	0.013	1.48	0.2	0.46	2.49
Tub-37	43.87	BZ-35	BZ-36	1,790.99	1,790.52	0.1776	192.2	0.013	1.07	0.29	0.72	5.48
Tub-38	18.24	BZ-36	BZ-37	1,790.52	1,790.33	0.1965	192.2	0.013	1.04	0.29	0.74	5.79
Tub-39	18.23	BZ-37	BZ-38	1,790.33	1,790.14	0.0188	192.2	0.013	1.06	0.14	0.25	1.92
Tub-40	37.64	BZ-38	BZ-10	1,790.14	1,789.63	0.0506	192.2	0.013	1.35	0.21	0.48	2.88
Tub-41	59.98	BZ-39	BZ-40	1,800.12	1,793.45	0.0688	192.2	0.013	11.12	0.49	2.79	2.02
Tub-42	24.22	BZ-40	BZ-41	1,793.45	1,791.70	0.0939	192.2	0.013	7.23	0.46	2.32	2.59
Tub-43	8.83	BZ-41	BZ-35	1,791.70	1,790.99	0.0943	192.2	0.013	8.04	0.48	2.52	2.53
Tub-44	40.33	BZ-42	BZ-43	1,799.45	1,794.89	0.0292	192.2	0.013	11.31	0.37	1.95	1.38
Tub-45	40.08	BZ-43	BZ-37	1,794.89	1,790.33	0.0611	192.2	0.013	11.38	0.47	2.7	1.91
Tub-46	34.2	BZ-39	BZ-42	1,800.12	1,799.45	0.0077	192.2	0.013	1.96	0.13	0.28	1.12
Tub-47	17.94	BZ-42	BZ-8	1,799.45	1,798.76	0.0086	192.2	0.013	3.85	0.17	0.49	1.02
Tub-48	44.47	BZ-37	BZ-24	1,790.33	1,785.33	0.2957	192.2	0.013	11.24	0.75	5.57	4.02
Tub-49	28.86	BZ-11"	BZ-44	1,782.84	1,778.83	1.1226	192.2	0.013	13.89	1.22	12.07	7.16
Tub-50	26.98	BZ-44	BZ-45	1,778.83	1,776.54	1.1343	192.2	0.013	8.49	1.04	8.22	8.02
Tub-51	48.92	BZ-45	BZ-47	1,776.54	1,776.11	1.1427	192.2	0.013	0.88	0.47	1.43	13.91
Tub-52	11.23	BZ-62	BZ-63	1,782.41	1,782.25	0.0065	153.6	0.013	1.38	0.12	0.2	1.42
Tub-53	18.08	BZ-63	BZ-14	1,782.25	1,781.47	0.0074	153.6	0.013	4.31	0.18	0.52	1.21
Tub-54	25.14	BZ-14	BZ-46	1,781.47	1,777.99	0.2348	192.2	0.013	13.84	0.75	5.89	3.44
Tub-55	29.18	BZ-46	BZ-47	1,777.99	1,776.11	0.2363	192.2	0.013	6.44	0.58	3.29	4.14
Tub-56	28.81	BZ-47	BZ-48	1,776.11	1,775.02	1.3805	192.2	0.013	3.78	0.83	4.83	10.7
Tub-57	60.2	BZ-48	BZ-49	1,775.02	1,774.54	1.3835	192.2	0.013	0.79	0.48	1.44	15.6
Tub-58	24.13	BZ-49	BZ-50	1,774.54	1,774.32	1.3847	190.2	0.013	0.93	0.51	1.63	15.21
Tub-59	40.35	BZ-50	BZ-51	1,774.32	1,773.95	1.3867	190.2	0.013	0.91	0.5	1.61	15.3
Tub-60	42.47	BZ-51	BZ-52	1,773.95	1,773.27	1.3888	190.2	0.013	1.6	0.61	2.49	13.36
Tub-61	56.65	BZ-52	BZ-53	1,773.27	1,771.74	1.3917	192.2	0.013	2.7	0.74	3.73	11.65

Tub-62	33.94	BZ-53	BZ-54	1,771.74	1,770.33	1.3934	192.2	0.013	4.17	0.86	5.23	10.5
Tub-63	27.16	BZ-54	BZ-55	1,770.33	1,769.35	1.3947	192.2	0.013	3.59	0.81	4.66	10.89
Tub-64	28.15	BZ-55	BZ-56	1,769.35	1,768.77	1.3961	192.2	0.013	2.06	0.67	3.03	12.43
Tub-65	65.06	BZ-56	BZ-57	1,768.77	1,767.86	1.3994	192.2	0.013	1.4	0.59	2.25	13.67
Tub-66	26.53	BZ-57	BZ-58	1,767.86	1,766.81	1.4007	192.2	0.013	3.98	0.85	5.05	10.65
Tub-67	79.34	BZ-58	BZ-59	1,766.81	1,763.42	1.4047	192.2	0.013	4.27	0.87	5.34	10.49
Tub-68	19.06	BZ-59	BZ-60	1,763.42	1,762.65	1.4056	192.2	0.013	4.04	0.85	5.12	10.63
Tub-69	27.47	BZ-60	BZ-61	1,762.65	1,762.32	1.407	192.2	0.013	1.2	0.56	2	14.2

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS / La columna y/D se refiere a la relación del tirante (altura de la lámina de agua) sobre el diámetro del colector / La velocidad crítica fue calculada manualmente ya que no es un valor que calcule el software SewerGEMS

3.6.4 Descripción técnica del sistema proyectado

3.6.4.1 Colectores. Se reemplazará los colectores existentes (tuberías de CSN) por redes de colectores de Tuberías PVC DN 200 mm de la localidad de Quinistaquillas con la instalación de 424.57 ml de colectores con tubería PVC S-25 UF de 160 mm, 1595.60 ml de colectores con tubería PVC S-25 UF de 200 mm y la construcción de 49 buzones tipo I con sus tapas de inspección y 7 buzonetas con sus tapas de inspección.

3.6.4.2 Emisor. Se reemplazará el tramo inicial de la línea de emisor existente que actualmente tiene tuberías de CSN deteriorada, hasta el buzón de empalme ubicado en la carretera a lado del vivero con la instalación de 412.36 ml de línea de emisor con tubería PVC S-25 UF de 200 mm, 103.35 ml de línea de emisor con tubería PVC S-20 UF de 200 mm y la construcción de 11 buzones tipo I y 3 buzones tipo II con sus tapas de inspección.

3.6.4.3 Conexiones domiciliarias. Se proyecta la instalación de 170 conexiones domiciliarías de desagüe (DN 160mm) empalmada a los colectores de DN 200mm. y 31 conexiones domiciliarías de desagüe (DN 160mm) empalmada a los colectores DN 200mm. Además, se instalará 4 cajas condominiales, 3 de estas cajas condominiales cumplirán funciones como conexiones domiciliarias.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1 Sistema de agua potable

El planteamiento de los escenarios se realizó con la finalidad de conocer el comportamiento hidráulico del sistema de agua potable, y verificar si los resultados del modelamiento cumplen con la normativa nacional.

4.1.1 Comparativa de escenario 1 y 2

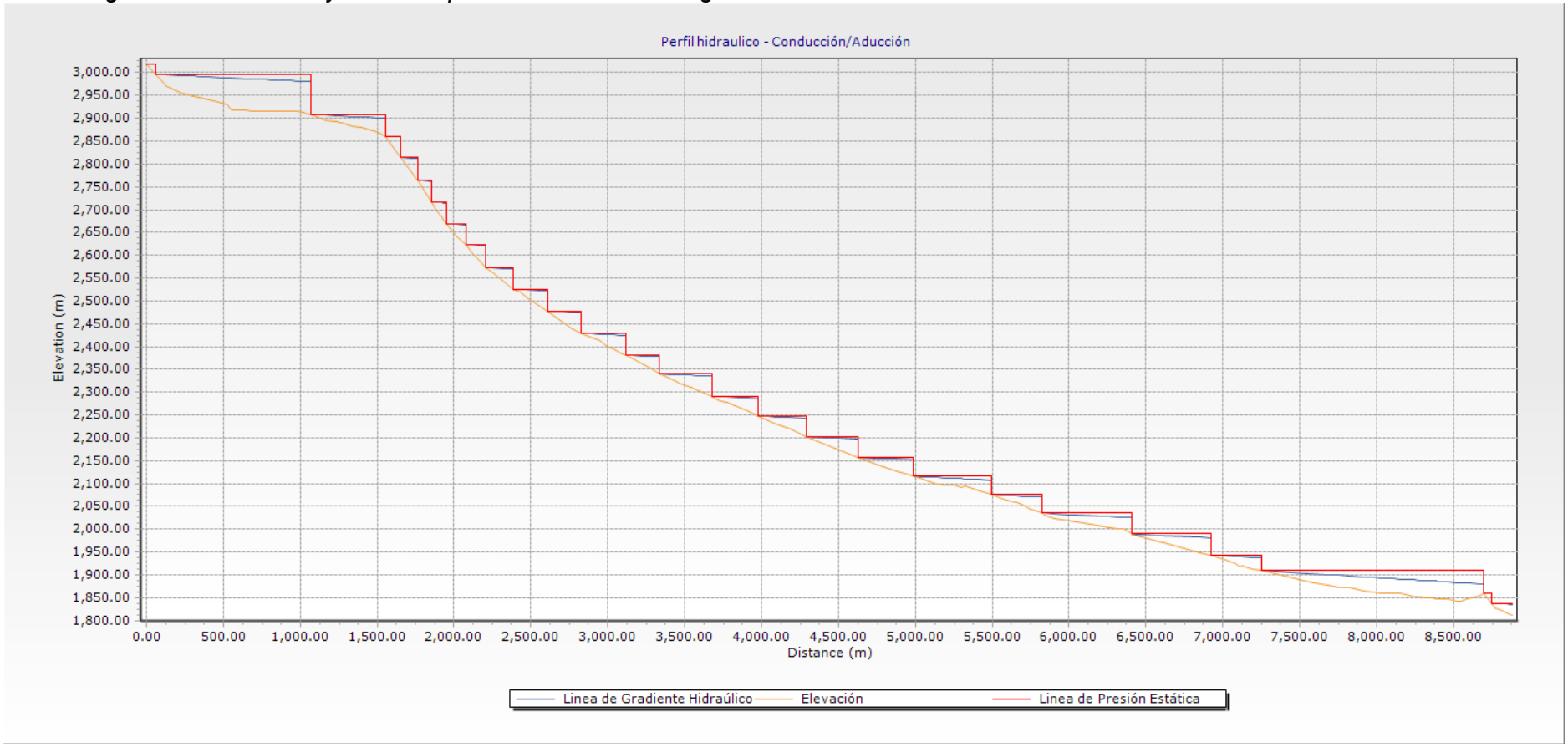
Como se describió anteriormente se creó 2 escenarios, el escenario 1 simula el sistema con la máxima demanda de agua y el escenario 2 simula el sistema en presión estática. Se busca comprobar que las presiones a lo largo de la línea de conducción/aducción no sobrepasen al 75% (120 mca) de la presión de trabajo especificada por el fabricante (PN16-16bar-160mca) y las presiones de las redes de distribución no sobrepasen los 60 mca, ambos en condiciones de presión estática. Lo anterior está regulado según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural de la RM 192-2018. Las siguientes gráficas muestran que ambos escenarios cumplen los requerimientos para presión según la normativa para sistemas de agua en ámbitos rurales.

La gráfica Nº 104 muestra la línea de gradiente hidráulico (escenario 1) y la línea de presión estática (escenario 2) a la largo de la línea de conducción-aducción. La gráfica Nº 105 muestra las presiones de los escenarios 1 y 2 comparado con la presión nominal de las tuberías proyectadas y el límite de presión a la largo de la línea de conducción-aducción. También se realizó figuras de las curvas de presiones para las redes de distribución para los escenarios 1 y 2 donde se comprueba que las presiones en ninguno de los escenarios anteriores no sobrepasan los 60 mca.

Las velocidades en el escenario 2 son de 0m/s ya que el agua en el sistema se encuentra en reposo. El análisis de velocidades para el escenario 1 se detallarán en los ítems 4.1.2 y 4.1.3.

Figura 106

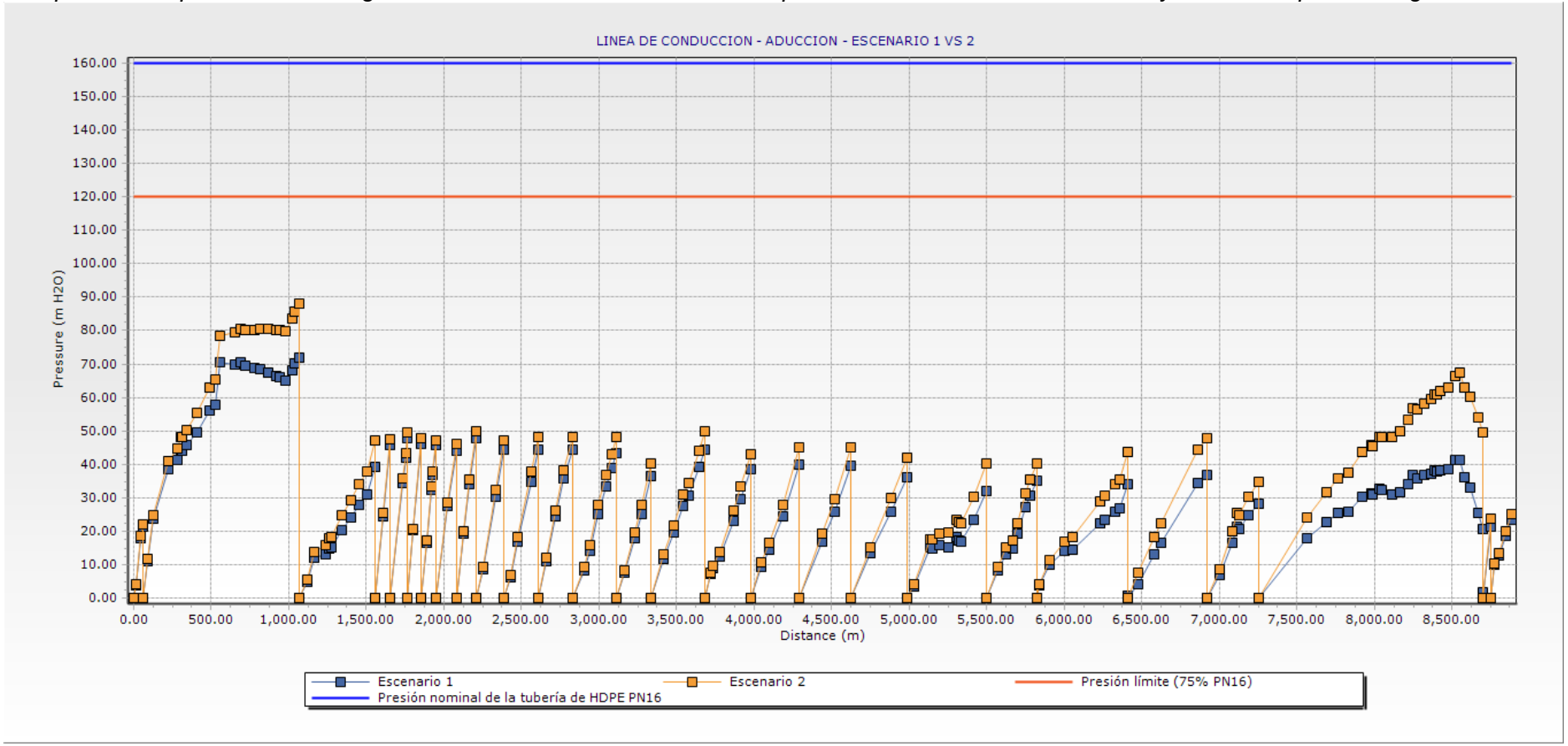
Línea de gradiente hidráulica y Línea de presión estática a lo largo de la línea de conducción/aducción



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 107

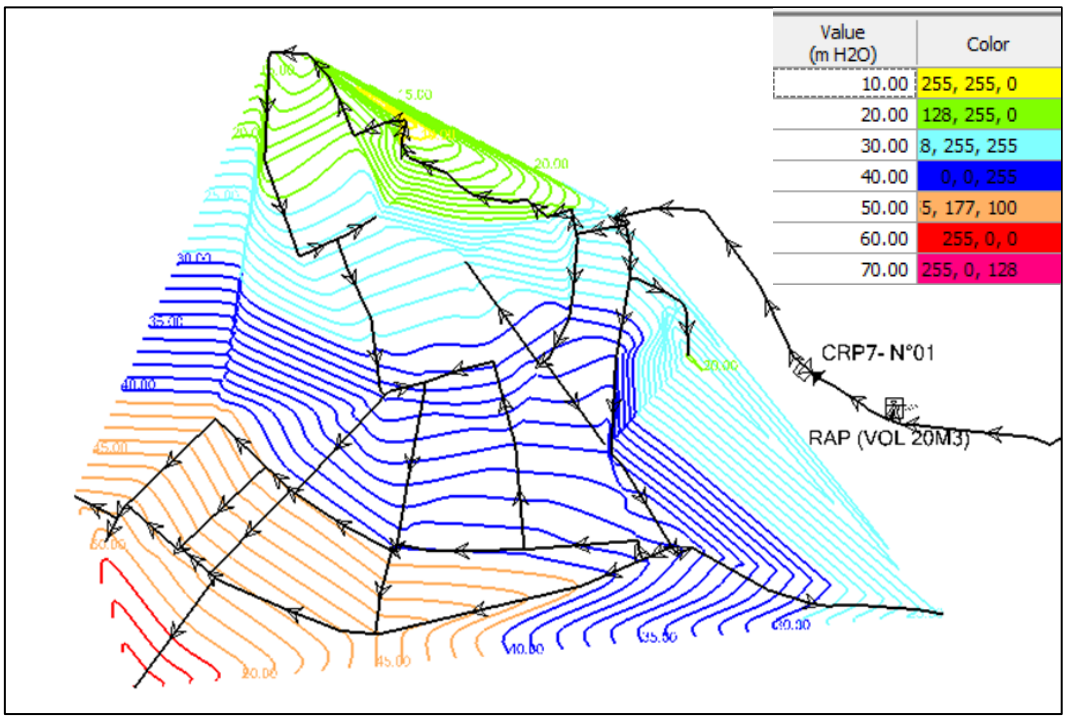
Comparativa de presiones a lo largo de la línea de conducción/ aducción para los escenarios 1 - escenario 2 y el límite de presión según normativa



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 108

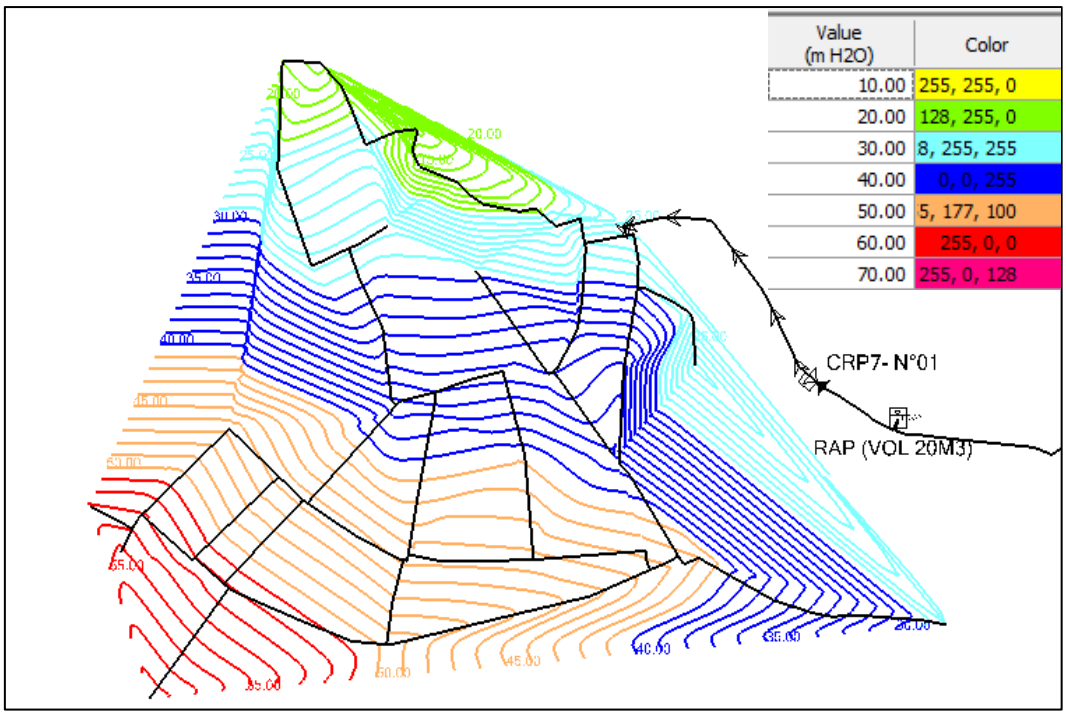
Esquema en planta de redes de distribución con curvas de presiones en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 109

Esquema en planta de redes de distribución con curvas de presiones en el escenario 2



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

4.1.2 Escenario 1 - Línea de conducción y aducción

El escenario 1 simula el sistema con la máxima demanda de agua y niveles mínimos de agua en los reservorios. El caudal que fluye por la línea de conducción es el caudal máximo diario y el caudal que fluye en la línea de aducción es el caudal máximo horario, descritos en los parámetros de diseño.

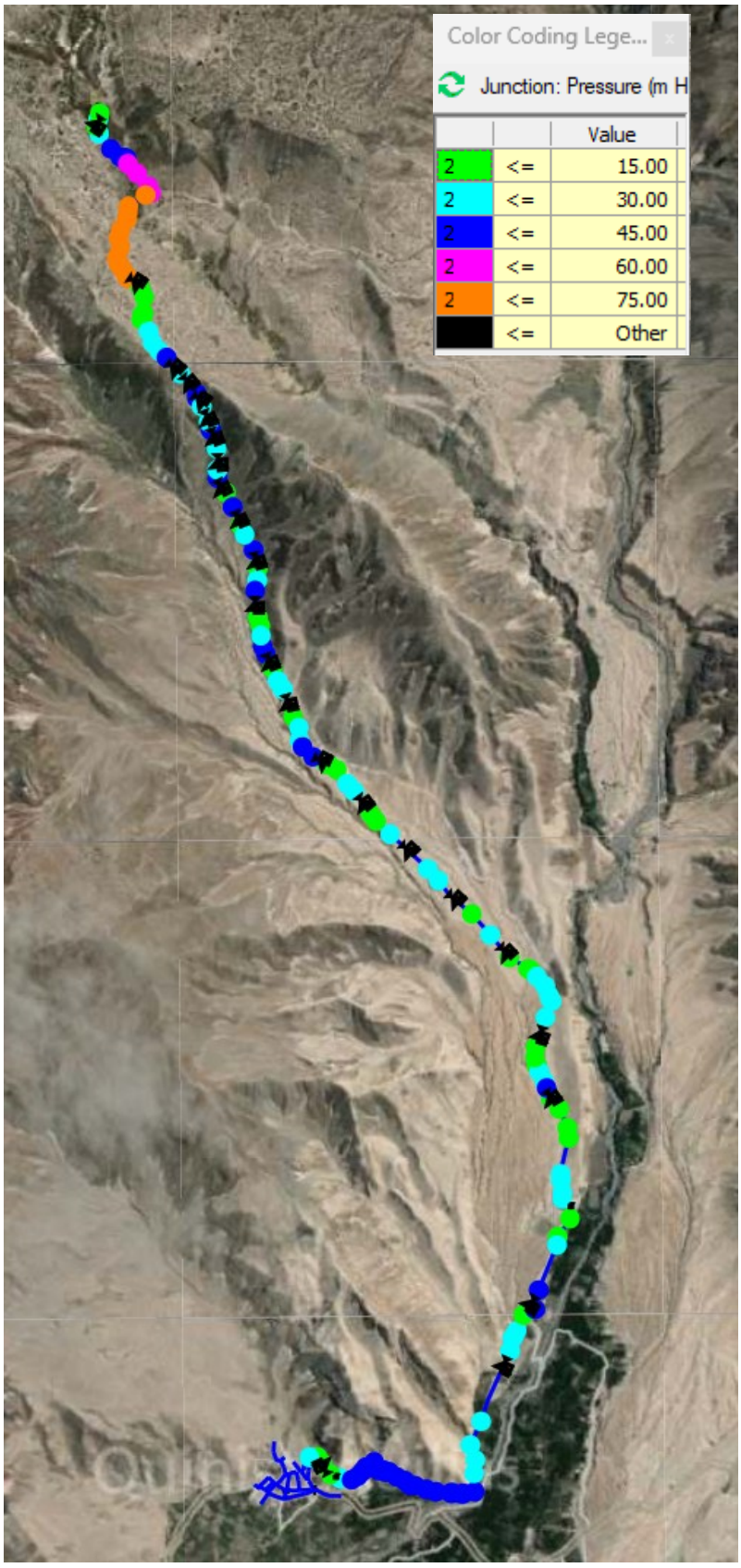
El principal elemento que modifica el comportamiento hidráulico en la línea de conducción/aducción son los PRV que simulan las cámaras rompe presión al modificar la línea de gradiente hidráulico bajando las presiones a 0 mca. La gráfica Nº108 muestra el comportamiento de las presiones en los nodos de la línea de conducción/aducción, destacando cómo las presiones se estabilizan después de cada PRV. Se observa que, antes de cada PRV, las presiones aumentan debido a la elevación del terreno. Sin embargo, al pasar por los PRV, las presiones se reducen a 0 mca, asegurando que no se excedan los límites de presión nominal de las tuberías y protegiendo así la integridad del sistema. Este comportamiento es crucial para mantener un funcionamiento seguro y eficiente del sistema de conducción/aducción.

Las gráficas 110 a 120 muestras el perfil hidráulico de la línea de conducción/aducción, la disminución de la línea de gradiente es consecuencia de la pérdida de carga debido a la fricción en la tubería. Se observa que ningún nodo presenta presiones negativas o mayores al límite establecido.

En la tabla 45 de los resultados del modelamiento para el escenario se comprueba que la velocidad para línea de conducción del tramo de captación a reservorio existente y el tramo de reservorio existente a cámara repartidora de caudales es de 0.87m/s, para el tramo de cámara repartidora de caudales a reservorio proyectado es de es de 0.84m/s y para la línea de aducción del reservorio proyectado a empalme que va hacia las redes de distribución la velocidad es de 0.81m/s. A lo largo de la línea de conducción/aducción las velocidades de presiones están en el rango de presiones de la normativa , el cual es de 0.6 m/s a 3m/s, evitando problemas de sedimentación o erosión en las tuberías. La gráfica 109 muestra el comportamiento de las velocidades en la línea de conducción/aducción.

Figura 110

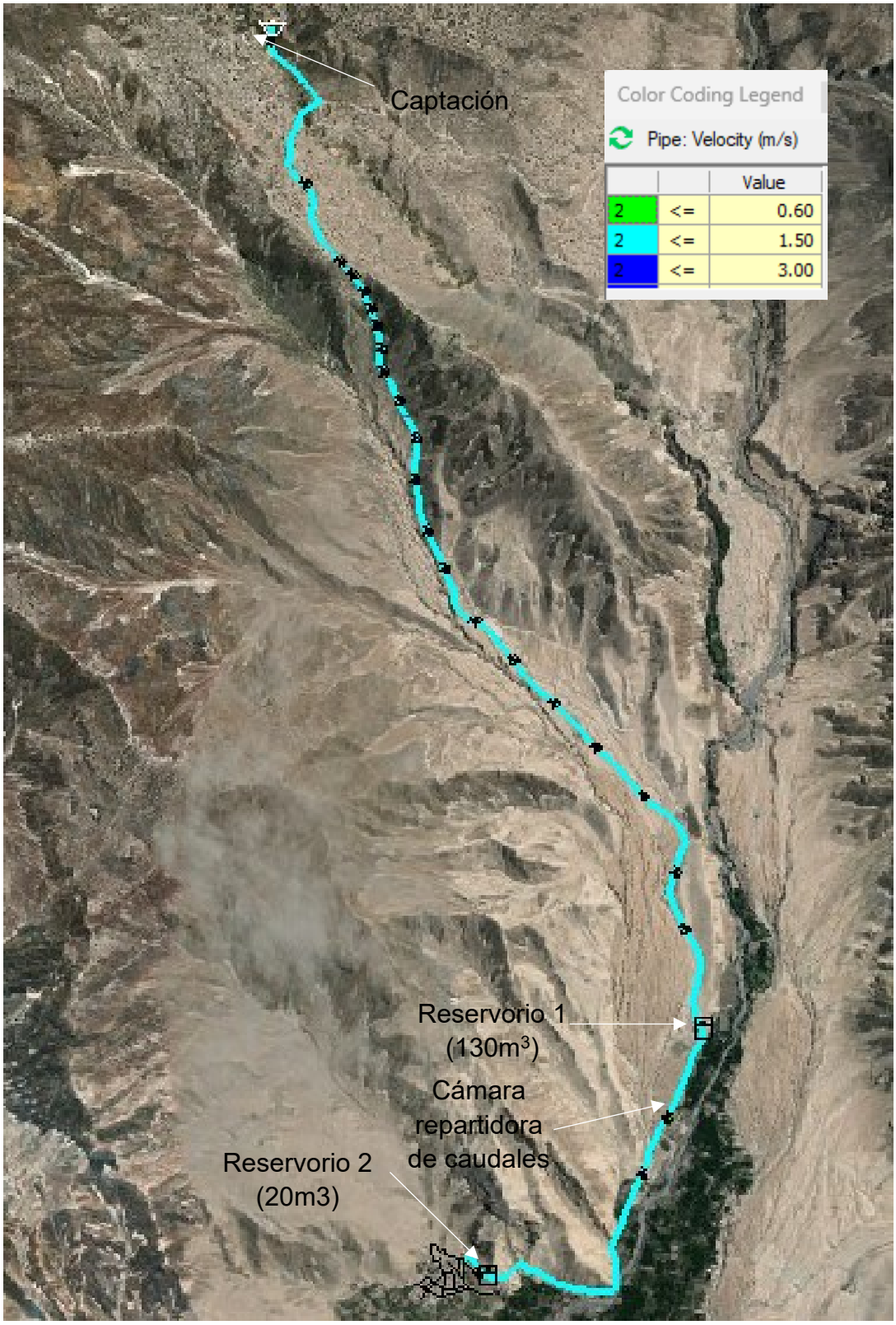
Código de colores de presiones en nodos en la línea de conducción – aducción en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 111

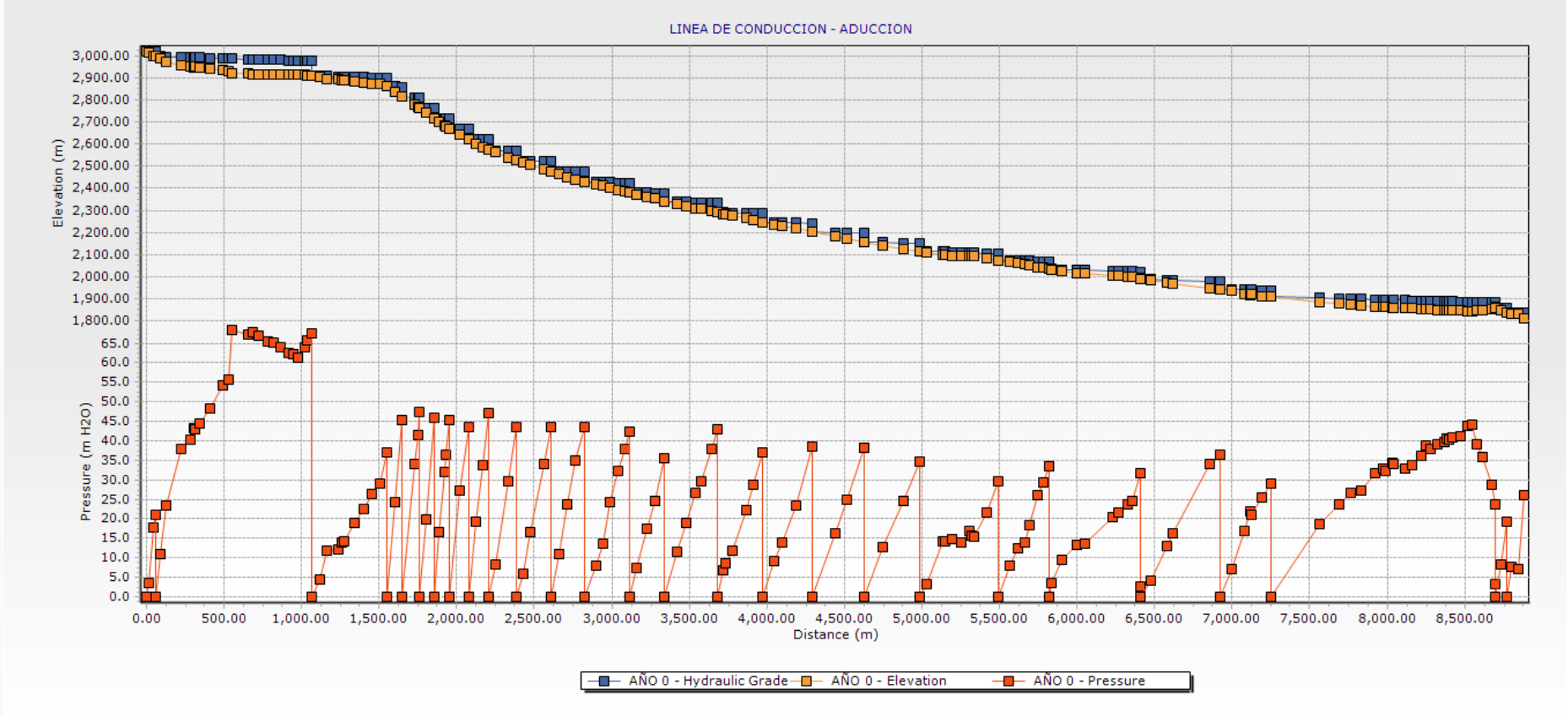
Código de velocidades en la línea de conducción – aducción en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y Mapas BING

Figura 112

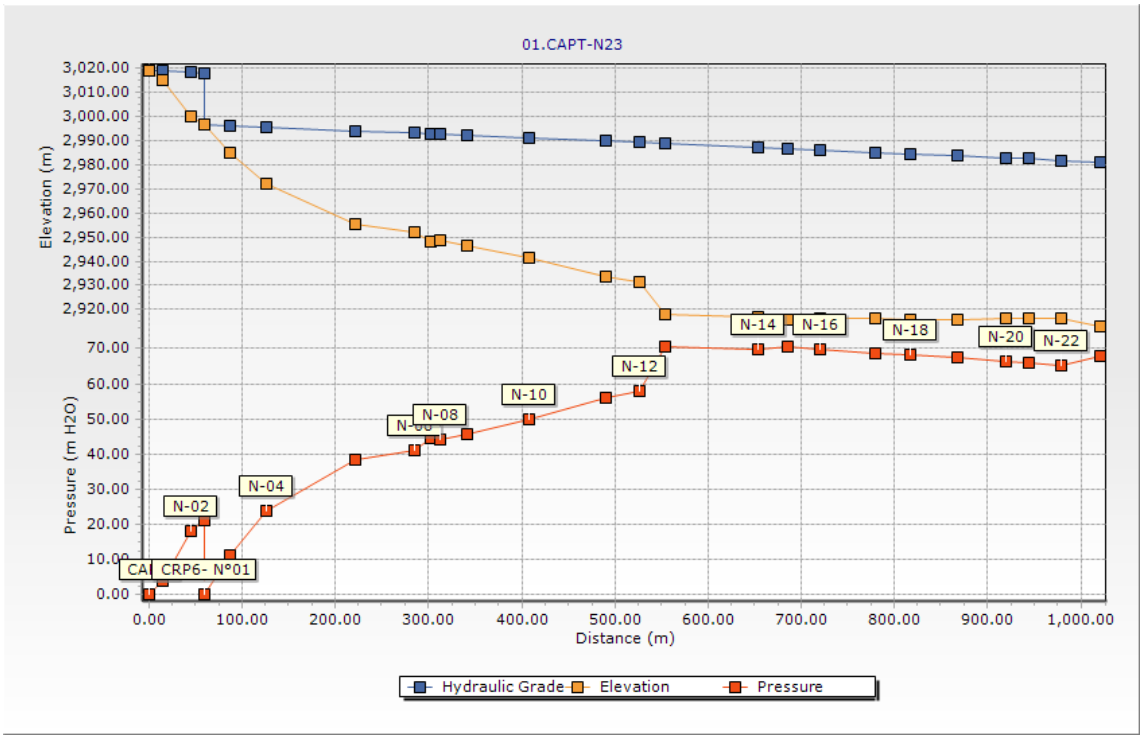
Perfil hidráulico (Gradiente hidráulico/ elevación/ presión) en la línea de conducción – aducción en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 113

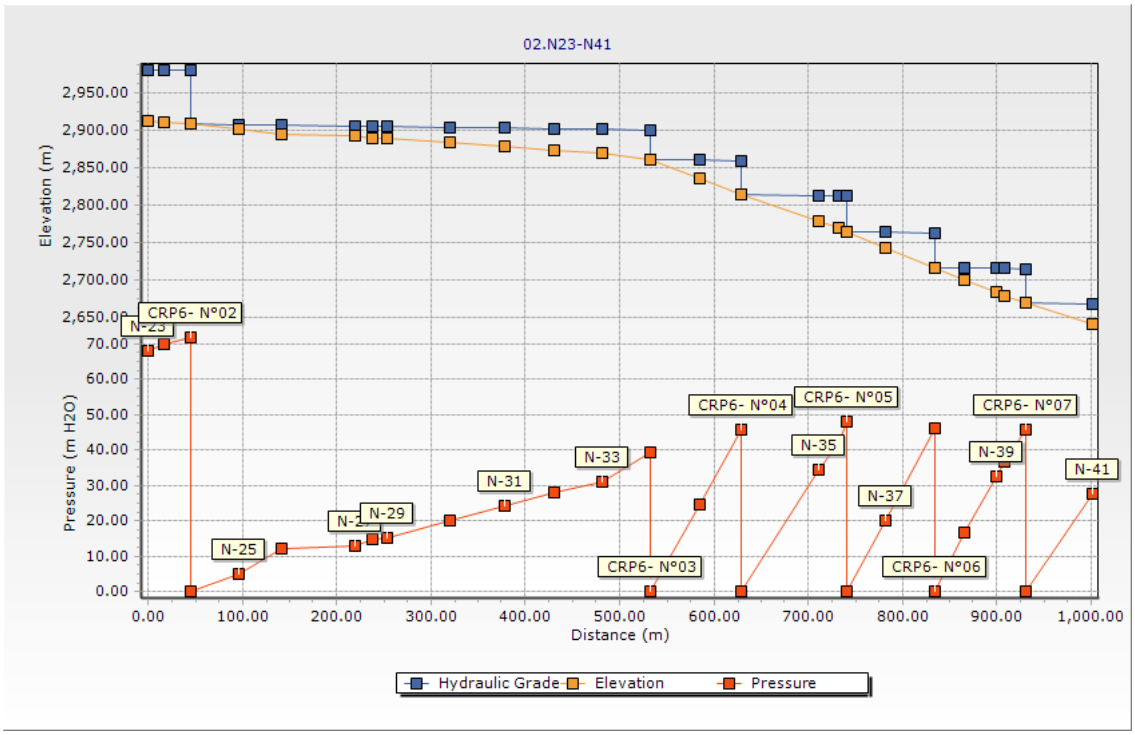
Perfil hidráulico en la línea de conducción – aducción (Captación a Nodo 23) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 114

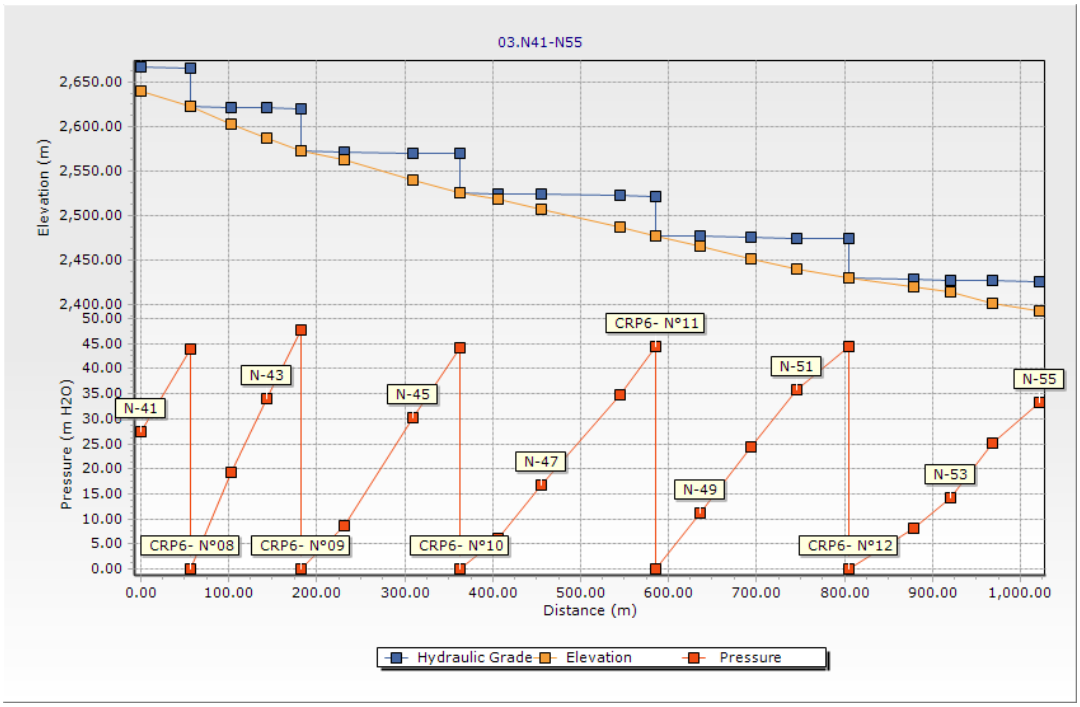
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 23 a Nodo 41) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 115

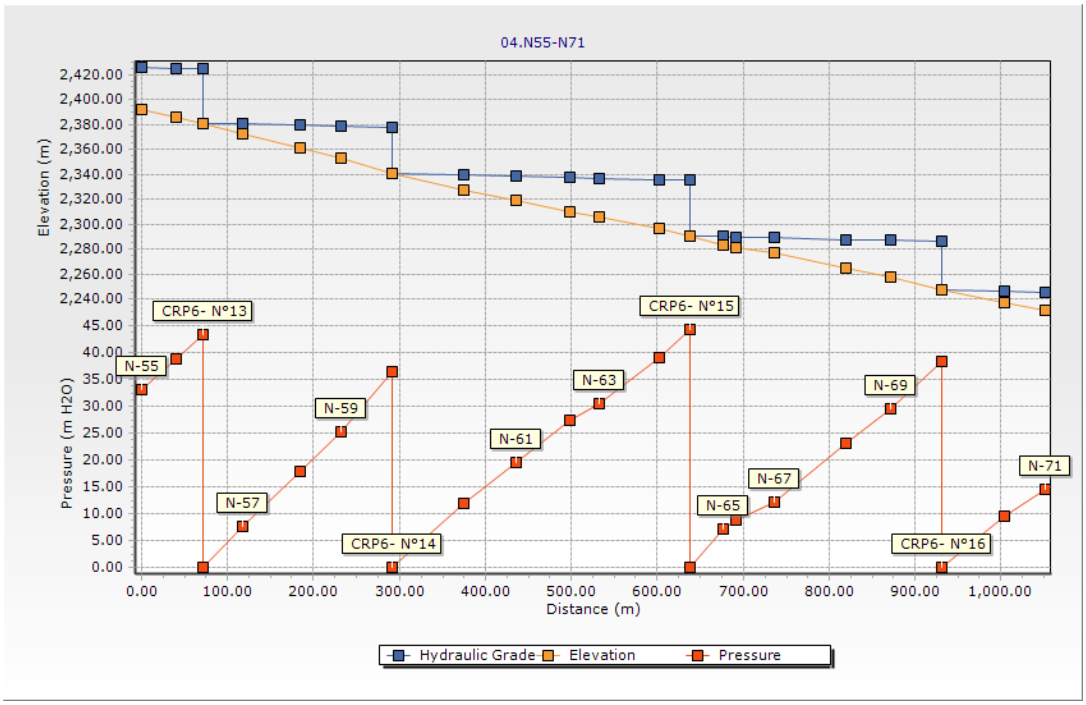
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 41 a Nodo 55) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 116

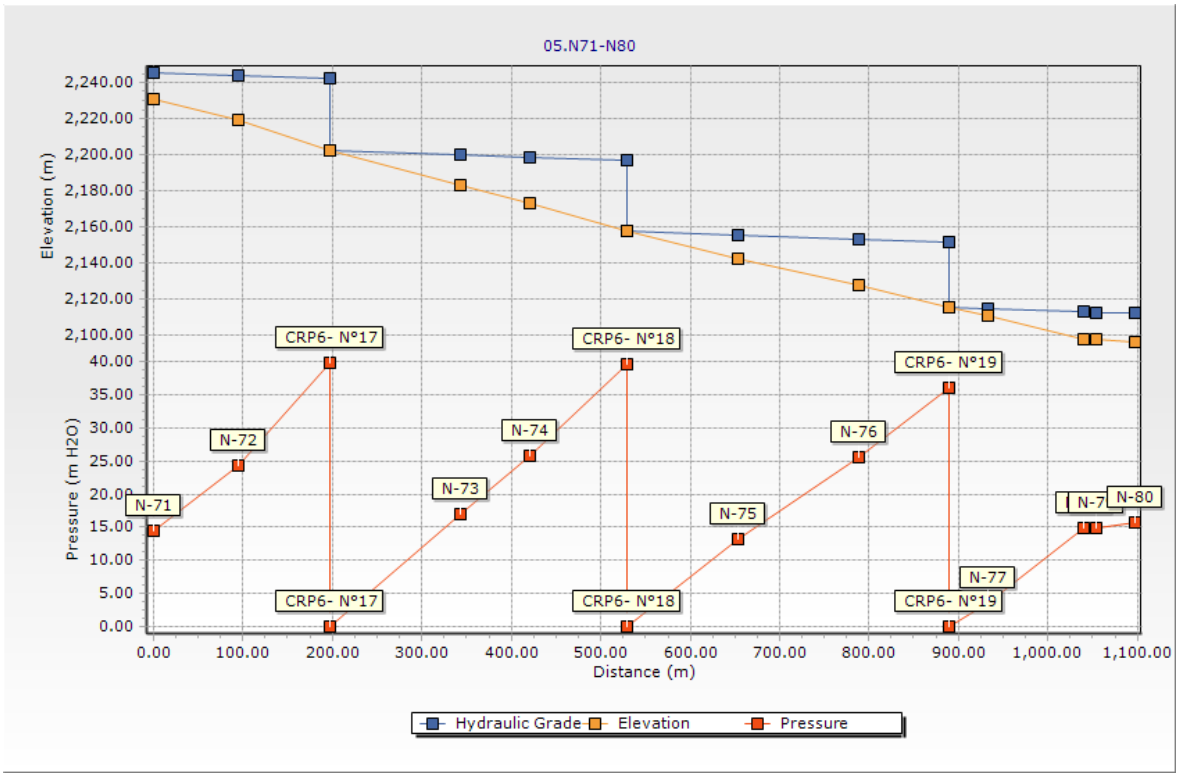
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 55 a Nodo 71) en el escenario 1



Fuente: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 117

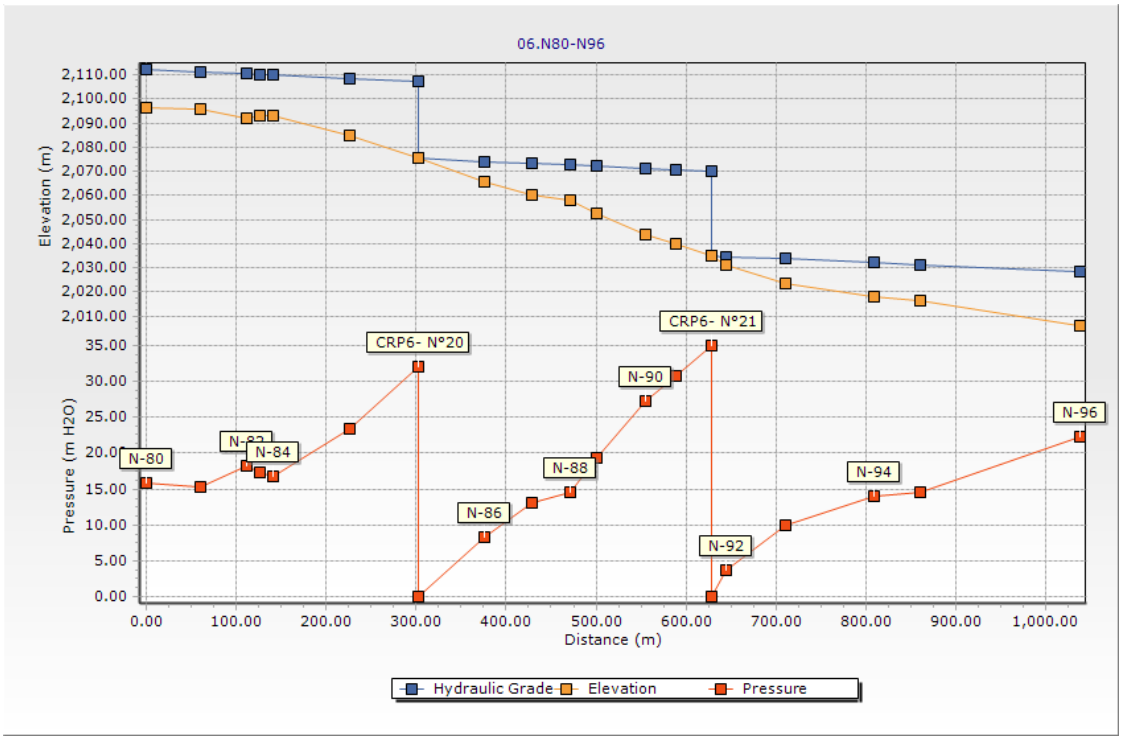
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 71 a Nodo 80) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 118

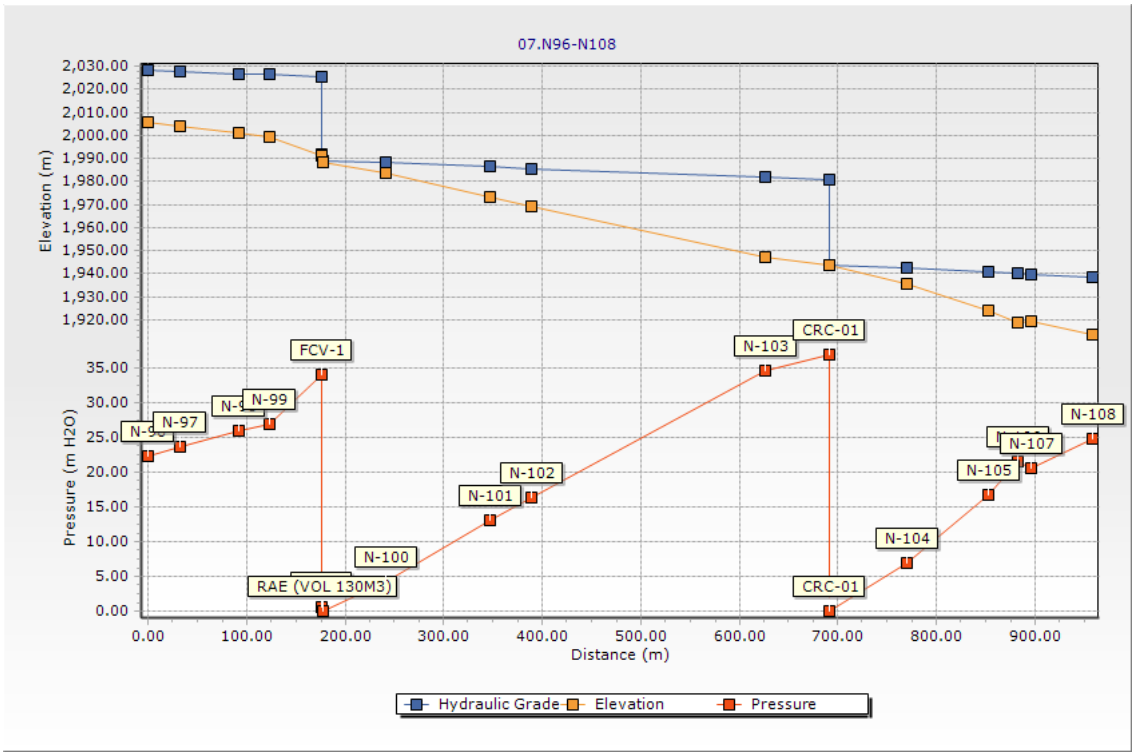
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 80 a Nodo 96) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 119

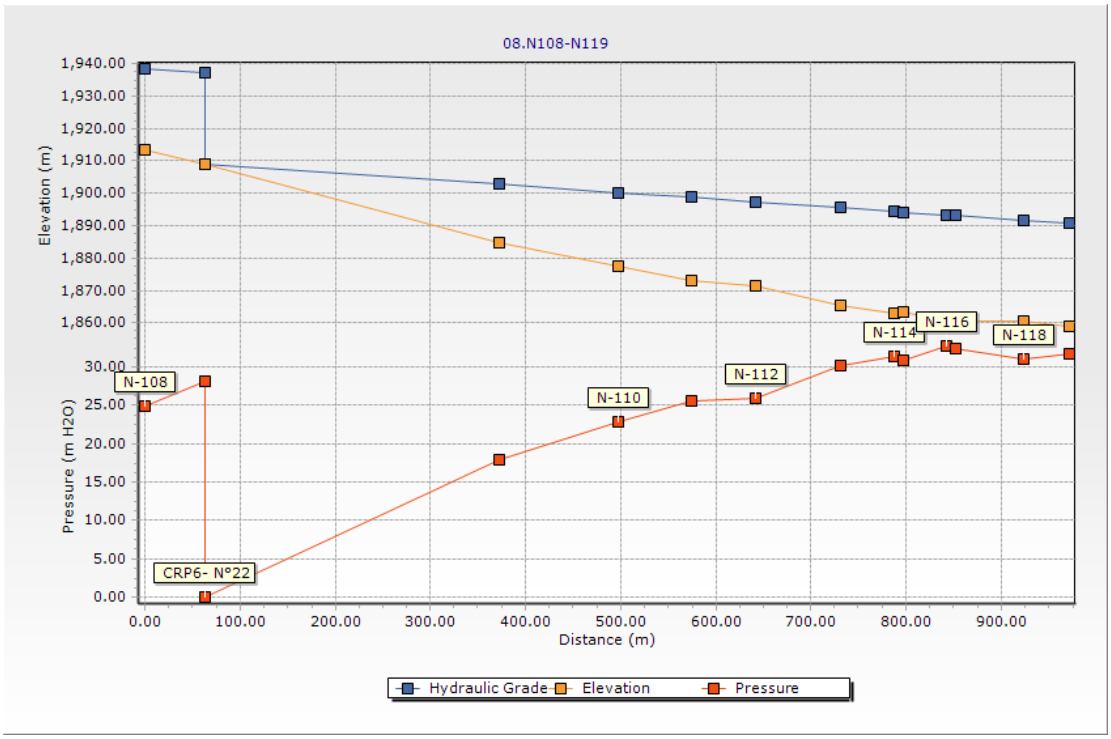
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 96 a Nodo 108) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 120

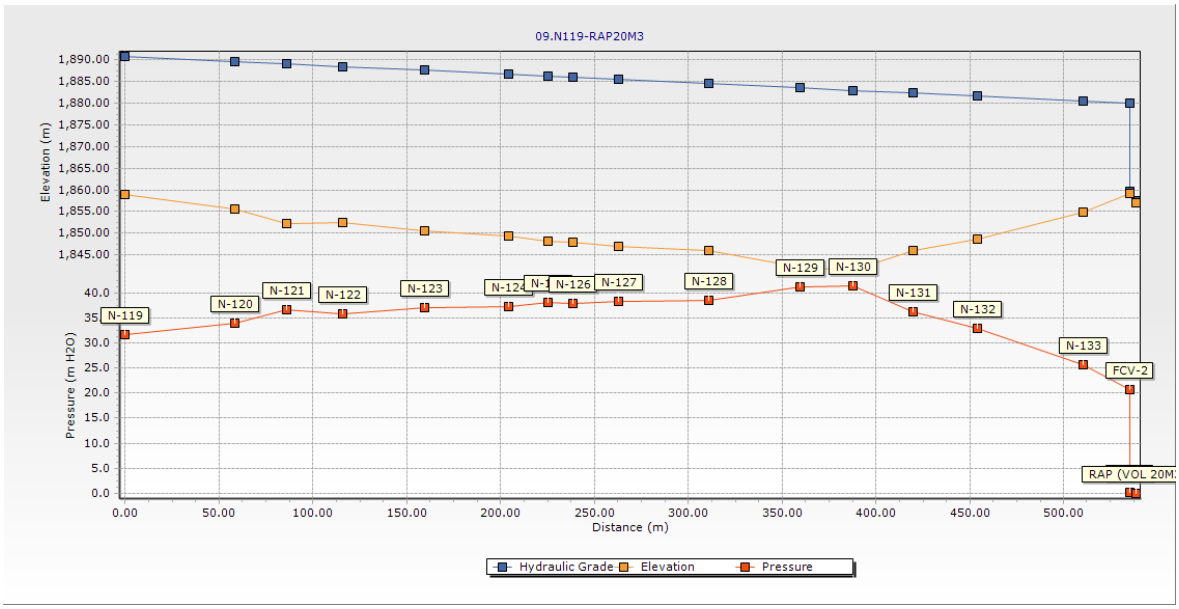
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 108 a Nodo 119) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 121

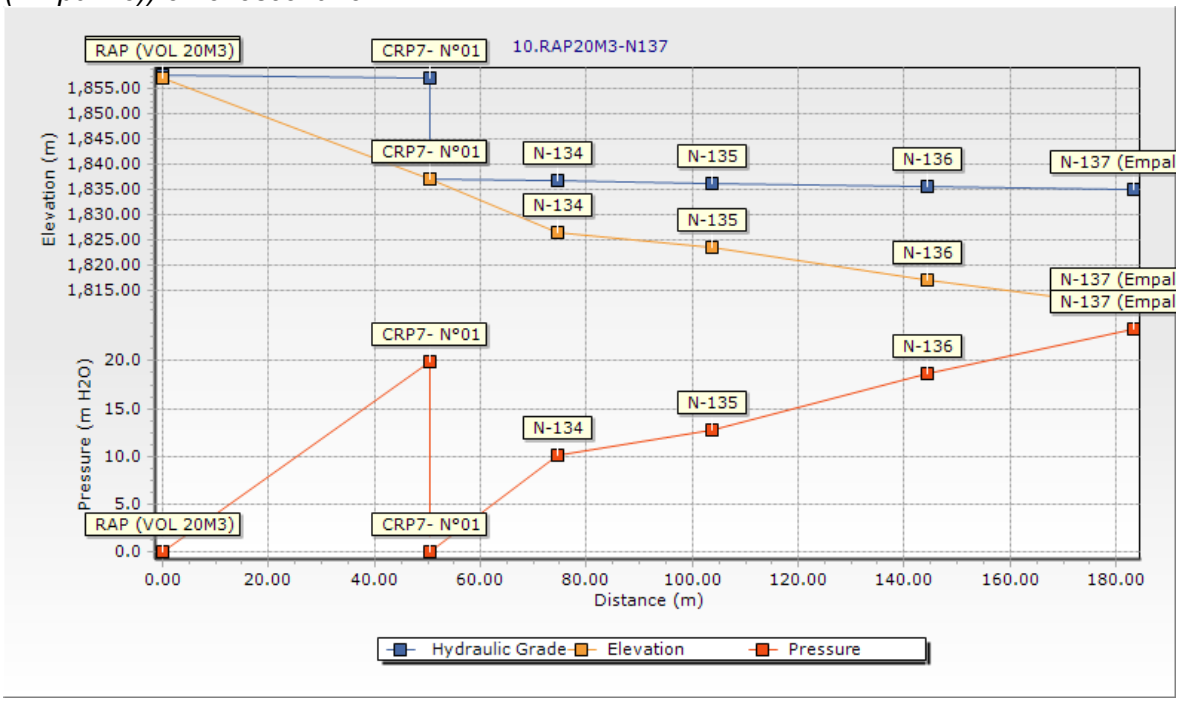
Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Nodo 119 a Tank RAP (Vol 20m3)) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 122

Perfil hidráulico de la línea de conducción- aducción (Tank RAP (Vol 20m3) a Nodo 137 (Empalme)) en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

4.1.3 Escenario 1 - Redes de distribución

El escenario 1 simula el sistema con la máxima demanda de agua y niveles mínimos de agua en los reservorios. La suma de las demandas en los nodos de las redes de distribución es el caudal máximo horario (1.69lps). Todas las tuberías tienen un diámetro nominal de 50 mm, lo que simplifica el diseño y la construcción del sistema garantizando también las presiones adecuadas para las redes de distribución.

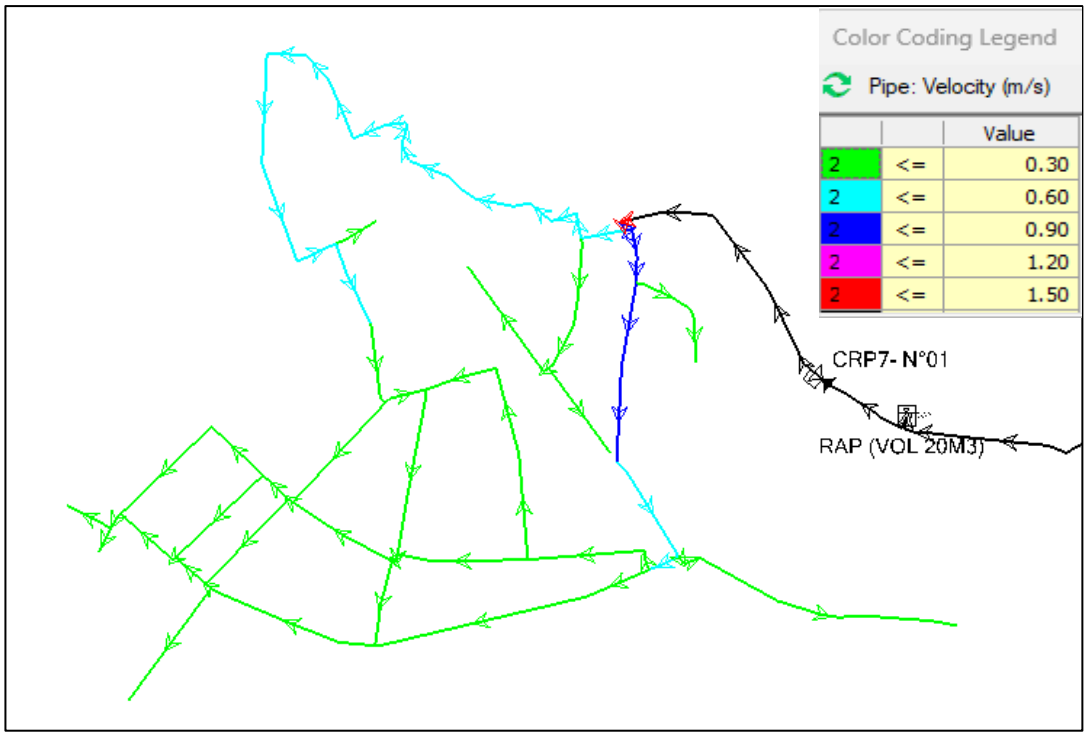
Las presiones en los nodos están en el rango aceptable dado por la normativa para el ámbito rural (5 mca a 60 mca), se puede apreciar con mayor detalle las presiones de los nodos en la figura 126. El elemento que condiciona las presiones de los nodos de las redes de distribución es la PRV (CRP7 Nº01) en la línea de aducción. Las cámaras rompe-presión del tipo CRP7 se diferencia de las de tipo CRP6, en que las primeras cuentan con una válvula flotadora que regula el cierre automático una vez que la cámara esté llena y para periodos sin flujo de agua debido a las variaciones de consumo en la distribución.

En el punto de empalme (N-137) la presión de ingreso es 23.34mca. Los nodos con elevaciones más bajas, como D-44 (1,778.11 m) y D-45 (1,781.59 m), tienen presiones más altas (54.06 mca y 50.57 mca, respectivamente). Esto es consistente con el comportamiento hidráulico, donde la presión aumenta a medida que disminuye la elevación. Los nodos de la calle 7 de Junio con elevaciones altas, como D-50 (1,820.0 m) y D-60 (1,821.58 m), tienen presiones bajas (13.20 mca y 11.73 mca, respectivamente). Esto también es consistente con el comportamiento hidráulico, donde la presión disminuye a medida que aumenta la elevación.

La totalidad de las tuberías tienen velocidades menores a 3 m/s como indica la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS 0.50., en la figura 121 se muestra con mayor detalle los rangos de velocidades de las tuberías del sistema de distribución. Debido a que presentan se presentan velocidades bajas es importante monitorear la calidad del agua para evitar problemas como la sedimentación mediante un adecuado mantenimiento de las redes a través de las válvulas de purga proyectadas.

Figura 123

Esquema en planta de redes de distribución con código de colores de velocidades en tuberías del escenario 1

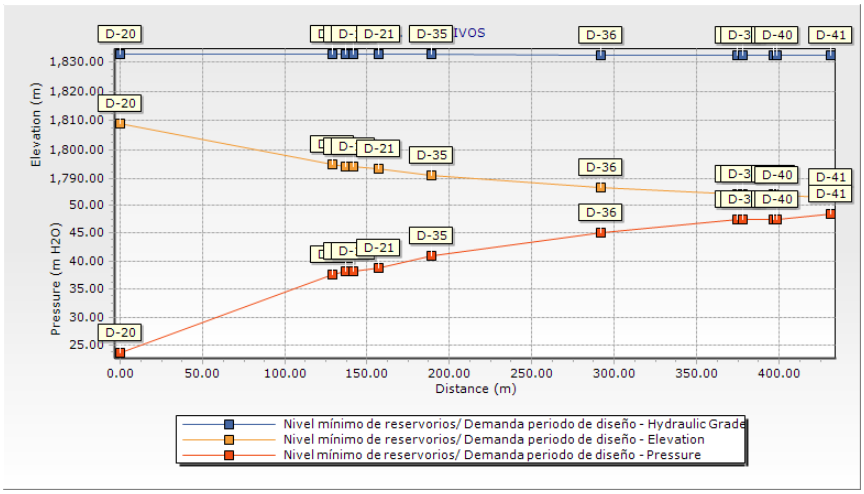


Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

La pérdida de carga a lo largo de las tuberías es mínima, con diferencias muy pequeñas en el grado hidráulico entre los nodos de inicio y fin, donde la fricción interna es baja debido a las características de baja rugosidad del HDPE., como se muestra en las figuras de perfiles hidráulicos de las principales calles de la localidad de Quinistaquillas.

Figura 124

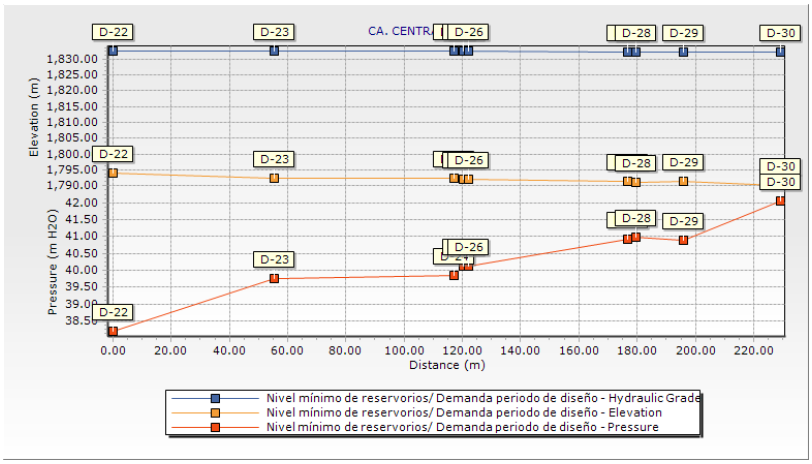
Perfil hidráulico de la calle Los Olivos en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 125

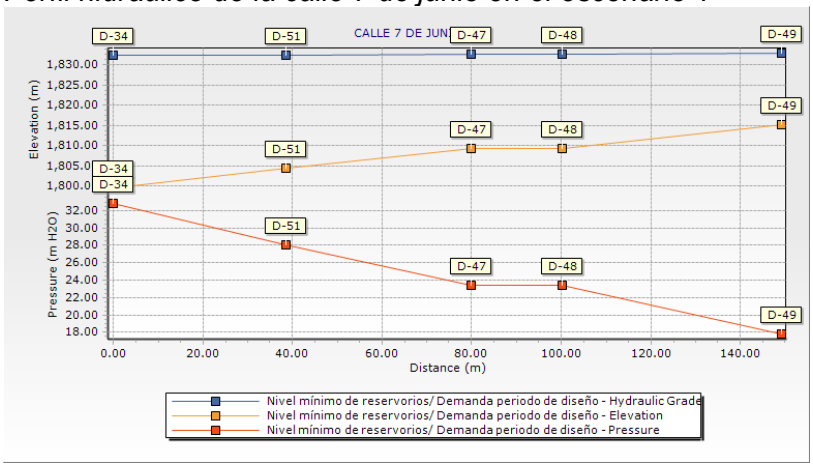
Perfil hidráulico de la calle Central en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 126

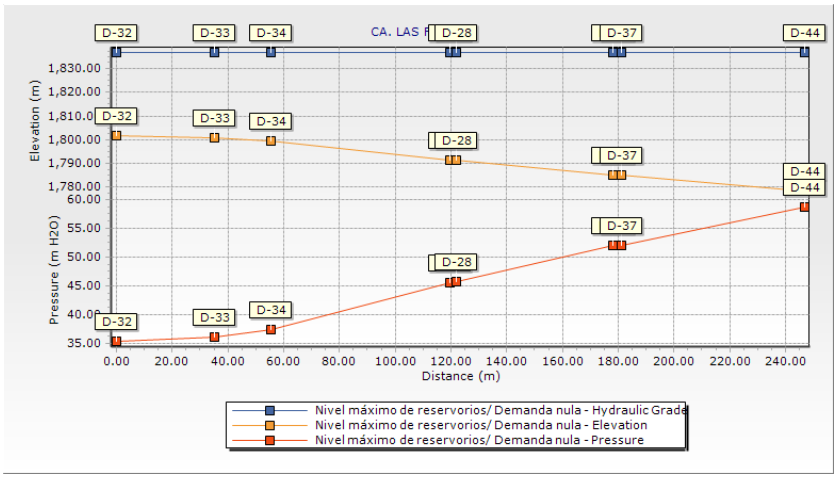
Perfil hidráulico de la calle 7 de junio en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 127

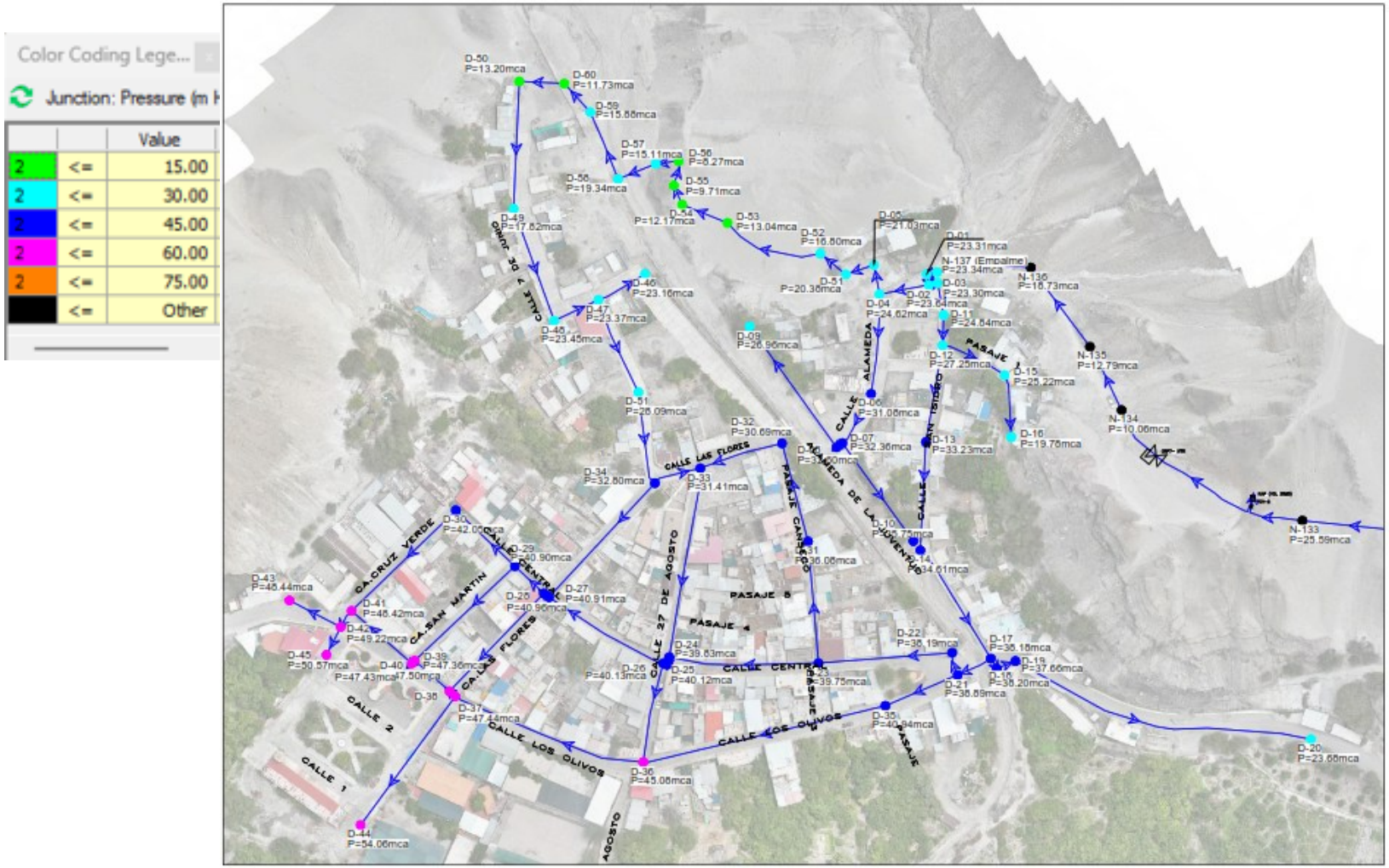
Perfil hidráulico de la calle Las Flores en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS

Figura 128

Esquema en planta de redes de distribución con código de colores de presiones en nodos en el escenario 1



Nota: Elaboración propia con uso del software WaterGEMS y fondo de ortofoto de la localidad de Quinistaquillas

4.2 Sistema de alcantarillado

El planteamiento del escenario 1 con el caudal de diseño se realizó con la finalidad de conocer el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado, y verificar si los resultados del modelamiento cumplen con la normativa nacional.

4.2.1 Comparativa de la pendiente de colectores con la pendiente mínima

Como se describió anteriormente, se creó el escenario 1 simula el sistema con caudales de diseño (caudales máximos horarios provenientes del sistema de agua potable y caudales de infiltración). En dicho escenario, los caudales de infiltración son bajas en comparación con los flujos totales, lo que sugiere que la infiltración no es un problema significativo en este sistema de alcantarillado. Los caudales del escenario 1 no llega al caudal mínimo de diseño de 1.5 lps, por lo que se realizará la comparativa de las pendientes de colectores del sistema propuesto con la pendiente mínima de la normativa OS 0.70.

La ecuación 21 desarrollada en el marco teórico muestra la relación de la pendiente mínima (m/m) que asegura una tensión tractiva de 1 Pa con el caudal en el colector, cuando el coeficiente de Manning es de 0.013. En este caso se quiere saber el valor de la pendiente mínima cuando el caudal es 1.5 L/s

$$so_{min} = 0.0055 * (1.5)^{-0.46}$$

$$so_{min} = 0.0045\ {}^{m}/_{m} = 0.456\ cm/m$$

Tabla 59

Comparativa de la pendiente de los colectores y la pendiente mínima en el escenario 1

Colector	Bz inicio	Bz llegada	Caudal del Colector (L/s)	Caudal mínimo (L/s)	Coeficiente Manning (n)	Pendiente (cm/m)	Pendiente mínima (cm/m)
Tub-1	BZ-1	BZ-2	0.0437	1.5	0.013	8.82	0.456
Tub-2	BZ-2	BZ-3	0.0688	1.5	0.013	11.57	0.456
Tub-3	BZ-3	BZ-4	0.1303	1.5	0.013	12.13	0.456
Tub-4	BZ-4	BZ-5	0.1372	1.5	0.013	0.97	0.456
Tub-5	BZ-5	BZ-6	0.0008	1.5	0.013	2.9	0.456
Tub-6	BZ-5	BZ-7	0.17	1.5	0.013	11.68	0.456
Tub-7	BZ-7	BZ-8	0.1897	1.5	0.013	12.37	0.456

Tub-8	BZ-8	BZ-9	0.2334	1.5	0.013	13.78	0.456
Tub-9	BZ-9	BZ-10	0.2587	1.5	0.013	14.16	0.456
Tub-10	BZ-10	BZ-11"	0.384	1.5	0.013	11.61	0.456
Tub-11	BZ-11	BZ-12	0.0071	1.5	0.013	1.05	0.456
Tub-12	BZ-12	BZ-13	0.071	1.5	0.013	2.76	0.456
Tub-13	BZ-13	BZ-14	0.0717	1.5	0.013	4.48	0.456
Tub-14	BZ-10"	BZ-15	0.0129	1.5	0.013	0.96	0.456
Tub-15	BZ-15	BZ-16	0.0445	1.5	0.013	2.03	0.456
Tub-16	BZ-16	BZ-14	0.1485	1.5	0.013	10.63	0.456
Tub-17	BZ-15"	BZ-12	0.0629	1.5	0.013	11.07	0.456
Tub-70	BZTA-1	BZTA-2	0.0069	1.5	0.013	1.31	0.456
Tub-71	BZTA-2	BZTA-3	0.008	1.5	0.013	12.55	0.456
Tub-72	BZTA-3	BZ-17	0.015	1.5	0.013	21.58	0.456
Tub-73	BZTA-4	BZTA-5	0.0129	1.5	0.013	2.26	0.456
Tub-74	BZTA-5	BZTA-6	0.0254	1.5	0.013	7.59	0.456
Tub-75	BZTA-6	BZTA-7	0.026	1.5	0.013	6.36	0.456
Tub-76	BZTA-7	BZ-17	0.0263	1.5	0.013	14.76	0.456
Tub-18	BZ-17	BZ-18	0.0797	1.5	0.013	12.57	0.456
Tub-19	BZ-18	BZ-19	0.1001	1.5	0.013	6.52	0.456
Tub-20	BZ-19	BZ-20	0.1535	1.5	0.013	8.16	0.456
Tub-21	BZ-20	BZ-21	0.1541	1.5	0.013	7.55	0.456
Tub-22	BZ-21	BZ-22	0.2417	1.5	0.013	4.03	0.456
Tub-23	BZ-22	BZ-23	0.2981	1.5	0.013	4.54	0.456
Tub-24	BZ-23	BZ-24	0.3665	1.5	0.013	4.94	0.456
Tub-25	BZ-24	BZ-25	0.6757	1.5	0.013	2.49	0.456
Tub-26	BZ-25	BZ-11"	0.7312	1.5	0.013	3.06	0.456
Tub-27	BZ-26	BZ-27	0.0198	1.5	0.013	16.37	0.456
Tub-28	BZ-27	BZ-28	0.0335	1.5	0.013	6.38	0.456
Tub-29	BZ-29	BZ-28	0.0155	1.5	0.013	9.01	0.456
Tub-30	BZ-28	BZ-19	0.0522	1.5	0.013	7.49	0.456
Tub-31	BZ-30	BZ-31	0.0073	1.5	0.013	2.18	0.456
Tub-32	BZ-31	BZ-32	0.0095	1.5	0.013	3.4	0.456
Tub-33	BZ-32	BZ-33	0.0167	1.5	0.013	5.34	0.456
Tub-34	BZ-33	BZ-34	0.0368	1.5	0.013	4.15	0.456
Tub-35	BZ-34	BZ-21	0.0436	1.5	0.013	7.14	0.456
Tub-36	BZ-21	BZ-35	0.0393	1.5	0.013	1.48	0.456
Tub-37	BZ-35	BZ-36	0.1776	1.5	0.013	1.07	0.456
Tub-38	BZ-36	BZ-37	0.1965	1.5	0.013	1.04	0.456
Tub-39	BZ-37	BZ-38	0.0188	1.5	0.013	1.06	0.456
Tub-40	BZ-38	BZ-10	0.0506	1.5	0.013	1.35	0.456
Tub-41	BZ-39	BZ-40	0.0688	1.5	0.013	11.12	0.456
Tub-42	BZ-40	BZ-41	0.0939	1.5	0.013	7.23	0.456

Tub-43	BZ-41	BZ-35	0.0943	1.5	0.013	8.04	0.456
Tub-44	BZ-42	BZ-43	0.0292	1.5	0.013	11.31	0.456
Tub-45	BZ-43	BZ-37	0.0611	1.5	0.013	11.38	0.456
Tub-46	BZ-39	BZ-42	0.0077	1.5	0.013	1.96	0.456
Tub-47	BZ-42	BZ-8	0.0086	1.5	0.013	3.85	0.456
Tub-48	BZ-37	BZ-24	0.2957	1.5	0.013	11.24	0.456
Tub-49	BZ-11"	BZ-44	1.1226	1.5	0.013	13.89	0.456
Tub-50	BZ-44	BZ-45	1.1343	1.5	0.013	8.49	0.456
Tub-51	BZ-45	BZ-47	1.1427	1.5	0.013	0.88	0.456
Tub-52	BZ-62	BZ-63	0.0065	1.5	0.013	1.38	0.456
Tub-53	BZ-63	BZ-14	0.0074	1.5	0.013	4.31	0.456
Tub-54	BZ-14	BZ-46	0.2348	1.5	0.013	13.84	0.456
Tub-55	BZ-46	BZ-47	0.2363	1.5	0.013	6.44	0.456
Tub-56	BZ-47	BZ-48	1.3805	1.5	0.013	3.78	0.456
Tub-57	BZ-48	BZ-49	1.3835	1.5	0.013	0.79	0.456
Tub-58	BZ-49	BZ-50	1.3847	1.5	0.013	0.93	0.456
Tub-59	BZ-50	BZ-51	1.3867	1.5	0.013	0.91	0.456
Tub-60	BZ-51	BZ-52	1.3888	1.5	0.013	1.6	0.456
Tub-61	BZ-52	BZ-53	1.3917	1.5	0.013	2.7	0.456
Tub-62	BZ-53	BZ-54	1.3934	1.5	0.013	4.17	0.456
Tub-63	BZ-54	BZ-55	1.3947	1.5	0.013	3.59	0.456
Tub-64	BZ-55	BZ-56	1.3961	1.5	0.013	2.06	0.456
Tub-65	BZ-56	BZ-57	1.3994	1.5	0.013	1.4	0.456
Tub-66	BZ-57	BZ-58	1.4007	1.5	0.013	3.98	0.456
Tub-67	BZ-58	BZ-59	1.4047	1.5	0.013	4.27	0.456
Tub-68	BZ-59	BZ-60	1.4056	1.5	0.013	4.04	0.456
Tub-69	BZ-60	BZ-61	1.407	1.5	0.013	1.2	0.456

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

La tabla anterior comprueba que las pendientes de los colectores proyectados son mayores al valor mínimo que se establece en la norma OS 0.70.

4.2.2 Escenario 1 - Colectores y emisor de alcantarillado

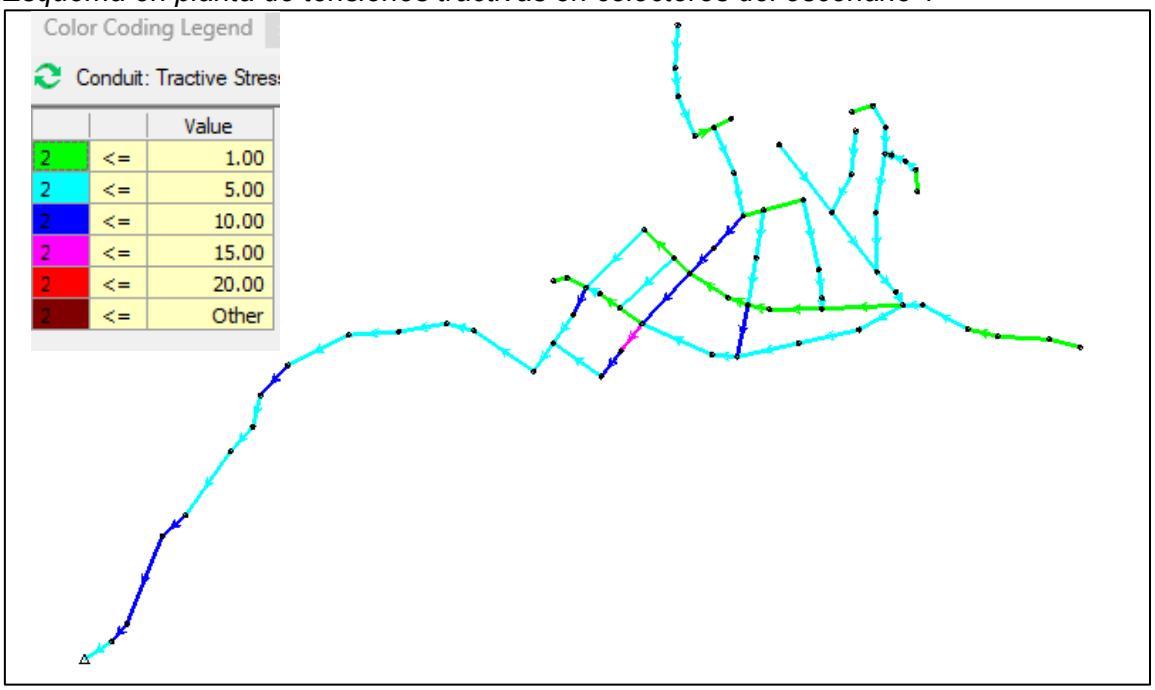
La tabla 57 (Resultados del modelamiento) muestra que en ninguno de los colectores se sobrepasan los 5 m/s, así como tampoco la relación de tirante/diámetro es mayor al 75% en ningún colector de alcantarillado, cumpliendo así la normativa nacional.

La siguiente gráfica muestran los colectores del escenario 1, codificados en colores según el rango de la tensión tractiva. Los resultados reflejan los caudales reales, en lugar del caudal mínimo de 1.5 L/s. La gráfica muestra que no todos los colectores presentan

tensiones tractivas mayores a 1 Pa, se presenta valores bajos en colectores donde hay pendientes bajas o son colectores de arranque donde fluye caudales pequeños.

Figura 129

Esquema en planta de tensiones tractivas en colectores del escenario 1



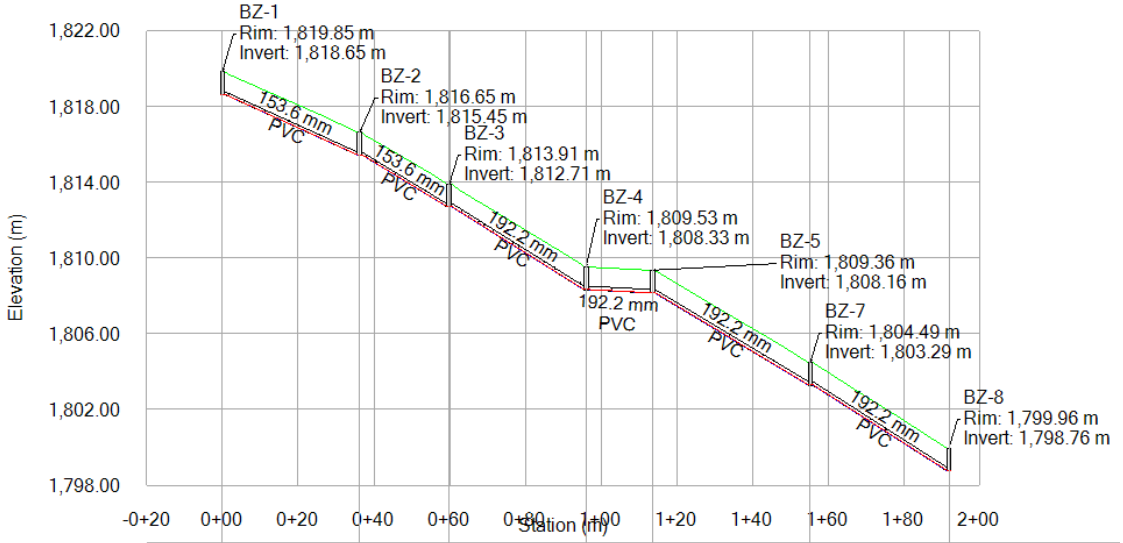
Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

En sistemas de alcantarillado, los colectores funcionan como canales abiertos, donde el flujo es uniforme y permanente, este flujo está controlado por la pendiente del canal y la rugosidad del material. La línea de gradiente hidráulica (Hydraulic Grade Line - HGL) representa el nivel del agua en el canal, mientras que la línea de energía (Energy Grade Line -EGL) incluye también la energía cinética del flujo. Ambas líneas son paralelas y tienen la misma pendiente. La pequeña diferencia entre la HGL y la EGL sugiere que las velocidades del flujo no son extremadamente altas, lo cual es típico en sistemas de alcantarillado diseñados para evitar erosión y desgaste excesivo de las tuberías.

Los siguientes gráficos muestran los perfiles de los colectores de alcantarillado en el escenario 1 según su ubicación en las calles de la localidad de Quinistaquillas, incluyen el HGL (Línea azul) y el EGL (Línea roja).

Figura 130

Perfil de colectores en calle 7 de julio para el escenario 1



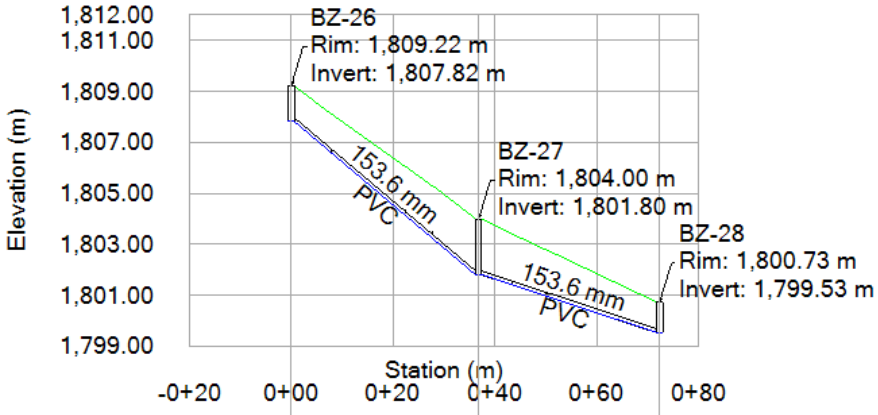
Label	Tub-1	Tub-2	Tub-3	Tub-4	Tub-6	Tub-7
Length (m)	36.27	23.69	36.11	17.55	41.72	36.61
Flow (L/s)	0.0437	0.0688	0.1303	0.1372	0.1700	0.1897
Slope (cm/m)	8.82	11.57	12.13	0.97	11.68	12.37

Label	BZ-1	BZ-2	BZ-3	BZ-4	BZ-5	BZ-7	BZ-8
Elevation (Ground) (m)	1,819.85	1,816.65	1,813.91	1,809.53	1,809.36	1,804.49	1,799.96
Elevation (Invert) (m)	1,818.65	1,815.45	1,812.71	1,808.33	1,808.16	1,803.29	1,798.76
Station (m)	0+00	0+36	0+60	0+96	1+14	1+55	1+92

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 131

Perfil de colectores en calle Alameda para el escenario 1



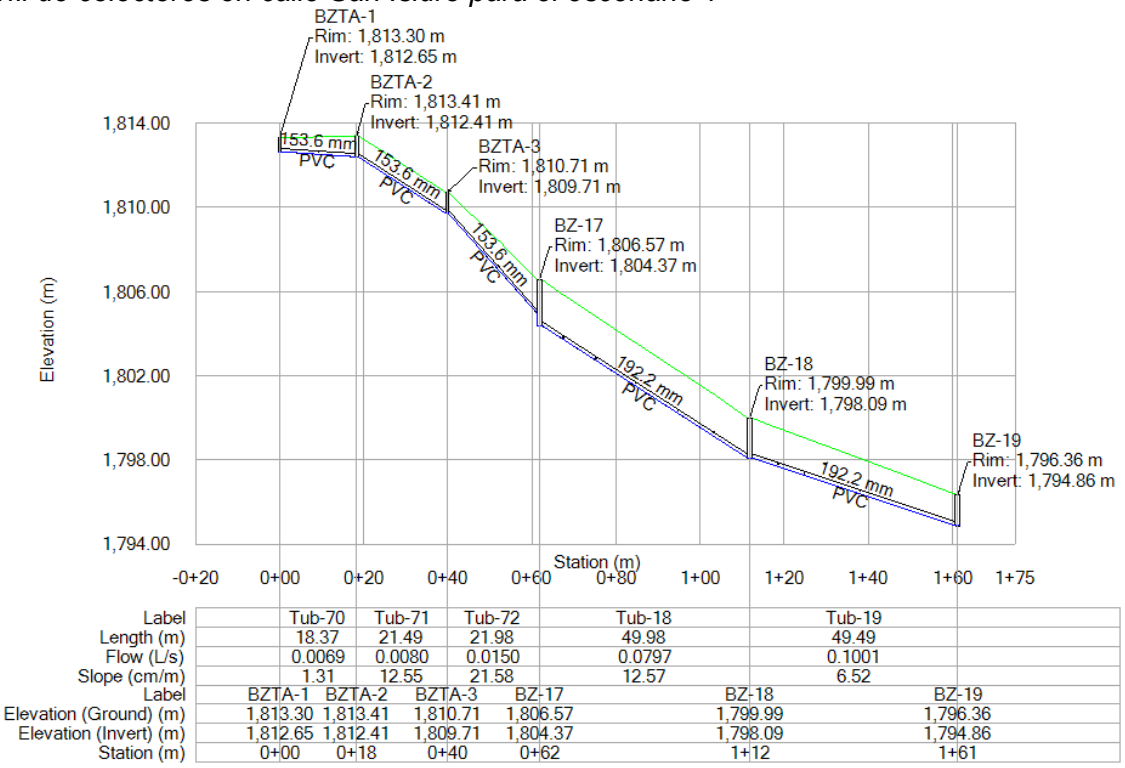
Label	Tub-27	Tub-28
Length (m)	36.79	35.52
Flow (L/s)	0.0198	0.0335
Slope (cm/m)	16.37	6.38

Label	BZ-26	BZ-27	BZ-28
Elevation (Ground) (m)	1,809.22	1,804.00	1,800.73
Elevation (Invert) (m)	1,807.82	1,801.80	1,799.53
Station (m)	0+00	0+37	0+72

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 132

Perfil de colectores en calle San Isidro para el escenario 1

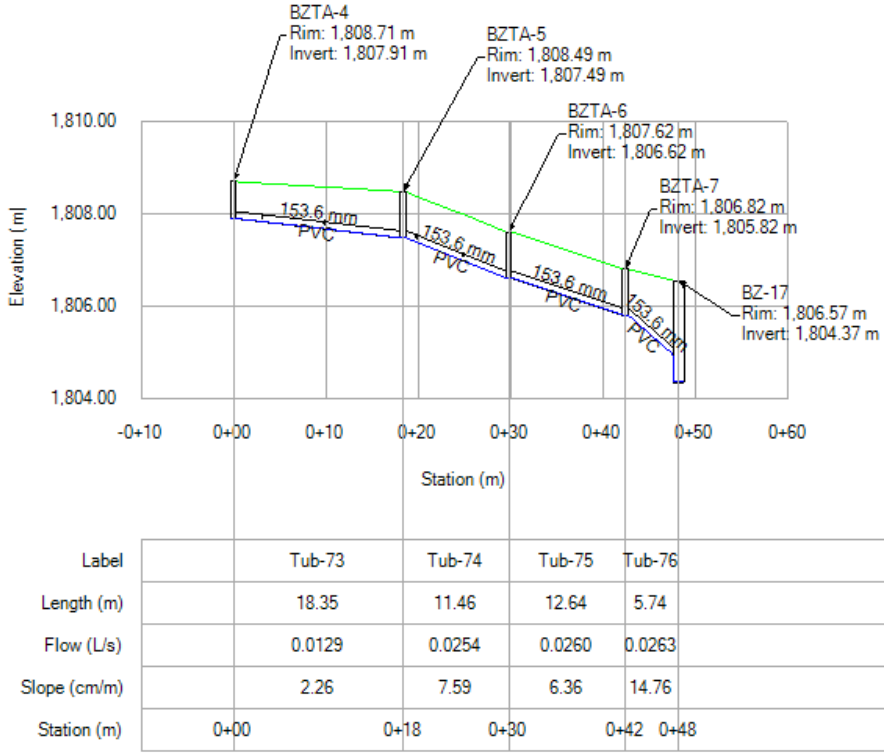


Label		Tub-70	Tub-71	Tub-72	Tub-18	Tub-19	
Length (m)		18.37	21.49	21.98	49.98	49.49	
Flow (L/s)		0.0069	0.0080	0.0150	0.0797	0.1001	
Slope (cm/m)		1.31	12.55	21.58	12.57	6.52	
Label	BZTA-1	BZTA-2	BZTA-3	BZ-17	BZ-18	BZ-19	
Elevation (Ground) (m)	1,813.30	1,813.41	1,810.71	1,806.57	1,799.99	1,796.36	
Elevation (Invert) (m)	1,812.65	1,812.41	1,809.71	1,804.37	1,798.09	1,794.86	
Station (m)	0+00	0+18	0+40	0+62	1+12	1+61	

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 133

Perfil de colectores en Pasaje 1 para el escenario 1

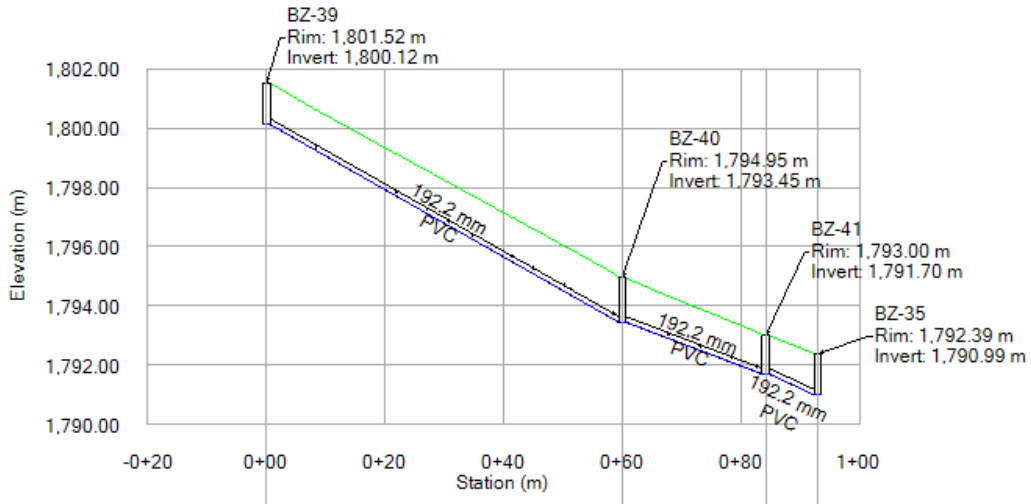


Label	Tub-73	Tub-74	Tub-75	Tub-76	
Length (m)	18.35	11.46	12.64	5.74	
Flow (L/s)	0.0129	0.0254	0.0260	0.0263	
Slope (cm/m)	2.26	7.59	6.36	14.76	
Station (m)	0+00	0+18	0+30	0+42	0+48

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 134

Perfil de colectores en Pasaje Canseco para el escenario 1



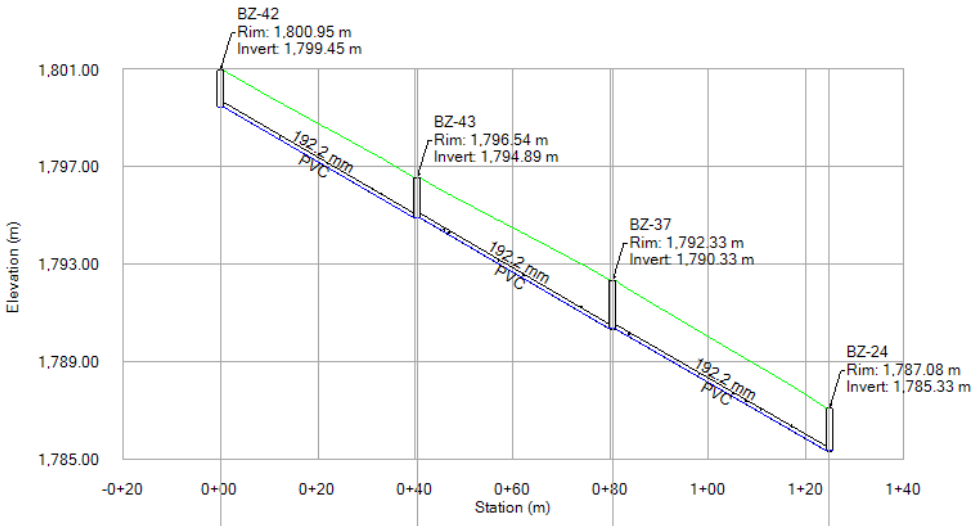
Label	Tub-41	Tub-42	Tub-43
Length (m)	59.98	24.22	8.83
Flow (L/s)	0.0688	0.0939	0.0943
Slope (cm/m)	11.12	7.23	8.04

Label	BZ-39	BZ-40	BZ-41	BZ-35
Elevation (Ground) (m)	1,801.52	1,794.95	1,793.00	1,792.39
Elevation (Invert) (m)	1,800.12	1,793.45	1,791.70	1,790.99
Station (m)	0+00	0+60	0+84	0+93

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 135

Perfil de colectores en calle 7 de agosto para el escenario 1



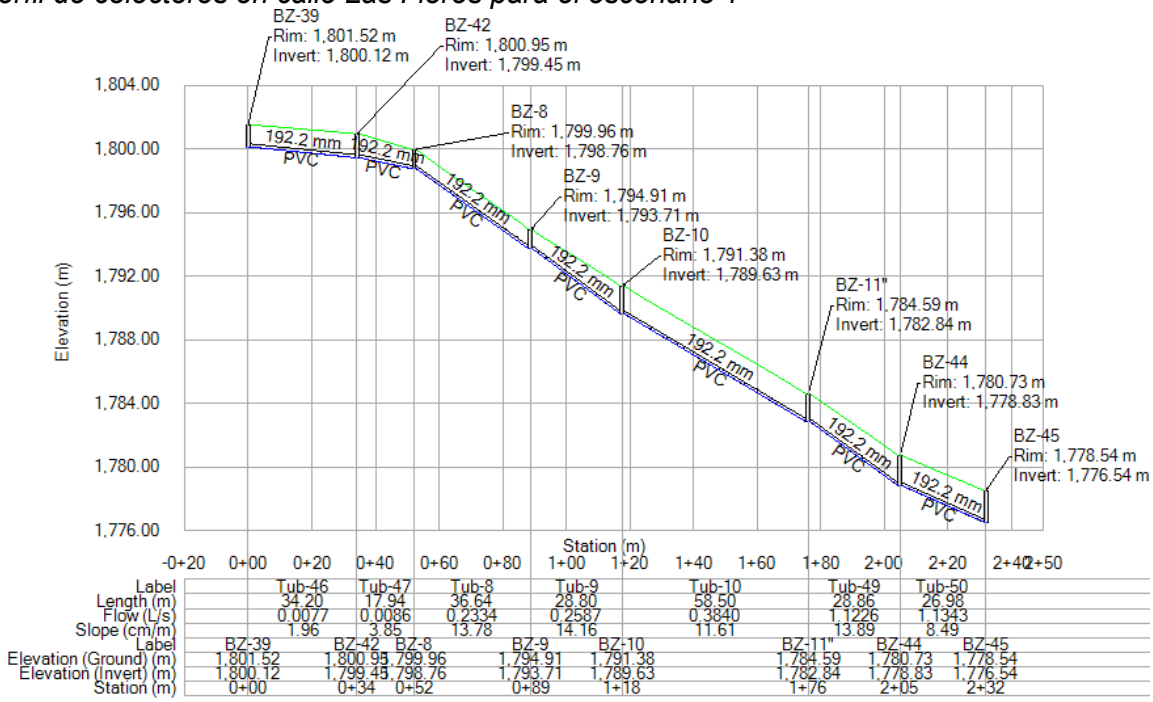
Label	Tub-44	Tub-45	Tub-48
Length (m)	40.33	40.08	44.47
Flow (L/s)	0.0292	0.0611	0.2957
Slope (cm/m)	11.31	11.38	11.24

Label	BZ-42	BZ-43	BZ-37	BZ-24
Elevation (Ground) (m)	1,800.95	1,796.54	1,792.33	1,787.08
Elevation (Invert) (m)	1,799.45	1,794.89	1,790.33	1,785.33
Station (m)	0+00	0+40	0+80	1+25

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 136

Perfil de colectores en calle Las Flores para el escenario 1

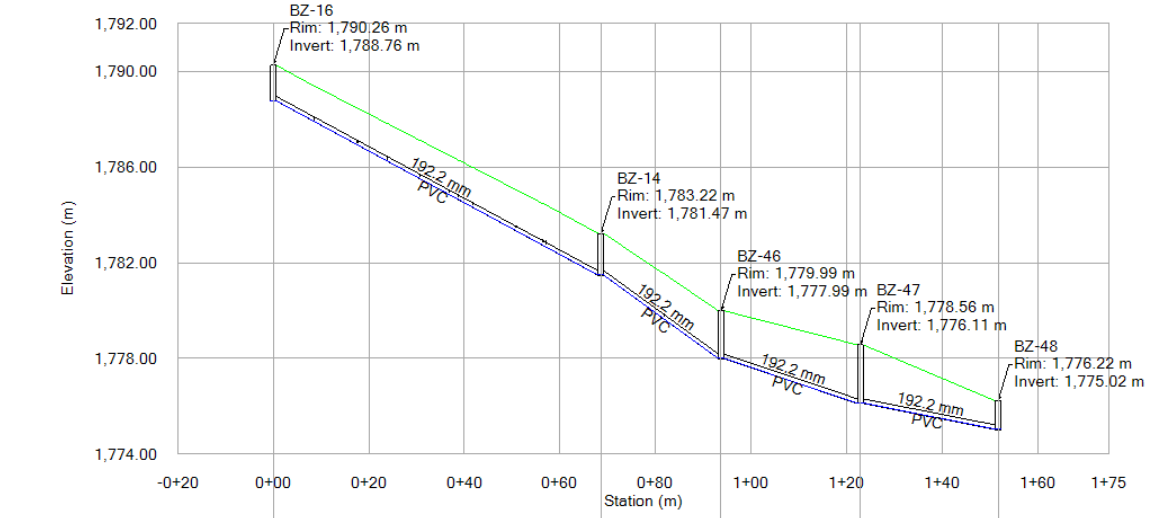


Label		Tub-46	Tub-47	Tub-8	Tub-9	Tub-10		Tub-49	Tub-50				
Length (m)		34.20	17.94	36.64	28.80	58.50		28.86	26.98				
Flow (L/s)		0.0077	0.0086	0.2334	0.2587	0.3840		1.1226	1.1343				
Slope (cm/m)		1.96	3.85	13.78	14.16	11.61		13.89	8.49				
Label	BZ-39	BZ-42	BZ-8	BZ-9	BZ-10		BZ-11"	BZ-44	BZ-45				
Elevation (Ground) (m)	1,801.52	1,800.95	1,799.96	1,794.91	1,791.38		1,784.59	1,780.73	1,778.54				
Elevation (Invert) (m)	1,800.12	1,799.45	1,798.76	1,793.71	1,789.63		1,782.84	1,778.83	1,776.54				
Station (m)	0+00	0+34	0+52	0+89	1+18		1+76	2+05	2+32				

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 137

Perfil de colectores en calle Cruz Verde para el escenario 1

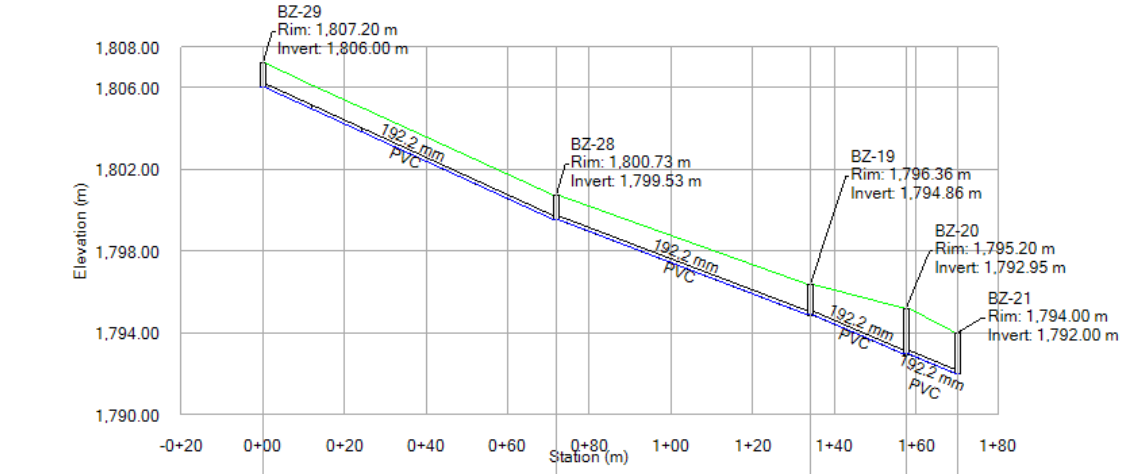


Label	Tub-16	Tub-54	Tub-55	Tub-56	
Length (m)	68.58	25.14	29.18	28.81	
Flow (L/s)	0.1485	0.2348	0.2363	1.3805	
Slope (cm/m)	10.63	13.84	6.44	3.78	
Label	BZ-16	BZ-14	BZ-46	BZ-47	BZ-48
Elevation (Ground) (m)	1,790.26	1,783.22	1,779.99	1,778.56	1,776.22
Elevation (Invert) (m)	1,788.76	1,781.47	1,777.99	1,776.11	1,775.02
Station (m)	0+00	0+69	0+94	1+23	1+52

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 138

Perfil de colectores en calle Alameda de la Juventud para el escenario 1



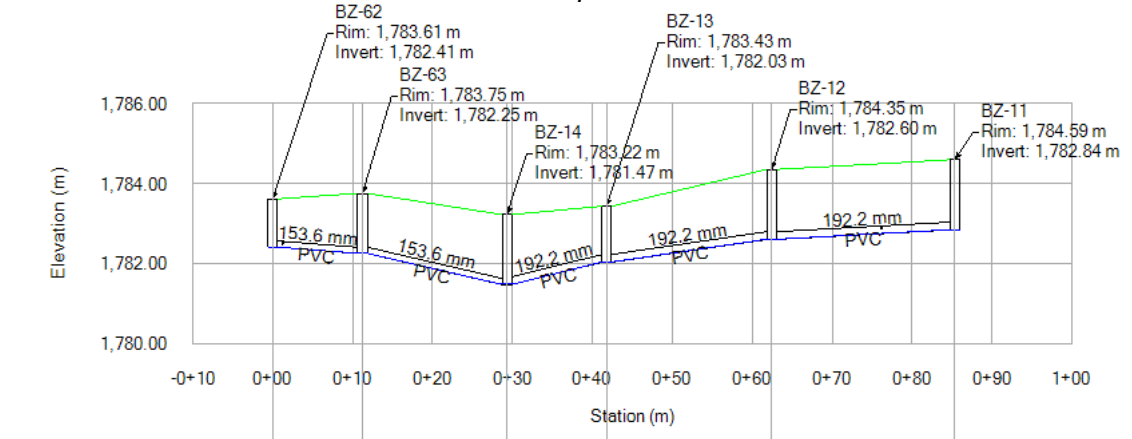
Label	Tub-29	Tub-30	Tub-20	Tub-21
Length (m)	71.83	62.31	23.46	12.59
Flow (L/s)	0.0155	0.0522	0.1535	0.1541
Slope (cm/m)	9.01	7.49	8.16	7.55

Label	BZ-29	BZ-28	BZ-19	BZ-20	BZ-21
Elevation (Ground) (m)	1,807.20	1,800.73	1,796.36	1,795.20	1,794.00
Elevation (Invert) (m)	1,806.00	1,799.53	1,794.86	1,792.95	1,792.00
Station (m)	0+00	0+72	1+34	1+58	1+70

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 139

Perfil de colectores en calle Los Olivos tramo 1 para el escenario 1



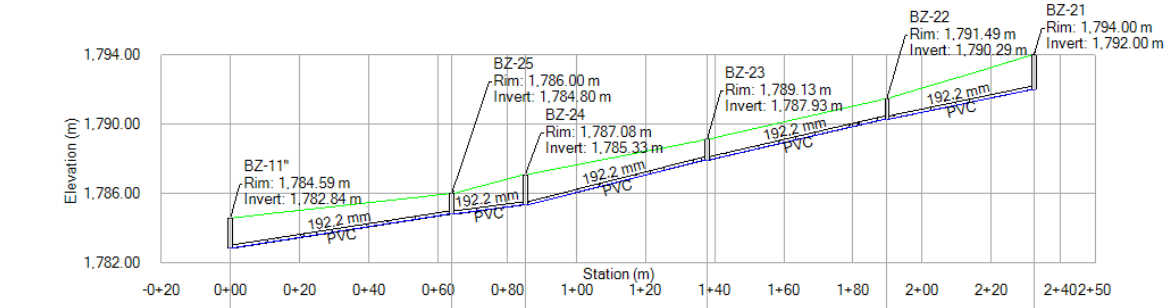
Label	Tub-52	Tub-53	Tub-13	Tub-12	Tub-11
Length (m)	11.23	18.08	12.50	20.66	22.89
Flow (L/s)	0.0065	0.0074	0.0717	0.0710	0.0071
Slope (cm/m)	1.38	4.31	4.48	2.76	1.05

Label	BZ-62	BZ-63	BZ-14	BZ-13	BZ-12	BZ-11
Elevation (Ground) (m)	1,783.61	1,783.75	1,783.22	1,783.43	1,784.35	1,784.59
Elevation (Invert) (m)	1,782.41	1,782.25	1,781.47	1,782.03	1,782.60	1,782.84
Station (m)	0+00	0+11	0+29	0+42	0+62	0+85

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 140

Perfil de colectores en calle Los Olivos tramo 2 para el escenario 1

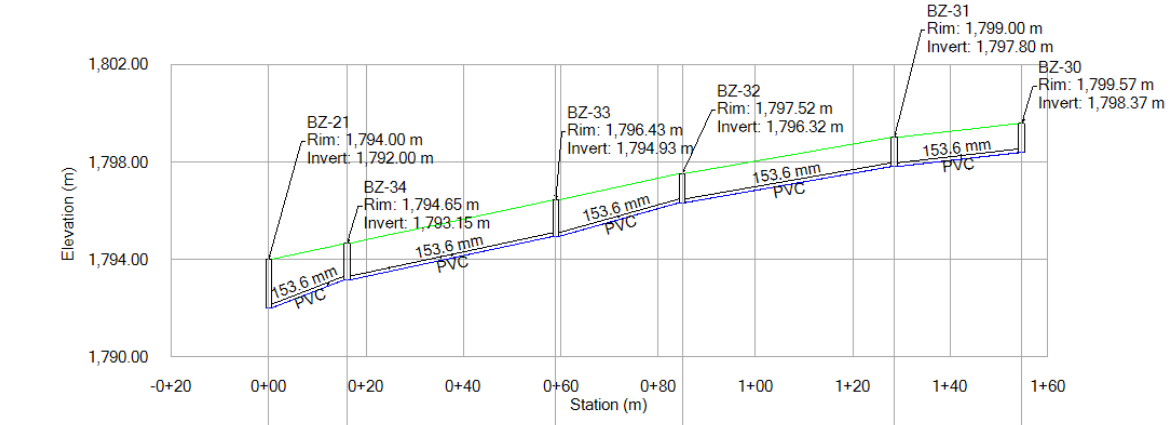


Label		Tub-26	Tub-25	Tub-24	Tub-23	Tub-22	
Length (m)		63.95	21.25	52.61	52.02	42.45	
Flow (L/s)		0.7312	0.6757	0.3665	0.2981	0.2417	
Slope (cm/m)		3.06	2.49	4.94	4.54	4.03	
Label	BZ-11"		BZ-25	BZ-24	BZ-23	BZ-22	BZ-21
Elevation (Ground) (m)	1,784.59		1,786.00	1,787.08	1,789.13	1,791.49	1,794.00
Elevation (Invert) (m)	1,782.84		1,784.80	1,785.33	1,787.93	1,790.29	1,792.00
Station (m)	0+00		0+64	0+85	1+38	1+90	2+32

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 141

Perfil de colectores en calle Los Olivos tramo 3 para el escenario 1

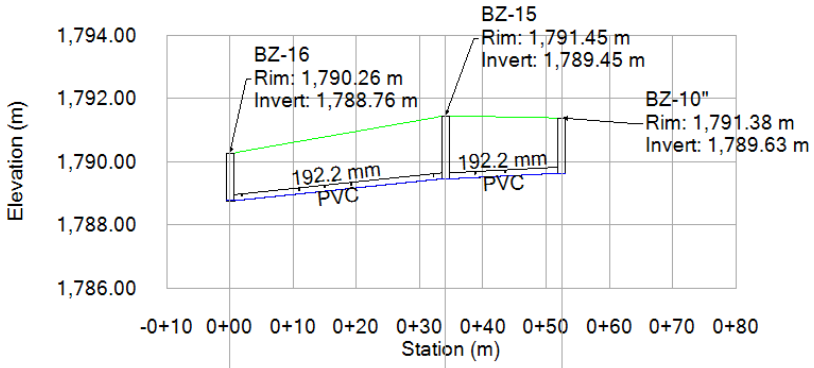


Label		Tub-35	Tub-34	Tub-33	Tub-32	Tub-31	
Length (m)		16.10	42.87	26.04	43.55	26.17	
Flow (L/s)		0.0436	0.0368	0.0167	0.0095	0.0073	
Slope (cm/m)		7.14	4.15	5.34	3.40	2.18	
Label	BZ-21	BZ-34		BZ-33	BZ-32	BZ-31	BZ-30
Elevation (Ground) (m)	1,794.00	1,794.65		1,796.43	1,797.52	1,799.00	1,799.57
Elevation (Invert) (m)	1,792.00	1,793.15		1,794.93	1,796.32	1,797.80	1,798.37
Station (m)	0+00	0+16		0+59	0+85	1+29	1+55

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 142

Perfil de colectores en calle Central tramo 1 para el escenario 1

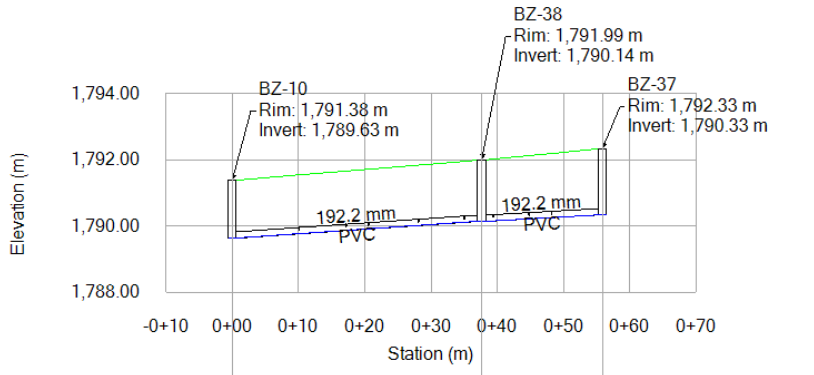


Label	Tub-15	Tub-14	
Length (m)	34.08	18.41	
Flow (L/s)	0.0445	0.0129	
Slope (cm/m)	2.03	0.96	
Label	BZ-16	BZ-15	BZ-10"
Elevation (Ground) (m)	1,790.26	1,791.45	1,791.38
Elevation (Invert) (m)	1,788.76	1,789.45	1,789.63
Station (m)	0+00	0+34	0+52

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 143

Perfil de colectores en calle Central tramo 2 para el escenario 1

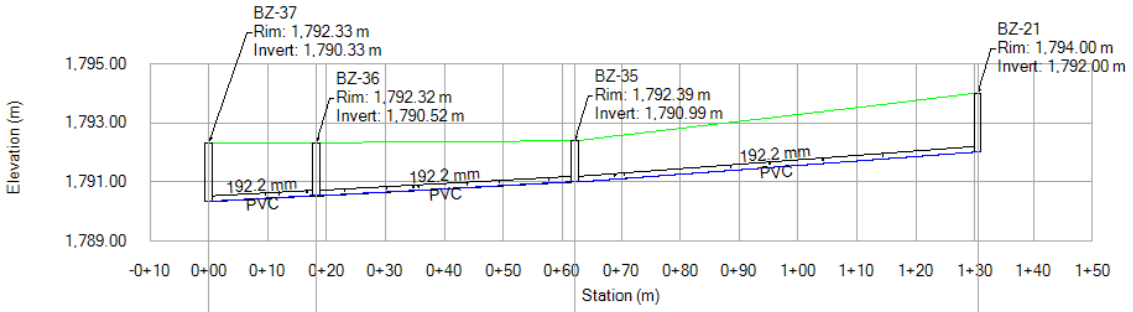


Label	Tub-40	Tub-39	
Length (m)	37.64	18.23	
Flow (L/s)	0.0506	0.0188	
Slope (cm/m)	1.35	1.06	
Label	BZ-10	BZ-38	BZ-37
Elevation (Ground) (m)	1,791.38	1,791.99	1,792.33
Elevation (Invert) (m)	1,789.63	1,790.14	1,790.33
Station (m)	0+00	0+38	0+56

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 144

Perfil de colectores en calle Central tramo 3 para el escenario 1



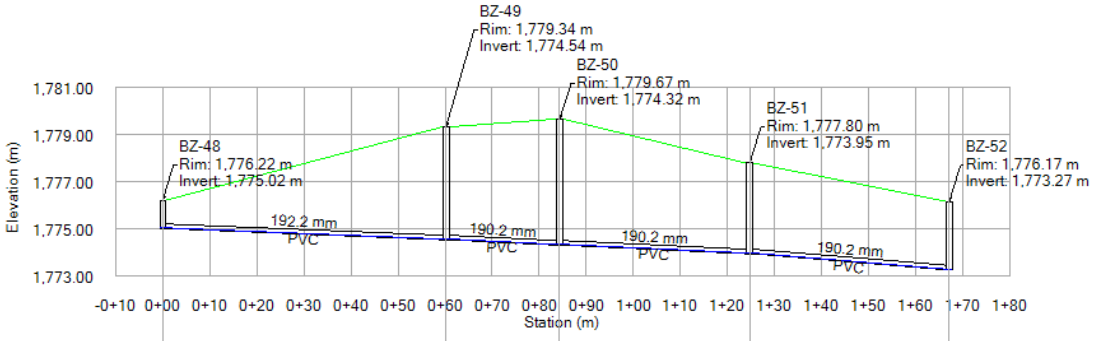
Label	Tub-38	Tub-37	Tub-36
Length (m)	18.24	43.87	68.38
Flow (L/s)	0.1965	0.1776	0.0393
Slope (cm/m)	1.04	1.07	1.48

Label	BZ-37	BZ-36	BZ-35	BZ-21
Elevation (Ground) (m)	1,792.33	1,792.32	1,792.39	1,794.00
Elevation (Invert) (m)	1,790.33	1,790.52	1,790.99	1,792.00
Station (m)	0+00	0+18	0+62	1+30

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 145

Perfil del tramo 1 del Emisor de alcantarillado para el escenario 1



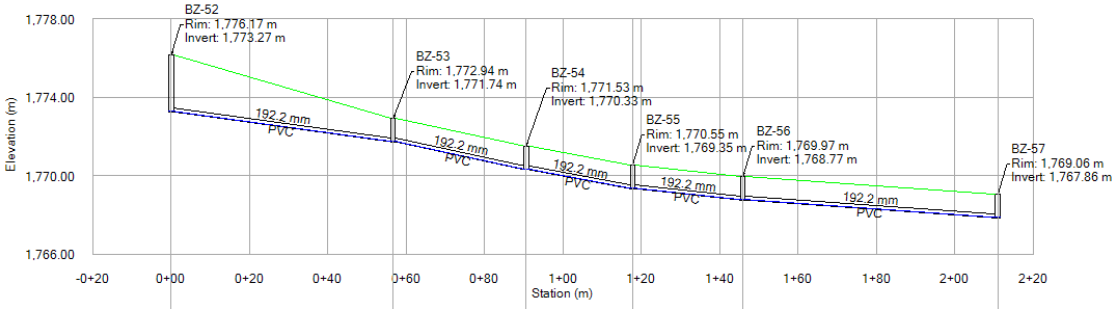
Label	Tub-57	Tub-58	Tub-59	Tub-60
Length (m)	60.20	24.13	40.35	42.47
Flow (L/s)	1.3835	1.3847	1.3867	1.3888
Slope (cm/m)	0.79	0.93	0.91	1.60

Label	BZ-48	BZ-49	BZ-50	BZ-51	BZ-52
Elevation (Ground) (m)	1,776.22	1,779.34	1,779.67	1,777.80	1,776.17
Elevation (Invert) (m)	1,775.02	1,774.54	1,774.32	1,773.95	1,773.27
Station (m)	0+00	0+60	0+84	1+25	1+67

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 146

Perfil del tramo 2 del Emisor de alcantarillado para el escenario 1



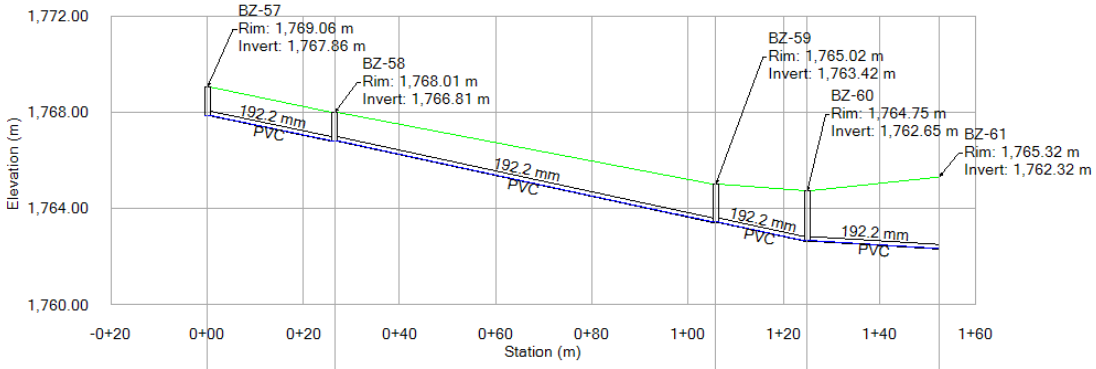
Label	Tub-61	Tub-62	Tub-63	Tub-64	Tub-65
Length (m)	56.65	33.94	27.16	28.15	65.06
Flow (L/s)	1.3917	1.3934	1.3947	1.3961	1.3994
Slope (cm/m)	2.70	4.17	3.59	2.06	1.40

Label	BZ-52	BZ-53	BZ-54	BZ-55	BZ-56	BZ-57
Elevation (Ground) (m)	1,776.17	1,772.94	1,771.53	1,770.55	1,769.97	1,769.06
Elevation (Invert) (m)	1,773.27	1,771.74	1,770.33	1,769.35	1,768.77	1,767.86
Station (m)	0+00	0+57	0+91	1+18	1+46	2+11

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Figura 147

Perfil del tramo 3 del Emisor de alcantarillado para el escenario 1



Label	Tub-66	Tub-67	Tub-68	Tub-69
Length (m)	26.53	79.34	19.06	27.47
Flow (L/s)	1.4007	1.4047	1.4056	1.4070
Slope (cm/m)	3.98	4.27	4.04	1.20

Label	BZ-57	BZ-58	BZ-59	BZ-60	BZ-61
Elevation (Ground) (m)	1,769.06	1,768.01	1,765.02	1,764.75	1,765.32
Elevation (Invert) (m)	1,767.86	1,766.81	1,763.42	1,762.65	1,762.32
Station (m)	0+00	0+27	1+06	1+25	1+52

Nota: Elaboración propia con uso del software SewerGEMS

Conclusiones

- Se cumplió el objetivo general de diseñar y desarrollar el modelo hidráulico de las redes de agua potable y redes de alcantarillado durante el periodo 2024-2044 de la localidad de Quinistaquillas. El modelo hidráulico del sistema de agua potable incluye la captación, línea de conducción, Reservorio V=130m3, línea de conducción, cámara distribuidora de caudales, línea de conducción, Reservorio V=20m3, línea de aducción y redes de distribución. El modelo hidráulico del sistema de alcantarillado incluye las redes colectoras y emisor de alcantarillado. Esto se desarrolló en el capítulo III (Ítem 3.5 y 3.6) y el análisis de sus resultados se muestra en el capítulo IV (Ítem 4.1 y 4.2).
- Para lograr el objetivo general del modelo hidráulico del sistema de agua potable, primero se definió la opción tecnológica del sistema de agua potable proyectado, el cual es del tipo SA-03 (Captación de manantial de ladera – Conducción – Almacenamiento – Desinfección – Aducción - Distribución) de acuerdo a la Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.

  El reporte del modelamiento hidráulico del sistema de agua potable indica que se modelo 1 Reservoir (Captación de manantial de ladera), 2 Tanks (Reservorios de almacenamiento), 24 PRV (Cámaras rompe presión), 223 pipes (tuberías) y 189 junctions (Nodos).

  Las tuberías proyectadas serán de material HDPE PE100 SDR11 PN16, siendo la línea de conducción de DN 63mm y 50mm; las redes de distribución de DN 50mm. Para el sistema de agua potable se han modelado 7,105.08m de tuberías DN 63mmm (Diámetro interior 51.4mm) y 3,725.57m de tuberías DN 50mmm (Diámetro interior 40.8mm). El coeficiente de la rugosidad absoluta de las tuberías es de 0.0015mm.

  Para el final del periodo de diseño, las presiones calculadas en los nodos de la línea de conducción y aducción son menores al 75% (120 mca) de la presión de trabajo

especificada por el fabricante (PN16-16bar-160mca) y las presiones de las redes de distribución están en el rango de 5 mca a 60 mca, ambos en condiciones de presión estática del escenario 2. Dichos valores están fijados por la Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.

- Para lograr el objetivo general del modelo hidráulico del sistema de alcantarillado, primero se definió la opción tecnológica del sistema de alcantarillado proyectado, el cual en su mayoría es del tipo Alcantarillado convencional (buzones de inspección, colectores y conexiones de alcantarillado), para las viviendas de la manzana H lotes 5, 4b y 4a de la calle Alameda de la Juventud se usarán un ramal condominial debido a la interferencia (muro) que no permitiría unir esos lotes a los colectores. La clasificación de la opción tecnológica se hizo de acuerdo a la Guía para acciones a nivel local - Saneamiento rural y salud de la OPS.

  El reporte del modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado indica que se modelo en el escenario 1: 76 Conduits (Colectores), 76 Manholes (62 Buzones, entre ellos 7 duplicados y 7 Buzonetas) , 1 Outfall (Buzón de empalme del emisor-BZ61), 202 Property Connections (201 conexiones domiciliarias y 1 conexión que representa el ramal condominial), 202 Laterals (Acometidas) y 199 Taps (Silla tee). Los colectores proyectados serán de material PVC ISO 4435. Se usarán tuberías PVC UF DN 160mm S-25, ISO 4435 para coberturas < 3m, tuberías PVC UF DN 200mm S-25, ISO 4435 para coberturas de <3m y tuberías PVC UF DN 200mm S-20, ISO 4435 para coberturas de >3m

  Se han modelado 442.56m de tuberías DN 160mm S-25 (Diámetro interior 153.6mm), 2,064.79m de tuberías DN 200mm S-25 (Diámetro interior 192.2mm) y 106.96m de tuberías DN 200mm S-20 (Diámetro interior 190.2mm). El coeficiente de Manning de las tuberías es de 0.013.

  En el escenario único, la pendiente de colectores supera a la pendiente mínima (0.456 cm/m), lo cual asegura tensiones tractivas mayores a 1 Pascal, garantizando la autolimpieza según la norma OS 0.70. Además, en dicho escenario, la relación

tirante-diámetro nunca supera el 75% y las velocidades del flujo son menores a 5 m/s.

- Con base al dimensionamiento resultantes de los modelamientos hidráulicos del sistema de agua y alcantarillado, se realizaron los metrados, presupuestos, cronogramas del expediente técnico del proyecto: “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA”
- El objetivo específico de describir la zona de estudio de Quinistaquillas se aborda en el capítulo III (Ítem 3.2 e ítem 3.3). El área de influencia directa del proyecto será el centro poblado de Quinistaquillas y el área de influencia indirecta serían los centros poblados de Santa Cruz-Guadalupe y Chimpapampa.
- Según la evaluación de los sistemas existentes de agua potable y alcantarillado en el área del proyecto, dichos sistemas resultan ser deficientes.
- El sistema de agua potable tiene más de 20 años de antigüedad y, aunque sigue en funcionamiento, no satisface la demanda actual de agua potable debido al mal estado de la captación y la precariedad de los pases aéreos, además que las redes de distribución presentan fugas de agua y las conexiones se encuentran deterioradas. Otro problema es la falta de presión para las conexiones de la calle 7 de agosto debido a la cota insuficiente del reservorio de Quinistaquillas.
- El sistema de saneamiento de la localidad de Quinistaquillas presenta problemas significativos de antigüedad y deterioro en sus componentes principales (colectores, buzones, conexiones domiciliarias y el primer tramo del emisor de alcantarillado), lo que afecta su funcionamiento. Se necesita reemplazar las tuberías de concreto simple normalizado por tuberías que no presenten rajaduras o fugas. Además, aunque las lagunas de la PTAR estén en funcionamiento no cuentan con una adecuada disposición final, vertiendo las aguas tratadas a la quebrada adyacente.

Por lo anterior, es necesario el mejoramiento integral del sistema de agua potable y alcantarillado.

- El objetivo específico de sustentar los parámetros de diseño para el cálculo hidráulico se realizó en el capítulo III (Ítem 3.4). Los parámetros de diseño se basaron en la normativa nacional peruana. La población de diseño se basó en el padrón de beneficiarios, que fue realizado para el proyecto.
- El objetivo específico de describir las etapas de modelamiento hidráulico del sistema de agua potable y de alcantarillado en Quinistaquillas fue desarrollado en el capítulo III (Ítem 3.5), siguiendo para ambos modelos la siguiente secuencia : Definición del tipo de modelo hidráulico / Recopilación de mapas , planimetría, cartografía de la zona de estudio / Construcción topológica del modelo hidráulico / Ingreso de información / Calibración del modelo / Cálculos del modelo en base al desarrollo de escenarios / Almacenamiento de datos / Documentos de resultados.
- El objetivo específico de diseñar otras estructuras hidráulicas (captación, cámaras rompe presiones, cámara distribuidora de caudales, reservorio) se muestra las memorias de cálculo hidráulico en la parte de Anexos del presente trabajo de suficiencia.

Recomendaciones

- Se recomienda juntar el modelo hidráulico del sistema de abastecimiento hacia Chimpapampa con el modelo hidráulico de Quinistaquillas para tener el sistema integral de abastecimiento de agua potable.
- Se recomienda juntar el modelo hidráulico del emisor de alcantarillado en la carretera MO-100 con el modelo hidráulico del sistema de alcantarillado de Quinistaquillas.
- Se recomienda llevar registros diarios de los niveles de agua de los reservorios, caudales de entrada y salida, presiones en la red a través de mediciones manuales de presión en conexiones domiciliarias, para realizar posteriormente la calibración del modelo del sistema de agua potable. Estos registros son esenciales para monitorear el desempeño del sistema, identificar posibles desviaciones y ajustar parámetros según sea necesario. Además, la calibración del modelo mejorar la confiabilidad de las predicciones hidráulicas.
- Se recomienda llevar registros diarios de los caudales que ingresan a la PTAR y aforos en buzones representativos, para realizar posteriormente la calibración del modelo del sistema de alcantarillado. La calibración permitirá validar la precisión del modelo hidráulico y ajustar parámetros según sea necesario, garantizando así una mejor predicción del comportamiento del sistema.
- Los datos topográficos son esenciales en la construcción de modelos hidráulicos, ya sea de sistemas de agua potable o sistemas de alcantarillado, por lo cual es necesario que el ingeniero encargado del modelamiento este presente en el levantamiento topográfico del área de estudio del proyecto, para pedir al topógrafo la toma de datos de puntos notables, poder identificar interferencias, etc. También es recomendable que los estudios topográficos cuenten con ortofotos georreferenciadas a la topografía para una mejor visualización de la zona de estudio del proyecto.

Referencias bibliográficas

Bentley Systems. (2019). *SewerGEMS: [Software de computadora]. Recursos de información técnica*. Recuperado de https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20SewerGEMS%20SS5-v2/en/GUID-31482C58-E08C-4BDE-B0CE-2223A0BC04A3.html

Bentley Systems. (2019). *WaterGEMS: [Software de computadora]. Recursos de información técnica.* Recuperado de https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20WaterGEMS%20SS6-v1/en/GUID-EE4EA18F-F9CE-43C7-93E5-906EEF8A0FC9.html

CONAGUA (2007), *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable*, México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua, 2007.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico Nro. 10. Recuperado de:* https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_2023.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas. (2004). *Herramientas metodológicas para la elaboración de estudios de PIP de saneamiento básico en ámbito Rural Sección 3: Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales".* Recuperado de: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/_3_Parametros_de_dise_de_infraestructura_de_agua_y_saneamiento_CC_PP_rurales.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA* [Reglamento Nacional de Edificaciones]. Recuperado de https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Anexo de la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA* [Norma técnica]. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf?v=1616111544

Novak, P., Guinot, V., Jeffrey, A., & Reeve, D. E. (2018). *Hydraulic Modelling: An Introduction Principles, Methods and Applications* [Modelamiento hidráulico: Una introducción. Principios, métodos y aplicaciones]. Editorial. CRC Press

Organización Mundial de la Salud. (2022). *Saneamiento básico: agua segura, disposición de excretas y manejo de la basura: cuadernillo para capacitaciones con enfoque intercultural en áreas rurales* [Documento técnico]. Recuperado de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/56014/OPSARG220001_spa.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales* . Universidad Nacional de Ingeniería.

Sánchez Merlo, Y. (2020). *Modelamiento computarizado de sistemas de distribución de agua* [Diplomado].

Sánchez Merlo, Y. (2020). *Modelamiento computarizado de sistemas de alcantarillado* [Diplomado].

Whitman, B., & Walski, T. (2021). *Computer Applications in Hydraulic Engineering* [Aplicaciones informáticas en ingeniería hidráulica]. Bentley Institute Press [PDF]. Recuperado de https://www.bentley.com/wp-content/uploads/computer-applications-in-hydraulic-engineering-ebook.pdf

Anexos

Anexo 1: Diseño Hidráulico de Captación de Ladera 1

Anexo 2: Diseño Hidráulico de Cámara de Distribución de Caudales 6

Anexo 3: Diseño Hidráulico de Cámara Rompe Presión CRP6..... 9

Anexo 4: Diseño Hidráulico de Reservorio Apoyado.....14

Anexo 5: Diseño Hidráulico de Cámara Rompe Presión CRP7.....25

Anexo 6: Plano de modelamiento hidráulico de la línea de conducción 29

Anexo 7: Plano de modelamiento hidráulico de las redes de distribución 37

Anexo 8: Plano de modelamiento hidráulico de las redes de alcantarillado 39

Anexo 1: Diseño Hidráulico de Captación de Ladera

DISEÑO HIDRAÚLICO DE CAPTACIÓN DE LADERA

Expediente Técnico: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA"

Gasto máximo de la Fuente: Qmax= 4.00 l/s
Gasto Máximo Diario: Qmd1= 1.81 l/s
Gasto Máximo Diario: Qmd= 2.00 l/s

1) Determinación del ancho de la pantalla:

Sabemos que: $Q_{max} = v_2 \times Cd \times A$

Despejando: $A = \frac{Q_{max}}{v_2 \times Cd}$

Donde: Gasto máximo de la fuente: Qmax= 4.00 l/s

Coeficiente de descarga: Cd= 0.80 (valores entre 0.6 a 0.8)
Aceleración de la gravedad: g= 9.81 m/s2
Carga sobre el centro del orificio: H= 0.40 m (Valor entre 0.40m a 0.50m)

Velocidad de paso teórica: $v_{2t} = Cd \times \sqrt{2gH}$

v2t= 2.24 m/s (en la entrada a la tubería)

Velocidad de paso asumida: v2= **0.60** m/s (el valor máximo es 0.60m/s, en la entrada a la tubería)

Área requerida para descarga: A= 0.01 m2

Ademas sabemos que: $D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

Diámetro Tub. Ingreso (orificios): Dc= 0.10301 m

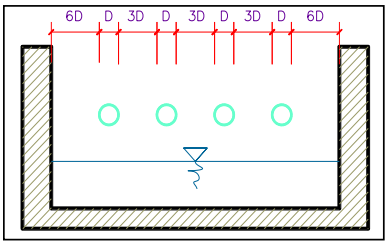
Dc= 4.05537 pulg

Asumimos un Diámetro comercial: **Da= 2.00 pulg** (se recomiendan diámetros < ó = 2")
0.0508 m

Determinamos el número de orificios en la pantalla:

$$Norif = \frac{\text{área del diámetro calculado}}{\text{área del diámetro asumido}} + 1$$

$$Norif = \left(\frac{Dc}{Da}\right)^2 + 1$$



Número de orificios: **Norif= 5.112 orificios**
5 orificios

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada se calcula el ancho de la pantalla (b), mediante la siguiente ecuación:

$$b = 2(6D) + Norif \times D + 3D(Norif - 1)$$

Ancho de la pantalla: **b= 1.50 m** (Pero con 1.50 tambien es trabajable)

2) Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda:

Sabemos que: $Hf = H - h_o$

Donde: Carga sobre el centro del orificio: H= 0.40 m

Además: $h_o = 1.56 \frac{v_2^2}{2g}$

Pérdida de carga en el orificio: ho= 0.02862 m

Hallamos: Pérdida de carga afloramiento - captacion: **Hf= 0.37 m**

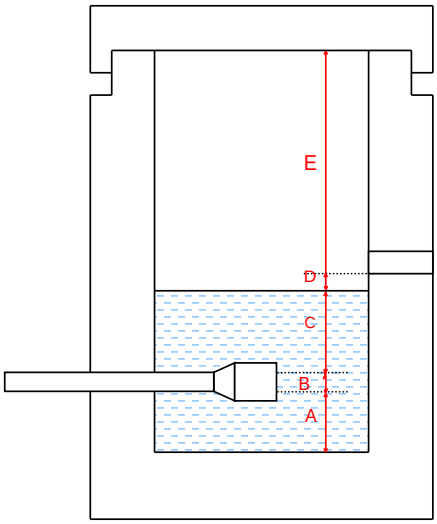
Determinamos la distancia entre el afloramiento y la captación:

$$L = \frac{Hf}{0.30}$$

Distancia afloramiento - Captacion: **L= 1.238 m** **1.25 Se asume**

3) Altura de la cámara húmeda:

Determinamos la altura de la camara húmeda mediante la siguiente ecuación:



Donde:

A: Altura mínima para permitir la sedimentación de arenas. Se considera una altura mínima de 10cm

A= 10.0 cm

B: Se considera el diametro de salida

B= 0.050 cm <> 2.0 plg

D: Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínima 5cm).

D= 10.0 cm

E: Borde Libre (se recomienda minimo 30cm).

E= 40.00 cm

C: Altura de agua para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción se recomienda una altura mínima de 30cm).

$$C = 1.56\frac{v^2}{2g} = 1.56\frac{Qmd^2}{2gA^2}$$

Donde: Caudal máximo diario: Qmd= 0.0020 m3/s

Área de la Tubería de salida: A= 0.002 m2

Por tanto: Altura calculada: C= 0.07742 m

Resumen de Datos:

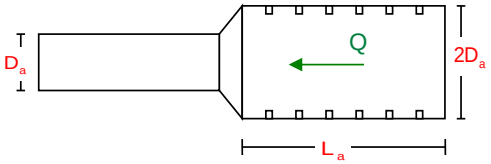
A= 10.00 cm
B= 5.00 cm
C= 30.00 cm
D= 10.00 cm
E= 40.00 cm

Hallamos la altura total: $Ht = A + B + H + D + E$

Ht= 0.95 m

Altura Asumida: **Ht= 1.00 m**

4) Dimensionamiento de la Canastilla:



Diámetro de la Canastilla

El diámetro de la canastilla debe ser dos veces el Diámetro de la línea de conducción:

$$Dcanastilla = 2 \times Da$$

Dcanastilla= 4.0 pulg

Longitud de la Canastilla

Se recomienda que la longitud de la canastilla sea mayor a 3Da y menor que 6Da:

L= 3 × 2.0 = 6 pulg = 15.24 cm
L= 6 × 2.0 = 12 pulg = 30.48 cm

Lcanastilla= 20.0 cm ¡OK!

Siendo las medidas de las ranuras: ancho de la ranura= 5 mm (medida recomendada)
largo de la ranura= 7 mm (medida recomendada)

Siendo el área de la ranura: Ar= 35 mm2 = 0.0000350 m2

Debemos determinar el área total de las ranuras (A_{TOTAL}):

$$A_{TOTAL} = 2A_{\bullet}$$

Siendo: Área sección Tubería de salida: $A_{\bullet}$ = 0.0020268 m2

A_{TOTAL} = 0.0040537 m2

El valor de Atotal debe ser menor que el 50% del área lateral de la granada (Ag)

$$Ag = 0.5 \times Dg \times L$$

Donde: Diámetro de la granada: Dg= 4.0 pulg = 10.16 cm
L= 20.0 cm

Ag= 0.0319186 m2

Por consiguiente: A_{TOTAL} < Ag **OK!**

Determinar el número de ranuras:

$$Nºranuras = \frac{Area\ total\ de\ ranura}{Area\ de\ ranura}$$

Número de ranuras : 115 ranuras

5) Cálculo de Rebose y Limpia:

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5%

La tubería de rebose y limpia tienen el mismo diámetro y se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$Dr = \frac{0.71 \times Q^{0.38}}{hf^{0.21}}$$

Tubería de Rebose

Donde:	Gasto máximo de la fuente:	Qmax=	4.00	l/s	
	Perdida de carga unitaria en m/m:	hf=	0.015	m/m	(valor recomendado)
	Diámetro de la tubería de rebose:	D_R=	2.90444	pulg	
	Asumimos un diámetro comercial:	**D_R=**	**3**	**pulg**	

Tubería de Limpieza

Donde:	Gasto máximo de la fuente:	Qmax=	4.00	l/s	
	Perdida de carga unitaria en m/m:	hf=	0.015	m/m	(valor recomendado)
	Diámetro de la tubería de limpia:	D_L=	2.90444	pulg	
	Asumimos un diámetro comercial:	**D_L=**	**3**	**pulg**	

Resumen de Cálculos de Manantial de Ladera

Gasto máximo de la Fuente:	4.00	l/s
Gasto Máximo Diario:	2.00	l/s

1) Determinación del ancho de la pantalla:

Diámetro Tub. Ingreso (orificios):	2.0	pulg
Número de orificios:	5	orificios
Ancho de la pantalla:	1.50	m

2) Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda:

L= 1.25 m

3) Altura de la cámara húmeda:

Ht= 1.00 m

Tuberia de salida= 2.00 plg

4) Dimensionamiento de la Canastilla:

Diámetro de la Canastilla	4.0	pulg
Longitud de la Canastilla	20.0	cm
Número de ranuras :	115	ranuras

5) Cálculo de Rebose y Limpia:

Tubería de Rebose	3	pulg
Tubería de Limpieza	3	pulg

Anexo 2: Diseño Hidráulico de Cámara de Distribución de Caudales

DISEÑO HIDRAÚLICO DE CAMARA DE DISTRIBUCION DE CAUDALES

Expediente Técnico: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA"

1.- DATOS DE DISEÑO SALIDA CDCA

CAUDAL DE DISEÑO (QMD) SUB SISTEMA 1 - CHIMPAPAMPA Y SANTA CRUZ	**Qmd1**	=	**0.713 lps**
DIÁMETRO DE BOQUILLA DE INGRESO AL SISTEMA 1	**Dti**	=	**1 1/2 pulg**

1.1.- CALCULO DE LA ALTURA DE CARGA Y EL ANGULO DEL VERTICE DEL VERTEDERO

TANTEO	SI	Ɵ	=	52.0
"Ce" COEFICIENTE EN FUNCION DE "Ɵ"	DE TABLAS	Ce	=	0.5783
"Kh" COEFICIENTE EN FUNCION DE "Ɵ"	DE TABLAS	Kh		0.0015
ALTURA DEL NIVEL DE AGUA	PROPONEMOS	h1	=	0.050
CAUDAL DE SALIDA	M3/SEG	Qmd1	=	0.000713
ANGULO DEL VERTEDERO EN GRADOS	FORMULA ABAJO	Ɵ	=	**81**

2.- DATOS DE DISEÑO SALIDA RP-02

CAUDAL DE DISEÑO (QMD) SUB SISTEMA 2 - QUINISTAQUILLAS	**Qmd2**	=	**1.098 lps**
DIÁMETRO DE BOQUILLA DE INGRESO AL SISTEMA 2	**Dti**	=	**1 1/2 pulg**

2.2.- CALCULO DE LA ALTURA DE CARGA Y EL ANGULO DEL VERTICE DEL VERTEDERO

TANTEO	SI	Ɵ	=	52
"Ce" COEFICIENTE EN FUNCION DE "Ɵ"	DE TABLAS	Ce	=	0.5783
"Kh" COEFICIENTE EN FUNCION DE "Ɵ"	DE TABLAS	Kh		0.0015
ALTURA DEL NIVEL DE AGUA	PROPONEMOS	h1	=	0.050
CAUDAL DE SALIDA	M3/SEG	Qmd1	=	0.001098
ANGULO DEL VERTEDERO EN GRADOS	FORMULA ABAJO	Ɵ	=	**106**

3.- CALCULO DE DIMENSIONES DE LA CAMARA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES

DIST ENTRE FONDO DE CAJA Y VERTICE	h2 mayor 2*h1	**h2**	=	**0.450 mts**
ALTURA TOTAL DE LA CAJA	BORDO LIBRE MIN 0.4 m	**H**	=	**1.000 mts**
Por efectos constructivos se asume una sección mínima	LADO	**L**	=	**1.200 mts**
ANCHO DE LA CAJA DE CDCA	B mayor 5*h1	**B**	=	**0.650 mts**

4.- CALCULO DE LA CAJA DISTRIBUIDA

La velocidad del flujo se define como	$V = 1.9735\ Q/D^2$	V	=	0.96 m/seg
La altura de carga necesaria para hacer fluir el caudal de diseñ	$H = 1.56*(V^2/2g)$	H	=	0.07 mts
Para efectos de diseño la altura de carga será	Asumiremos :	H	=	0.25 mts
Altura mínima de sedimentación		A	=	0.10 mts
Borde libre		BL	=	0.65 mts
Luego altura total de la Cámara	HT = H + A + BL	HT	=	1.00 mts
Por efectos constructivos se asume una sección mínima	Lado	L	=	0.55 mts

4.- FORMULAS

$$Q = Ce \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan\frac{\theta}{2} (h_1 + K_h)^{2,5}$$

Con: Q = caudal en m^3/s

θ = ángulo del vertedero en grados

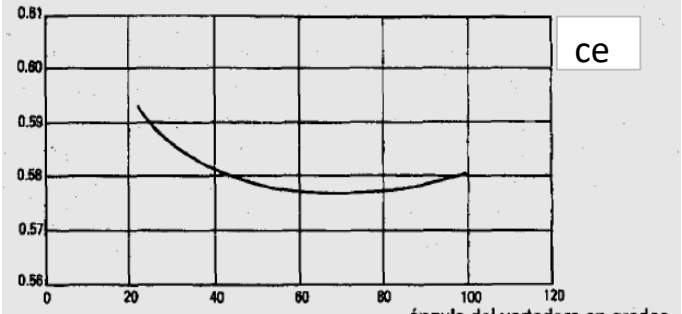
g = 9,81 m/s^2

h_1 = altura del nivel del agua, aguas arriba del vertedero, medido a partir del vértice inferior del triángulo (m)

Ce = coeficiente en función de θ, véase figura 12

K_h = coeficiente en función de θ, véase figura 11 (la lectura es en mm, se convierte en m para introducir en la formula).

Figura 5: Coeficiente de descarga Ce, función de θ



Fuente: Bos, 1976

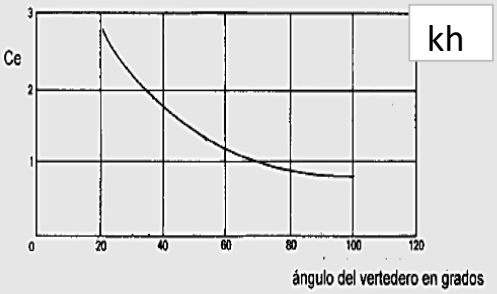


Figura 11: Valor de K_h, función de θ

Fuente: Bos, 1976

Anexo 3: Diseño Hidráulico de Cámara Rompe Presión CRP6

1. Cámara Rompe Presión en línea de conducción tramo 1 (Captación - Reservorio existente 130m3-Cámara distribuidora de caudales) de tub HDPE DN 63mm

Se conoce :

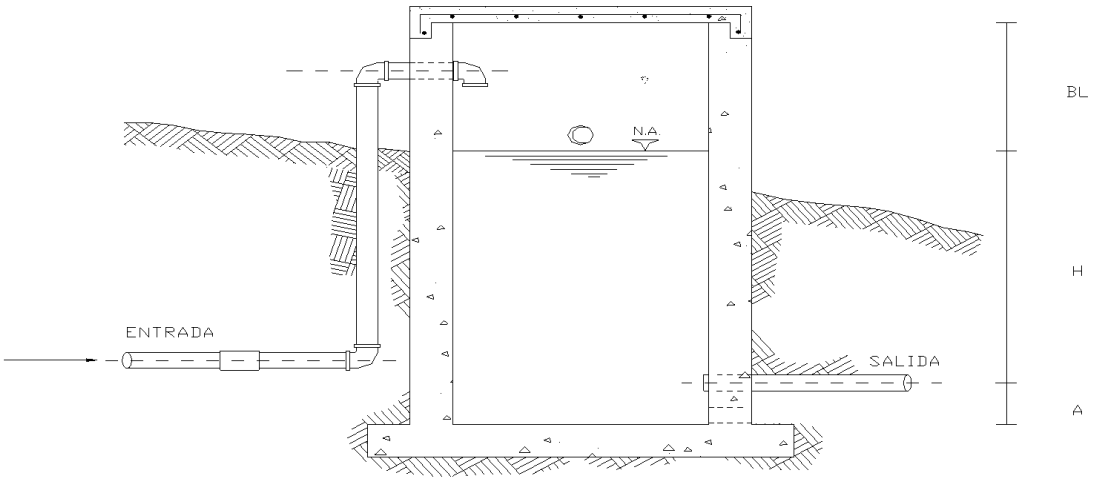
Qmd =	2.000	l/s (Caudal de diseño estandarizado)
Qmd =	1.810	l/s (Caudal máximo diario)
D =	2.0 pulg	

Del gráfico :

A: Altura mínima = 15.0 cm 0.15 m
H : Altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir
BL : Borde libre = 50.0 cm 0.50 m
Ht : Altura total de la Cámara Rompe Presión
H_t = A+H+BL

Para determinar la altura de la cámara rompe presión, es necesario la carga requerida (H)
Este valor se determina mediante la ecuación experimental de Bernoulli.

Se sabe : $H = 1.56 * \frac{V^2}{2 * g}$ y $V = \frac{Q}{A}$



V = 0.99 m/s

Reemplazando en: $H = 1.56 * \frac{V^2}{2 * g}$

H = 0.077 m 8 cm

Por procesos constructivos tomamos H = 0.25 m

Luego :

H_t = A + H + BL
H_t = 0.15 + 0.25 + 0.5
H_t = 0.90 m

Con menor caudal se necesitarán menores dimensiones, por lo tanto la sección de la base de la cámara rompe presión para la facilidad del proceso constructivo y por la instalación de accesorios, consideraremos una sección interna de 0.60 * 0.60 m

2. Cálculo de la Canastilla:

Se recomienda que el diámetro de la canastilla sea 2 veces el diámetro de la tubería de salida

D_c = 2 x D
D_c = 4 pulg

La longitud de la canastilla (L) debe ser mayor 3D y menor que 6D

L= (3 x D) x 2.54 = 15.24 cm
L= (6 x D) x 2.54 = 30.48 cm
Lasumido = 20 cm

Area de ranuras:

$$A_r = 7\ mm\ x\ 5\ mm = 35\ mm^2$$
$$A_r = 35\ x\ 10^{-2}\ cm^2$$

Area total de ranuras At= 2 As, Considerando As como el area transversal de la tuberia de salida

$$A_s = \frac{\pi {D_s}^2}{4}$$

As = 20.27 cm^2
At = 40.54 cm^2

Area de At no debe ser mayor al 50% del area lateral de la granada (Ag)

$$A_g = 0.5 x D_g x L$$

Ag = 101.60 cm^2

El numero de ranuras resulta:

$$N^0 ranuras = \frac{Area\ total\ de\ ranura}{Area\ de\ ranura}$$

N° de ranuras = 116

3. Rebose:

La tubería de rebose se calcula mediante la ecuación de Hazen y Williams (para C=150)

$$D = 4.63 * \frac{Q^{0.38}}{C^{0.38} S^{0.21}}$$

Donde:

D = Diámetro (pulg)
Q_{md} = Caudal máximo diario (l/s)
Hf = Pérdida de carga unitaria (m/m). Considera = 0.010

D = 2.36 pulg

Considerando una tubería de rebose de 2.5 pulg.

2. Cámara Rompe Presión en línea de conducción de tramo 2 (Cámara distribuidora de caudales-Reservorio proyectado 20m3) de tub HDPE DN 50m

Se conoce :

Qmd =	1.500	l/s (Caudal de diseño estandarizado)
Qmd =	1.100	l/s (Caudal máximo diario)
D =	1.5 pulg	

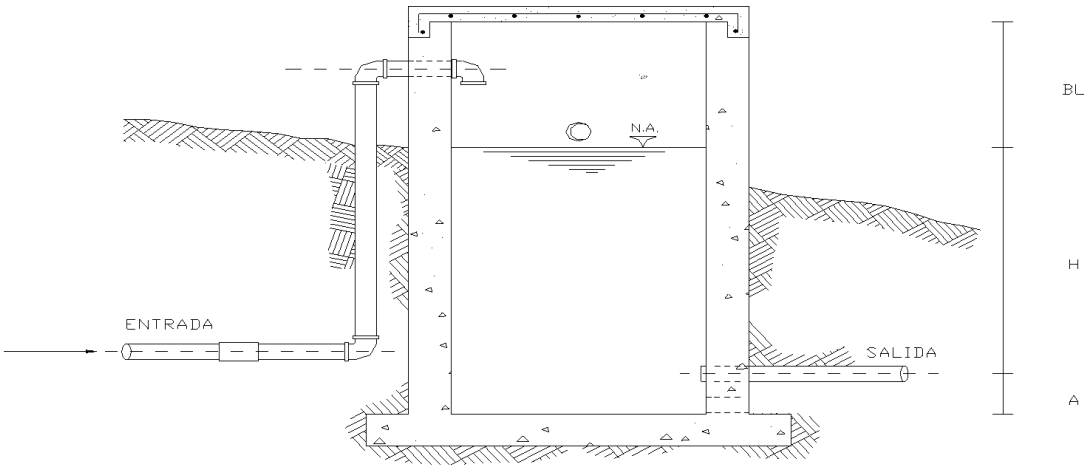
Del gráfico :

A: Altura mínima = 15.0 cm 0.15 m
H : Altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir
BL : Borde libre = 50.0 cm 0.50 m
Ht : Altura total de la Cámara Rompe Presión
H_t = A+H+BL

Para determinar la altura de la cámara rompe presión, es necesario la carga requerida (H)
Este valor se determina mediante la ecuación experimental de Bernoulli.

Se sabe :

$$H = 1.56 * \frac{V^2}{2 * g} \qquad \text{y} \qquad V = \frac{Q}{A}$$



V = 1.32 m/s

Reemplazando en:

$$H = 1.56 * \frac{V^2}{2 * g}$$

H = 0.138 m 14 cm

Por procesos constructivos tomamos H = 0.25 m

Luego :

H_t = A + H + BL
H_t = 0.15 + 0.25 + 0.5
H_t = 0.90 m

Con menor caudal se necesitarán menores dimensiones, por lo tanto la sección de la base de la cámara rompe presión para la facilidad del proceso constructivo y por la instalación de accesorios, consideraremos una sección interna de 0.60 * 0.60 m

2. Cálculo de la Canastilla:

Se recomienda que el diámetro de la canastilla sea 2 veces el diámetro de la tubería de salida

D_c = 2 x D

D_c = 3 pulg

La longitud de la canastilla (L) debe ser mayor 3D y menor que 6D

L= (3 x D) x 2.54 = 11.43 cm

L= (6 x D) x 2.54 = 22.86 cm

Lasumido = 20 cm

Area de ranuras:

$$A_r = 7\,mm\ x\ 5\,mm = 35\,mm^2$$
$$A_r = 35\ x\ 10^{-2}\,cm^2$$

Area total de ranuras At= 2 As, Considerando As como el area transversal de la tuberia de salida

$$A_s = \frac{\pi {D_s}^2}{4}$$

As = 11.40 cm^2

At = 22.80 cm^2

Area de At no debe ser mayor al 50% del area lateral de la granada (Ag)

$$A_g = 0.5 x D_g x L$$

Ag = 76.20 cm^2

El numero de ranuras resulta:

$$N^0 ranuras = \frac{Area\ total\ de\ ranura}{Area\ de\ ranura}$$

N° de ranuras = 65

3. Rebose:

La tubería de rebose se calcula mediante la ecuación de Hazen y Williams (para C=150)

$$D = 4.63 * \frac{Q^{0.38}}{C^{0.38} S^{0.21}}$$

Donde:

D = Diámetro (pulg)

Q_{md} = Caudal máximo diario (l/s)

Hf = Pérdida de carga unitaria (m/m). Considera = 0.010

D = 2.12 pulg

Considerando una tubería de rebose de 2 pulg.

Anexo 4: Diseño Hidráulico de Reservorio Apoyado

DISEÑO HIDRAÚLICO DE RESERVORIO V 20 M3 - DETALLE DE NIPLES

Expediente Técnico: “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA”

DETALLE NIPLE DE FoGdo. CON BRIDA ROMPE AGUA EN RESERVORIOS

Líneas	Tubería		ZONA	Longitud total del Niple (m)			Longitud de Rosca (cm)		Ubicación de la rosca	Plancha (soldada a niple)		
	Tubería	Serie		e = 0.15m	e = 0.20m.	e = 0.25m	1" a 1 1/2"	2" a 4"		e = 0.15m	e = 0.20m	e = 0.25m
ENTRADA	FoGdo	I (Estandar)	muro	0.35	0.40	0.45	2.00	3.00	Ambos lados	al eje del niple	al eje del niple	al eje del niple
SALIDA	FoGdo	I (Estandar)	muro	0.35	0.40	0.45	2.00	3.00	Ambos lados	al eje del niple	al eje del niple	al eje del niple
REBOSE	FoGdo	I (Estandar)	muro	0.25	0.30	0.35	2.00	3.00	Un solo lado	a 7.5 cm del lado sin rosca	a 10 cm del lado sin rosca	a 12.5 cm del lado sin rosca
LIMPIA	FoGdo	I (Estandar)	muro	0.45	0.50	0.60	2.00	3.00	Un solo lado	a 7.5 cm del lado sin rosca	a 10 cm del lado sin rosca	a 12.5 cm del lado sin rosca
VENTILACION	FoGdo	I (Estandar)	techo	0.50	0.55	0.60	2.00	3.00	Un solo lado	a 7.5 cm del lado sin rosca	a 10 cm del lado sin rosca	a 12.5 cm del lado sin rosca

Nota. En detalle puede ir la forma del niple con el muro

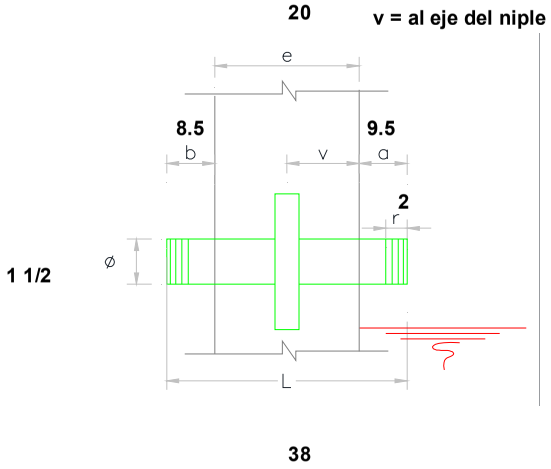
Cálculo de las longitudes de Niple

Volumen de Reservorio 20 m3

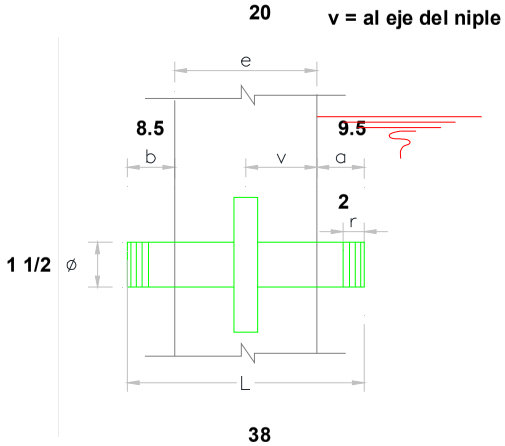
Elemento	Nombre	Espesor
Muro	Espesor de muro	20
Techo	Espesor de losa de techo	15
Alero cimentacio	Alero de cimentacion	20

				e			(Ø)		(r)		(a)	(b)	(L)	(v)
Id	Tipo de Tubería	Nombre	Zona	Espesor de Estructura	Tarrajeo Interior	Acabado Exterior	Diámetro de tubería en plg	Ubicación de la Rosca	Longitud de Rosca	Distancia Mínima Libre	Longitud de Extremo Interior	Longitud de Extremo Exterior	Longitud Total de Niple	Ubicación de brida rompe agua
1	Entrada	Diámetro de ingreso	Muro	20	2	1	1 1/2	Ambos lados	2	5.5	9.5	8.5	38	al eje del niple
2	Salida	Diámetro salida	Muro	20	2	1	1 1/2	Ambos lados	2	5.5	9.5	8.5	38	al eje del niple
3	Rebose	Diámetro de rebose	Muro	20	2	1	4	Un solo lado	3	5.5	10.5	0	30.5	a 10 cm del lado sin rosca
4	Limpia	Diámetro de limpia	Muro	20	2	1	3	Un solo lado	2	5.5	9.5	0	49.5	a 10 cm del lado sin rosca
5	Ventilacion	Diámetro de ventilación	Techo	15	2	1	2	Un solo lado	2	27.5	31.5	0	46.5	a 7.5 cm del lado sin rosca

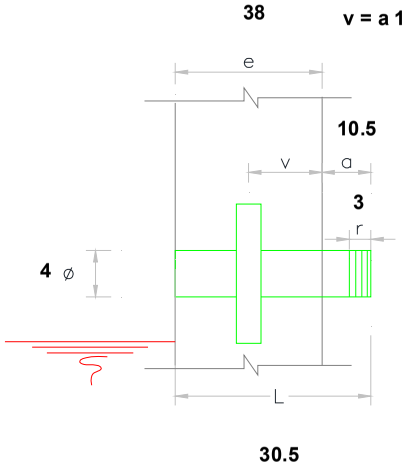
Entrada



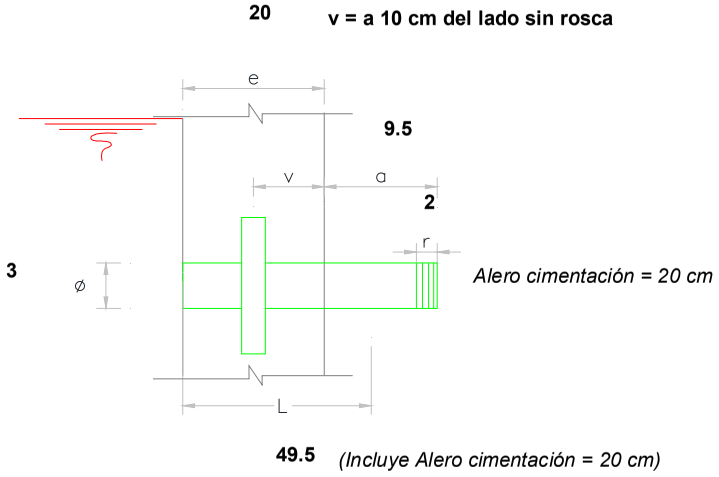
Salida



Rebose

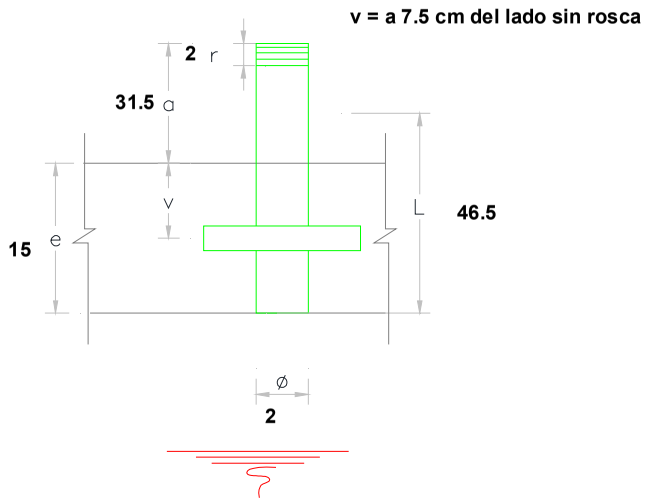


Limpia



Alero cimentación = 20 cm

Ventilacion



MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

	APOYADO V = 20 M3

ÁMBITO GEOGRÁFICO

1	Región del Proyecto	SIERRA

VARIACIONES DE CONSUMO

Id	Parámetros básicos de diseño	Código	Fórmula	Datos de diseño	Unidad	Referencia, criterio o cálculo
1	Coef. variacion maximo diario K1	K1	Dato	1.3	adimensional	Referencia 1, Capitulo III item 7 inciso 7.1
2	Coef variacion maximo horario K2	K2	Dato	2	adimensional	Referencia 1, Capitulo III item 7 inciso 7.2
3	Volumen de almacenamiento por regulacion	Vrg	Dato	25%	%	Referencia 1 Capitulo V item 5 inciso 5.4. El 25% del Qp y fuente de agua continuo;
4	Volumen de almacenamiento por reserva	Vrs	Dato	0%	%	Referencia 1, Capitulo V, Item 5.1 y 5.2, en casos de emergencia, suspension temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralizacion parcial de la planta tratamiento. Referencia 2, Norma OS.03 item 4.3 De ser el caso, debera justificarse.

CAUDALES DE DISEÑO Y ALMACENAMIENTO

5	Caudal promedio anual Qp (año 20)	Qp		0.85	l/s	
6	Caudal maximo diario anual Qmd (año 20)	Qmd	Qmd = Qp * K1	1.10	l/s	=(5)*(1)
7	Caudal maximo horario anual (año 20)	Qma	Qma = Qp * K2	1.69	l/s	=(5)*(2)
8	Volumen de reservorio año 20	Qma	Qma = Qp * 86.4 * Vrg	18.30	m3	=(5)*86.4*(3)
9	Caudal promedio anual Qp (año 10)	Qp		0.79	l/s	
10	Caudal maximo diario anual Qmd (año 10)	Qmd	Qmd = Qp * K1	1.03	l/s	

11	Caudal maximo horario anual (año 10)	Qma	Qma = Qp * K2	1.58	l/s	

DIMENSIONAMIENTO

12	Ancho interno	b	Dato	3.6	m	asumido
13	Largo interno	l	Dato	3.6	m	asumido
14	Altura útil de agua	h		1.41		
15	Distancia vertical eje salida y fondo reservorio	hi	Dato	0.1	m	Referencia 1, Capitulo V item 5 inciso 5.4. Para instalacion de canastilla y evitar entrada de sedimentos
16	Altura total de agua			1.51		
17	Relación del ancho de la base y la altura (b/h)	j	j = b / h	2.38	adimensional	Referencia 3: (b)/(h) entre 0.5 y 3 OK
18	Distancia vertical techo reservorio y eje tubo de ingreso de agua	k	Dato	0.20	m	Referencia 1 capitulo II item 1.1, parrafo 4. Referencia 2, Norma IS 010 Item 2.4 Almacenamiento y regulacion Inciso i
19	Distancia vertical entre eje tubo de rebose y eje ingreso de agua	l	Dato	0.20	m	Referencia 1 capitulo II item 1.1, parrafo 4. Referencia 2, Norma IS 010 Item 2.4 Almacenamiento y regulacion Inciso j
20	Distancia vertical entre eje tubo de rebose y nivel maximo de agua	m	Dato	0.10	m	Referencia 1 capitulo II item 1.1, parrafo 4. Referencia 2, Norma IS 010 Item 2.4 Almacenamiento y regulacion Inciso k
21	Altura total interna	H	H = h + (k + l + m)	2.01	m	

INSTALACIONES HIDRAULICAS

22	Diámetro de ingreso	De	Dato	1.5	pulg	Referencia 1: Capitulo Item 2 Inciso 2.3 y 2.4 o diseño de linea de conduccion
23	Diámetro salida	Ds	Dato	1.5	pulg	Referencia 1: Capitulo Item 2 Inciso 2.3 y 2.4 o diseño de linea de aduccion
24	Diámetro de rebose	Dr	Dato	4	pulg	Referencia 1 capitulo II item 1.1, parrafo 4.Referencia 2, Norma IS 010 Item 2.4 inciso m

25	Limpia: Tiempo de vaciado asumido (segundos)			1800		
26	Limpia: Cálculo de diametro			2.9		
27	Diámetro de limpia	Dl	Dato	3	pulg	Referencia 1, Capitulo V item 5 inciso 5.4 "debe permitir el vaciado en máximo en 2 horas"
28	Diámetro de ventilación	Dv	Dato	2	pulg	
29	Cantidad de ventilación	Cv	Dato	2	unidad	

DIMENSIONAMIENTO DE CANASTILLA

30	Diámetro de salida	Dsc	Dato	54.20	mm	Diametro Interno PVC: 1" = (33-2*1.8) mm, 1 1/2" = (48-2*2.3) mm, 2" = (60-2*2.9) mm, 3" = (88.5-2*4.2) mm
31	Longitud de canastilla sea mayor a 3 veces diámetro salida y menor a 6 Dc	c	Dato	5	veces	Se adopta 5 veces
32	Longitud de canastilla	Lc	Lc = Dsc * c	271.00	mm	
33	Area de Ranuras	Ar	Dato	38.48	mm2	Radio de 7 mm
34	Diámetro canastilla = 2 veces diámetro de salida	Dc	Dc = 2 * Dsc	108.40	mm	
35	Longitud de circunferencia canastilla	pc	pc = pi * Dc	340.55	mm	
36	Número de ranuras en diámetro canastilla espaciados 15 mm	Nr	Nr = pc / 15	22	ranuras	
37	Área total de ranuras = dos veces el área de la tubería de salida	At	At = 2 * pi * (Dsc^2) / 4	4,614	mm2	
38	Número total de ranuras	R	R = At / Ar	119.00	ranuras	
39	Número de filas transversal a canastilla	F	F = R / Nr	5.00	filas	

40	Espacios libres en los extremos	o	Dato	20	mm	
41	Espaciamiento de perforaciones longitudinal al tubo	s	s = (Lc - o) / F	50.00	mm	

CLORACION

42	Volumen de solución	Vs	*cálculos en otra hoja*	54.08	L	

Nota:

Referencia 1: "Guia de diseño para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ambito rural"

Referencia 2:"Reglamento Nacional de Edificaciones"

Referencia 3: "Guia para el diseño y construccion de reservorios apoyados" OPS 2004

ESTRUCTURAS

43	Perímetro de planta (interior)	p	p = 2 * (b + l)	14.4	m	
44	Espesor de muro	em	Dato	20	cm	ACI Alturas mayores a 3.00m mínimo 30cm
45	Espesor de losa de fondo	ef	Dato	20	cm	
46	Altura de zapato	z	Dato	25	cm	La altura de zapato más la losa de cimentación no debe ser menor de 30cm
47	Altura total de cimentación	hc	hc = ef + z	45	cm	
48	Espesor de losa de techo	et	Dato	15	cm	
49	Alero de cimentacion	vf	Dato	20	cm	

CRITERIOS DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE CLORACIÓN

1) Peso de hipoclorito de calcio o sodio necesario

Q*d

2) Peso de l producto comercial en base al porcentaje de cloro

P*100/r

3) Caudal horario de solución de hipoclorito (qs) en funcion de la concentración de la solución preprada.
El valor de *qs* permite seleccionar el equipo dosificador requerido

Pc*100/c

4) Cálculo del volumen de la solución, en funcion del tiempo de consumo del recipiente en el que se almacena dicha solución

Vs = qs * t

Donde:

Vs = Volumen de la solución en lt (correspondiente al volumen útil de los recipientes de preparación)
t = Tiempo de uso de los recipientes de solución en horas h
t se ajusta a ciclos de preparación de: 6 horas (4 ciclos), 8 horas (3 ciclos) y 12 horas (2 ciclos) correspondientes al vaciado de los recipientes y carga de nuevo volumen de solución

CÁLCULO DEL SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO

Dosis adoptada:	4	mg/lt de hipoclorito de calcio
Porcentaje de cloro activo	65%	
Concentración de la solución	0.25%	
Equivalencia 1 gota	0.00005	lt

V	Qmd	Qmd	d	P	r	Pc		C	qs	t	Vs		qs
V reservorio (m3)	Qmd Caudal maximo diario (lps)	Qmd Caudal maximo diario (m3/h)	Dosis (gr/m3)	P peso de cloro (gr/h)	r Porcentaje de cloro activo (%)	Pc Peso producto comercial (gr/h)	Pc Peso producto comercial (Kgr/h)	C concentracion de la solucion(%)	qs Demanda de la solucion (l/h)	t Tiempo de uso del recipiente (h)	Vs volumen solucion (l)	Volumen Bidon adoptado Lt.	qs Demanda de la solucion (gotas/s)
RA 20	1.10	3.95	4.00	15.82	65%	24.34	0.0243	25%	9.73	12	116.81	120	54

CÁLCULO DEL CAUDAL DE GOTEO CONSTANTE

Qgoteo= $C_d * A * (2*g*h)^{0.5}$

Donde:

Qgoteo=	Caudal que ingresa por el orificio		
C_d=	Coeficiente de descarga (0.6) =	0.6	unidimensional
A=	Area del orificio (ø 2.0 mm)=	3.14E-06	m^2
g=	Aceleracion de la gravedad=	9.81	m/s^2
h=	Profundidad del orificio	0.2	m

Qgoteo =	3.73393E-06	m^3/s
Qgoteo=	0.003733934	lt/s
una gota=	0.00005	lt
Qgoteo=	74.67868014	gotas/s

Anexo 5: Diseño Hidráulico de Cámara Rompe Presión CRP7

DISEÑO HIDRAÚLICO DE CAMARA ROMPE PRESIÓN TIPO 7 EN LÍNEA DE ADUCCIÓN DE TUB 63 MM

Expediente Técnico: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA"

1. Cálculo de la Altura de la Cámara Rompe Presión (Ht) - CRP

la altura Total de la cámara Rompe Presión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$Ht = A+H+B.L$

$H = (1.56*Q^2_{mh})/(2*g*A^2)$

Datos:

g =	9.81	m/s^2	g : Aceleración de la gravedad
A =	10	cm	A : Altura hasta la canastilla. Se considera una altura mínima de 10 cm. Que permite la sedimentacion de la arena
B.L =	50	cm	B.L : Borde libre mínimo
Dc =	2.00	pulg	Dc : Diámetro de la tuberia de salida a la Red de Distribución.
Q_{mh} =	1.69	lt/s	Q_{mh} : Caudal máximo Horario en el tramo más crítico
Q_{mh} =	2.00	lt/s	Q_{mh} : Caudal de diseño estandarizado

Resultados:

A =	0.0020	m2	A : Area de la tuberia de salida a la Red de Distribución $A = pi*Dc^2/4$
H =	8.00	cm	H = es la carga necesaria para que el gasto de salida de la CRP pueda fluir por la tuberia
H =	30.00	cm	altura mínima de agua para facilitar el paso de todo el caudal a la Red de Distribución
Ht =	68.00		Ht = A+B.L+H
Htdiseño =	90.00	m	Altura total de diseño

2. Dimensionamiento de la Sección de la base de la Cámara Rompe Presión (a) - CRP

**Para el dimensionamiento de la base de la Cámara Rompe Presión se toman en cuenta las siguientes consideraciones:
**El Tiempo de descarga por el orificio; el orificio biene a ser el diámetro calculado de la Red de Distribución que descarga una altura de agua desde el nivel de la tuberia de rebose hasta el nivel de la altura del orificio
**El Volumen de almacenamiento máximo de la Cámara Rompe Presión es calculado multiplicando el valor del area de la base por la altura Total de agua , expresado en m3

2.1. Cálculo del tiempo de descarga de la altura de agua H

Datos:

A =	10.00	cm	Altura de agua hasta la canastilla.
H =	30.00	cm	H : altura de agua para facilitar el paso de todo el caudal a la linea de conducción
HT =	40.00	cm	HT : Altura total de agua almacenado en la cámara Rompe Presión hasta el nivel de la tubería de rebose HT = A+H
Dc =	2.00	pulg	Dc : Diámetro de la tuberia de salida a la Red de Distribución
Ao =	0.0020	m2	Ao = Area del orificio de salida. (área de la tubería de la línea de conducción)
Cd =	0.80	adimensional	Cd: Coeficiente de distribución o de descarga : orificios circulares Cd = 0.8
g =	9.81	m/s^2	g : Aceleración de la gravedad
a =	0.80	m	a : Lado de la sección interna de la base (asumido)

b = 0.80 m — b : Lado de la sección interna de la base (asumido)

Resultados:

A_b = 0.64 m2 — A_b : Area de la sección interna de la base; $A_b = a^{*b}$ (Area interna del recipiente)

t = 97.61 seg — t : tiempo de descarga a la Red de Distribución; es el tiempo que se demora en descargar la altura H de agua

t = 1.63 min — $t = ((2*A_b)*(H^{0.5}))/(Cd*A_o*(2g)^{0.5})$

Vmáx = 0.26 m3 — Vmáx = volumen de almacenamiento máximo dado para HT. $Vmáx = A_b*HT$

luego las medidas interiores de la Cámara Rompe Presión será

L.A.H 0.8 x 0.8 x 90 m

3. Dimensionamiento de la Canastilla.

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diametro de la tubería de salida a la Red de Distribución (Dc); y que el área total de las ranuras (At), sea el doble del area de la tubería de la linea de conducción; y que la longitud de la Canastilla sea mayor a 3Dc y menor a 6Dc.

Datos:

D_C = 2 pulg — D_C : Diámetro de la tubería de salida a la línea de Distribucion

AR = 5 mm — **AR :** Ancho de la ranura

LR = 7 mm — **LR :** largo de la ranura

Resultados:

$D_{Canastilla}$ = 4 pulg — $D_{Canastilla}$: Diámetro de la canastilla ; Dcanastilla = 2*Dc

L1 = 15.24 cm — L1 = 3*Dc

L2 = 30.48 cm — L2 = 6*Dc 3*Dc < L < 6*Dc

L diseño = 20 cm — Longitud de diseño de la canastilla

Ar = 35 mm2 — **Ar :** Area de la Ranura ; Ar = AR*LR

Ac = 0.0020 m2 — Ac : Area de la tuberia de salida a la linea de distribucion $A = pi*D^2/4$

At = 0.004 m2 — **At :** Area total de ranuras ; At = 2*Ac

Ag = 0.032 m2 — Ag : Area lateral de la granada (Canastilla); Ag = 0.5*Pi*Dc*Ldiseño

NR = 115.82

NR = 65 Número de Ranuras de la Canastilla

4. Cálculo del diámetro de tubería del Cono de Rebose y Limpieza.

El Rebose se instala directamente a la tubería de limpia y para realizar la limpieza y evacuar el agua de la cámara húmeda, se levanta la tubería de Rebose. La tubería de Rebose y Limpia tienen el mismo diámetro y se calcula mediante la siguiente ecuacion: $D = (0.71*Q^{0.38})/hf^{0.21}$

Datos:

Q_{mh} = 2.00 lt/s — Q_{mh} : Caudal de salida a la Red de Distribución (Caudal máximo Horario)

hf = 0.015 m/m — hf : Pérdida de Carga Unitaria

D : Diámetro de la tuberia de Rebose y Limpieza (pulg)

DISEÑO HIDRAÚLICO DE CAMARA ROMPE PRESIÓN TIPO 7 EN LÍNEA DE ADUCCIÓN DE TUB 63 MM

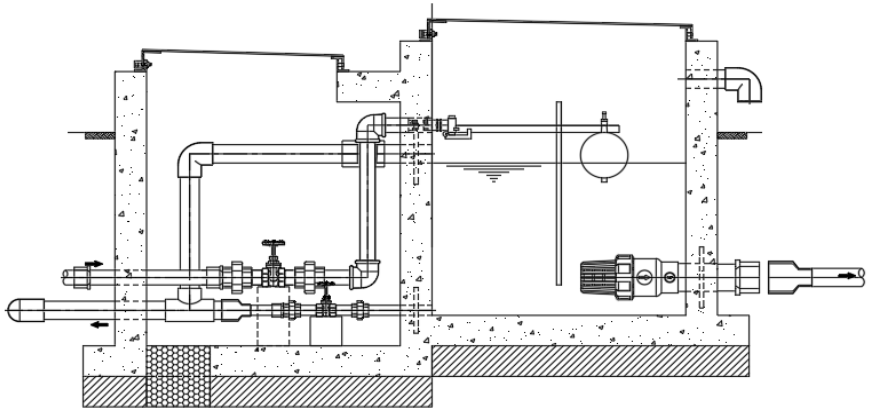
Expediente Técnico: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS – GENERAL SANCHEZ CERRO -MOQUEGUA"

Resultados:

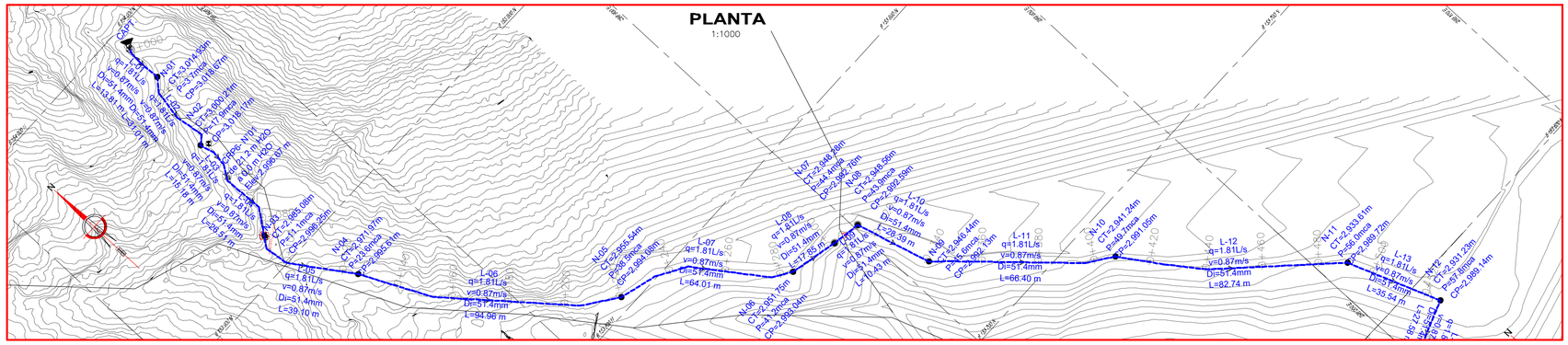
D = 2.23 pulg $D = (0.71*Q_{max}^{0.38})/hf^{0.21}$

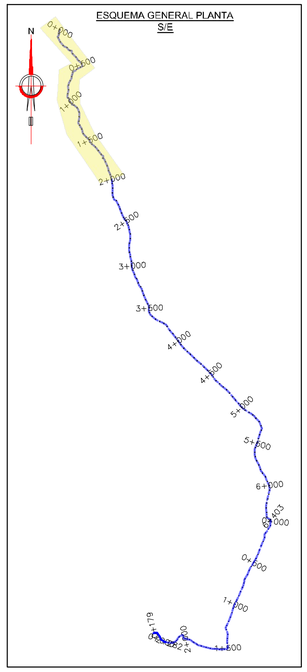
D = 2.00 pulg

RESUMEN GENERAL PARA EL DISEÑO DE LA CAMARA ROMPE PRESION - 7	Valores Calculados	Valores de Diseño	unid
DESCRIPCION			
1. Cálculo de la Altura de la Cámara Rompe Presión (Ht) - CRP-	**68.00**	**90.00**	m
2. Dimensiones internas de la Cámara Rompe Presión	**0.8 x 0.8 x 90 m**		m
2.1. Cálculo del tiempo de descarga de la altura de agua H	**1.63**		**min**
Altura total de agua (HT), en la cámara Rompe	40.00	40.00	cm
Altura de agua hasta la Canastilla.	10.00	10.00	
2.2 Diámetro mayor de la Canastilla (Dcanastilla)	**4**	**4**	pulg
longitud de la Canastilla (L)	20.00	20	cm
Número de Ranuras de la Canastilla (NR)	65.00	65	
2.3 Diámetro de tubería del Cono de Rebose y Limpieza.	**2.00**	**2**	pulg

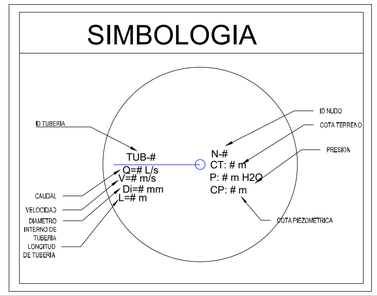


Anexo 6: Plano de modelamiento hidráulico de la línea de conducción





LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	



DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS / CHIMPAPAMPA/ SANTA CRUZ			
PARÁMETRO	FÓRMULA	CANTIDAD	UNIDAD
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**1018**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		352	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	2.89	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL *		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**1018**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	1.178	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.215	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	1.393	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.811	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	2.786	lt/seg.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

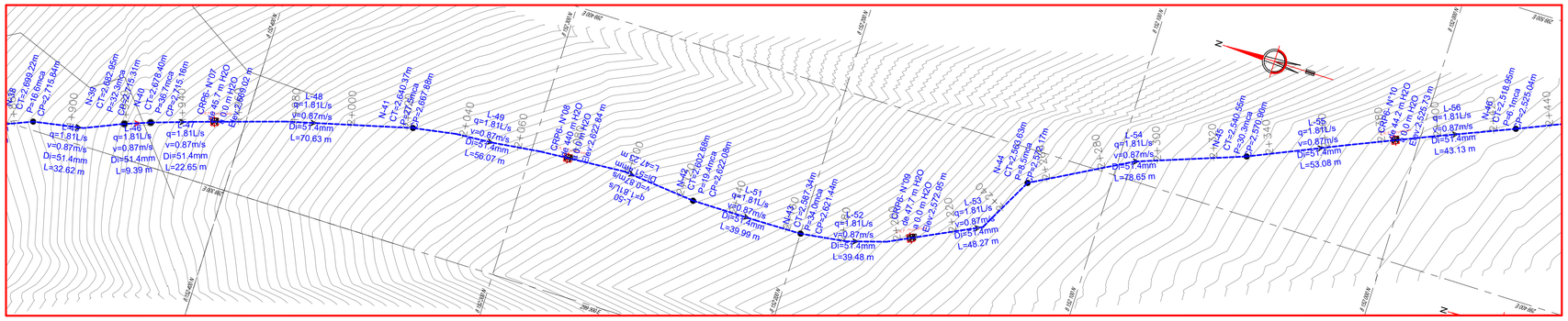
PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

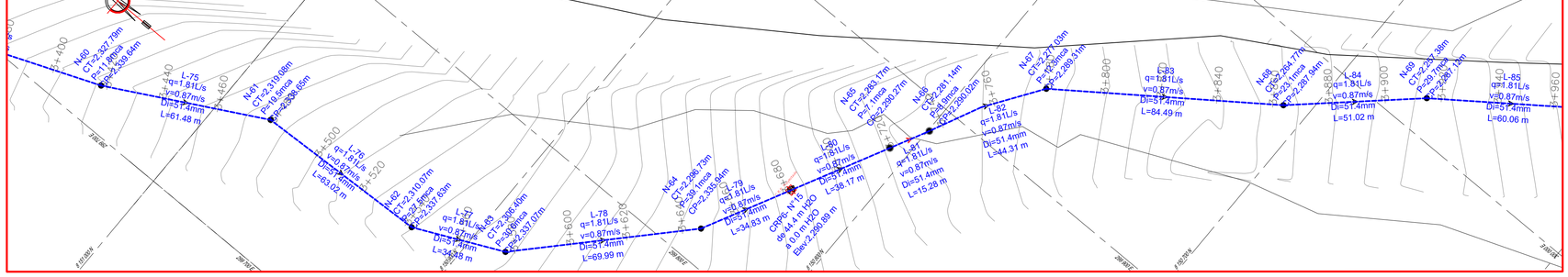
PLANO : SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

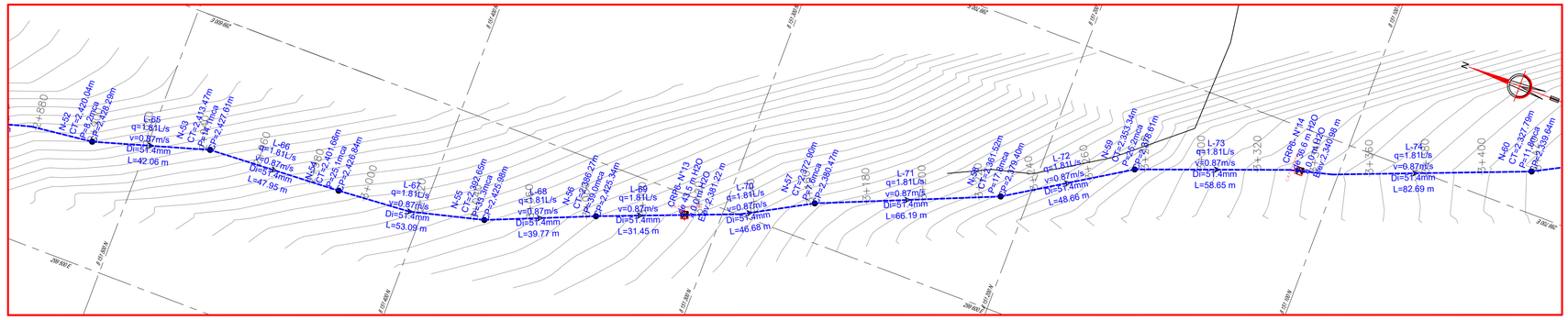
LINEA DE CONDUCCIÓN:CAPTACION A RE.EXISTENTE
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO
PROG. 0+000 HASTA PROG. 2+000

LAMINA N°: MH LS 1

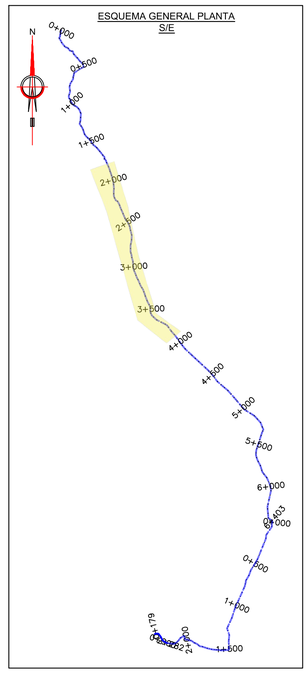
ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO	AUTOCAD :	DISTRITO : QUINISTAQUILLAS
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL : ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ	ESCALA : 1/1000	PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040	FECHA : ABRIL 2025	REGION : MOQUEGUA





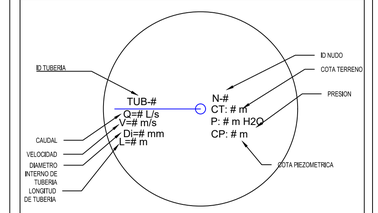


ESQUEMA GENERAL PLANTA S/E



LEYENDA	
DESCRIPCION	**SIMBOLO**
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	

SIMBOLOGIA



DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS / CHIMPAPAMPA/ SANTA CRUZ

PARÁMETRO	FÓRMULA	CANTIDAD	UNIDAD
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**1018**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		352	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	2.89	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**1018**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	1.178	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.215	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	1.393	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.811	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	2.786	lt/seg.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

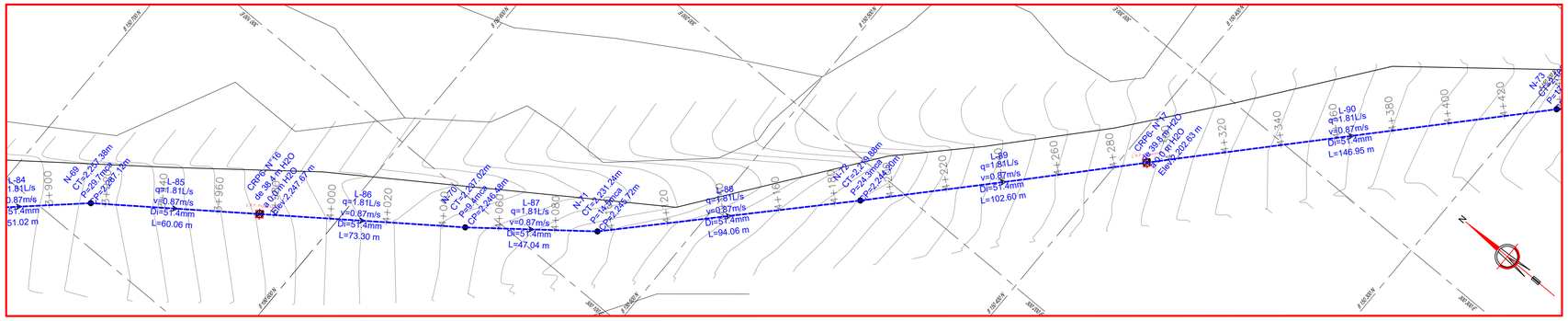
PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

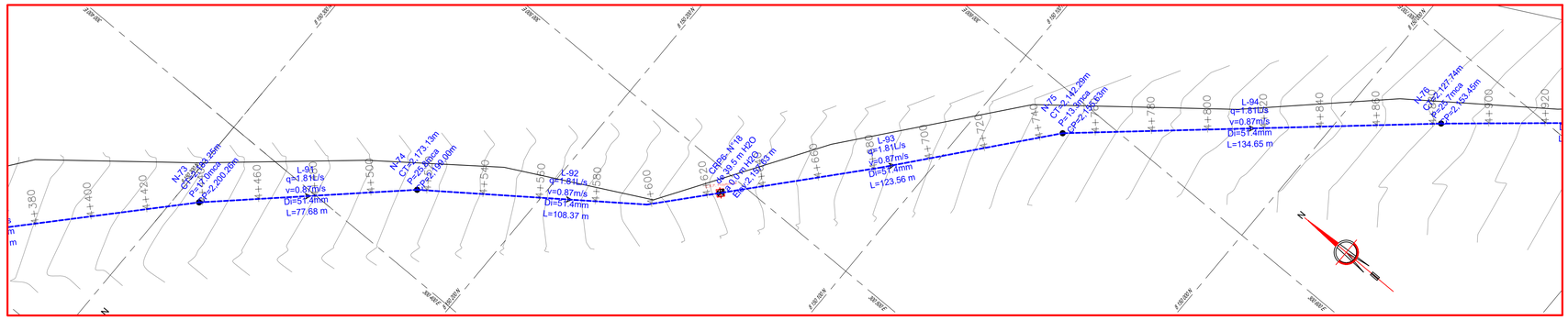
PLANO : SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

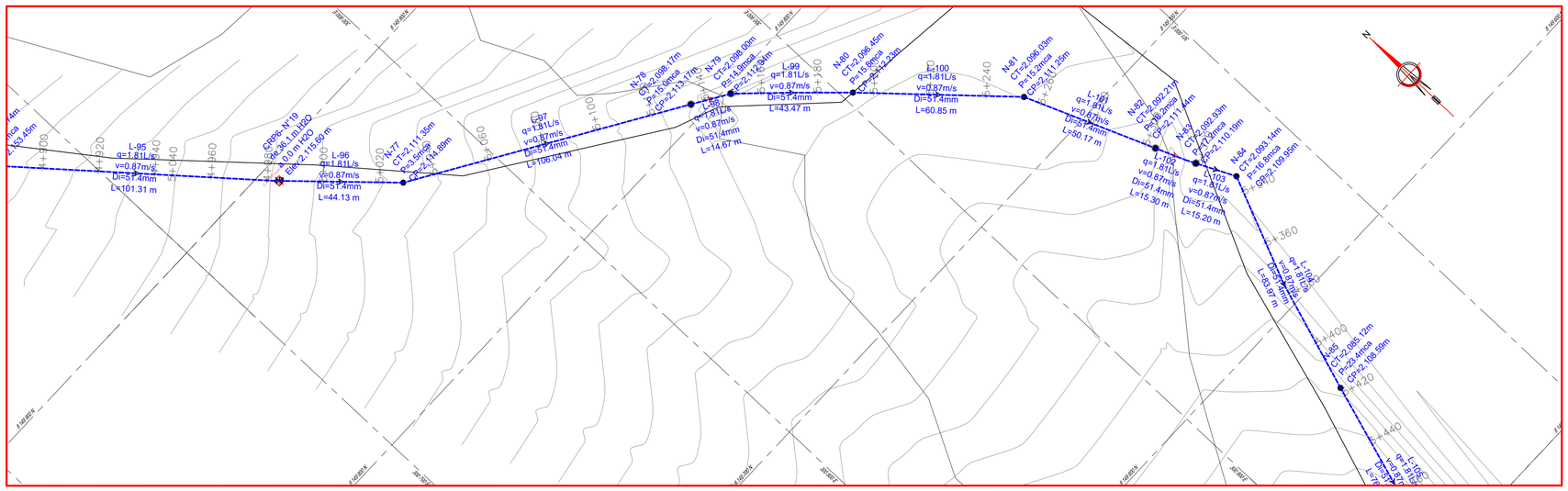
LINEA DE CONDUCCIÓN:CAPTACION A RE.EXISTENTE
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO
PROG. 2+000 HASTA PROG. 4+000

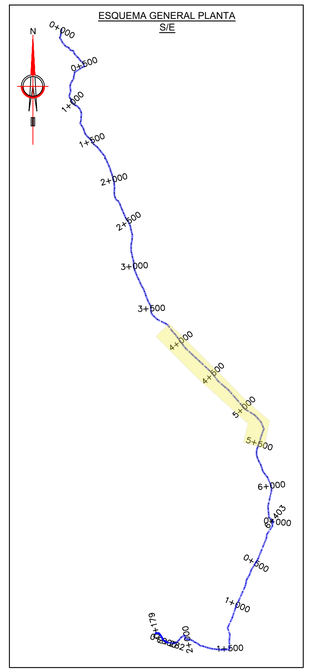
LAMINA N°: MH LC 02

ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL : ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040
AUTOCAD :
ESCALA : 1/1000
FECHA : ABRIL 2025
DISTRITO : QUINISTAQUILLAS
PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO
REGION : MOQUEGUA



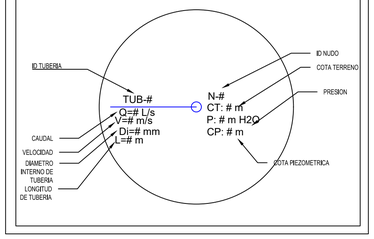






LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	

SIMBOLOGIA



DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS / CHIMPAPAMPA/ SANTA CRUZ			
PARÁMETRO	FÓRMULA	CANTIDAD	UNIDAD
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**1018**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		352	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	2.89	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**1018**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	1.178	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.215	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	1.393	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.811	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	2.786	lt/seg.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

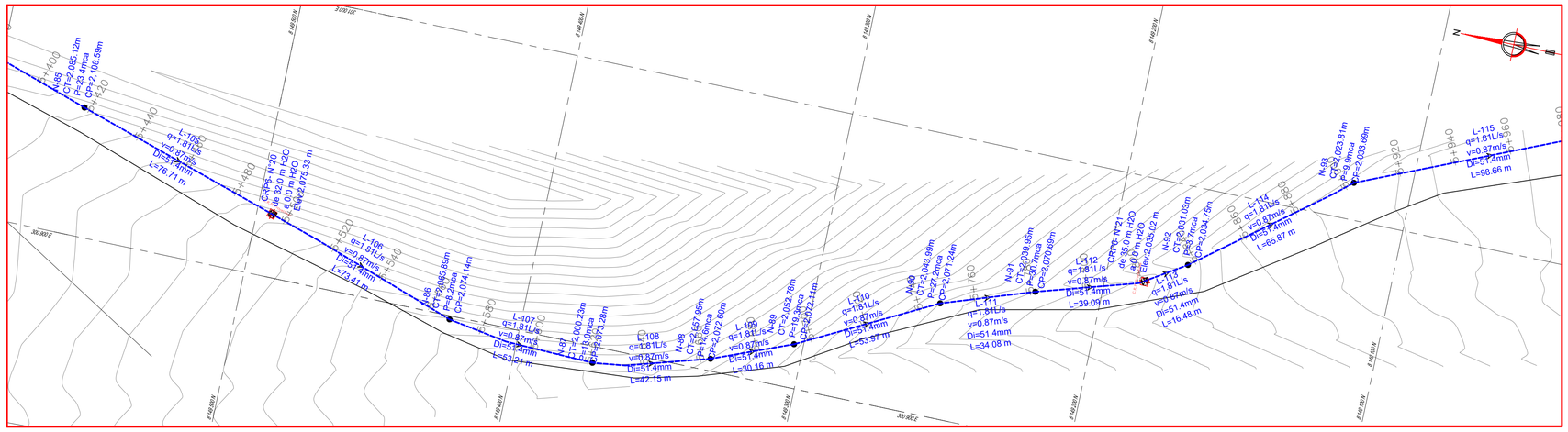
PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

PLANO : SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

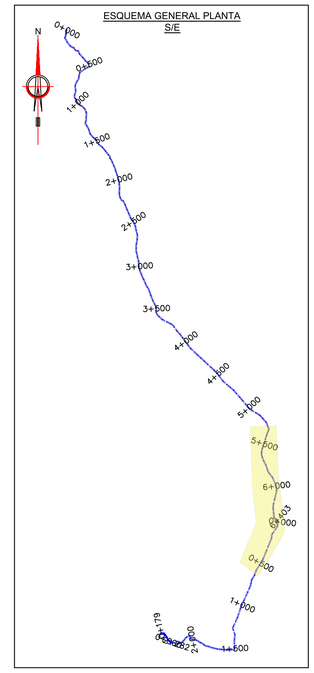
LINEA DE CONDUCCIÓN:CAPTACION A RE.EXISTENTE
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO
PROG. 4+000 HASTA PROG. 5+500

LAMINA N°: MH LC 03

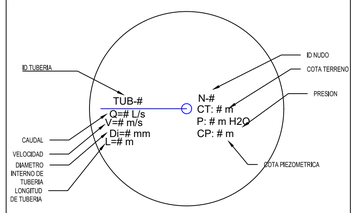
ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO	AUTOCAD :	DISTRITO : QUINISTAQUILLAS
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL : ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ	ESCALA : 1/1000	PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040	FECHA : ABRIL 2025	REGION : MOQUEGUA



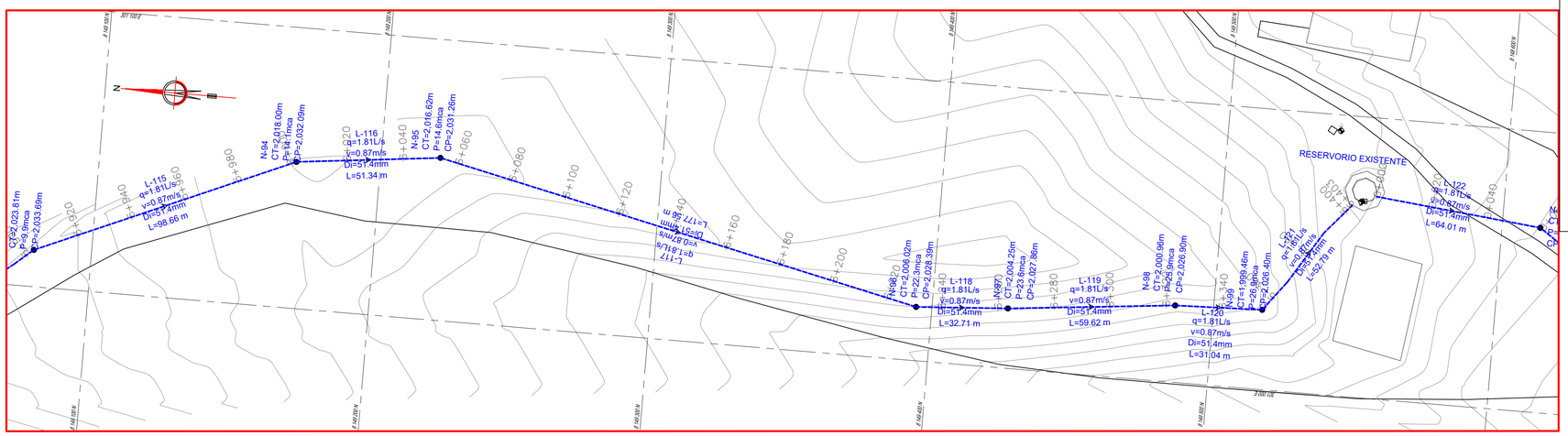
PLANTA
1:1000



SIMBOLOGIA



LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	



PLANTA
1:1000

DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS / CHIMPAPAMPA/ SANTA CRUZ			
PARÁMETRO	**FÓRMULA**	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**1018**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		352	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	2.89	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**1018**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	1.178	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.215	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	1.393	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.811	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	2.786	lt/seg.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

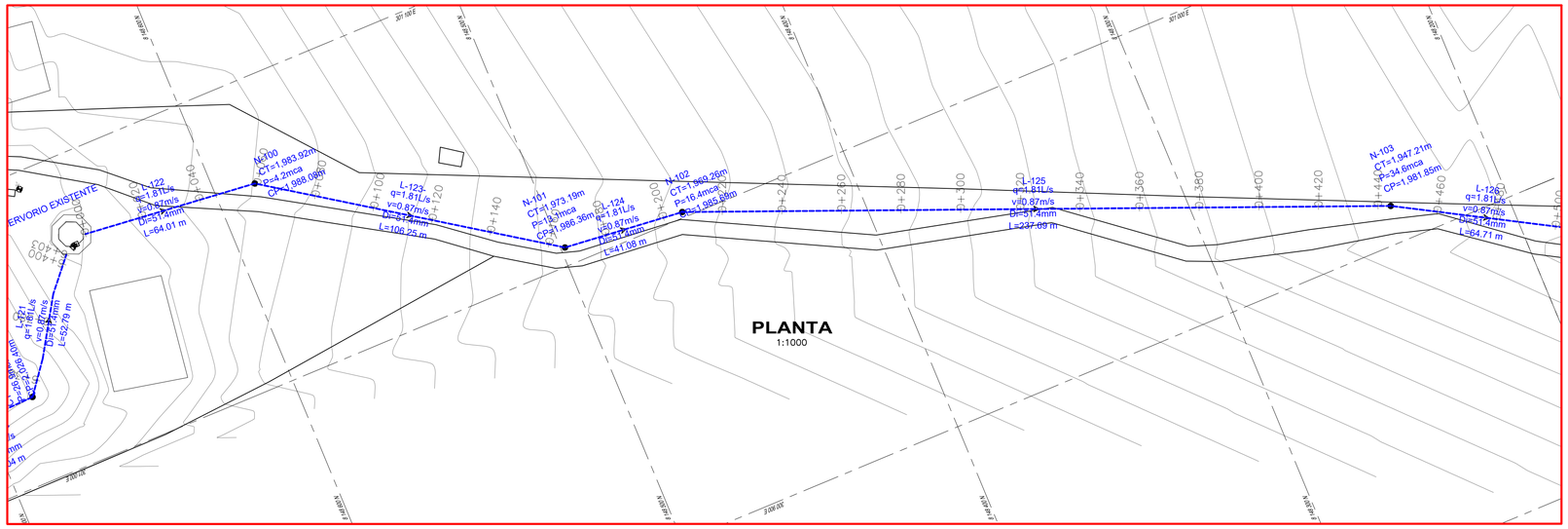
PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

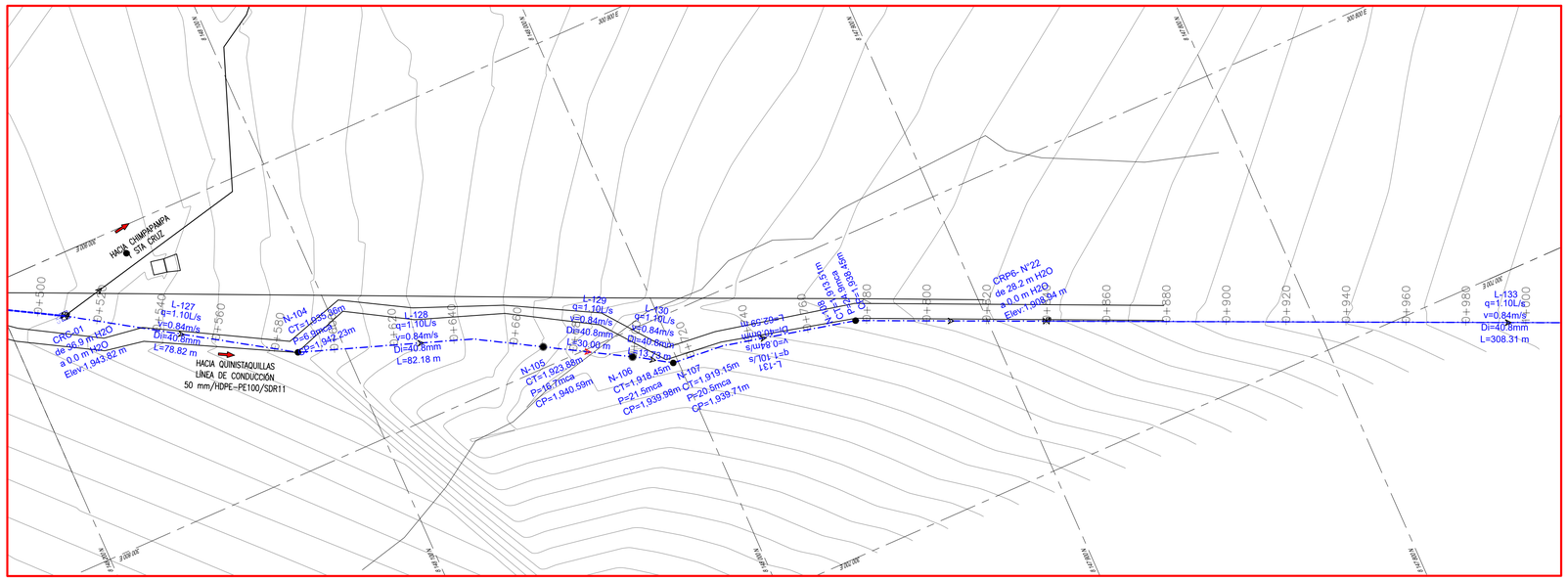
PLANO : SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

LINEA DE CONDUCCIÓN:CAPTACION A RE.EXISTENTE
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO
PROG. 5+500 HASTA PROG. 6+403

LAMINA N°: MH - LC - 04

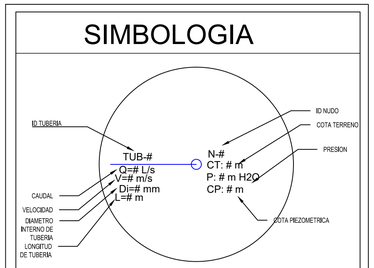
ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO	AUTOCAD :	DISTRITO : QUINISTAQUILLAS	
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL : ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ	ESCALA : 1/1000	PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO	
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040	FECHA : ABRIL 2025	REGION : MOQUEGUA	



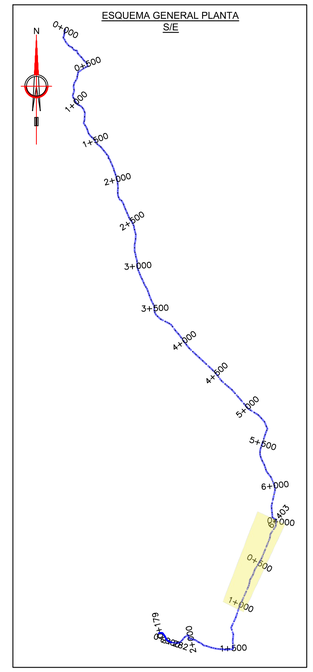


LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	

SIMBOLOGIA



ESQUEMA GENERAL PLANTA S/E



DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS / CHIMPAPAMPA/ SANTA CRUZ			
PARÁMETRO	FÓRMULA	CANTIDAD	UNIDAD
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**1018**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		352	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	2.89	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**1018**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	1.178	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.215	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	1.393	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.811	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	2.786	lt/seg.

DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS			
PARÁMETRO	FÓRMULA	CANTIDAD	UNIDAD
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**636**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		191	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	3.33	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**636**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	0.736	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.109	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	0.845	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.098	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	1.690	lt/seg.
E.-VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO CALCULADO (V)	V=25%*Qp	18.25	m3
VOLUMEN PROYECTADO DE RESERVORIO	Según el PNSR para un volumen calculado menor o igual a 20 m3, se selecciona una estructura de almacenamiento de 20 m3.	20	m3
DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - CHIMPAPAMPA, SANTA CRUZ			
A.-CAUDAL BASE			
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd=Qmd total- Qmd Quinis	=1.811-1.098 =0.713	lt/seg.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

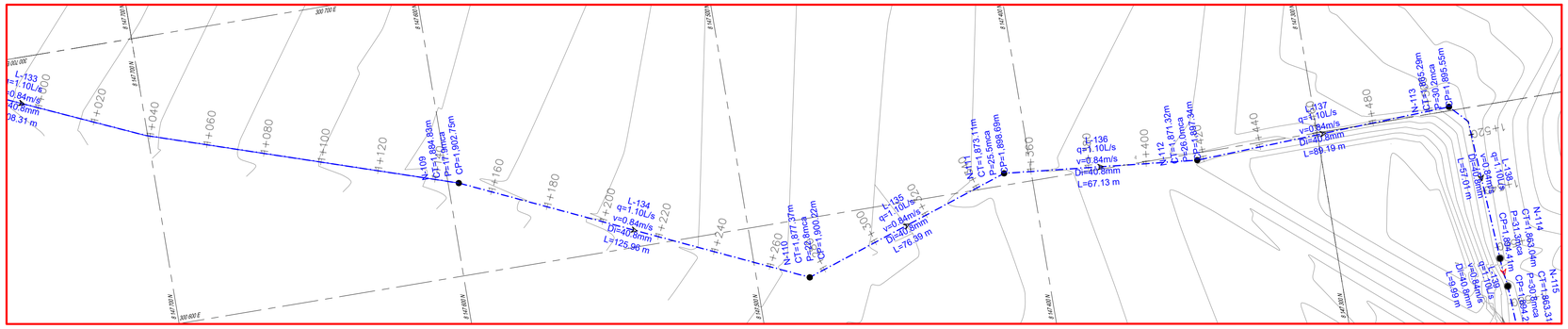
PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

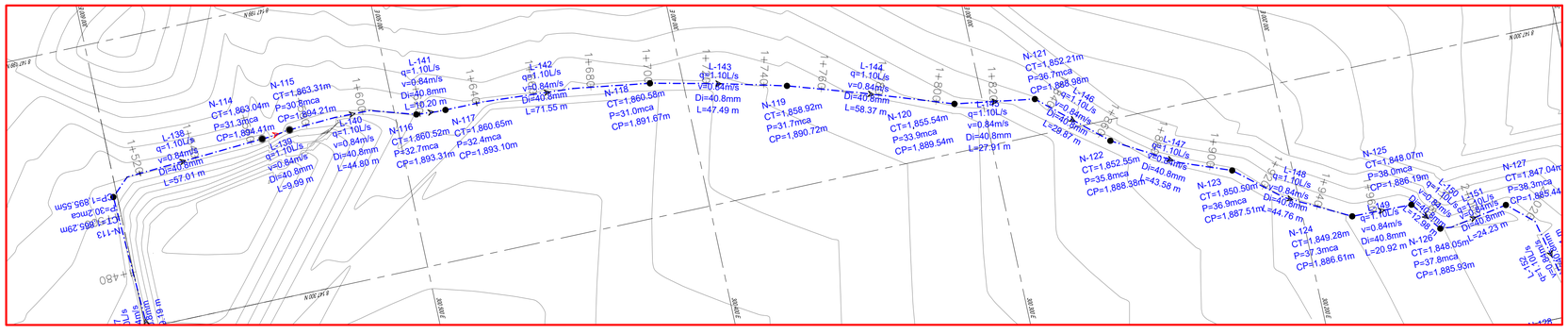
PLANO : SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

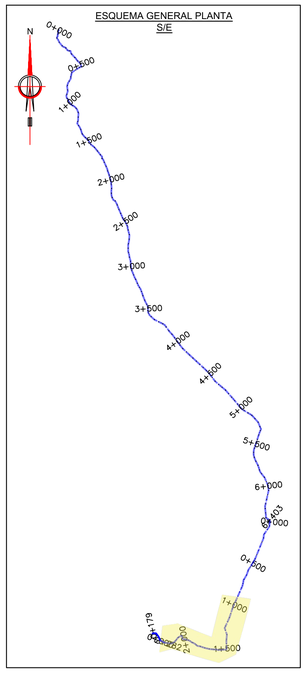
LINEA DE CONDUCCIÓN:RE.EXISTENTE A RE. PROYECTADO
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO
PROG. 0+000 HASTA PROG. 1+000

LAMINA N°: MH - LC - 03

ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL : ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040
AUTOCAD :
ESCALA : 1/1000
FECHA : ABRIL 2025
DISTRITO : QUINISTAQUILLAS
PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO
REGION : MOQUEGUA

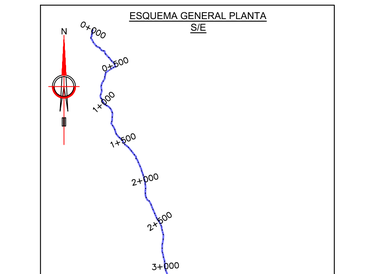






LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMBOLO
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	

DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS			
PARÁMETRO	**FÓRMULA**	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**636**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		191	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	3.33	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**636**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	0.736	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.109	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	0.845	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.098	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	1.690	lt/seg.
E.-VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO CALCULADO (V)	V=25%*Qp	18.25	m3
VOLUMEN PROYECTADO DE RESERVORIO	Según el PNSR para un volumen calculado menor o igual a 20 m3, se selecciona una estructura de almacenamiento de 20 m3.	20	m3
DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - CHIMPAPAMPA, SANTA CRUZ			
A.-CAUDAL BASE			
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd=Qmd total- Qmd Quinis	=1.811-1.098 =0.713	lt/seg.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

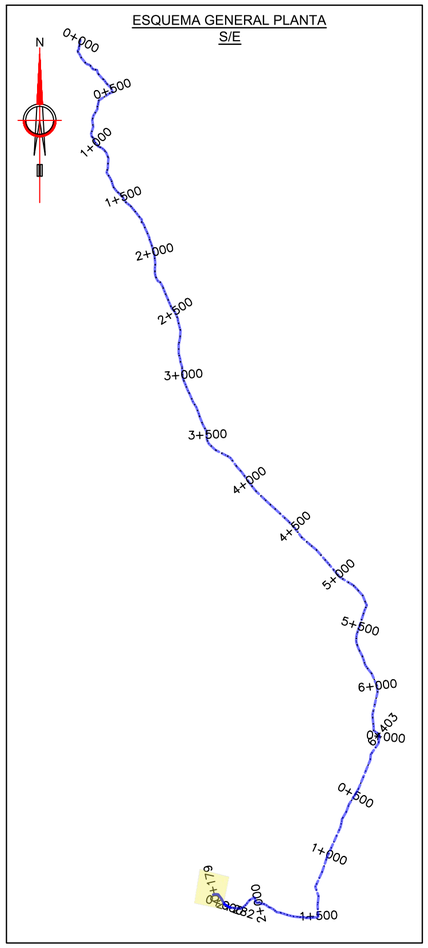
PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

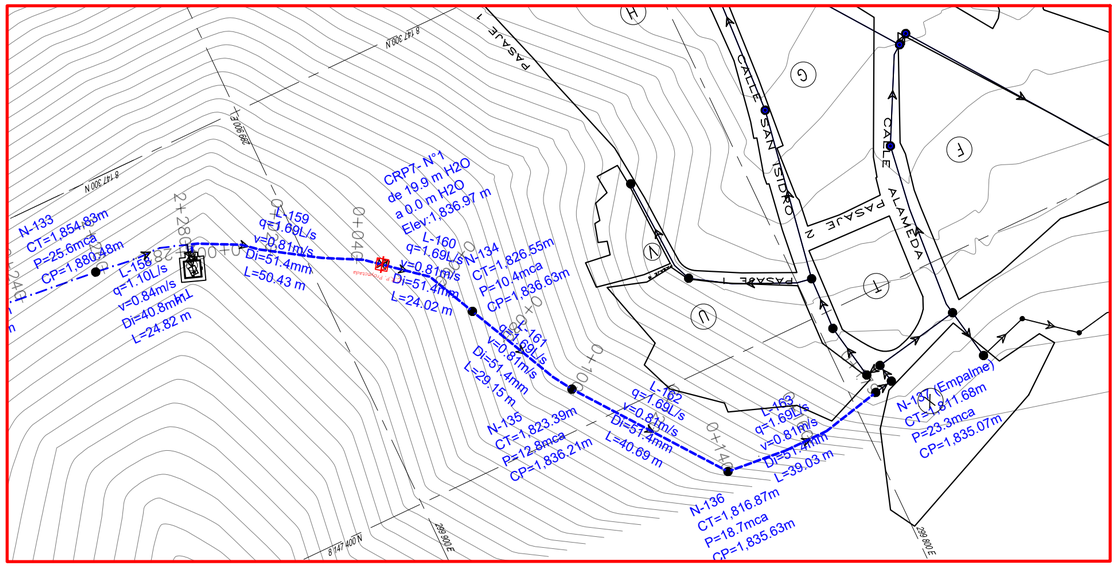
PLANO : SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

LINEA DE CONDUCCIÓN:RE.EXISTENTE A RE. PROYECTADO
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO
PROG. 1+000 HASTA PROG. 2+282

LAMINA N°: MH LC 06

ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO	AUTOCAD :	DISTRITO : QUINISTAQUILLAS
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL : ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ	ESCALA : 1/1000	PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040	FECHA : ABRIL 2025	REGION : MOQUEGUA

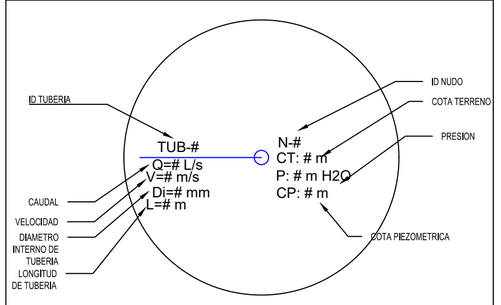




DEMANDA CAPTACION - AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS			
PARÁMETRO	**FÓRMULA**	**CANTIDAD**	**UNIDAD**
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**636**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		191	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	3.33	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**636**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	0.736	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.109	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	0.845	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.098	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	1.690	lt/seg.
E.-VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO CALCULADO (V)	V=25%*Qp	18.25	m3
VOLUMEN PROYECTADO DE RESERVORIO	Según el PNSR para un volumen calculado menor o igual a 20 m3, se selecciona una estructura de almacenamiento de 20 m3.	20	m3

LEYENDA	
DESCRIPCION	**SIMBOLO**
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	

SIMBOLOGIA



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

PLANO :
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
LINEA DE ADUCCIÓN:RE.PROYECTADO A REDES DE DISTRIBUCION
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO
PROG. 0+000 HASTA PROG. 0+179

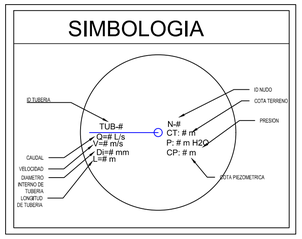
LAMINA N°:
MH LA 01

ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO	AUTOCAD :	DISTRITO : QUINISTAQUILLAS
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL: ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ	ESCALA : 1/1000	PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040	FECHA : ABRIL 2025	REGION : MOQUEGUA

Anexo 7: Plano de modelamiento hidráulico de las redes de distribución

PARÁMETRO	FÓRMULA	CANTIDAD	UNIDAD
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**636**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		191	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	3.33	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**636**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	0.736	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.109	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	0.845	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.098	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	1.690	lt/seg.
D.-CAUDAL - ALCANTARILLADO			
COEFICIENTE DE APORTE (C)		80	%
CAUDAL CONTRIBUCIÓN PROM. DE ALCANTARILLADO (Qc)	Qc = 0.8 * Qp	0.676	lt/seg.
CAUDAL MAX. HORARIO DE CONTRIBUCION (Qmc)	Qch = 0.8 * Qmh	1.352	lt/seg.
E.-VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO CALCULADO (V)	V=25%*Qp	18.25	m3
VOLUMEN PROYECTADO DE RESERVORIO	Según el PNSR para un volumen calculado menor o igual a 20 m3 y mayor a 15m3, se selecciona una estructura de almacenamiento de 20 m3.	20	m3

LEYENDA	
DESCRIPCION	**SIMBOLO**
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 63 mm	
TUBERIA HDPE PROYECTADA DN 50 mm	
CURVAS DE NIVEL MAYORES	
CURVAS DE NIVEL MENORES	
CAPTACION DE LADERA PROYECTADA	
CAMARA ROMPE PRESION PROYECTADA	
CAMARA REPARTIDORA DE CAUDALES PROYECTADA	



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

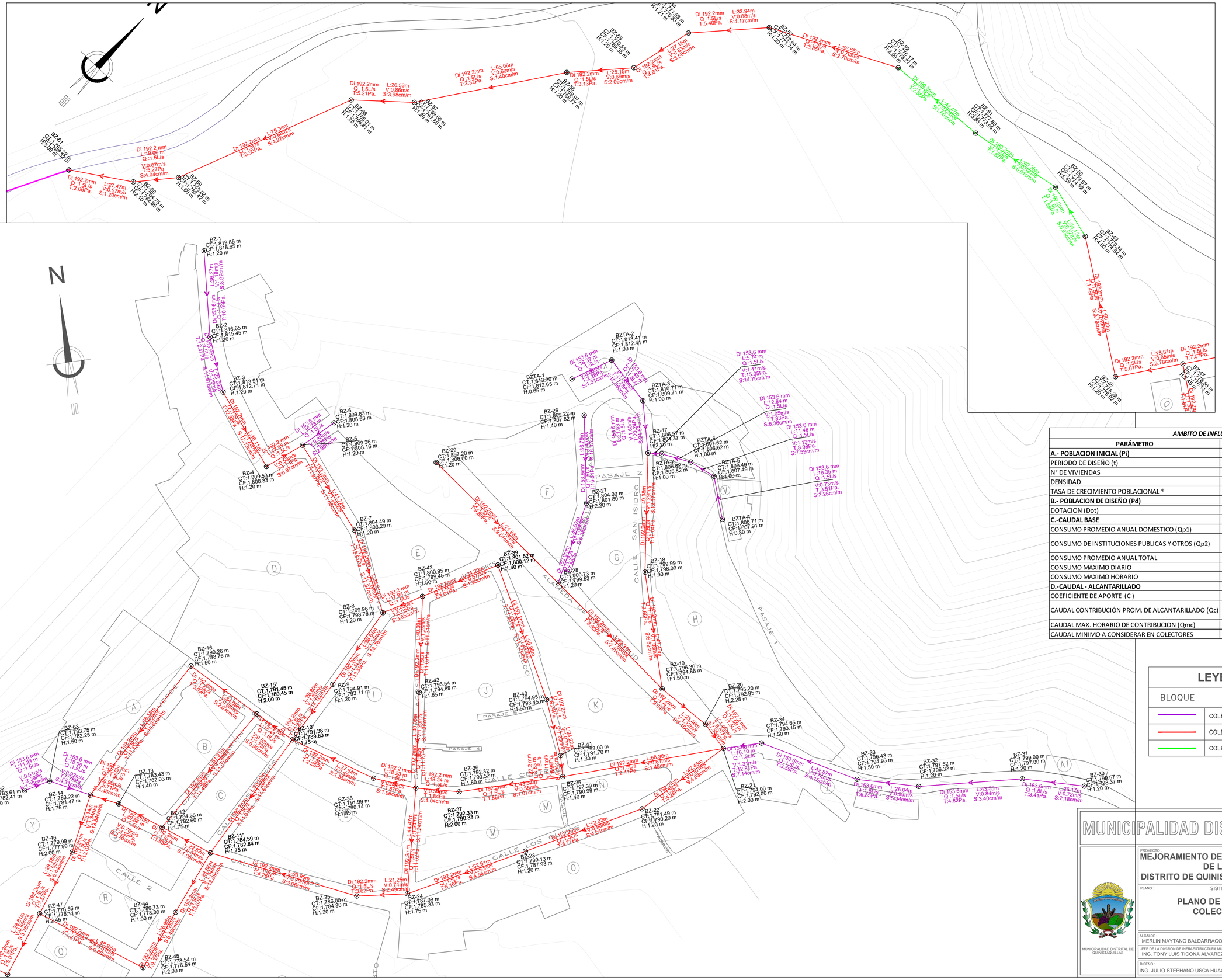
PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

PLANO :
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PLANO DE MODELAMIENTO HIDRAULICO DE REDES PROYECTADAS DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

LAMINA N°: MH RD 01

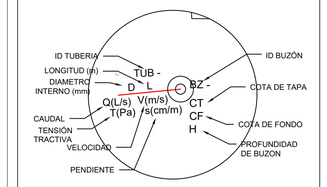
ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO	AUTOCAD : QUISPITUPAC	DISTRITO : QUINISTAQUILLAS	
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL: ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ	ESCALA : 1/1000	PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO	
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040	FECHA : OCT 2024	REGION : MOQUEGUA	

Anexo 8: Plano de modelamiento hidráulico de las redes de alcantarillado



SIMBOLOGIA

	BUZON PROYECTADO
	BUZON DE EMPALME
	TUBERIA PROYECTADA



AMBITO DE INFLUENCIA - QUINISTAQUILLAS

PARÁMETRO	FÓRMULA	CANTIDAD	UNIDAD
A.- POBLACION INICIAL (Pi)		**636**	**Hab.**
PERIODO DE DISEÑO (t)		20	Años
N° DE VIVIENDAS		191	
DENSIDAD	(d)=(Pi)/(Viv)	3.33	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL ®		0	%
B.- POBLACION DE DISEÑO (Pd)	Pd=Pi*(1+(r*t)/100)	**636**	**Hab.**
DOTACION (Dot)		100	lt/hab./día
C.-CAUDAL BASE			
CONSUMO PROMEDIO ANUAL DOMESTICO (Qp1)	Qp1=(Pd x Dot)/86400	0.736	lt/seg.
CONSUMO DE INSTITUCIONES PUBLICAS Y OTROS (Qp2)	Ver tabla 5	0.109	lt/seg.
CONSUMO PROMEDIO ANUAL TOTAL	Qp=Qp1+Qp2	0.845	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO DIARIO	Qmd = 1.30 * Qp	1.098	lt/seg.
CONSUMO MAXIMO HORARIO	Qmh = 2.00 * Qp	1.690	lt/seg.
D.-CAUDAL - ALCANTARILLADO			
COEFICIENTE DE APORTE (C)		80	%
CAUDAL CONTRIBUCIÓN PROM. DE ALCANTARILLADO (Qc)	Qc = 0.8 * Qp	0.676	lt/seg.
CAUDAL MAX. HORARIO DE CONTRIBUCION (Qmc)	Qch = 0.8 * Qmh	1.352	lt/seg.
CAUDAL MINIMO A CONSIDERAR EN COLECTORES	SEGÚN RNE OS 0.70	1.500	lt/seg.

LEYENDA ALCANTARILLADO

BLOQUE	DESCRIPCION
	COLECTOR PROYECTADO 160mm PVC–UF S–25 ISO 4435
	COLECTOR PROYECTADO 200mm PVC–UF S–25 ISO 4435
	COLECTOR PROYECTADO 200mm PVC–UF S–20 ISO 4435

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUINISTAQUILLAS

PROYECTO :
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE QUINISTAQUILLAS, DISTRITO DE QUINISTAQUILLAS - GRAL SANCHEZ CERRO - MOQUEGUA

PLANO : SISTEMA DE SANEAMIENTO

PLANO DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE COLECTORES DE ALCANTARILLADO

LAMINA N°: MH ALC 1

ALCALDE : MERLIN MAYTANO BALDARRAGO	AUTOCAD : C.QUISPITUPAC	DISTRITO : QUINISTAQUILLAS
JEFE DE LA DIVISION DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL: ING. TONY LUIS TICONA ALVAREZ	ESCALA : 1/750	PROVINCIA : GRAL. SANCHEZ CERRO
DISEÑO : ING. JULIO STEPHANO USCA HUACASI. CIP 334040	FECHA : OCT 2024	REGION : MOQUEGUA