

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE DOCENCIA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO DE DISEÑO PARA LA CREACIÓN DE
UN NUEVO TRAMO DE ACUEDUCTO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL
DEL SISTEMA CON EL OBJETIVO DE REALIZAR PROPUESTAS DE MEJORAS PARA
EL ACUEDUCTO UBICADO EN PÉNJAMO DE FLORENCIA.

LEONARDO CORELLA BLANCO

CARTAGO, 2020

ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO DE DISEÑO PARA LA CREACIÓN DE
UN NUEVO TRAMO DE ACUEDUCTO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL
DEL SISTEMA CON EL OBJETIVO DE REALIZAR PROPUESTAS DE MEJORAS PARA
EL ACUEDUCTO UBICADO EN PÉNJAMO DE FLORENCIA.

Leonardo Corella Blanco

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la
Escuela de Ingeniería Agrícola como requisito parcial para
optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola

Ing. Fernando Watson Hernández

Asesor de proyecto

Ing. Isabel Guzmán Arias

Directora de Escuela

Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2020

DEDICATORIA

*A mi familia, gracias a ellos por forjar
a la persona que soy hoy en día. Soy lo
que me enseñaron mis padres.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar para agradecer a cada una de las personas que a lo largo de este proceso fueron parte de mi vida y estuvieron involucradas de manera directa en ella y no solamente del proceso universitario sino en toda mi vida.

Primeramente, agradecer a Dios por guiarme en cada paso y decisión de mi vida, nunca me dejó solo en este proceso, también agradecer a las oraciones de mi madre que siempre estuvieron presentes en todo momento de angustia como de alegría.

Mi familia fue mi apoyo incondicional, el agradecimiento es infinito, a mi padre Carlos Corella, mi madre Marlen Blanco, a ellos les debo la persona que hoy en día soy. Mis hermanos Nela, Tatiana y Alejandro, que estuvieron siempre presentes y me brindaron el más sincero apoyo.

A mis amigos de toda la vida quiero agradecerles enormemente por su apoyo incondicional, esas personas que se convirtieron en hermanas y hermanos. Aquellos a los que llevo casi toda una vida de conocer y siempre están en las buenas y las malas. Un agradecimiento especial a las tres mujeres más increíbles que conozco, Diana, Gloriana y Valery, según el orden en que llegaron a mi vida, ocupan un espacio importante en ella.

El proceso universitario fue una etapa increíble, agradezco a Dios por las personas que puso en mi camino. Desde el minuto uno, encontré personas que hoy en día puedo llamar familia. Quiero hacer un agradecimiento especial a la familia Estrada Porras, sin ellos mi experiencia universitaria hubiese sido completamente distinta y gracias a ellos el lugar donde viví lo pude llamar hogar.

Quiero agradecer enormemente a la ASADA de Pénjamo de Florencia, por toda su disposición para ayudar en lo que se requería, a su junta directiva que apoyó la propuesta desde sus inicios. Un especial agradecimiento al Fontanero Luigi, por todo su tiempo y paciencia en todo el año que compartí con la ASADA realizando este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN	17
2.	ABSTRACT.....	19
3.	INTRODUCCIÓN.....	21
4.	OBJETIVOS.....	23
5.	REVISIÓN DE LITERATURA	25
5.1	Redes de distribución.....	26
5.1.1	Esquemas de una red.....	27
5.1.2	Componentes de una red de distribución.....	27
5.1.3	Periodo de diseño.....	33
5.2	Criterios básicos de diseño.....	34
5.2.1	Población de diseño.....	34
5.3	Estimación de la población.....	34
5.3.1	Crecimiento geométrico.....	34
5.3.2	Usos del agua. (Dotaciones)	34
5.3.3	Consumo de agua neto.....	35
5.4	Caudal de diseño.....	35
5.4.1	Caudal medio diario.....	35
5.4.2	Caudal máximo diario.....	35
5.4.3	Consumo máximo horario.....	36
5.4.4	Coeficientes de consumo del caudal máximo horario.....	36
5.4.5	Caudal de incendio.....	36
5.4.6	Caudal de diseño.....	36
5.5	Diseño de obras.....	36

5.5.1	Toma.....	36
5.5.2	Tuberías de conducción.....	37
5.6	Modelación Hidráulica.....	37
5.6.1	Red de tubería en régimen permanente (análisis estático).....	39
5.6.2	Red de tubería en régimen no permanente (análisis dinámico).	39
5.7	Viabilidad ambiental, social y económica del proyecto.....	39
5.7.1	Impacto social.....	39
5.7.2	Impacto ambiental.....	40
5.7.3	Análisis económico.....	41
6.	METODOLOGÍA.....	43
6.1	Herramientas y recursos utilizados.	45
6.2	FASE I: Recopilación de datos.	45
6.2.1	Visita inicial y toma de datos.....	45
6.2.2	Datos topográficos y levantamiento de la nueva sección.	46
6.2.3	Registro de acometidas domiciliarias actuales.	48
6.2.4	Prueba hidrostática en tanque.	48
6.3	FASE II Evaluación hídrica del sistema.	50
6.3.1	Cálculo de la población de diseño.	50
6.3.2	Consumo neto.	51
6.3.3	Consumo bruto.....	51
6.3.4	Caudal medio diario. (Qmd).....	52
6.3.5	Caudal máximo diario. (QMD).....	52
6.3.6	Caudal máximo horario. (QMH).....	53
6.3.7	Caudal de incendio.....	53

6.3.8	Caudal de diseño.....	53
6.4	FASE III: Análisis Hidráulico del sistema.....	54
6.4.1	Análisis de resultados.....	54
6.4.1.1	Modelación de la red en periodo extendido (EPS).....	55
6.4.1.2	Asignación de demandas a las tomas.....	55
6.4.2	Posibles alternativas.....	55
6.4.3	Dimensionamiento para nuevo tramo.....	56
6.4.4	Captación de un manantial de fondo y concentrado.....	56
6.4.5	Dimensionamiento de la tubería de conducción.....	58
6.5	FASE IV. Estudios del proyecto.....	59
6.5.1	Análisis social.....	59
6.5.2	Análisis ambiental.....	59
6.5.3	Análisis económico.....	60
7.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	61
7.1	FASE I: Recopilación de datos.....	62
7.1.1	Ubicación física y en el tiempo del proyecto.....	62
7.1.2	Descripción del sistema.....	62
7.1.3	Prueba de niveles o curva de masas del tanque.....	66
7.2	FASE II: Evaluación hídrica del sistema.....	68
7.2.1	Aforos.....	68
7.2.2	Registro de acometidas.....	69
7.2.3	Población de diseño.....	71
7.2.4	Determinación de consumo de agua.....	73
7.2.4.1	Dotación.....	73

7.2.4.2	Caudal de diseño	74
7.2.4.3	Balance hídrico.....	77
7.3	FASE III: Análisis hidráulico del sistema. (Modelación).....	79
7.3.1	Cálculo del volumen de almacenamiento	82
7.3.2	Diseño del tanque de almacenamiento Riggioni.....	83
7.3.3	Balance hídrico	83
7.3.4	Diseño del nuevo tramo de acueducto.	84
7.3.5	Diámetro de la tubería.....	86
7.3.6	Dimensionamiento de la captación de la naciente Fofo.....	87
7.3.7	Modelación hidráulica.	88
7.3.7.1	Situación hidráulica actual del acueducto.	88
7.3.7.2	I Propuesta de mejora.....	96
7.3.7.3	II Propuesta de mejora.	101
7.4	FASE IV: Estudios del proyecto.	104
7.4.1	Análisis Social.	104
7.4.2	Análisis Ambiental.	114
7.4.3	Análisis Económico.	115
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
8.1	Conclusiones.	120
8.2	Recomendaciones.....	122
9.	BIBLIOGRAFÍA	124
10.	ANEXOS	130
10.1	Servicios equivalentes según la norma técnica de diseño del AyA.	131
	Fuente: AyA, 2017.....	131

10.2	Factores de consumo obtenidos del comportamiento del tanque en prueba de 24 horas y el comportamiento del consumo promedio horario (CPH).	132
10.3	Plano de captación de la naciente Fofó.....	133
10.4	Plano tanque almacenamiento Riggioni.	134
10.5	Rango de alturas del acueducto.	135
10.6	Diámetros de tubería utilizados actualmente.	136
10.7	Rango de presiones obtenida para la situación actual.....	137
10.8	Velocidades obtenidas para la situación actual.....	138
10.9	Rango de presiones obtenida para la propuesta de mejora 1.	139
10.10	Comportamiento hidráulico en las acometidas para el factor máximo (11:00am). 140	
10.11	Comportamiento hidráulico en las acometidas para el factor mínimo (3:00 am). 152	
10.12	Velocidades obtenidas para la propuesta de mejora 1.	165
10.13	Diámetros para la propuesta de mejora 2.....	166
10.14	Velocidades obtenidas para la propuesta de mejora 2.	167
10.15	Rango de presiones obtenida para la propuesta de mejora 2.	168
10.16	Encuesta realiza para el análisis de impacto social del proyecto.....	169
10.17	Desglose de costos de materiales para la construcción de la toma de naciente Fofó. 171	
10.18	Desglose de costos de materiales para la implementación de la propuesta I....	172
10.19	Desglose de costos de materiales para la implementación de la propuesta II. .	172
10.20	Desglose de costos de materiales y mano de obra para la implementación del tanque de almacenamiento de 100 m ³	173
10.21	Actualización de planos de la red (vista general del proyecto).	175

10.22	Actualización de planos de la red (Tramo I).....	176
10.23	Actualización de planos de la red (Tramo II).	177
10.24	Actualización de planos de la red (Tramo III).	178
10.25	Actualización de planos de la red (Tramo IV).....	179
10.26	Levantamiento realizado para la confección de los planos y trazado de la red en Civil 3D.....	180

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Volumen de almacenamiento contra incendio según número de habitantes.....	31
Cuadro 2. Aforos para la naciente Riggioni principal y las complementarias.....	68
Cuadro 3. Aforos para la naciente Maroto principal y su complementaria.	69
Cuadro 4. Aforos a la entrada del tanque y sistema auxiliar del pozo.....	69
Cuadro 5. Servicios equivalentes para la estimación del número de acometidas domiciliars para el sistema A.....	71
Cuadro 6. Servicios equivalentes para la estimación del número de acometidas domiciliars para el sistema B.....	72
Cuadro 7. Estimación de la población a 25 años para el sistema A.	72
Cuadro 8. Estimación de la población a 25 años para el sistema B.....	73
Cuadro 9. Cálculo de dotación mensual para el pueblo de Pénjamo de Florencia.	73
Cuadro 10. Cálculo de caudales para la comunidad de Pénjamo de Florencia para el sistema A.	74
Cuadro 11. Cálculo de caudales para la comunidad de Pénjamo de Florencia para el sistema B.	75
Cuadro 12. Proyección de almacenamiento para el acueducto de Pénjamo para el sistema A.	76
Cuadro 13. Proyección de almacenamiento para el acueducto de Pénjamo para el sistema B.	76
Cuadro 14. Balance hídrico para el sistema A, con aforos del mes de agosto 2019.	77
Cuadro 15. Balance hídrico para el sistema B, con aforos del mes de agosto 2019.....	78
Cuadro 16. Caudales para las nacientes ubicadas en Pénjamo de Florencia según el mes de aforo.	80
Cuadro 17. Estimación de la población a 25 años para el acueducto de Pénjamo de Florencia.	80
Cuadro 18. Cálculo de caudales para la comunidad de Pénjamo de Florencia.	81
Cuadro 19. Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento para la naciente Riggioni. ...	82
Cuadro 20. Balance hídrico para el acueducto de Pénjamo de Florencia incluyendo las mejoras.	84
Cuadro 21. Características del nuevo tramo de acueducto.	86

Cuadro 22. Análisis de presiones en tuberías para la condición actual del acueducto.	92
Cuadro 23. Análisis de presiones en tuberías para la primera propuesta de mejora.	98
Cuadro 24. Impactos estimados con la implementación del proyecto planteado para el acueducto de Pénjamo.	114
Cuadro 25. Análisis económico para las propuestas de mejora.	115
Cuadro 26. Egresos estimados para la ASADA de Pénjamo de Florencia.	117
Cuadro 27. Estimación de ingresos para la ASADA de Pénjamo de Florencia.	118
Cuadro 28. Balance económico para las propuestas.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema general de un sistema de acueducto.....	26
Figura 2	Sistema de captación de manantial/naciente por gravedad. Fuente: Bruni, 2018	28
Figura 3.	Ejemplo de curva de variación horaria.....	30
Figura 4.	Esquema de un tanque quiebra gradiente. Fuente: Torres, 2008.....	33
Figura 5.	Diseño de una captación para un manantial de ladera y concentrado. Fuente: Agüero, 2004	37
Figura 6.	Fases para culminar el proyecto	44
Figura 7.	Forma de trabajo de la estación GNSS.....	47
Figura 8.	Prueba de niveles en tanque Maroto.....	49
Figura 9	Canastilla de salida. Fuente: Agüero, 2004.....	57
Figura 10.	Mapa de la zona de estudio.	62
Figura 11.	Acueducto de Pénjamo de Florencia.	63
Figura 12.	Sistema secundario del pozo y tanque de almacenamiento.....	64
Figura 13.	Tanque de almacenamiento Maroto y sistema del pozo.....	65
Figura 14.	Casas de habitación abastecidas por el sistema del pozo.	66
Figura 15.	Niveles de agua del tanque principal Maroto.....	67
Figura 16.	Consumo máximo horario para la población abastecida por la naciente Maroto. .	67
Figura 17.	Sistema actual del acueducto de Pénjamo de Florencia con sus respectivas acometidas.	70
Figura 18.	Balance hídrico para la ASADA de Pénjamo para el sistema A.....	78
Figura 19.	Balance hídrico para la ASADA de Pénjamo para el sistema B.	79
Figura 20.	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento Riggioni.	83
Figura 21.	Opción de trazado C-1 para incorporar el agua de la naciente Fofó al sistema.	85
Figura 22.	Opción de trazado C-2 para incorporar el agua de la naciente Fofó al sistema.	86
Figura 23.	Dimensiones de cámara de captación de la naciente Fofó.	87
Figura 24.	Rango de alturas de todos los nodos del sistema.....	89
Figura 25.	Rango de diámetros de tubería para la situación actual.	90

Figura 26. Rango de presiones obtenidas en tubería para la situación actual del acueducto de Pénjamo.	91
Figura 27. Tramo sobre presionado y de baja presión respectivamente.	92
Figura 28. Rango de velocidades obtenidas en tubería para la situación actual del acueducto de Pénjamo.	93
Figura 29. Nodo crítico del acueducto.....	94
Figura 30. Comportamiento de la presión y demanda del nodo crítico en un periodo de 24 horas.	95
Figura 31. Ubicación de los hidrantes en el acueducto de Pénjamo de Florencia.	96
Figura 32. Rango de presiones obtenidas en tubería para la propuesta de mejora I.	97
Figura 33. Sección en sobre presión para el factor de consumo mínimo.	98
Figura 34. Rango de velocidades obtenidas en tubería para la propuesta de mejora I.	99
Figura 35. Tubería prevista incluida en el análisis de la propuesta de mejora I.	100
Figura 36. Sectores para el acueducto de Pénjamo de Florencia.	101
Figura 37. Distribución de diámetros para la propuesta de mejora II.....	102
Figura 38. Velocidades obtenidas en tubería para la propuesta de mejora II.	103
Figura 39. Rango de presiones obtenidas en tubería para la propuesta de mejora II.....	104
Figura 40. Pregunta 1. Satisfacción de los entrevistados respecto al caudal de llegada a la vivienda.....	105
Figura 41. Pregunta 1. Satisfacción de los entrevistados, respecto la presión del agua en la vivienda.....	105
Figura 42. Pregunta 1. Satisfacción del entrevistado respecto la duración de la ASADA para atender reparaciones.	106
Figura 43. Pregunta 1. Satisfacción de los entrevistados respecto al mantenimiento del acueducto por parte de la ASADA.	107
Figura 44. Pregunta 1. Satisfacción del entrevistado respecto la tarifa del servicio.....	107
Figura 45. Pregunta 2. Análisis sobre si los usuarios entrevistados han sufrido cortes de agua.	108
Figura 46. Pregunta 3. Frecuencia de las interrupciones de agua.....	109

Figura 47. Pregunta 4. Conocimiento de la población referente a la imposibilidad de la ASADA de brindar nuevos servicios.....	109
Figura 48. Pregunta 5. Problema social de imposibilidad de asentamiento en la zona.	110
Figura 49. Pregunta 7. Momento del día donde se consume más agua.	111
Figura 50. Pregunta 8. Llegada de agua sucia a las casas.....	112
Figura 51. Pregunta 8. Presencia de mal olor en el agua.	112
Figura 52. Pregunta 8. Flujo discontinuo en la tubería.....	113
Figura 53. Pregunta 8. Presencia de algún sabor anormal en el agua.....	114

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANC	Agua no controlada (agua no contabilizada)
ASADA	Asociación administradora de los sistemas de acueductos y alcantarillados comunal
AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
CMS	Consumo mensual por servicio
CRTM05	Costa Rica Transversal de Mercator 2005 (sistema de coordenadas)
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
l/p/d	Litros por persona por día
l/s	Litros por segundo
m.c.a.	Metros columna de agua
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINSA	Ministerio de Salud
NDPAAP	Normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable
PVC	Policloruro de vinilo
SIG	Sistemas de Información Geográfica

1. RESUMEN

El presente proyecto se realizó en el acueducto rural de la comunidad de Pénjamo en Florencia de San Carlos, Alajuela. Se realizó una evaluación del sistema, el diseño de un nuevo trayecto de 408 metros de tubería y el diseño de un tanque de almacenamiento de 100 m³. El acueducto de la comunidad de Pénjamo consiste en una red de aproximadamente 15,60 km lineales de tubería y cuenta con 394 abonados para el año 2019.

Se logra determinar para el acueducto, un déficit hídrico cercano a los 2 l/s para el año 2019, como también problemas de sobrepresión en tramos por debajo de los 240,00 m.s.n.m. El volumen de almacenamiento actual de 150 m³ no es el adecuado para abastecer la población futura estimada a 25 años, ya que se requiere de la implementación de otro tanque de 100 m³ que debe ser ubicado a una altura de 297,00 m.s.n.m en el sector de la tubería principal de la naciente Riggioni.

Las propuestas de mejora son en sentido de regular presiones y balancear el sistema para que trabaje de manera unificada, permitiendo que el agua fluya un sentido u otro según la demanda de la población. La primera propuesta contempla la utilización de los diámetros actuales con la instalación de válvulas reguladoras de presión, la segunda propuesta incluye la modificación de los diámetros que no cumplan con el requisito mínimo estipulado por la norma técnica de diseño y de igual manera la colocación de válvulas reguladoras de presión.

Palabras clave: Redes de abastecimiento, acueducto, ASADA, red, conducción, tanque de almacenamiento.

2. ABSTRACT

This project was carried out in the rural aqueduct of the community of Penjamo in Florencia of San Carlos, Alajuela. An evaluation of the system, the design of a new path of 408 meters of pipe and the design of a storage tank of 100 m³ was carried out. The aqueduct of the community of Pénjamo consists of a network of approximately 15,60 km of linear pipe and has 394 subscribers for the year 2019.

It is possible to determine for the aqueduct, a water deficit close to 2 l/s for the year 2019, as well as problems of overpressure in sections below 240,00 m.a.s.l. The current storage volume of 150 m³ is not adequate to supply the future population estimated at 25 years, since it requires the implementation of another 100 m³ tank that must be located at a height of 297 meters in the sector of the main pipe of the nascent Riggioni.

The proposals for improvement are in the sense of regular pressures and balance the system so that it works in a unified manner, which affects water to flow in one direction or another according to the demand of the population. The first proposal contemplates the use of the current parameters with the installation of pressure regulating valves, the second proposal includes the modification of the parameters that do not meet the minimum requirement stipulated by the technical design standard and in the same way the placement of valves pressure regulators.

Keywords: Supply networks, aqueduct, ASADA, network, driving, storage tank.

3. INTRODUCCIÓN.

Costa Rica ha presentado problemas importantes referentes al tema del funcionamiento de sistemas de abastecimiento de agua potable, debido principalmente a la falta de inversión en infraestructura, mantenimiento y mejoras por parte de las instituciones responsables (Bejarano, 2013).

El país ya está experimentando los efectos del cambio climático que repercutirán enormemente en la disponibilidad del agua potable, donde se espera una reducción cercana al 15% en las precipitaciones para el 2020, debido a esta proyección, es importante que las ASADAS cuenten con sistemas eficientes de suministro de agua potable y que se disminuya el agua no contabilizada (AyA, Norma técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial”, 2017).

Uno de los puntos débiles en la administración del agua es el alto nivel de agua no contabilizada, se estima que cerca de un 50% del agua captada se pierde por diferentes motivos. Para poder reducir esta situación, las ASADAS deben comprometerse y capacitarse sobre temas de mantenimiento, evaluación del sistema e implementación de mejoras, siempre en beneficio del resguardo del recurso natural como también para brindar un servicio de calidad a las comunidades (MINSA, 2004).

El problema actual del acueducto de Pénjamo de Florencia radica en un déficit hídrico para el año 2019, donde existe una restricción de otorgar nuevos servicios de agua, la cual fue brindada por el AyA en vista de los cálculos de balance hídrico realizados en mayo del 2019 para las nacientes Riggioni y Maroto. Para la ASADA de Pénjamo esto representa un problema crítico pues la proyección de desarrollo del pueblo de Pénjamo se estancaría en los índices actuales, ya que parte del desarrollo económico-social es el hecho de asegurar la disponibilidad de agua a nuevos proyectos, tanto domiciliarios y/o urbanísticos que se pretendan desarrollar.

Es indispensable para el desarrollo de la comunidad de Pénjamo contar con disponibilidad de agua para poder llevar a cabo las diferentes actividades económicas, sociales y culturales. Además, se debe buscar que el sistema de abastecimiento de agua potable pueda garantizarles agua a los usuarios tanto en cantidad y continuidad, como en calidad.

4. OBJETIVOS.

Objetivos generales.

- Generar un informe técnico de evaluación y rediseño del acueducto rural de Pénjamo de Florencia de San Carlos, que permita garantizar que su funcionamiento cumpla con los reglamentos y legislación vigente.

Objetivos específicos.

- Realizar una evaluación de la oferta y demanda hídrica del sistema actual de conducción y almacenamiento del proyecto para diferentes escenarios de crecimiento poblacional.
- Evaluar hidráulicamente el sistema para la condición actual y rediseñar el sistema bajo dos propuestas de mejora.
- Determinar la viabilidad económica, social y ambiental del proyecto.

5. REVISIÓN DE LITERATURA.

5.1 Redes de distribución.

Una red de distribución es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios (Jiménez, 2013).

Según la normativa del AyA, la red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada. Los límites de calidad del agua para que sea considerada como potable se establecen en la Norma para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en Costa Rica aprobadas por el AyA según acuerdo AN-2001-248 (AyA, Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41, 2001).

De acuerdo al Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento correspondiente a la comisión nacional del agua (CONAGUA, 2015), un proyecto de acueductos y alcantarillados como lo muestra la Figura 1 comprende desde la captación, que puede llevarse a cabo de diversas maneras, conducción, potabilización, almacenamiento y posterior distribución.

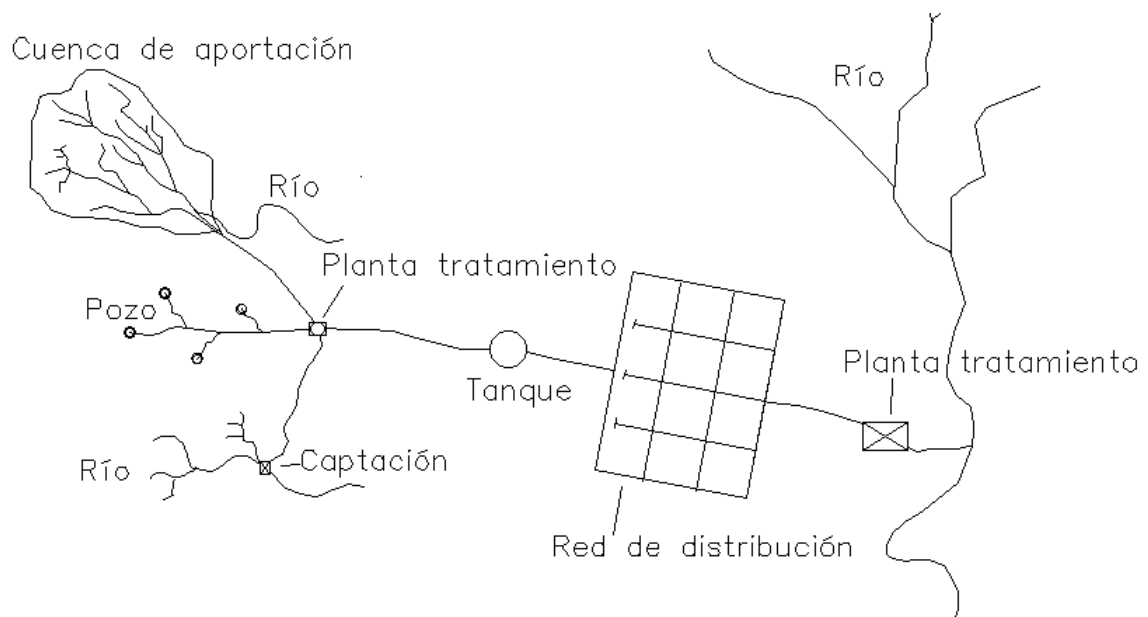


Figura 1 Esquema general de un sistema de acueducto.

5.1.1 Esquemas de una red.

La red de distribución de agua está constituida por un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el líquido hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos (Álvarez, 2012).

Las redes de distribución de agua según su estructura en planta pueden ser:

- a. Redes abiertas.
- b. Redes cerradas.
- c. Redes mixtas.

Las redes de distribución abiertas se caracterizan por contar con una tubería principal de distribución, desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua. Con las redes cerradas se logra la conformación de mallas o circuitos a través de las interconexiones entre los ramales de la red de distribución de agua (Suárez, 2015).

5.1.2 Componentes de una red de distribución.

Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

5.1.2.1 Captación.

Existen varios tipos de captación, dentro de los cuales se puede mencionar: captación lateral, captación en lagos, lagunas y embalses, captación flotante, captación de nacientes, captación de alta montaña, entre otras. Para efecto de este proyecto, se pretende definir la captación de nacientes (Bruni, 2018).

Una naciente es un afloramiento superficial de agua subterránea, el cual puede ser por gravedad pasando a través de una capa superficial permeable, o bien puede ser un manantial artesiano si el estrato permeable se halla confinado entre dos estratos impermeables y se encuentra a presión debido a la cota piezométrica del depósito de agua. Los manantiales artesianos son por lo general perennes y no dependen de la época del año, mientras que los manantiales por gravedad suelen ser periódicos y relacionados con la época del año (López, 1995).

Algunos de los requisitos para el diseño de la captación en nacientes son: Construir un vertedero a nivel del afloramiento natural, colocar un registro y válvula en la tubería de aducción para regular el caudal, colocar un desagüe de fondo para la limpieza de la cámara de captación y una de ventilación (Jiménez, 2013).

Los principales componentes en el diseño de un sistema de suministro de agua de manantial de gravedad incluyen el área real de recolección de agua de manantial, la tubería de suministro; la cámara de captación y la salida a un tanque de almacenamiento. La ubicación de las obras de captación es muy importante, debe asegurarse que la zona no sea inundable y donde los riesgos de contaminación sean reducidos (García J. , 2011).

En la Figura 2 se muestra el sistema de captación en nacientes.

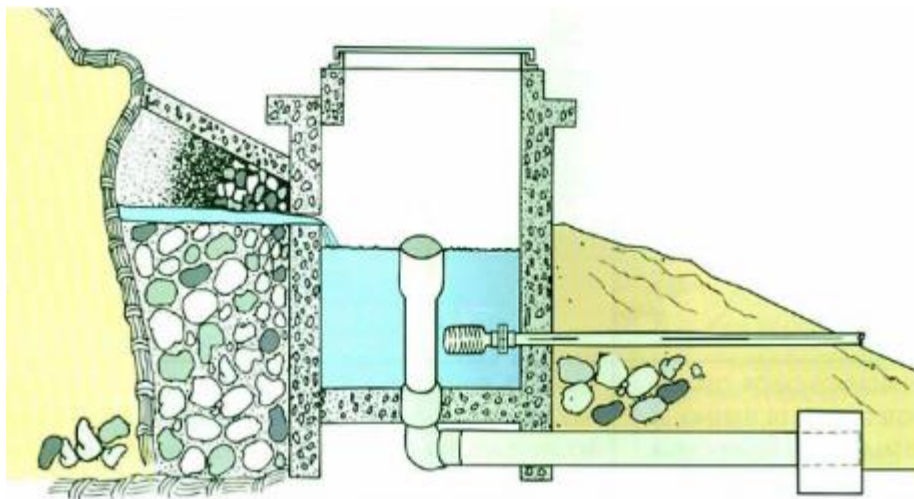


Figura 2 Sistema de captación de manantial/naciente por gravedad. Fuente: Bruni, 2018

5.1.2.2 Tubería.

Se le llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble. Se denomina tubería al conducto comprendido entre dos secciones transversales del mismo. La red de distribución está formada por un conjunto de tubos que se unen en diversos puntos denominados nodos o uniones (CONAGUA, 2015).

5.1.2.3 Tanques de distribución.

Los tanques de almacenamiento o reguladores en un sistema de abastecimiento de agua tienen como objetivo atender las variaciones de consumo de agua, almacenando ésta en los periodos en los cuales el suministro de agua al tanque es mayor que el consumo, mantener las presiones de servicio en la red y mantener almacenada cierta cantidad de agua para situaciones de emergencia por incendios o interrupciones (Corcho, Acueductos. Teoría y diseño, 2005).

Los tanques de almacenamiento poseen un volumen determinado de almacenamiento, el cual está compuesto por un volumen de uso regular, otro de volumen de reserva en caso de averías o mantenimiento y un adicional para el combate de contra incendios. Un tanque puede tener distintas funciones según la ubicación que se le asigne dentro del sistema de abastecimiento (López, 1995). Estas funciones son:

- a) Tanque de distribución: un tanque es de distribución si el agua llega primero a éste antes de llegar a la población.
- b) Tanque de compensación: es cuando el tanque se ubica en algún punto luego de que el agua ingresó a la red de distribución. Este tipo de tanque se conoce también como tanque de cola. En este caso, si el consumo en la red es nulo, toda el agua llegará al tanque de compensación. Cuando el consumo y la producción son iguales, el nivel del tanque permanece constante, y cuando el consumo es mayor al suministro, el tanque ayuda a satisfacer la demanda de agua.

La distribución horaria del consumo en una comunidad depende en gran parte de las costumbres de sus habitantes, pero siempre habrá una hora de mayor demanda y otra de menor. En poblaciones pequeñas estos valores son usualmente más extremos, debido a que las costumbres son más uniformes en sus habitantes (Bejarano, 2013). Un ejemplo de una curva de distribución horaria se muestra en la Figura 3.

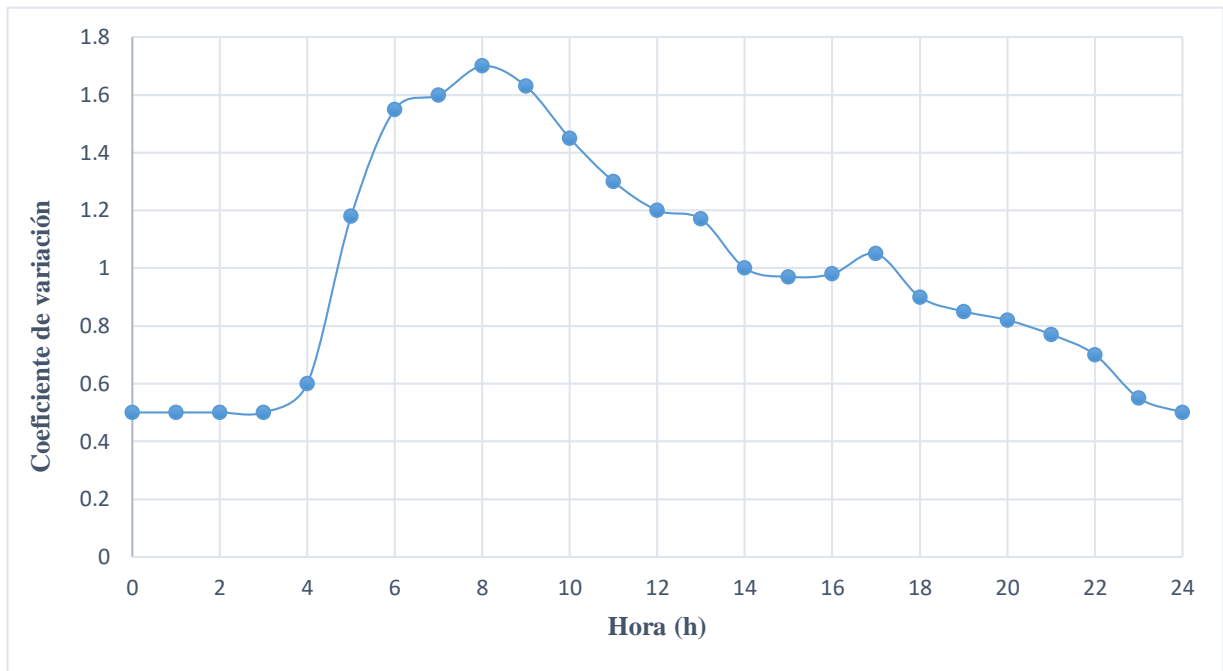


Figura 3. Ejemplo de curva de variación horaria.

En un sistema de distribución de ser posible siempre es conveniente ubicar el almacenamiento en el centro de la zona a la que se le va a dar el servicio, esto para reducir costos en cuanto a diámetros de tubería y para mantener las presiones disponibles (Torres, 2008). Algunos de los tipos de tanques existentes son:

- a) Tanques enterrados.
- b) Tanques semienterrados.
- c) Tanques superficiales.
- d) Tanques elevados.

Para calcular el volumen del tanque de distribución se deben calcular tres volúmenes, el volumen de regulación, de incendio y el volumen por interrupciones. El volumen de regulación es el requerido para compensar las fluctuaciones horarias del consumo, utilizando curvas de consumo reales. El volumen de reserva para incendios corresponde a la cantidad de agua necesaria para suministrar los flujos requeridos para combatir incendios, durante el tiempo que dure el incendio. Por último, el volumen de reserva por interrupciones, será como mínimo, el volumen que corresponde a un periodo de cuatro horas del caudal promedio diario (CONAGUA, 2015).

En el Cuadro 1 se muestra el volumen de almacenamiento necesario para satisfacer un incendio según el tamaño de la población.

Cuadro 1. Volumen de almacenamiento contra incendio según número de habitantes.

Tamaño de la población (hab)	Caudal de incendio (l/s)	Duración del incendio (hr)	Volumen de almacenamiento
5 000 – 15 000	8	3	90
15 000 – 30 000	16	3	170
30 000 – 60 000	24	3	260
60 000 – 120 000	40	4	580
120 000 – 200 000	48	4	690
200 000 – 300 000	64	4	920

Fuente: AyA (2001)

En el caso que el acueducto abastezca una población menor a los 5000 habitantes (hab), no se considera volumen de incendio, y se acepta que el incendio se atienda con el volumen de regulación. Para efectos generales para acueductos con menos habitantes de los indicados en el Cuadro anterior, se pueden utilizar los siguientes volúmenes de 15 m³ de agua para conjuntos habitacionales cuyas casas estén separadas 5 metros entre casas y 22 metros cúbicos de agua para conjuntos habitacionales cuyas casas sean contiguas (AyA, Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41, 2001).

Las pruebas volumétricas que se utilizan en la evaluación de sistemas de distribución, específicamente en tanques de almacenamiento, son las pruebas volumétricas de estanqueidad y la prueba de niveles o curva de masas, siendo estas realizadas con ayuda de equipos electrónicos especializados debido a su complejidad (Araya, 2012).

La prueba de niveles o curva de masas es muy importante y realizada en las evaluaciones de tanques de almacenamiento de agua. La prueba permite conocer el comportamiento de los niveles que tiene el tanque durante un día completo, tomando la evaluación desde las cero horas

del día hasta que finaliza (00:00 a.m. hasta 24:00 p.m.). Con esto se conoce en que horas del día el tanque tiene bajo niveles de consumo y las horas pico donde se puede dar un déficit en el abastecimiento del sistema (Bejarano, 2013).

5.1.2.4 Válvulas

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha de un fluido, así como también el paro, cambio de dirección, presión o caudal que es enviado por una fuente (Maza, 2009).

Las válvulas más utilizadas en proyectos de redes de distribución de agua son:

- a) Válvula de compuerta: Su funcionamiento se basa en una placa que se mueve verticalmente a través del cuerpo de la válvula. Es importante mencionar que dicha válvula debe ser utilizada para operar en apertura o cierre total, ya que no está diseñada para funcionar como reguladora de caudal (CONAGUA, 2015).
- b) Válvula de aire: Son válvulas de expulsión o admisión de aire, de funcionamiento automático, que deben ubicarse en los puntos altos de la conducción (López, 1995).
- c) Válvula controladora de presión: Reduce automáticamente una elevada y variable presión de entrada a una presión más baja y constante a la salida, de acuerdo a la calibración del piloto e independientemente de las variaciones en el caudal y la presión en la entrada , por otra parte se encuentra la sostenedora de presión, esta válvula mantiene una presión constante y preestablecida aguas arriba, independientemente de los cambios de presión o caudal que puedan producirse en la conducción donde se instale (Monge, 2018).
- d) Válvula de retención (Check): Las válvulas de retención, también conocidas como válvulas uniflujo, válvulas unidireccionales, anti-retorno o válvulas check. Su función es cerrar completamente el paso del fluido que está en movimiento en un sentido y dejar libre el opuesto (Monge, 2018).

5.1.2.5 Hidrantes.

Es un aparato hidráulico, conectado a una red de abastecimiento, destinado a suministrar agua en caso de incendio en todas las fases del mismo, a mangueras o a monitores directamente

acoplados a él, o bien a tanques o bombas de los servicios de extinción, y que está situado en el exterior de los edificios. Dichos hidrantes pueden ser colocados cada 200 o hasta 500 metros (Planas, 2016).

5.1.2.6 Tomas domiciliarias.

Las tomas domiciliarias tienen la función de proporcionar el agua de la red de distribución hasta la instalación hidráulica domiciliar. Una toma domiciliaria está integrada por un tubo alimentador que se conecta por un extremo a la red de distribución y por el otro, a una o varias llaves (Guerrero, 2002).

5.1.2.7 Cajas rompedoras de presión.

Las tuberías de conducción de agua a presión están diseñadas, dependiendo de su espesor o SDR, para soportar diferentes presiones, sin embargo, en los tramos donde por desnivel se obtienen presiones por carga estáticas superiores a los rangos de trabajo de las tuberías, es necesario contar con estructuras que puedan disipar dicha presión de tal manera de que se eviten daños a la tubería (Torres, 2008).

El tanque quiebra gradiente debe contar con dispositivos de entrada, rebalse, limpieza y salida. En la Figura 4 se muestra el esquema de dicha estructura.

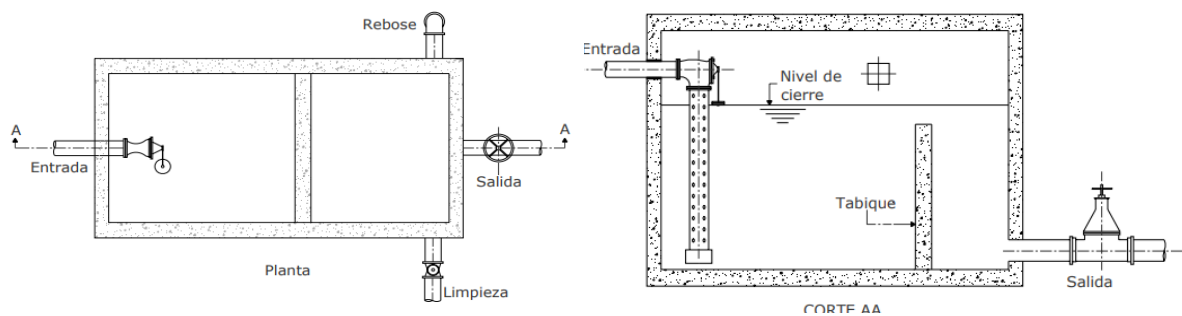


Figura 4. Esquema de un tanque quiebra gradiente. Fuente: Torres, 2008.

5.1.3 **Periodo de diseño.**

Para el cálculo del caudal a extraer de una toma de agua en río o quebrada, incluyendo el desarenador y para el del caudal de una captación de nacimiento, el periodo de diseño debe ser de 25 a 50 años. El valor seleccionado dependerá del caudal del cuerpo de agua versus el caudal de diseño al plazo mayor posible según la capacidad del cuerpo de agua en la época de estiaje

(AyA, Norma técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial”, 2017).

5.2 Criterios básicos de diseño.

5.2.1 Población de diseño.

La población de diseño, también conocida como población futura, se definirá basándose en el crecimiento histórico de la localidad, con el dato del número de unidades habitacionales que contempla el proyecto multiplicado por el factor de hacinamiento, este último corresponde al valor que se obtiene del último censo de población del distrito (Jiménez, 2013).

Para el cálculo de la población correspondiente a las unidades que no son habitacionales, se debe aplicar los valores que se detallan en el Cuadro del Anexo 10.1.

5.3 Estimación de la población.

Determinar la población de diseño es una tarea complicada para el ingeniero diseñador, por la información demográfica necesaria y algunos factores a contemplar. Existen varias metodologías para determinar el crecimiento de una población, a continuación, se explican las más utilizadas (Suárez, 2015).

5.3.1 Crecimiento geométrico.

Un crecimiento es geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta. Este método puede ser usado en poblaciones en las cuales están en continuo desarrollo (Corcho, Acueductos. Teoría y diseño, 2005).

5.3.2 Usos del agua. (Dotaciones)

Para poder definir el caudal de operación del sistema en el período escogido, es necesario determinar el consumo por habitante para luego estimar la demanda total de agua en el acueducto. El consumo promedio por persona en un día se denomina dotación y se expresa normalmente en litros por habitante por día y sus unidades suelen expresarse como L/hab/día, aunque también es muy común que se expresen como “lpd” (Bejarano, 2013).

Para el diseño del sistema de abastecimiento se deben aplicar las siguientes dotaciones brutas (AyA, Norma técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial”, 2017):

- a) Datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, según datos reales, si los mismos se tienen a disposición del diseñador.

Cuando no existan datos reales de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se deben utilizar los siguientes valores mínimos:

- b) Poblaciones rurales: 200 l/hab/d; en caso de zonas rurales costeras se aplicará la dotación establecida para “Población costera”
- c) Poblaciones urbanas: 300 l/hab/d
- d) Poblaciones costeras: 375 l/hab/d
- e) Área Metropolitana: 375 l/hab/d

5.3.3 Consumo de agua neto.

Cantidad de agua usada efectivamente en cada una de las actividades que se realizan en una comunidad. Según (López, 1995), se clasifica en doméstico, industrial y público.

5.4 Caudal de diseño.

El caudal de diseño está dado en función de la población donde se va a realizar el proyecto, para conocer dicho caudal es necesario conocer la población y la dotación media diaria. La dotación media diaria es el consumo que requiere cada persona para sus actividades propias, la cual está expresada como se mencionó anteriormente en l/p/d (Torres, 2008).

5.4.1 Caudal medio diario.

Se define como el promedio aritmético de los caudales día a día en un año (Corcho, Acueductos. Teoría y diseño, 2005).

5.4.2 Caudal máximo diario.

Es el caudal máximo diario que se presenta durante 24 horas en un periodo de 365 días, es decir, el día del año en el que se presenta la máxima demanda del sistema (Suárez, 2015).

5.4.3 Consumo máximo horario.

El consumo máximo horario es la mayor demanda que se presenta en una hora durante un año (Agüero, 2004).

5.4.4 Coeficientes de consumo del caudal máximo horario.

En una población, a lo largo del día, el consumo de agua varía a cada momento de acuerdo con las costumbres y actividades que posea la población. La variación puede verse mejormente marcada en poblaciones muy grandes, ya que la posibilidad de distintos hábitos de consumo es mayor que en una población pequeña, que suele presentar comportamientos más homogéneos. Es muy importante determinar los coeficientes de consumo de la población (Torres, 2008).

5.4.5 Caudal de incendio.

El caudal de incendio, la ubicación y el tipo de los hidrantes requeridos para el proyecto, así como cualquier otro sistema alternativo o volúmenes de reserva, deben ser definidos de forma tal que se cumpla con los requerimientos técnicos que establece el Benemérito Cuerpo de Bomberos (Planas, 2016).

5.4.6 Caudal de diseño.

El caudal coincidente se calculará a partir de la suma del caudal máximo diario y el caudal de incendio. Todo punto del desarrollo que contenga algún tipo de infraestructura de vivienda, comercio, o servicios, debe quedar a una distancia máxima de 90 m de cualquier hidrante; lo anterior no incluye zonas verdes, recreativas o parques (AyA, Norma técnica para "Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial", 2017).

5.5 Diseño de obras.

5.5.1 Toma.

Elegida la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable en el lugar del afloramiento, se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser transportada mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento. La fuente en lo posible no debe ser vulnerable a desastres naturales, en todo caso debe contemplar las seguridades del caso (Agüero, 2004).

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerán de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase del manantial; buscando no alterar la calidad y la temperatura del agua ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, ya que cualquier obstrucción puede tener consecuencias fatales; el agua crea otro cauce y el manantial desaparece (Bruni, 218). En la Figura 5 se muestra el diseño de una captación para un manantial de ladera y concentrado.

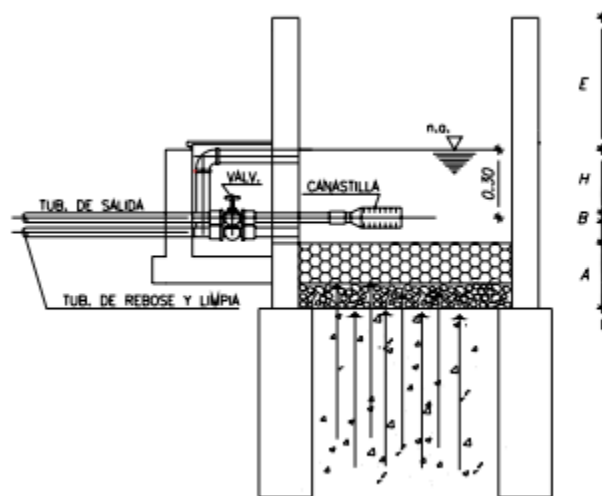


Figura 5. Diseño de una captación para un manantial de ladera y concentrado. Fuente: Agüero, 2004

5.5.2 Tuberías de conducción.

Según (Torres, 2008), para modelar el comportamiento de las tuberías a presión se utilizan datos de análisis experimentales, como los encontrados por Allen Hazen y Gardner Williams, los cuales realizaron un análisis estadístico de datos hechos por más de 30 investigadores, obteniendo como resultado una fórmula empírica que representa el flujo de agua en conducciones a presión.

5.6 Modelación Hidráulica.

Una modelación de un sistema de distribución de aguas implica utilizar un modelo matemático e informativo para predecir su funcionamiento, así como los valores de caudales y presiones en cada uno de los elementos que lo conforman (Bejarano, 2013).

Con una modelación es posible plantear diversos escenarios: evaluar la red en su estado actual (sin haberle realizado cambios al diseño original) o planteando mejoras al sistema para optimizar su funcionamiento (realizarle cambios al diseño original). Otro de los usos que se le otorgan a una modelación de SDA es la detección de fallas o anomalías en el funcionamiento de la red de conducción o accesorios; así como para establecer las maneras de administrar el agua cuando hay periodos de sequía (Morelos, 2017).

Para realizar la modelación de un sistema de distribución de aguas, es necesario emplear diferentes softwares que simulen el funcionamiento normal de la red. En un principio, las modelaciones se utilizaban únicamente para evaluar gradientes hidráulicos; sin embargo, su aplicación se ha extendido de tal forma que permite estimar los siguientes rubros (Pérez, 2016).

- a) Costos de energía para llevar a cabo su funcionamiento.
- b) Estudios de calidad de agua.
- c) Determinación de los caudales y presiones en nudos y tuberías.
- d) Optimizar operaciones del sistema.
- e) Planificar mejoras.

Los softwares de análisis hidráulicos más conocidos y utilizados para llevar a cabo modelaciones de redes de distribución tanto de agua potable como para uso agrícola son: EPANET, WaterCAD, AQUIS; los cuales ofrecen una modelación en periodo extendido y determinan el comportamiento del agua en sistemas de redes a presión (Hernández, 2015).

Para efectos del proyecto se utilizará WaterCAD, ya que este permite realizar un análisis completo de redes de distribución de agua, así como facilitar el trazado de la red y la incorporación de válvulas y accesorios dentro del sistema. La principal ventaja que presenta WaterCAD ante los demás programas de modelación, es su versatilidad para realizar cambios y establecer diferentes alternativas o escenarios de diseño (García M. , 2006).

WaterCAD permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo: Línea (tramos de tuberías), Punto (nodos de consumo, tanques, reservorios, hidrantes) e Híbridos (bombas, válvulas de control, regulación, etc.) En un modelo hidráulico se ingresan propiedades del sistema, demandas de agua y reglas de operación del

sistema, etc.; con lo que el software calcula caudales, presiones, gradientes hidráulicos, calidad de agua (Bejarano, 2013).

5.6.1 Red de tubería en régimen permanente (análisis estático).

Para encontrar las cargas y los gastos en una red se emplean los principios de conservación de la energía y de masa (continuidad). El principio de continuidad establece que en un nodo la suma de los gastos que entran a él es igual a la suma de los gastos que salen del mismo (CONAGUA, 2015).

5.6.2 Red de tubería en régimen no permanente (análisis dinámico).

En las redes de distribución los gastos de demanda varían a lo largo del día, debido a la variación piezométrica en la red. Al revisar el comportamiento hidráulico y el tamaño de los tanques, se establecen políticas de operación para el sistema. En este tipo de análisis se toman en cuenta el funcionamiento de tanques, bombas y válvulas en la red (Henarejos, 2017).

5.7 Viabilidad ambiental, social y económica del proyecto.

5.7.1 Impacto social.

El impacto social de un proyecto es la magnitud cuantitativa de los beneficios que puede tener una comunidad mediante la implementación de acciones para corregir un problema en específico. Los resultados finales de un estudio de impacto social son todos aquellos beneficios que percibe la comunidad que suele expresarse como un beneficio a mediano y largo plazo obtenido por la población atendida (Liberta, 2007).

El objetivo fundamental de la Evaluación de Impacto Social consiste en establecer las acciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos que sobre los grupos humanos relacionados (Morales, 2015).

Según (Morales, 2015), para llevar a cabo un estudio de impacto social se proponen los siguientes puntos:

- a) Participación pública: Identifica a todos los grupos afectados y trabaja con ellos para determinar los posibles impactos, identificar sus preocupaciones, intereses y conflictos

existentes, así como el nivel de aceptación o rechazo del proyecto y las alternativas que proponen.

- b) Identificación de alternativas: En esta etapa se identifican las necesidades de información para la realización del proyecto.
- c) Línea base: Describe las condiciones actuales y pasadas del medio ambiente humano en el lugar en donde la actividad propuesta se llevará a cabo.
- d) Alcance: Identifica todos los impactos sociales que se abordarán, basada en discusión o entrevistas con toda la comunidad. No existe una metodología única para llevar a cabo la identificación.
- e) Proyección de los efectos estimados: Los impactos sociales probables se formularán en términos de las condiciones pronosticadas sin el proyecto y las condiciones pronosticadas con el proyecto.
- f) Impactos indirectos y acumulativos: Definir los impactos indirectos que se generarán a partir del problema base.
- g) Cambios en alternativas: Recomendar nuevas alternativas y estimar sus consecuencias.
- h) Mitigación: Para cada uno de los impactos sociales se deben definir las actividades de prevención, mitigación, control o compensación de los impactos sociales negativos.

5.7.2 Impacto ambiental.

Un estudio de impacto ambiental es un trabajo intenso de identificación y análisis de interés ambiental, en el que se documenta detalladamente todas las tareas y las fuentes de información utilizadas (Sbarato & Ortega, 2016).

La evaluación de impacto ambiental permite la integración de los aspectos medioambientales en la preparación y adopción de planes y acciones que puedan tener repercusiones significativas en el medio ambiente. Además, identifica, describe y evalúa los posibles efectos significativos que pueden derivarse de la aplicación de alguna actividad (Borderías, 2014).

El método arboleda consiste en evaluar ambientalmente un proyecto para conocer sus impactos más significativos y poder elaborar posteriormente un plan de manejo a los impactos

más fuertes. Cada impacto se debe evaluar con base en los siguientes parámetros o criterios (Arboleda G, 2008).

- a) Clase (C): Puede ser: positivo si mejora la condición ambiental analizada o negativo si la desmejora.
- b) Presencia (P): Este criterio califica la posibilidad de que el impacto pueda darse y se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia.
- c) Duración (D): Con este criterio se evalúa el período de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado.
- d) Evolución (E): Califica la rapidez con la que se presenta el impacto, es decir la velocidad como éste se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones y hasta que el impacto se hace presente plenamente con todas sus consecuencias.
- e) Magnitud (M): Califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental analizado por causa de una acción del proyecto.

5.7.3 Análisis económico.

5.7.3.1 Presupuesto de diseño y construcción del proyecto:

El presupuesto es la cantidad de dinero que se estima que será necesaria para hacer frente a ciertos gastos. Es el cómputo anticipado del costo de una obra o de los gastos que implicará un determinado proyecto (Sobarzo, 2012).

5.7.3.2 Presupuesto de funcionamiento del proyecto:

Para realizar un presupuesto de funcionamiento se debe contemplar el proyecto desde el punto de vista de costos de operación, los cuales son costos directos resultantes de la realización del trabajo (Sobarzo, 2012).

5.7.3.3 Balance económico:

El balance es el estado contable que proporciona información sobre la situación económica y financiera de la empresa o proyecto en un momento de tiempo determinado. Está formado por el activo y por el pasivo y patrimonio neto (Sabido, s.f).

El activo refleja lo que posee el proyecto o empresa, el pasivo y el patrimonio neto lo que muestra es lo que debe la empresa, a quien se le debe y el origen de los fondos. Algunos de los parámetros de un balance económico son:

- a) Inversión inicial: Indica la forma en que se estructura el capital para el desarrollo del proyecto desde que comienza hasta alcanzar la rentabilidad.
- b) Flujo de caja: Se realiza para determinar los ingresos que se pueden generar en un proyecto durante un tiempo determinado. A través de los flujos de caja se conocen los datos relacionados con la liquidez de la empresa.
- c) Valor residual: Es la estimación de las depreciaciones de los activos.
- d) Horizonte de planeamiento: La planeación consiste en el planteamiento de las metas y objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo del proyecto por medio de sus planes.

5.7.3.4 Criterios de evaluación del proyecto:

Los criterios de evaluación determinan la aceptación o el rechazo de los proyectos propuestos. Existen varios criterios que se pueden utilizar para medir la rentabilidad de un proyecto, dentro de los más conocidos y utilizados son el VAN, VPN y el TIR (Mete, 2012).

5.7.3.5 Valor Actual Neto (VAN), Valor Presente Neto (VPN):

- a) VAN: Actualiza a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés. Posteriormente se comparan con el importe inicial de la inversión. Si el valor del VAN es mayor que cero, el proyecto es rentable, de lo contrario el proyecto no es rentable (Mete, 2012).
- b) VPN: Es una herramienta que sirve como indicador para medir y determinar la viabilidad de una inversión o un proyecto en términos de rentabilidad y ganancia (Mete, 2012).

5.7.3.6 Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rendimiento (TIR):

Proporciona una medida de la rentabilidad relativa del proyecto, frente a la rentabilidad en términos absolutos, proporcionada por el VAN. Se aceptan los proyectos que permitan obtener una rentabilidad interna, superior a su costo de capital.

6. METODOLOGÍA.

Para llevar a cabo el proyecto fue necesario dividir el trabajo en fases, las cuales se nombran a continuación:

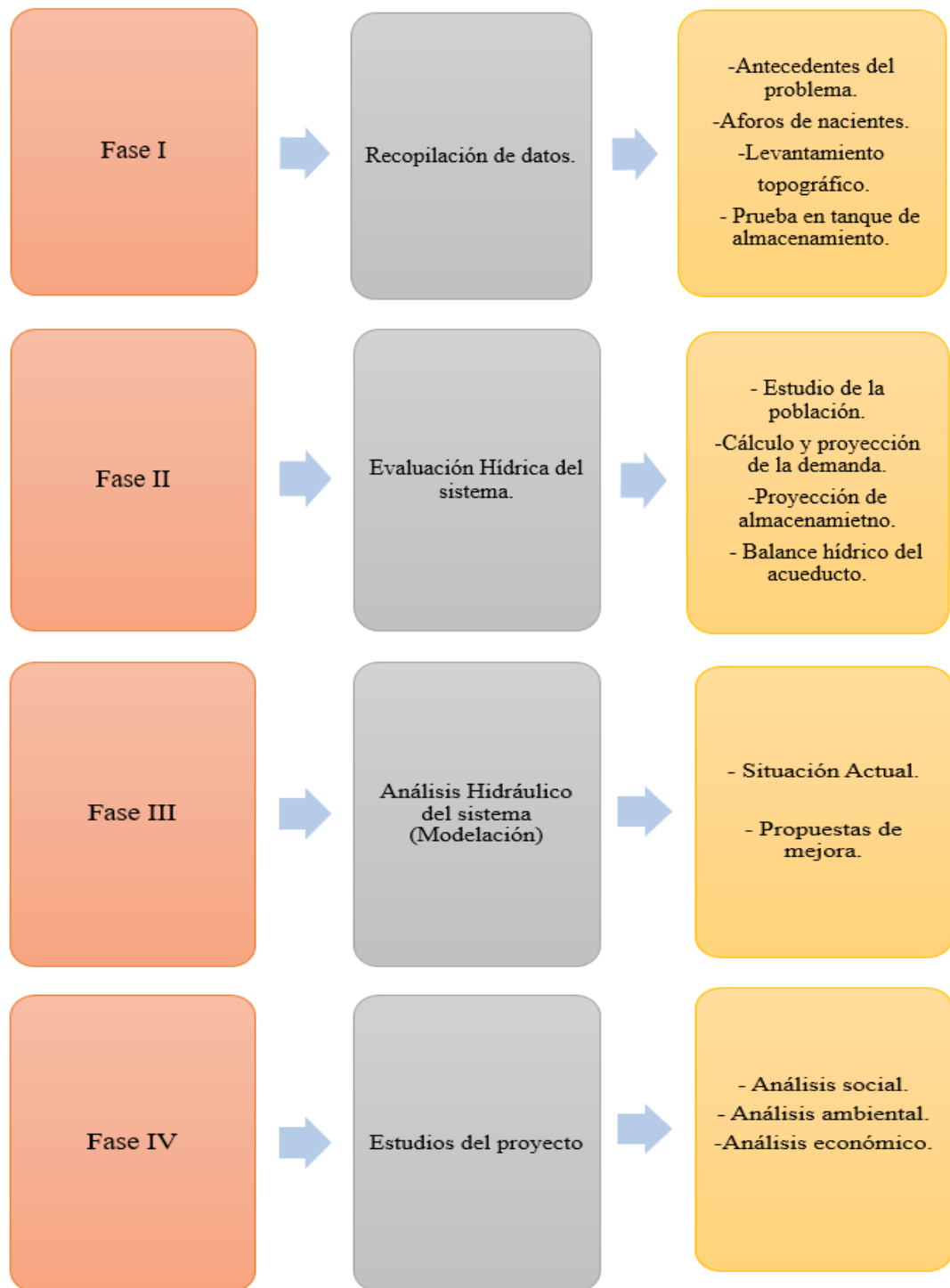


Figura 6. Fases para culminar el proyecto

6.1 Herramientas y recursos utilizados.

- Software especializado para análisis de obras civiles (SEAOC): AutoCAD 2017.
- Software especializado para análisis de sistemas de distribución de agua y fluidos no compresibles con flujo a presión: Bentley WaterCAD V8i.
- Software especializado en Sistemas de Información Geográfica (SIG): QGIS 3.8
- Documentación del proyecto proporcionada por el AyA.
- Visitas al área de estudio y reuniones con el cliente (ASADA).

6.2 FASE I: Recopilación de datos.

6.2.1 Visita inicial y toma de datos.

El primer acercamiento al proyecto se realizó propiamente en las oficinas de la ASADA, donde en conversación con la junta directiva se propuso el proyecto para que lo sometieran a aprobación. Una vez aprobado el proyecto se realizó la primera visita a campo, donde se pudo observar parte del acueducto, se visitaron 4 nacientes del ramal Riggioni, únicamente con el objetivo de tener un panorama más claro acerca del proyecto y las intenciones de la ASADA.

En coordinación con el fontanero de la ASADA, se programó una segunda visita el día 12 de agosto del 2019, para aforar de ser posible, todas las nacientes de los ramales Riggioni y Maroto, se realizaron cinco aforos a cada una de las nacientes en las dos visitas realizadas, así como también se tomaron los puntos de ubicación geográfica de cada una de las nacientes con el GPS marca Garmin 62Sc.

Se obtuvo por parte de la secretaria de la ASADA, un registro de lecturas de los medidores a los que se le entregan el servicio de agua desde hace 1 año, como también estudios realizados por consultores para la petición de servicio de agua para algunos proyectos desarrollados en la zona. Dicho ente administrador cuenta con planos constructivos de los dos proyectos que actualmente operan en la comunidad. La ASADA sufrió un cambio de fontanero aproximadamente hace 1 año, por lo que no se cuentan con registros de aforos de años anteriores.

Por parte del AyA se obtuvo un estudio de balance hídrico realizado en mayo del 2019, donde se pudo evidenciar el problema que tiene actualmente la ASADA y la necesidad de buscar nuevas fuentes de agua.

Se realizó una segunda visita con el objetivo que conocer el tanque de almacenamiento, su sistema y el manejo que le da la ASADA. Se aprovechó dicha visita para hacer el recorrido de la nueva fuente de agua y ubicar la naciente en montaña.

6.2.2 Datos topográficos y levantamiento de la nueva sección.

La ASADA cuenta con planos constructivos del proyecto existente, los cuales fueron digitalizados ya que no se tienen archivos editables para posteriores estudios. Posteriormente se analizó el levantamiento realizado en los 2 proyectos con los que cuenta la ASADA, se determinó que al no existir una metodología utilizada para llevar a cabo dicho levantamiento, así como la descripción y precisión del equipo utilizado, no era conveniente trabajar sobre ese plano, por lo que se procedió a realizar el estudio topográfico desde cero.

El equipo utilizado para hacer el levantamiento topográfico de los 2 proyectos existentes y el posible nuevo tramo del acueducto se llevó a cabo mediante el uso de la estación marca GNSS RTK GEOMAX ZENITH 25 PRO, RTK (Real Time Kinematic), posicionamiento cinemático en tiempo real, y alía la tecnología de navegación por satélites a un módem de radio para obtener correcciones instantáneas.

El equipo consta de 2 estaciones, una móvil y otra de referencia (ver Figura 7). Se configura, primeramente, la estación base (estación de referencia), en la cual es posible promediar un punto de interés con un intervalo de tiempo dado por el operador. Seguidamente se configura la estación móvil (Rover), con el cual se toman los puntos de interés mediante la utilización del tercer componente, la controladora, que dicho sea de paso configura las 2 estaciones anteriormente mencionadas y es con la cual que se selecciona la precisión a trabajar, así como de la forma de trabajo.

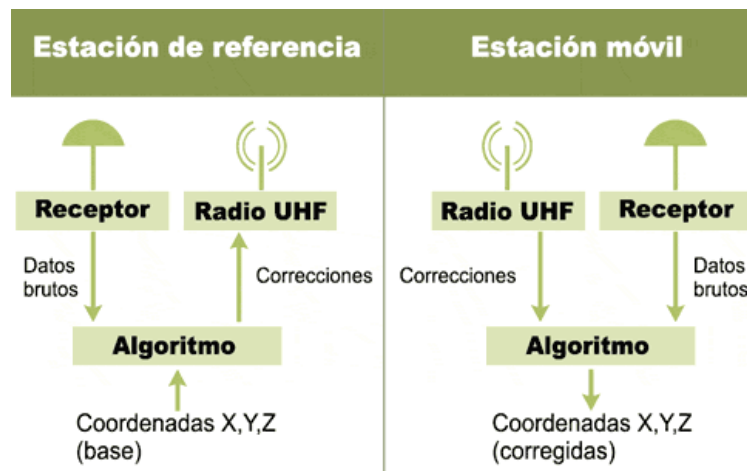


Figura 7. Forma de trabajo de la estación GNSS.

La estación base retransmite la fase de la portadora que midió, y las unidades móviles comparan sus propias medidas de la fase con la recibida de la estación de referencia. Esto permite que las estaciones móviles calculen sus posiciones relativas con precisión milimétrica, al mismo tiempo en que sus posiciones relativas absolutas son relacionadas con las coordenadas de la estación base. Los radiotransmisores operan en las fajas de frecuencia VHF/UHF, y la observación fundamental usada en el RTK es la medida de la fase de la portadora.

Para la toma de los puntos en la comunidad de Pénjamo de Florencia, se optó por tomar puntos dependiendo del tramo en el que se encontrase, es decir para tramos más uniformes, la toma de puntos entre uno y otro podía ser de mayor distancia, mientras que en tramos con mayor pendiente y cambios de dirección era necesario tomar puntos más seguidos. En promedio se tomaron puntos cada 20-30 metros, ubicados al centro de calle, donde posteriormente fue necesario ubicar las acometidas correspondientes, cambios de diámetro, válvulas, hidrantes, paso de alcantarillas, puentes o ríos.

Durante todo el recorrido se obtuvieron desviaciones estándar aproximadas a los 20 cm, con mayor precisión en zonas despejadas y abiertas. En las zonas montañosas se obtuvo una desviación estándar en X y Z de aproximadamente 40 cm.

Terminado el levantamiento topográfico se procedió a darle tratamiento en el software AutoCAD Civil 3D, donde se realizó el trazado de la red, la conformación de los planos con

información proveniente del software Quantum Gis 3.8 Zanzibar, donde se extrajeron datos de las carreteras y ríos, así como también la ubicación de las acometidas.

Uno de los objetivos del proyecto es el diseño de un nuevo tramo de acueducto, desde la captación, conducción y distribución, para esto es necesario inicialmente contar con un levantamiento topográfico de la sección del nuevo proyecto.

6.2.3 Registro de acometidas domiciliarias actuales.

Gracias al registro de lectura y cobro que maneja la ASADA, se pudo determinar la cantidad de acometidas a las que se le brinda servicio actualmente, esto es importante para contemplarlo en el cálculo de la población futura para el nuevo tramo del acueducto, así como también es importante para realizar la evaluación de la situación actual del proyecto. La ASADA cuenta con registros de cobro desde el 2014, sin embargo, para temas de análisis de la demanda por nodo o casa, se piensa utilizar registros a partir del 2018, ya que año a año varían la cantidad de servicios que da la ASADA.

La ubicación de las acometidas fue obtenida mediante el software Quantum Gis, donde fue necesario llevar a cabo un recorrido por toda la comunidad, ubicando punto por punto cada medidor, para posteriormente extraer las coordenadas en proyección CRTM05 y exportarlas a Civil 3D para incorporarlas a la red ya trazada.

La dotación utilizada se determinó mediante el análisis del registro de cobro de la ASADA, donde se promedió el consumo para cada usuario y posteriormente se promedió el consumo anual de toda la comunidad, contemplando el número de casas y sus servicios equivalentes, así como también el factor de hacinamiento obtenidos de los estudios demográficos del INEC.

6.2.4 Prueba hidrostática en tanque.

Para la prueba de niveles o curva de masas, se utilizó el equipo de sensores de nivel de Agua marca HOBO U20. La prueba se llevó a cabo para un periodo de 24 horas, iniciando a las 8:30 am del día 14 de septiembre del 2019 y finalizando a la misma hora el 15 de septiembre.

Se procedió primeramente a calibrar los sensores con el programa HOBO, donde se indican las unidades a trabajar con respecto a la presión, seleccionando trabajar en kPa para una posterior transformación a m.c.a, el intervalo seleccionado para la toma de datos es de 30 segundos.

El primer sensor se coloca al fondo del tanque, rozando la base del mismo, sin que el mismo se incline. Antes de esto es necesario iniciar la toma de datos con el programa. El segundo sensor se colocó a unos 15 centímetros de la superficie del agua, es importante que no toque el agua, para que no existan problemas posteriores.

Una vez transcurridas las 24 horas, se extraen los sensores y se trabajan los datos con el programa HOBOT, donde se puede ver la curva de masa del tanque. Para un mejor análisis es necesario exportar los datos a Excel, y hacer la resta de los niveles del sensor del fondo menos el nivel del sensor superior para cada intervalo de tiempo seleccionado. En la Figura 8 se muestran los sensores HOBOT antes de su instalación en el tanque.



Figura 8. Prueba de niveles en tanque Maroto.

La prueba inició las 8:30 am y finalizó a la misma hora del día siguiente. Como se puede apreciar en la Figura anterior, cuando se presenta un descenso en la curva, representa que para esa hora el tanque se está vaciando, es decir, existe una demanda de la población que hace que el nivel del tanque descienda. De la media noche hasta aproximadamente las 6 de la mañana el tanque se encuentra llenando, ya que casi no hay consumo a esa hora del día, posteriormente el nivel de agua va descendiendo hasta las 10 de la mañana, que es donde más consume agua la población. Existe un comportamiento inusual a partir de la 10 am, debido a que el tanque en una

hora comienza a llenarse, pasadas las 11 am el nivel del tanque desciende lentamente hasta que se hace casi constante en horas de la noche.

6.3 FASE II Evaluación hídrica del sistema.

6.3.1 Cálculo de la población de diseño.

Mediante los estudios del INEC se extrajo la cantidad de habitantes por vivienda, correspondiente al censo del año 2011. Como se cuentan con registros del número de abonados y al ser un acueducto relativamente pequeño, se conocen la cantidad de acometidas que se pretenden solicitar en los próximos meses, sin embargo, para la confección de un nuevo acueducto y la evaluación del ya existente, es de suma importancia conocer el crecimiento de la población para un periodo de 25 a 50 años.

Para calcular la población de diseño se utilizó la fórmula 1 que es representada por un crecimiento geométrico, aunque se comparó el cálculo de la población con la fórmula del método logarítmico.

El modelo matemático para este tipo de crecimiento es el siguiente:

$$Pf = Puc (1 + r)^{Tf - Tuc} \dots\dots\dots (1)$$

$$Ln(1 + r) = \frac{Ln\left(\frac{Puc}{Pci}\right)}{Tuc - Tci} \dots\dots\dots (2)$$

En donde:

Pf= Población final (hab)

Pci= Población censo inicial (hab)

Puc= Población último censo (hab)

r = Tasa de crecimiento geométrica anual (%)

Tf= Año de la proyección (año)

Tci= Año censo inicial (año)

Tuc= Año del último censo (año)

Se cuenta con un estudio de balance hídrico realizado por el AyA, donde de igual manera realizan el cálculo de la población de diseño, para saber si a los años proyectados con el caudal presente en la fuente, el proyecto va a lograr abastecer a la cantidad de personas estimadas. Para dicho cálculo se estimaron 406 previstas para el año 0 y 603,3 para un periodo de 20 años.

6.3.2 Consumo neto.

Debido a que se cuentan con registros de consumo de parte de la población de Pénjamo de Florencia y que gracias al censo del INEC 2011 se conoce la cantidad de personas que viven por casa de habitación, es posible determinar el consumo neto de la población en unidades de consumo litros/hab/día.

6.3.3 Consumo bruto.

Una vez obtenido el valor del consumo neto para la población de Pénjamo es posible determinar el consumo bruto, el cual contempla el ANC (agua no contabilizada), donde es necesario llevar un control del agua que es producida por la fuente y captada, respecto al agua que es tramitada o cobrada, es decir, una diferencia entre lo que se produce y lo que se consume por parte de los usuarios.

El consumo bruto de agua para una población se puede calcular mediante la siguiente formula (López, 1995):

$$C_{bruto} = \frac{C_n}{1 - \% P * (\frac{1}{100})} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

C_{bruto} : Consumo bruto (l/p/d).

C_n : Consumo neto (l/p/d).

%P: Porcentaje de pérdidas.

La ASADA de Pénjamo de Florencia no cuenta con macromedidores, por lo que es difícil estimar el ANC, pero mediante los aforos y la comparación de las lecturas de los medidores es posible determinar dicha cantidad de agua. Si no es posible determinar el ANC, el AyA establece que se debe considerar un 33% de ANC.

Con el valor del ANC, es posible determinar el consumo bruto de la población mediante la aplicación de la Ecuación 5.

6.3.4 Caudal medio diario. (Qmd)

Por determinar el consumo bruto de la población es posible calcular el caudal de diseño para el proyecto, pero antes se debe considerar el promedio aritmético de los caudales día a día en un año, el cual se calcula mediante la aplicación de la Ecuación 4.

$$Qmd \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{P * C_{bruto}}{86400} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

P: Población de diseño (hab).

C_{Bruto}: Dotación bruta (l/p/d).

Para este cálculo ya es necesario contar con el dato de la población de diseño para el proyecto.

6.3.5 Caudal máximo diario. (QMD)

Bajo la norma del AyA, se establece que el factor máximo diario es de 1,2, es decir el QMD es 1,2 el Qmd. Para determinar dicho caudal se aplica la Ecuación 5.

$$QMD(L/S) = k1 * Qmd \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

QMD: Caudal máximo diario (l/s).

k1: coeficiente de consumo máximo diario.

Qmd: Caudal medio diario (l/s).

Según las normas del AyA 2017, para el diseño del sistema de abastecimiento se debe aplicar el siguiente factor:

- El caudal máximo diario será igual a 1,2 veces el caudal promedio diario, es decir el factor máximo diario (FMD) es 1,2. Por lo tanto k1 = 1,2.

6.3.6 Caudal máximo horario. (QMH)

Al igual que el caso anterior, el QMH, bajo la norma del AyA, representa 1,8 el QMD. Para determinar dicho caudal se aplica la Ecuación 6.

$$QMH = k2 * QMD \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

QMH: Consumo máximo horario (l/s).

k2: Coeficiente de consumo máximo horario.

QMD: Caudal máximo diario (l/s).

Según las normas del AyA (2017), para el diseño del sistema de abastecimiento se debe aplicar el siguiente factor:

- El caudal máximo horario será igual a 1,80 veces el caudal máximo diario, es decir el factor máximo horario (FMH) es 1,80. Por lo tanto, $k2 = 1,8$.

6.3.7 Caudal de incendio.

Según lo establece el AyA y bajo la norma del Benemérito Cuerpo de Bomberos, para poblaciones inferiores a 5000 habitantes, como lo muestra el Cuadro 2, no es necesario contemplar un caudal de incendio. En vista que para el año 2019 se cuentan con alrededor de 406 acometidas y para dentro de 20 años cerca de 605, por mucho está lejos de la suma de los 5000 habitantes. Como el promedio de habitantes por casa de habitación ronda los 3,5, al traducir las acometidas a número de habitantes, aun así, no se llega a la cantidad estimada para contemplar un caudal de incendio.

6.3.8 Caudal de diseño.

El caudal de diseño para este caso es el mismo valor que el caudal máximo horario (QMH), ya que como podemos apreciar en la Ecuación 7, no se debe contemplar caudal de incendio.

$$Q_{diseño} = QMD + Q_{incendio} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

$Q_{\text{diseño}}$: Caudal de diseño (l/s).

Q_{MD} : Caudal máximo diario (l/s).

Q_{incendio} : Caudal de incendio (l/s).

6.4 FASE III: Análisis Hidráulico del sistema.

Se realizaron dos propuestas de mejoras, una de ellas incluyendo los diámetros utilizados actualmente, es decir, sin realizar ninguna modificación a los diámetros existentes y la otra propuesta de mejora se diseñó a que cumpliera con los requisitos del AyA en cuanto a diámetros mínimos en la red de distribución.

Se incorporaron algunas modificaciones en el funcionamiento del sistema, como también, se diseñó un nuevo tramo de tubería. Dichas mejoras se contemplaron en ambas propuestas de mejora, en la de diámetros originales como en la de diámetros mínimos.

La mejora que comparten ambas propuestas consistió básicamente en un funcionamiento unificado del sistema, es decir, que no exista una separación del sistema por ningún tipo de válvula de compuerta o bola. La segunda mejora que comparten ambas propuestas incluye la captación de la nueva naciente y la incorporación de dicho caudal al sistema existente. Cuando se realizó el análisis hídrico se debe consideró una estimación del comportamiento hasta 25 años.

6.4.1 Análisis de resultados.

Los planos del estado actual de la tubería se realizaron con el programa AutoCAD, utilizando como base el levantamiento topográfico llevado a cabo en toda la comunidad de Pénjamo que es abastecida por el acueducto de esta ASADA. La modelación hidráulica se realiza con el programa WaterCAD, permitiendo definir puntos y tramos de tubería con presiones fuera del rango estipulado en la norma técnica de diseño del AyA (AyA, Norma técnica para "Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial", 2017). Una vez ubicado los puntos que presentan problemas de sobrepresión, se realizan dos propuestas de mejora por medio de la colocación de válvulas

reguladoras de presión (PRV) en lugares estratégicos para que el sistema trabaje unificadamente y balanceadamente.

6.4.1.1 Modelación de la red en periodo extendido (EPS).

Se modificó la duración del tiempo de cálculo para la simulación en periodo extendido (EPS), el tiempo asignado fue de 24 horas con iteraciones cada hora.

6.4.1.2 Asignación de demandas a las tomas.

Como en los planos se encuentra ubicada las acometidas donde actualmente se entrega el servicio, y como ya se cuenta con el dato del consumo bruto por habitante por casa, es posible asignar una demanda para cada nodo de consumo. Todo este proceso se realizó empleando la herramienta de WaterCad llamada Demand Control Center.

Cuando el modelo fue previamente calibrado, según así lo requiera los nodos, diámetros, materiales, coeficientes de las tuberías y la ubicación del tanque de almacenamiento, se debe definir bajo que condición se va a correr la modelación, ya sea en periodo extendió o en condición de incendio.

Una vez seleccionado la modalidad con la que se va a correr la modelación, se pueden obtener datos de velocidades, presiones, niveles en el tanque de almacenamiento, por lo que de la mano con las normas que establece el AyA se pueden hacer las modificaciones requeridas para que el sistema corra en la situación más favorable posible. Dentro de estos ajustes se pueden presentar el cambio de diámetros de tuberías, el dimensionamiento del tanque de almacenamiento, zonas con presiones y velocidades críticas.

6.4.2 Posibles alternativas.

Dependiendo de los resultados obtenidos, es posible para el proyecto de rehabilitación y para el nuevo proyecto, definir varias propuestas hasta obtener la de mejor comportamiento, tanto en funcionamiento hidráulico como también contemplando el factor económico. Las propuestas utilizadas son en función de regular sobrepresiones en los tramos críticos mostrados por la modelación y su corrección mediante la aplicación de válvulas reguladoras de presión.

La variante entre una propuesta y otra es el diámetro utilizado en la red, la primera responde a los diámetros actuales, mientras que la segunda se modifican los diámetros que no cumplen con la normativa del AyA.

6.4.3 Dimensionamiento para nuevo tramo.

El nuevo tramo contempla el diseño desde la captación y conducción hasta el almacenamiento, sin embargo se pretenden realizar varias propuestas de diseño, que contemplen unirse a un tramo del ramal Maroto o que la conducción sea hasta el tanque de almacenamiento.

6.4.4 Captación de un manantial de fondo y concentrado.

La naciente que la ASADA tiene ubicada como nuevo proyecto, no cuenta con ningún estudio topográfico ni estructural en la zona de la fuente, por lo que es necesario diseñar la estructura de captación. Para ello es necesario seguir los cálculos de la Ecuación 8 a la 11.

a) Diseño hidráulico y dimensionamiento

Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar este caudal o gasto. Conocido el gasto, se puede diseñar el área de orificio sobre la base de una velocidad de entrada no muy alta y al coeficiente de contracción de los orificios (Agüero, 2004).

b) Cálculo del ancho de la pantalla:

El ancho de la pantalla se determina sobre la base de las características propias del afloramiento, quedando definido con la condición de que pueda captar la totalidad del agua que aflore del subsuelo.

c) Cálculo de la altura total (Ht)

Para determinar la altura total de la cámara húmeda (Ht) se considera los elementos identificados, los cuales se muestran en la Figura 5.

$$H_t = A + B + E + H \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

A = Altura del filtro (se recomienda de 10 cm)

B = Diámetro de la tubería de salida

H = Altura de agua sobre la canastilla

E = Borde libre (se recomienda como mínimo 30 cm)

Para estimar la altura de agua sobre la canastilla es necesario aplicar la siguiente Ecuación.

$$H = 1,56 \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

H = Carga requerida en m.

V = Velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s. Se debe considerar la velocidad mínima recomendada para una línea de conducción.

g = Aceleración de la gravedad igual 9,81 m/s².

Se recomienda una altura mínima de H = 5 cm, sobre la canastilla

d) Dimensionamiento de la canastilla

Se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida de la línea de conducción (Dc). La longitud de la canastilla (L) debe ser mayor a 3*Dc y menor de *Dc. En la siguiente Figura se muestra la canastilla y sus dimensiones (Agüero, 2004):

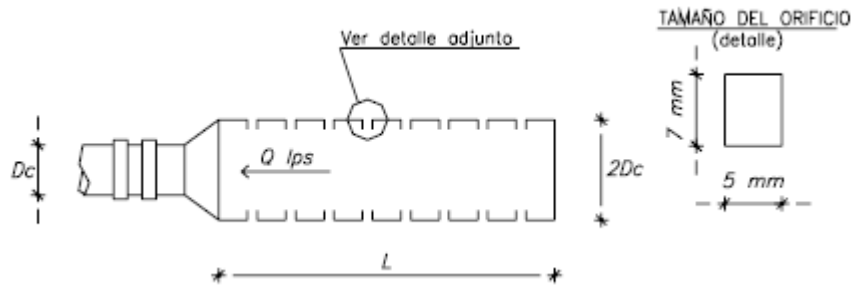


Figura 9 Canastilla de salida. Fuente: Agüero, 2004

El área total de las ranuras de la canastilla debe ser 2 veces el área de la tubería de la línea de conducción, por lo que, para determinar dicha área, se utiliza la ecuación anteriormente de A. Las ranuras deben tener una dimensión de 7mm x 5mm.

Para calcular el número de ranuras totales se utiliza la siguiente Ecuación:

$$N \text{ ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1 \dots\dots\dots (10)$$

e) Tubería de rebose y limpieza

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen - Williams (para C=140). Para el cálculo de dicha tubería es necesario aplicar la siguiente formula:

$$D = \frac{0,71 * Q^{0,38}}{S^{0,21}} \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

- D = Diámetro en pulgadas
- Q = Caudal máximo de la fuente (l/s)
- S = Pérdida de carga unitaria (m/m)

6.4.5 Dimensionamiento de la tubería de conducción.

Una vez confeccionado el diseño de la obra de captación, es necesario transportar el agua captada hasta algún punto de interés, para esto es necesario el uso de tubería. Lo importante en este cálculo es el caudal de diseño, ya que de él depende directamente el diámetro de la tubería a seleccionar, el cual puede ser calculado mediante la aplicación de la Ecuación 12. La fórmula de Hazen-Williams es la siguiente:

$$Hf = \frac{10,67}{D^{4,87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} * L \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

- H_f= Pérdidas totales (m/m)
- D= Diámetro de la tubería (m)

Q= Caudal (m³/s)

C= Coeficiente de rugosidad de la tubería.

L= Longitud de la tubería (m).

Para el dimensionamiento del diámetro de las tuberías López (1995) destaca las ecuaciones que a continuación se muestran:

$$D_{teórico} = \sqrt{\frac{4*Q_{diseño}}{V_{asumida}*\pi}} \dots\dots\dots (13)$$

$$V_{recalculada} = \frac{4*Q_{diseño}}{\pi*D_{real}^2} \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

D teórico = Diámetro teórico (m)

D real = Diámetro real (m)

Q diseño = Caudal de diseño según tubería, ya sea conducción o distribución (m³/s)

6.5 FASE IV. Estudios del proyecto.

6.5.1 Análisis social

Es importante representar el impacto que va a tener el proyecto en la comunidad de Pénjamo de Florencia. Para esto se realizó una entrevista que incorpora preguntas sobre el actual sistema del acueducto y el nivel de satisfacción del mismo, así como también se expone el problema que cuenta la ASADA referente al déficit hídrico y la imposibilidad de brindar nuevos servicios. Se busca justificar el proyecto mediante la aprobación de la población, ante una posible solución a los problemas que puedan enfrentar en la actualidad, pero en especial, en un futuro.

6.5.2 Análisis ambiental

Este proceso consistió en una valoración del proyecto con el fin de determinar la viabilidad ambiental potencial de la obra y la evaluación ambiental que se deberá efectuar si es necesario. Para esto se tuvo que llenar el documento de evaluación ambiental D-1 que el SETENA pone a

disposición de los usuarios por medio del Manual de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) de Costa Rica (SETENA, 2020).

6.5.3 Análisis económico

Para el análisis económico del proyecto se toma únicamente la fuente de ingreso por concepto del cobro mensual del servicio de agua de los usuarios para mes de septiembre del 2019, como egresos se cuenta únicamente con el salario de la secretaria de la ASADA y el fontanero de la misma, son los únicos que están contratados de manera directa. Gracias a los datos proporcionados por la ASADA con respecto a los gastos mensuales del acueducto, por temas de materiales, reparaciones, combustible y los servicios básicos, se puede estimar un VAN y TIR para las dos propuestas de mejora.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

7.1 FASE I: Recopilación de datos.

7.1.1 Ubicación física y en el tiempo del proyecto.

El proyecto se encuentra ubicado en Florencia, distrito número del cantón de San Carlos. En la Figura 10 se muestra la ubicación del proyecto. Además, se estima que la duración del proyecto sea aproximadamente de 5 meses, empezando el 05 de julio y concluyendo el 13 de diciembre del año 2019.

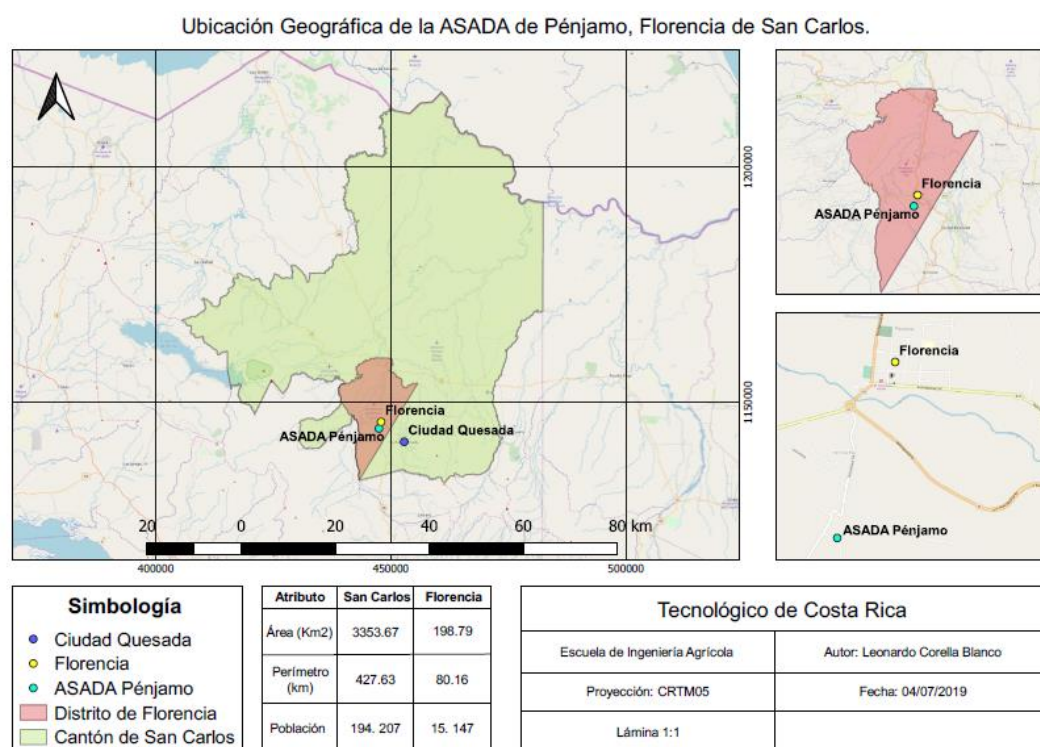


Figura 10. Mapa de la zona de estudio.

7.1.2 Descripción del sistema

El acueducto está compuesto por dos sistemas, el sistema A y B. Como se muestra en la Figura 12 el sistema A se abastece de la naciente Riggioni que tiene una elevación de 306,07 m.s.n.m, a su vez, está compuesta por 2 subsistemas, el A-1 (trazado en azul) y el A-2 (trazado en rojo), con diámetros que van desde los 200 mm hasta los 18 mm.

Por otra parte, se cuenta con la naciente Maroto, la cual se encuentra a una elevación de 318,02 m.s.n.m, la misma abastece de agua al sistema B (trazado en verde). Es importante

mencionar que todos los sistemas y subsistemas trabajan independientemente, es decir, están separados por válvulas de bola o compuerta. En la Figura 11 se muestra el funcionamiento actual del acueducto.

Acueducto de Pénjamo.

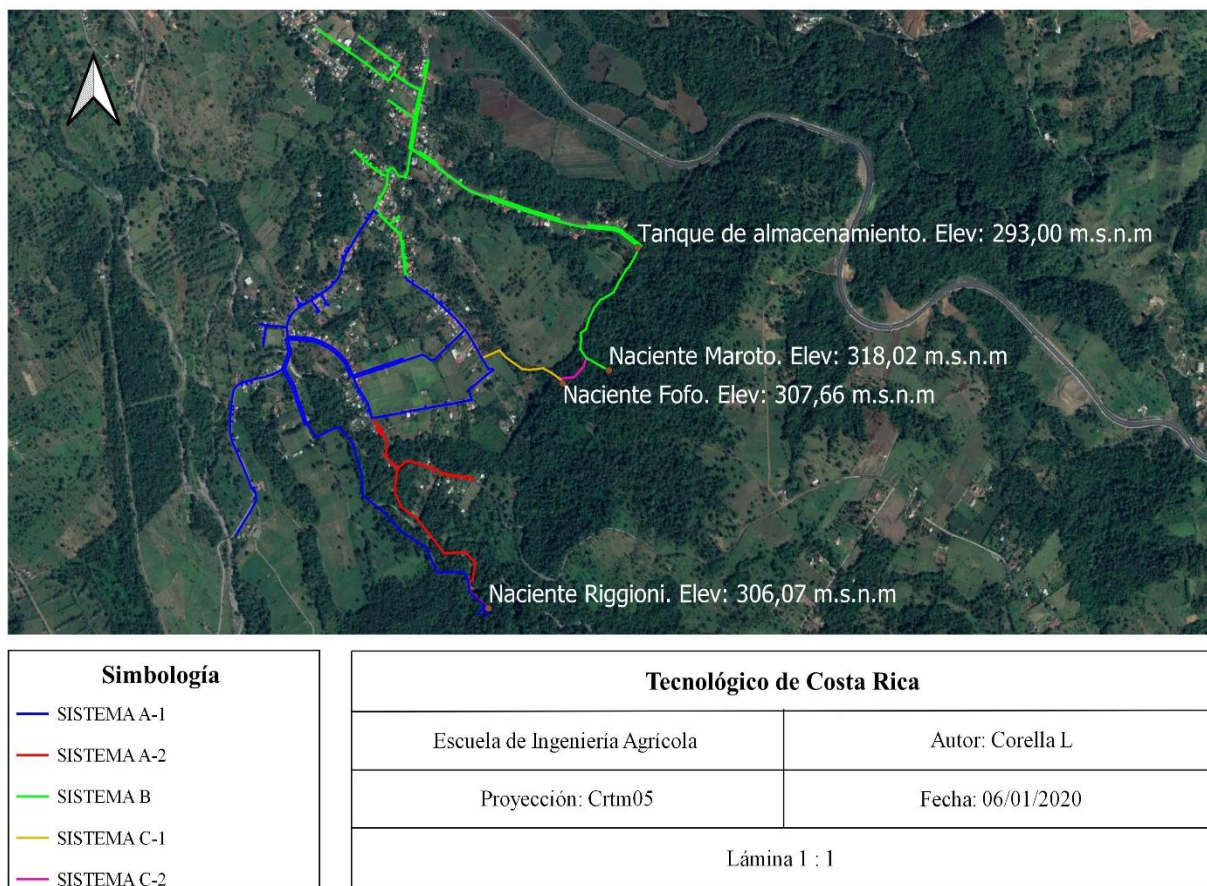


Figura 11. Acueducto de Pénjamo de Florencia.

La naciente de Fofo que se encuentra a una elevación de 307,66 m.s.n.m es una de las soluciones al problema actual de déficit hídrico que cuenta la comunidad, con la implementación de un diseño de captación y conducción se pretende dar solución a dicho déficit. Por el tipo de topografía presente en la zona, se cuenta con dos posibilidades de trazado, el trazo C-1 (naranja) que se incorporaría al sistema A-1, dicho trazo presenta algunos inconvenientes, debido a que se debe pensar en una posterior cloración de la naciente y no hay forma de contar un tanque de almacenamiento en dicha zona.

La segunda opción C-2 (rosado) es la más conveniente debido a que se incorporaría a la tubería de aducción del sistema B, que va hasta el tanque de almacenamiento principal, es un tramo relativamente corto pero que presenta inconvenientes topográficos, debido a que la elevación de la naciente Fofo con respecto al tanque de almacenamiento es de apenas 6 metros positivos.

Por otra parte, el sistema B cuenta un pozo que abastece a 5 casas y un taller, dicho sistema es completamente independiente, y es necesario debido a la ubicación de estas casas en mención, al estar muy cerca del tanque principal, el agua no les llega con la presión adecuada, por lo que la ASADA construyó un tanque elevado. En la siguiente Figura se muestra un diagrama del sistema. La línea trazada en color rojo representa el sistema B, mientras que el negro es el sistema del pozo. En la Figura 12 se muestra el sistema secundario del acueducto de Pénjamo.

Acueducto de Pénjamo.

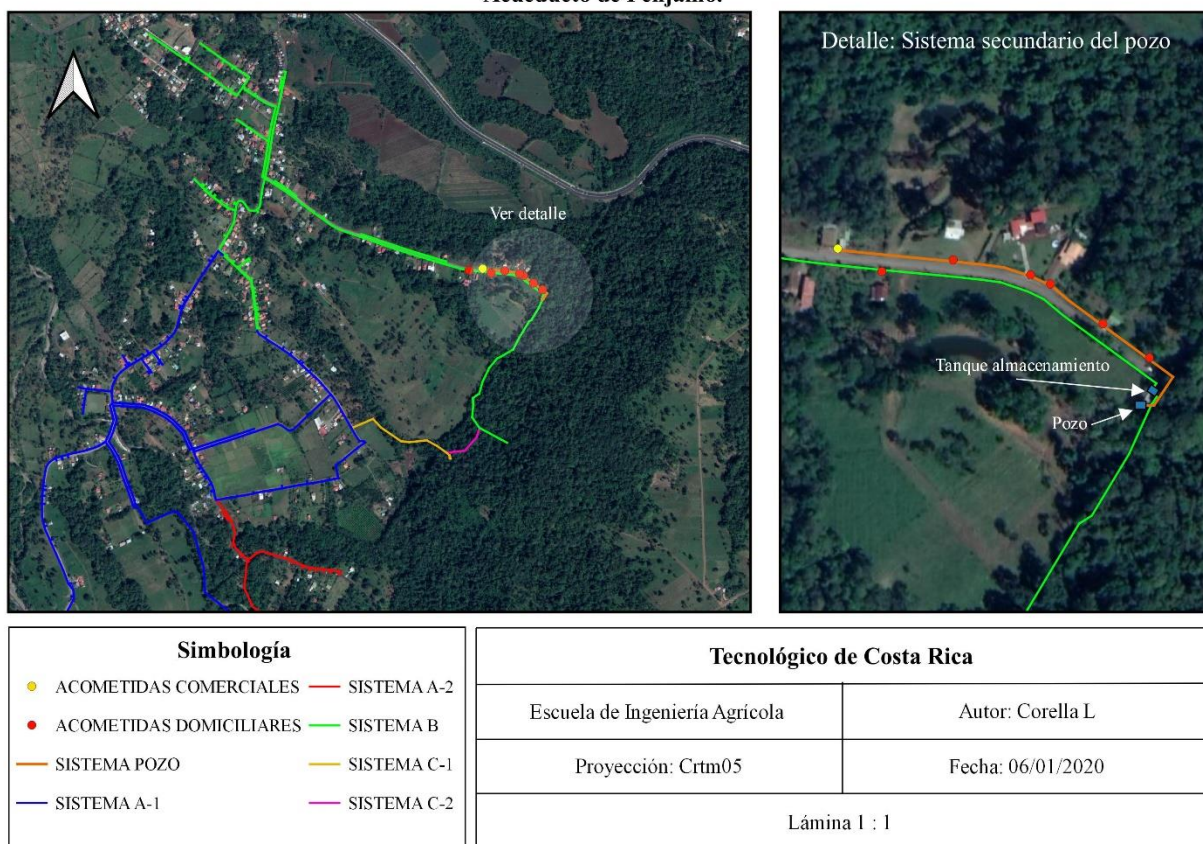


Figura 12. Sistema secundario del pozo y tanque de almacenamiento.

El pozo cuenta con un sistema de bombeo hasta el tanque elevado que tiene una altura de 6,00 metros aproximadamente. El tanque del pozo tiene una capacidad de 5,00 m³. En la Figura 13 se puede apreciar el tanque principal del sistema B como también el tanque elevado del sistema del pozo.



Figura 13. Tanque de almacenamiento Maroto y sistema del pozo.

La diferencia de altura entre el tanque principal del sistema B con respecto a la última casa que es abastecida por el sistema del pozo es de apenas 11,60 metros, mientras que para la primera casa es de -1,00 metro. En la Figura 14 se observan las alturas correspondientes para las acometidas que son abastecidas por el sistema del pozo.

Sistema secundario del pozo.



Simbología	
●	ACOMETIDAS COMERCIALES
●	ACOMETIDAS DOMICILIARES
—	SISTEMA POZO
—	SISTEMA B

Tecnológico de Costa Rica	
Escuela de Ingeniería Agrícola	Autor: Corella L
Proyección: Crtm05	Fecha: 18/11/2019
Lámina 1 : 1	

Figura 14. Casas de habitación abastecidas por el sistema del pozo.

La línea de conducción de color amarillo representa el sistema B, que contempla el tanque principal de almacenamiento y que baja hasta el centro de Pénjamo. La línea de conducción verde representa el sistema del pozo, que abastece a las 5 casas y 1 taller.

7.1.3 Prueba de niveles o curva de masas del tanque

En la Figura 15 se muestra el comportamiento del tanque de distribución del sistema B, donde se observa un ascenso del nivel de agua en horas de la madrugada, donde muy pocas personas hacen uso del servicio, mientras que a partir de las 6:00 am, se observa como el nivel descende, debido a las costumbres de la población con el uso del agua, para usos domésticos a partir de esa hora. Existe un comportamiento singular de 10:00 am a 11:00 am, en la que el tanque aumenta de nivel de agua.

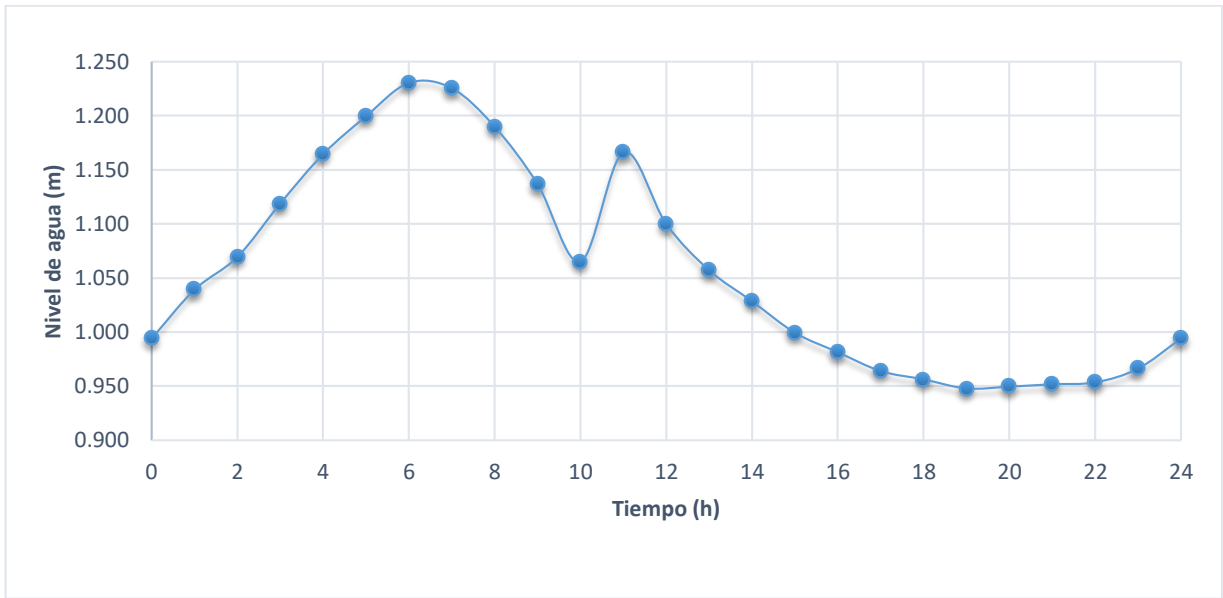


Figura 15. Niveles de agua del tanque principal Maroto.

Mediante los niveles del tanque para una duración de prueba de 24 horas, es posible determinar un factor de consumo de la población, como también el comportamiento del consumo promedio horario para el tanque, contemplando un caudal de entrada al tanque de 2,45 l/s. En el Anexo 10.2 se muestran los factores de consumo para la población de Pénjamo.

Como se muestra en el Anexo 10.2, el CPH máximo corresponde a 4,39 l/s, que se presenta a las 11:00 am. En la Figura 16 se muestra el comportamiento del consumo promedio diario en un tiempo de 24 horas de estudio.

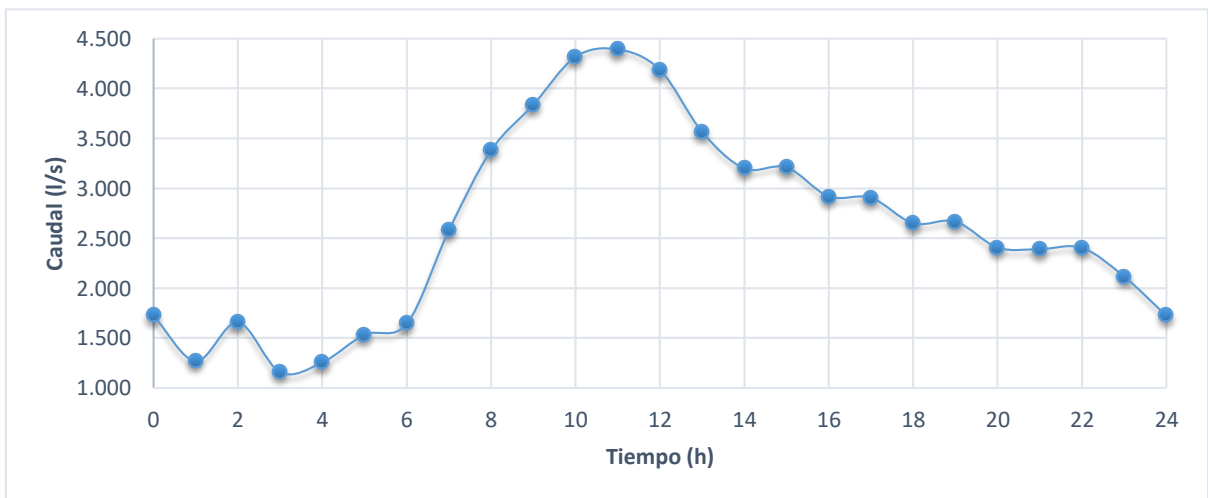


Figura 16. Consumo máximo horario para la población abastecida por la naciente Maroto.

En la Figura anterior se muestra un consumo muy bajo en horas de la madrugada (0:00 am – 6:00 am), debido a que pocas personas acostumbran a hacer un consumo de agua para cualquier fin en ese lapso y parte de ese consumo puede evidenciar también fugas en el sistema, que están presentes siempre, pero que se hacen más evidentes a estas horas, porque las presiones en la red son máximas y los consumos son mínimos. En Costa Rica se tiene la costumbre de iniciar las labores del día cerca de las 6:00 am, por este motivo se evidencia un consumo más elevado a partir de esta hora, con un pico máximo al medio día, que es donde más agua se utiliza para las labores domésticas e industriales.

7.2 FASE II: Evaluación hídrica del sistema.

Como se mencionó antes, el acueducto actualmente está siendo abastecido por dos nacientes, la naciente Maroto y Riggioni, a su vez, existen varias nacientes complementarias que caen a las principales, para darle más capacidad al sistema. Para el sistema A son 3 nacientes complementarias, sumando el caudal de estas pequeñas nacientes se obtiene un caudal cercano a los 1,50 l/s. Para el sistema B únicamente se cuenta con la principal y una complementaria, que ronda los 0,85 l/s.

7.2.1 Aforos.

Los aforos se han realizado en los meses de agosto y septiembre en conjunto con el fontanero de la ASADA, donde se aforaron todas las nacientes de cada sistema. En el Cuadro 2 se muestra un resumen de los aforos para los tres meses de análisis para la naciente Riggioni.

Cuadro 2. Aforos para la naciente Riggioni principal y las complementarias.

	Nac. Riggioni 1	Nac. Riggioni 2	Nac. Riggioni 3	Nac. Riggioni 4	Total (l/s)
21/6/2019	4,17	0,39	0,87	0,13	5,56
12/8/2019	4,24	0,48	0,88	0,14	5,74
14/9/2019	4,29	0,39	0,83	0,14	5,65

En el Cuadro 3 se muestra un resumen de los aforos para los tres meses de análisis para la naciente Maroto.

Cuadro 3. Aforos para la naciente Maroto principal y su complementaria.

Fecha	Nac. Maroto 1	Nac. Maroto 2	Total (l/s)
12/8/2019	1,27	0,66	1,93
13/9/2019	1,43	0,85	2,28

Analizando los aforos de las dos nacientes, se puede determinar que la naciente Riggioni (sistema A) es la que más agua produce, sin embargo, es la que realiza la conducción y distribución de manera directa, es decir, no cuenta con un tanque de almacenamiento.

En el Cuadro 4 se muestra el aforo realizado para el mes de septiembre tanto en la entrada del tanque de almacenamiento principal como también lo producido por el sistema auxiliar del pozo.

Cuadro 4. Aforos a la entrada del tanque y sistema auxiliar del pozo.

Fecha	Aforo entrada tanque (l/s)	Aforo Pozo (l/s)
13/9/2019	2,45	2,93

Realizando una comparación del caudal a la entrada del tanque principal con respecto a lo producido por las nacientes, se puede evidenciar que lo aforado en el tanque es ligeramente superior a lo producido por las dos nacientes de Maroto al inicio de la conducción, lo que evidencia que en la tubería de aducción no hay fugas, sin embargo, no debería dar mayor al caudal aforado en montaña (nacientes).

La tubería de aducción para el sistema B, desde la naciente Maroto en montaña hasta el tanque de almacenamiento principal, cuenta con una diferencia de altura entre dichos puntos de aproximadamente 18 metros. El trazo de la tubería es de 100 mm (4 pulgadas) y tiene una longitud aproximada de 645,00 metros.

7.2.2 Registro de acometidas.

En la Figura 17 se observan cómo están distribuidas las acometidas a lo largo de toda la comunidad de Pénjamo, obteniéndose un total de 394 acometidas. En la comunidad se cuenta

con una escuela que tiene una capacidad aproximada de 34 estudiantes, salón comunal, centros recreativos, locales comerciales y distintas industrias. Los puntos rojos representan los servicios domiciliarios y los amarillos los comerciales.

Acueducto de Pénjamo de Florencia.

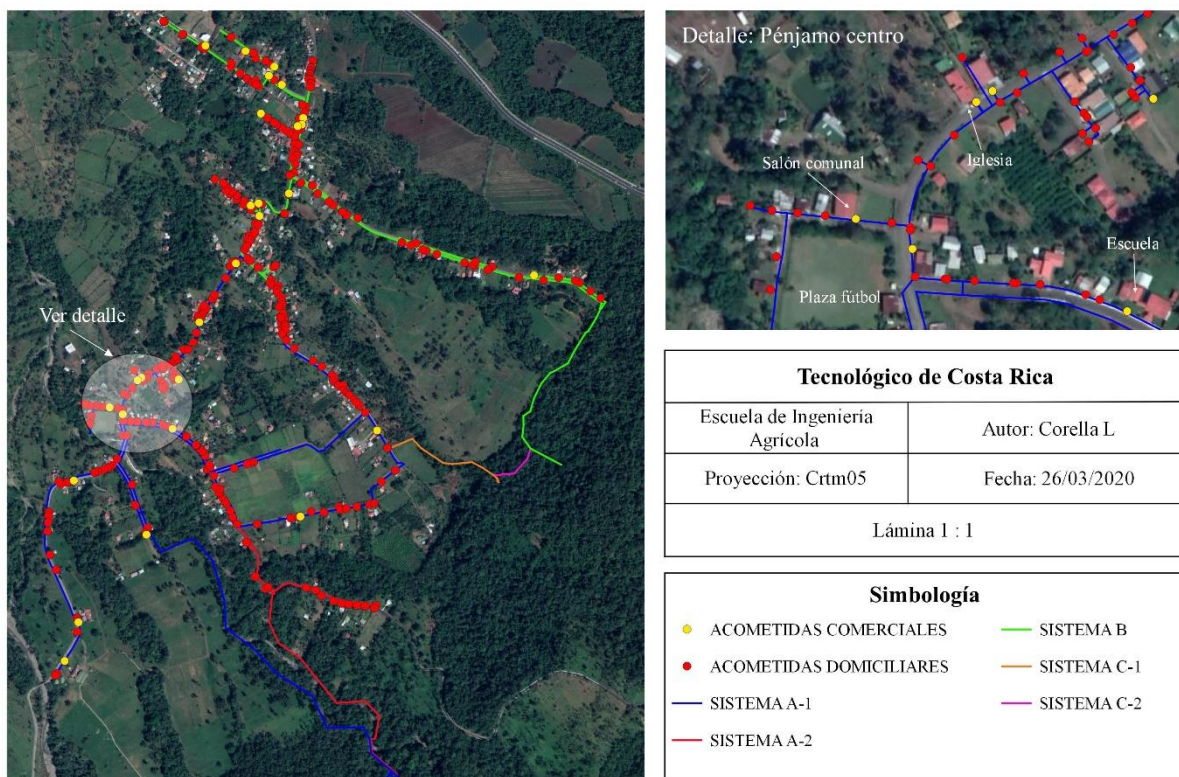


Figura 17. Sistema actual del acueducto de Pénjamo de Florencia con sus respectivas acometidas.

El sistema A-1 trabaja con 186 acometidas, el sistema A-2 tiene 16 acometidas, el sistema B abastece a 187 acometidas y, por último, 5 acometidas para el sistema del pozo, para un total de 394 acometidas. Si se analiza el sistema A-1 que es el que más produce en cuanto a caudal en nacientes, también es el que tiene que abastecer a ese número de servicios sin un tanque de almacenamiento, es decir, de manera directa. Si el factor de consumo aumenta, dicho sistema no tiene forma de asegurar el agua para toda la población.

7.2.3 Población de diseño.

Analizando la cantidad de acometidas con la que cuenta todo el proyecto y conociendo datos de estudio de población, se puede estimar una población futura para el acueducto, de esta manera obtener posteriormente un balance hídrico del acueducto y conocer su situación.

Para el distrito de Florencia, según datos del INEC, se estiman aproximadamente un promedio de 3,52 personas por vivienda (INEC, 2011), si se toman en cuenta que en el proyecto existen 366 casas a las que se le brinda el servicio de agua, además de diferentes servicios no domiciliarios a lo largo de todo el pueblo, es necesario obtener el servicio equivalente para esas acometidas que no son domiciliarias. En el Cuadro 5 se muestran los servicios equivalentes para el sistema A.

Cuadro 5. Servicios equivalentes para la estimación del número de acometidas domiciliarias para el sistema A

Servicio	Cantidad	Unidad	Servicio Equivalente
Escuela	1	34 estudiantes	2
Locales comerciales	2	456,00 m ²	3
Industria	6	5033,65 m ²	11
Centros recreativos	3	1088,00 m ²	6
Centro Social (capacitaciones)	2	60 personas	2
Casas	188	--	188

Total de servicios equivalentes: 212

Medidores originales: 202

Analizando el Cuadro anterior podemos determinar que el cálculo de la población futura debe considerar un total de servicios de 212. Originalmente se cuentan con 202 medidores sin realizar cálculos de servicios equivalentes. El número total de servicios es de 212, si obtenemos

el número de habitantes según el número de viviendas, con el factor de hacinamiento de 3,52 habitantes por casa, se obtiene para el sistema A para el 2019 cerca de 747 habitantes.

En el Cuadro 6 se muestran los servicios equivalentes para el sistema B.

Cuadro 6. Servicios equivalentes para la estimación del número de acometidas domiciliarias para el sistema B.

Servicio	Cantidad	Unidad	Servicio Equivalente	Servicio Equivalente Corregido
Industria	10	2412,45 m ²	6	0
Centro Social (capacitaciones)	1	40 personas	2	1
Bar / Restaurante	2	489,00 m ²	5	1
Casas	178	--	178	178

Total de servicios equivalentes: 191

Medidores originales: 187

El número total de servicios es de 191, si obtenemos el número de habitantes según el número de viviendas, con el factor de hacinamiento de 3,52 habitantes por casa, se obtiene para el sistema B para el 2019 cerca de 673 habitantes en la comunidad de Pénjamo.

Para el distrito de Florencia se cuenta con una tasa de crecimiento anual del 2 % y la proyección se realiza para un periodo de análisis de 25 años. Aplicando la fórmula 1 se obtiene el Cuadro 7 y 8, sobre estimaciones de población para ambos sistemas.

Cuadro 7. Estimación de la población a 25 años para el sistema A.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Población	747	825	912	1007	1112	1228
Servicios	212	235	259	286	316	349

Debido a que el aforo de la naciente Maroto es más bajo que el producido por la naciente Riggioni, el dato de la población futura para el sistema B es más crítico, si analizamos el siguiente Cuadro, podemos determinar que la diferencia entre poblaciones para el año 2044 para ambos sistemas es bastante pequeña, de apenas 35 servicios. Considerando una diferencia entre los caudales producidos por ambas nacientes que es de 3,63 l/s, la diferencia entre la población es muy pequeña, lo que hace crítico el sistema B. En el Cuadro 8 se muestra la estimación de población a 25 años para el sistema B.

Cuadro 8. Estimación de la población a 25 años para el sistema B.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Población	673	743	820	905	999	1103
Servicios	191	211	233	257	284	314

7.2.4 Determinación de consumo de agua

7.2.4.1 Dotación

La ASADA cuenta con registros de consumo por parte de sus usuarios a partir del 2014, sin embargo, en dicho momento el número de servicios domiciliarios era muy inferior al actual, por lo que se decide trabajar con las lecturas a partir del 2018. En el Cuadro 9 se muestra el cálculo de la dotación utilizada.

Cuadro 9. Cálculo de dotación mensual para el pueblo de Pénjamo de Florencia.

Mes	Servicios	Macromedición m³	Micromedición m³	Dotación mensual (l/p/d)	ANC	Total de días del mes
Enero	393	0	7687	179	0	31
Febrero	393	0	7338	171	0	28
Marzo	393	0	7482	174	0	31
Abril	393	0	9035	211	0	30
Mayo	393	0	7760	181	0	31

Mes	Servicios	Macromedición m ³	Micromedición m ³	Dotación mensual (l/p/d)	ANC	Total de días del mes
Junio	393	0	7575	177	0	30
Julio	393	0	7983	186	0	31
Agosto	393	0	7687	179	0	31
Setiembre	393	0	7571	176	0	30
Octubre	393	0	7857	183	0	31
Noviembre	393	0	7133	166	0	30
Diciembre	393	0	7004	163	0	31

Se puede determinar que la dotación a utilizar debe ser la máxima para el año 2018, la cual corresponde al mes de abril con 211 l/p/d. Como no se cuentan con registros de macromedición, se debe utilizar el porcentaje de agua no contabilizada estipulada por el AyA en la norma técnica de diseño de acueductos que corresponde al 33% del agua captada (AyA, Norma técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial”, 2017).

7.2.4.2 Caudal de diseño

Se estiman los caudales para un intervalo de 5 años a partir del 2019 hasta un periodo de 25 años. El cálculo de caudal de diseño se realiza con una dotación según medición de 211 l/p/d, contemplando un 33% de agua no contabilizada. En el Cuadro 10 se muestran los caudales calculados para el sistema A.

Cuadro 10. Cálculo de caudales para la comunidad de Pénjamo de Florencia para el sistema A.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Caudal Promedio (l/s)	2,42	2,67	2,96	3,26	3,60	3,98

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Caudal Máximo Diario (l/s)	2,91	3,21	3,55	3,92	4,33	4,78
Caudal Máximo Horario (l/s)	5,23	5,78	6,39	7,05	7,79	8,60

En el Cuadro 11 se muestran los caudales calculados para el sistema B.

Cuadro 11. Cálculo de caudales para la comunidad de Pénjamo de Florencia para el sistema B.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Caudal Promedio (l/s)	2,18	2,41	2,66	2,93	3,24	3,58
Caudal Máximo Diario (l/s)	2,62	2,89	3,19	3,52	3,89	4,29
Caudal Máximo Horario (l/s)	4,71	5,20	5,74	6,34	6,99	7,72

Una vez determinados el caudal máximo diario y el horario, es necesario determinar si existe la necesidad de contar con un tanque de almacenamiento, para esto se calcula el volumen de regulación, el volumen de incendio necesario y el volumen por interrupciones. En el Cuadro 12 se resumen los cálculos de volúmenes para cada año en análisis.

Cuadro 12. Proyección de almacenamiento para el acueducto de Pénjamo para el sistema A.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Volumen						
Regulación (m ³)	29	32	36	39	44	48
Volumen de Incendio (m ³)	22	22	22	22	22	23
Volumen						
Interrupciones (m ³)	35	39	43	47	52	57
Volumen Total (m ³)	86	93	100	108	118	128

La ASADA de Pénjamo cuenta con un tanque de almacenamiento para el sistema B (naciente Maroto) que tiene una capacidad de almacenamiento de 150 m³ y también un tanque para el sistema del pozo con una capacidad de 5 m³. En el Cuadro 13 se muestra el volumen total necesario para el sistema B para cubrir la necesidad de la población hasta el año 2044.

Cuadro 13. Proyección de almacenamiento para el acueducto de Pénjamo para el sistema B.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Volumen						
Regulación (m ³)	26	29	32	35	39	43
Volumen de Incendio (m ³)	22	22	22	22	22	23
Volumen						
Interrupciones (m ³)	31	35	38	42	47	51

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Volumen Total (m ³)	80	86	92	100	108	118

7.2.4.3 Balance hídrico.

Es importante mencionar que el balance hídrico fue determinado bajo los aforos realizados para el mes de agosto del 2019, asumiendo que en la proyección de los 20 años dicho caudal no va a presentar ninguna reducción, se mantiene constante a lo largo de los años, esto debido a que no se puede determinar el porcentaje de reducción anual del caudal, ya que no hay registros de aforos. En el Cuadro 14 se muestra el balance hídrico para el sistema A.

Cuadro 14. Balance hídrico para el sistema A, con aforos del mes de agosto 2019.

Año	Servicios	Demanda (l/s)	Producción (l/s)	Balance Hídrico (l/s)	Parámetros de balance según AyA (2017)
2019	212	2,91	5,56	2,65	Balance > 2,00 l/s: Capacidad hídrica para nuevos servicios.
2024	235	3,21	5,56	2,35	
2029	259	3,55	5,56	2,01	Balance [2 l/s – 1 l/s]: Capacidad hídrica.
2034	286	3,92	5,56	1,64	
2039	316	4,33	5,56	1,23	Balance [1 l/s – 0,5 l/s]: Buscar nuevas fuentes de agua
2044	349	4,78	5,56	0,78	

Para el sistema A, la ASADA cuenta con la capacidad hídrica para brindar nuevos servicios más allá del 2039, esto debido a la alta producción de la naciente principal de Riggioni y sus complementarias. En la Figura 18 se muestra gráficamente el Cuadro anterior, donde la demanda con el paso de los años aumenta, mientras que la producción de las fuentes se mantiene constante.

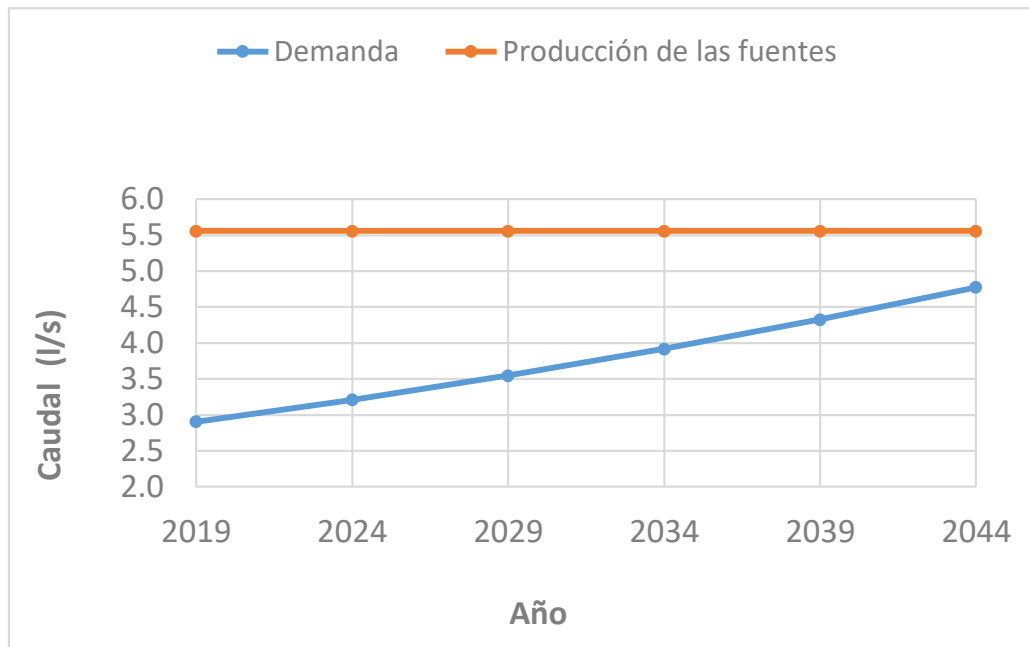


Figura 18. Balance hídrico para la ASADA de Pénjamo para el sistema A.

El caso es distinto cuando se realiza el balance hídrico para el sistema B, ya que la producción de la naciente Maroto es realmente baja para la cantidad de servicios que cuenta. En el Cuadro 15 se muestra el balance hídrico para el sistema B.

Cuadro 15. Balance hídrico para el sistema B, con aforos del mes de agosto 2019.

Año	Servicios	Demanda (l/s)	Producción (l/s)	Balance Hídrico (l/s)
2019	191	2,62	1,93	-0,69
2024	211	2,89	1,93	-0,96
2029	233	3,19	1,93	-1,26
2034	257	3,52	1,93	-1,59
2039	284	3,89	1,93	-1,96
2044	314	4,29	1,93	-2,36

En este caso la situación es realmente crítica, la ASADA no tiene la posibilidad de brindar nuevos servicios ni para el año actual ni para el futuro, se presenta déficit hídrico y

desabastecimiento. Existen dos alternativas para intentar corregir el problema, primero, que los sistemas se unifiquen, aprovechando que el sistema A produce mucha agua, segundo, buscar una nueva fuente de agua. En la Figura 19 se muestra gráficamente el Cuadro anterior, donde la demanda con el paso de los años aumenta, mientras que la producción de las fuentes se mantiene constante.

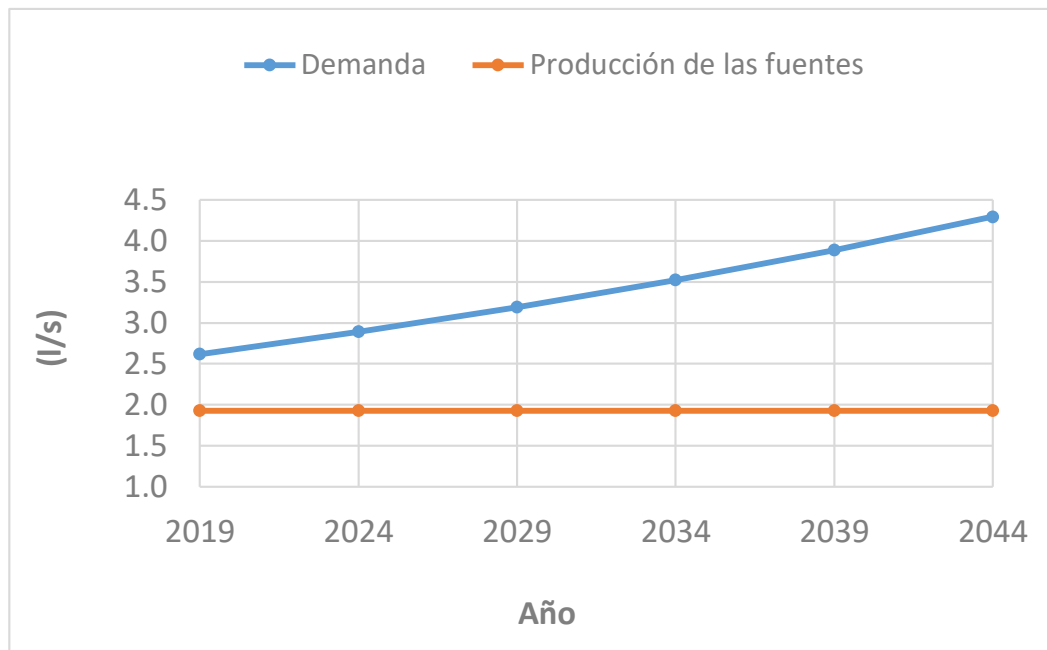


Figura 19. Balance hídrico para la ASADA de Pénjamo para el sistema B.

7.3 FASE III: Análisis hidráulico del sistema. (Modelación)

Según la norma técnica de diseño de acueductos del AyA, las presiones en las acometidas deben estar en un rango establecido (10,00 – 70,00 m.c.a), velocidades que no superen los 3 m/s, así como también estipula diámetros mínimos en distribución que no sean inferiores a 100 mm (4 pulgadas), con algunas excepciones en 82 mm (3 pulgadas) para tramos donde no sea necesario incluir hidrantes (AyA, Norma técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial”, 2017).

A continuación, se presenta el estudio de comportamiento del sistema, considerando la población total del pueblo de Pénjamo, un crecimiento de la población del 2%, trabajando con el sistema unificado y una proyección a 25 años. Se considera la suma de los servicios equivalentes calculados para el sistema A y B de manera independiente, así como también la

suma de los caudales producidos por las 2 nacientes actuales y la naciente Fofo. En el Cuadro 16 se muestran los caudales obtenidos en cada una de las nacientes.

Cuadro 16. Caudales para las nacientes ubicadas en Pénjamo de Florencia según el mes de aforo.

Fuente	Caudal (l/s)	Mes
Naciente Riggioni	5,56	Agosto
Naciente Maroto	1,93	Agosto
Naciente Fofo	1,66	Septiembre

Total: 9,24 l/s

Se considera un caudal para el balance hídrico de 9,24 l/s, dichos caudales del Cuadro 16 corresponden a los aforos realizados para el mes de agosto del 2019 en el caso de la naciente Riggioni y Maroto, y el aforo del mes de octubre para la naciente Fofo. Es importante mencionar que los aforos corresponden a datos tomados en época de invierno, por falta de registros se utilizan los aforados en estos meses.

En el Cuadro 17 se muestra la estimación de la población, con el sistema unificado, que debe incluir la población total actual y los servicios domiciliarios correspondientes.

Cuadro 17. Estimación de la población a 25 años para el acueducto de Pénjamo de Florencia.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Población	1398	1544	1705	1882	2078	2294
Servicios	397	439	485	535	591	652

Los servicios domiciliarios originales corresponden a 388 acometidas, pero se calculan los servicios equivalentes correspondientes a las acometidas comerciales, lo que se traduce al 2019 en 397 servicios. Para la estimación del número de personas, se consideran igualmente el valor de 3,52 personas por vivienda utilizado en los cálculos anteriores. La dotación utilizada no varía respecto a los cálculos anteriores, ya que el comportamiento de la población es la misma, aunque

el sistema trabaje unificado o seccionado. Se considera una dotación de 211 l/p/d y un 33% de agua no contabilizada según la norma del AyA.

En el Cuadro 18 se muestra el cálculo de los caudales para la comunidad de Pénjamo de Florencia.

Cuadro 18. Cálculo de caudales para la comunidad de Pénjamo de Florencia.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Caudal						
Promedio (l/s)	4,53	5,00	5,53	6,10	6,74	7,44
Caudal						
Máximo Diario (l/s)	5,44	6,01	6,63	7,32	8,08	8,92
Caudal						
Máximo Horario (l/s)	9,79	10,81	11,94	13,18	14,55	16,06

El caudal máximo horario calculado para cada año a partir del 2019, no puede ser considerado para contemplar el volumen de almacenamiento necesario, debido a que la ubicación de las nacientes y del tanque de almacenamiento actual en cuanto alturas, no permite que el agua se comparta, en otras palabras, el agua producida por la naciente Riggioni y Foyo, por diferencia de alturas no llega hasta el tanque principal de la naciente Maroto y viceversa.

Debido a esto y en vista de que existe un tanque principal de almacenamiento con una capacidad de 150 m³, el análisis del cálculo del volumen del tanque necesario para compensar las fluctuaciones de consumo de la población debe ser seccionado.

Se calculó un volumen de almacenamiento para la zona de influencia máxima de la naciente Riggioni, que es la que más produce, pero analizando el comportamiento seccionado, es decir,

únicamente contemplando el caudal producido por esta naciente, ya que en el punto donde es necesario el tanque para que cumpla con las presiones mínimas en los nodos críticos, no llega agua de otra naciente.

7.3.1 Cálculo del volumen de almacenamiento

Analizando el comportamiento de la fuente Riggioni bajo las propuestas de mejora planteadas, se estima que se abarcaran a cerca de 150 previstas más los servicios equivalentes de las acometidas comerciales. Las acometidas comerciales no varían, a excepción que no se incluye un centro recreativo y una industria, que ahora están siendo abastecidas por la naciente Fofo. Contemplando los servicios equivalentes, se resume en un total de 156 servicios. Se considera un caudal de la fuente de 5,56 l/s, un crecimiento de población de un 2% y una dotación igual a la estimada anteriormente, de 211 l/p/d. En el Cuadro 19 se muestra el cálculo del volumen de almacenamiento para la naciente Riggioni.

Cuadro 19. Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento para la naciente Riggioni.

Año	2019	2024	2029	2034	2039	2044
Volumen						
Regulación (m ³)	22	24	26	29	32	35
Volumen de Incendio (m ³)	22	22	22	22	22	23
Volumen						
Interrupciones (m ³)	26	28	31	34	38	42
Volumen total (m ³)	69	74	79	85	92	100

Para satisfacer adecuadamente a la población en un plazo de 25 años a partir del 2019, se debe considerar un tanque con una capacidad de 100 m³.

7.3.2 Diseño del tanque de almacenamiento Riggioni.

El diseño del tanque de almacenamiento Riggioni se realizó con base en el volumen necesario para cumplir con las fluctuaciones para un periodo de 25 años a partir del 2019. En la Figura 20 se muestra el dimensionamiento, el cual incluye el uso de block de 40x20x12 cm para la confección de las paredes. La tubería de ingreso se encuentra ubicada a un nivel de 1,6 metros, el rebalse a un nivel de 1,5 metros. Existen dos cámaras secas para válvulas, ubicadas a la entrada y salida del tanque.

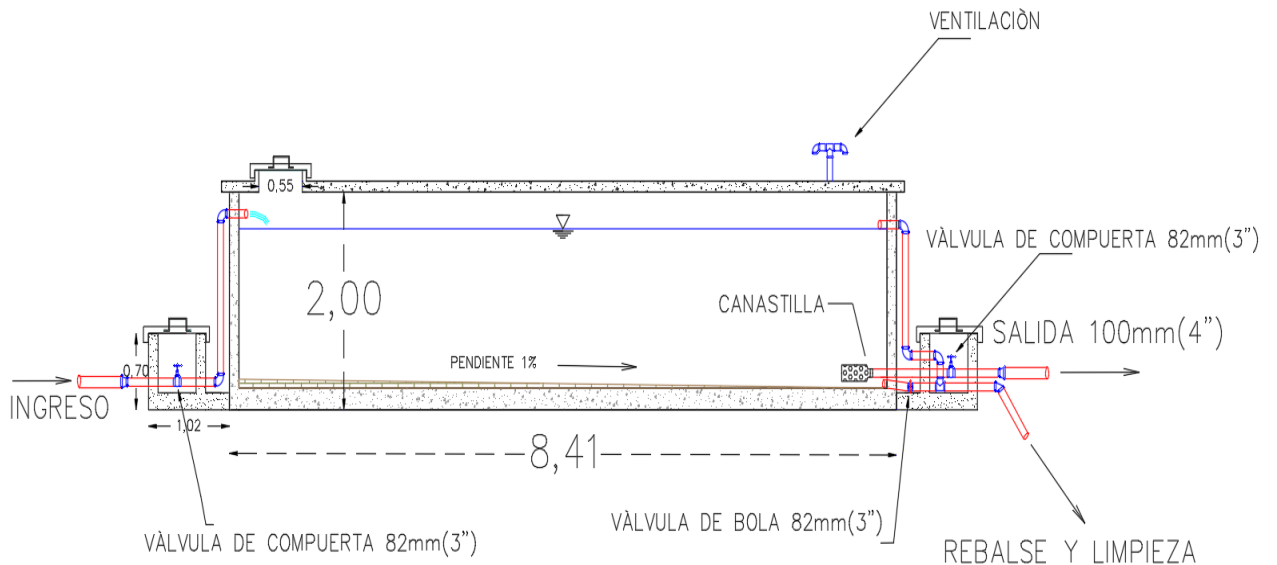


Figura 20. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento Riggioni.

7.3.3 Balance hídrico

El balance hídrico obtenido bajo las nuevas mejoras, en cuanto a funcionamiento y nueva captación, da como resultado un análisis positivo con estimación a 20 años, a partir del año 2039, el caudal demandado por la población casi iguala al producido por las 3 nacientes, momento en cual es necesario pensar en buscar una nueva fuente. En el Cuadro 20 se muestra el balance hídrico obtenido.

Cuadro 20. Balance hídrico para el acueducto de Pénjamo de Florencia incluyendo las mejoras.

Año	Servicios	Demanda (l/s)	Producción (l/s)	Balance Hídrico (l/s)
2019	397	5,44	9,24	3,80
2024	439	6,01	9,24	3,23
2029	485	6,63	9,24	2,61
2034	535	7,32	9,24	1,92
2039	591	8,08	9,24	1,16
2044	652	8,92	9,24	0,32

Gracias al balance hídrico anterior se justifica la implementación de las mejoras al sistema, a pesar de que para el año 2044 ya el balance no es favorable, aún en ese punto, el caudal producido por las 3 nacientes es superior al demandado por la población. La diferencia en servicios del año 2019 al 2044 es de 255 servicios, lo que representa un gran aumento de la población, lo que trae consigo una mejoría en la economía y oportunidades para los pobladores.

Una vez justificado el proyecto de captar agua de una nueva naciente, es necesario realizar los cálculos hidráulicos para que funcione adecuadamente.

7.3.4 Diseño del nuevo tramo de acueducto.

Como el sistema funciona de una manera unificada, no se puede contemplar el diseño de la tubería con el caudal máximo horario de 8,92 l/s, ya que, como aforo mínimo, la naciente Foyo produce únicamente 1,66 l/s, por lo que el tramo de acueducto nuevo debe ser calculado con base a este caudal.

Como se mencionó anteriormente, existen dos propuestas de trazado para el nuevo tramo de acueducto. En la Figura 21 se muestra la primera opción C-1, el cual consiste en un tramo de alrededor de 408 metros.

Acueducto de Pénjamo de Florencia.

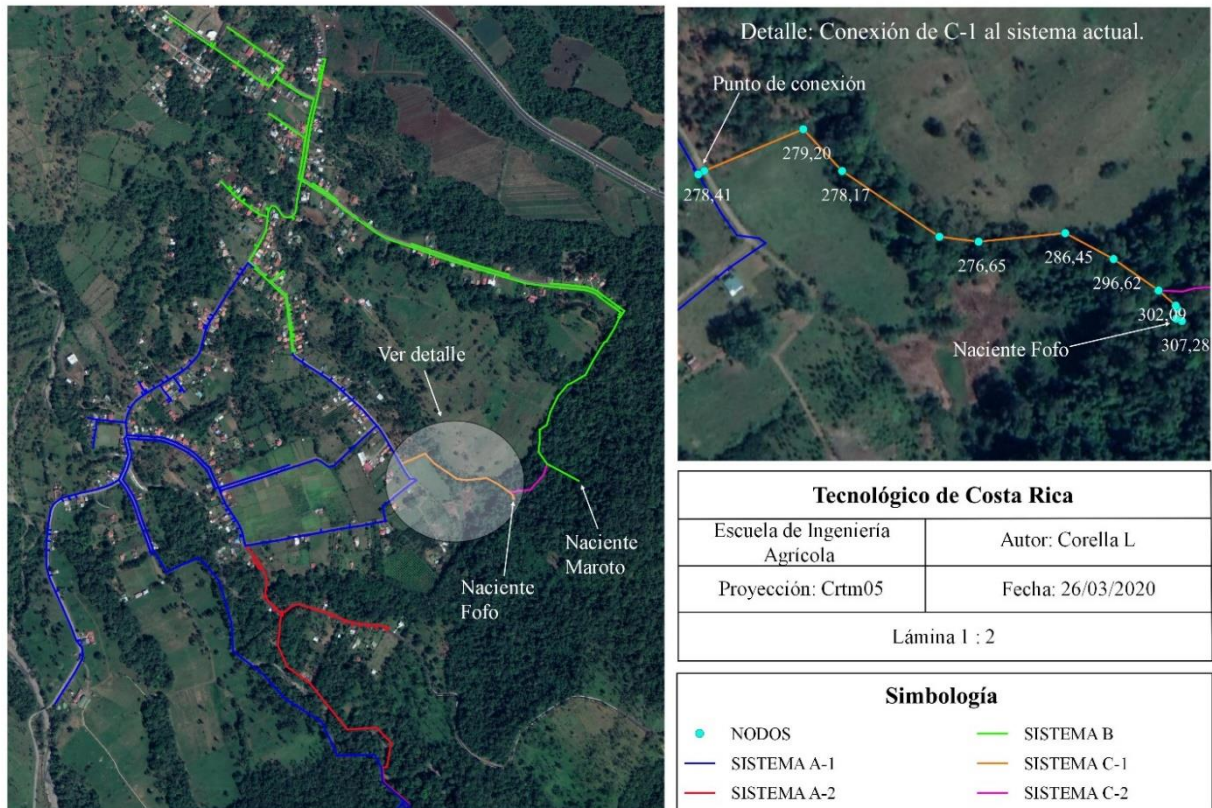


Figura 21. Opción de trazado C-1 para incorporar el agua de la naciente Fofo al sistema.

La diferencia de altura entre el punto de la naciente Fofo y el punto de conexión al sistema es de 28,82 metros, solamente en dos tramos la pendiente es negativa, pero la carga es superior a dicha diferencia, por lo que no existe un problema de conducción.

La segunda opción de trazado tenía como objetivo incorporar el agua de la naciente Fofo a la tubería de aducción de la naciente Maroto que va hacía el tanque de almacenamiento principal. En la Figura 22 se muestra un esquema de trazado para la segunda opción.

Acueducto de Pénjamo de Florencia.

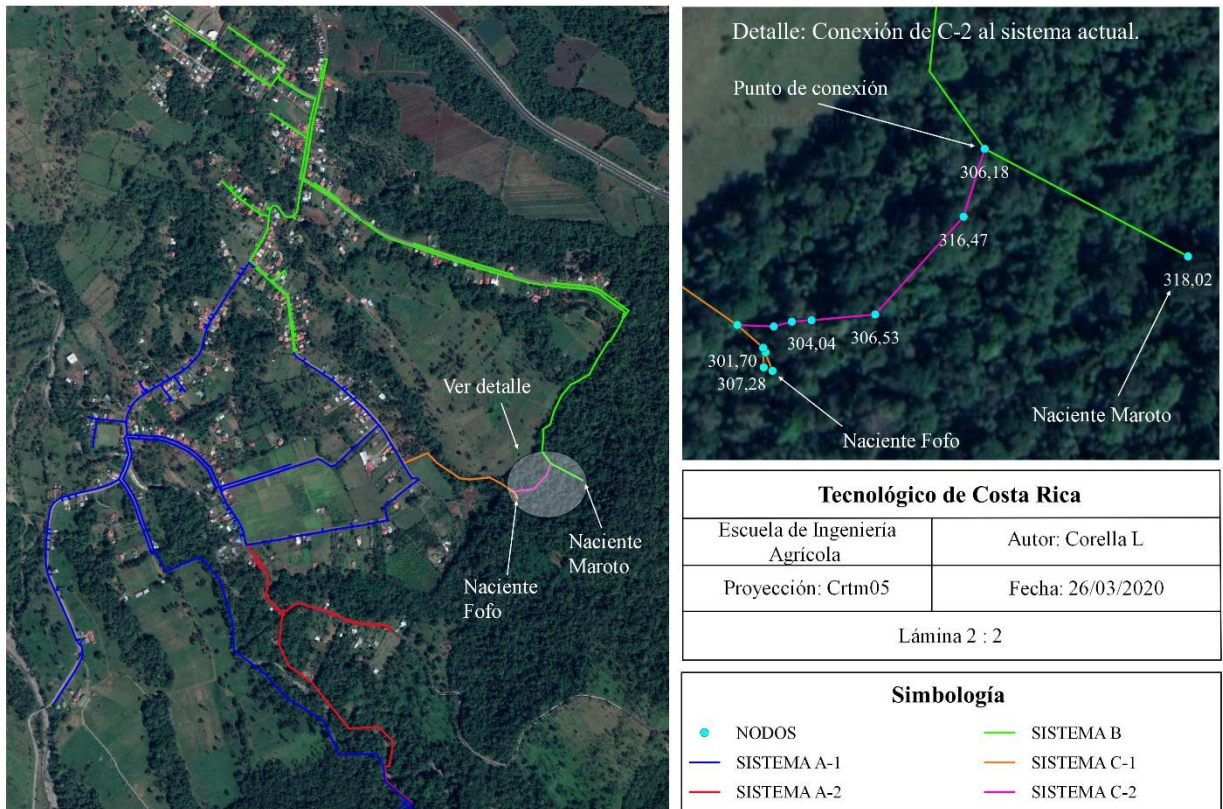


Figura 22. Opción de trazado C-2 para incorporar el agua de la naciente Foyo al sistema.

Como se puede apreciar en la Figura 23, las diferencias de altura en algunos tramos centrales de esta opción C-2, imposibilitan hidráulicamente transportar el agua de la naciente Foyo hasta el punto de conexión de la tubería de aducción de la naciente Maroto.

7.3.5 Diámetro de la tubería.

En el Cuadro 21 se muestran las características del nuevo tramo de tubería para el sistema C-1.

Cuadro 21. Características del nuevo tramo de acueducto.

Pérdidas estimadas (m)	5,00
Coeficiente C	130
Longitud tramo (m)	408,00
Caudal (l/s)	1,66
Diámetro calculado (mm)	55,25

Pérdidas estimadas (m)	5,00
Diámetro seleccionado (mm)	55,30
SDR	32,50

7.3.6 Dimensionamiento de la captación de la naciente Fofó.

Tras la visita al lugar donde se encuentra ubicada la naciente, se puede determinar que en apariencia se puede tratar de un afloramiento de fondo del tipo concentrado, es decir, el agua nace verticalmente y en un solo punto, por lo que la captación debe ir en función del tipo de naciente presente en el lugar. Dicho criterio debe ser confirmado por un hidrogeólogo y que el mismo realice los estudios pertinentes del caso. El diseño se realizó considerando el caudal aforado de 1,66 l/s, el cual fue obtenido luego de preparar la zona para su posterior aforo. En la Figura 23 se muestran las dimensiones de la cámara húmeda, seca y alturas de carga.

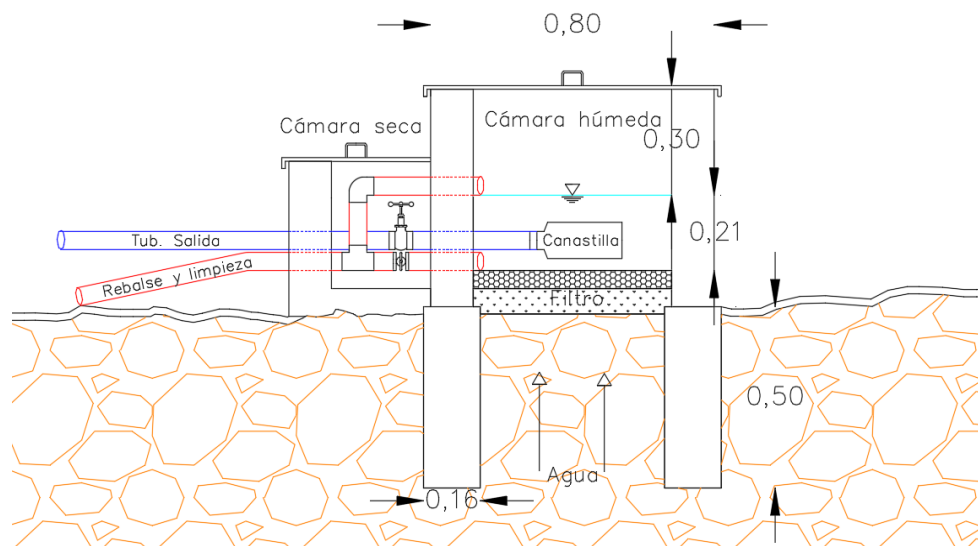


Figura 23. Dimensiones de cámara de captación de la naciente Fofó.

Para el adecuado funcionamiento del sistema de captación, son necesarias 2 válvulas, una de compuerta y la otra de bola, para la conducción hacía el sistema y la limpieza y rebalse respectivamente. También es necesario considerar una canastilla y un material que actúe de filtro en la base del afloramiento.

7.3.7 Modelación hidráulica.

La modelación hidráulica va a ir enfocada en los objetivos del proyecto, primeramente, la situación actual del sistema y después el comportamiento de la red con las mejoras planteadas anteriormente. Es importante mencionar algunas características para comprender el funcionamiento de la modelación, entre ellas recae el hecho que es una modelación en periodo extendido, contemplando 24 horas de análisis del comportamiento hidráulico de la red.

La modelación actual y las propuestas de mejora se realizan con la demanda actual al 2019 que tiene el acueducto, es decir, se cuentan con 388 servicios a las cuales se les asigna una demanda de 211 l/p/d. Transformando ese caudal a litros por segundo, se obtiene un valor de 0,008 l/s para servicios domiciliarios y de 0,007 l/s para servicios comerciales.

7.3.7.1 Situación hidráulica actual del acueducto.

Como se mencionó en la descripción del sistema actual, el acueducto se encuentra trabajando actualmente con dos sistemas separados, que imposibilitan el aporte de agua de un sistema al otro, tampoco cuenta con algún tipo de válvula reductora de presión o quiebra gradientes para reducir las sobrepresiones en las zonas bajas del proyecto. La diferencia entre el punto más bajo y el más alto del acueducto es de 112 metros, puntos donde la sobrepresión rebasa el límite permitido por la tubería. En la Figura 24 se muestran las diferencias de altura presentes en el proyecto, por medio de la identificación de los nodos. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.5.

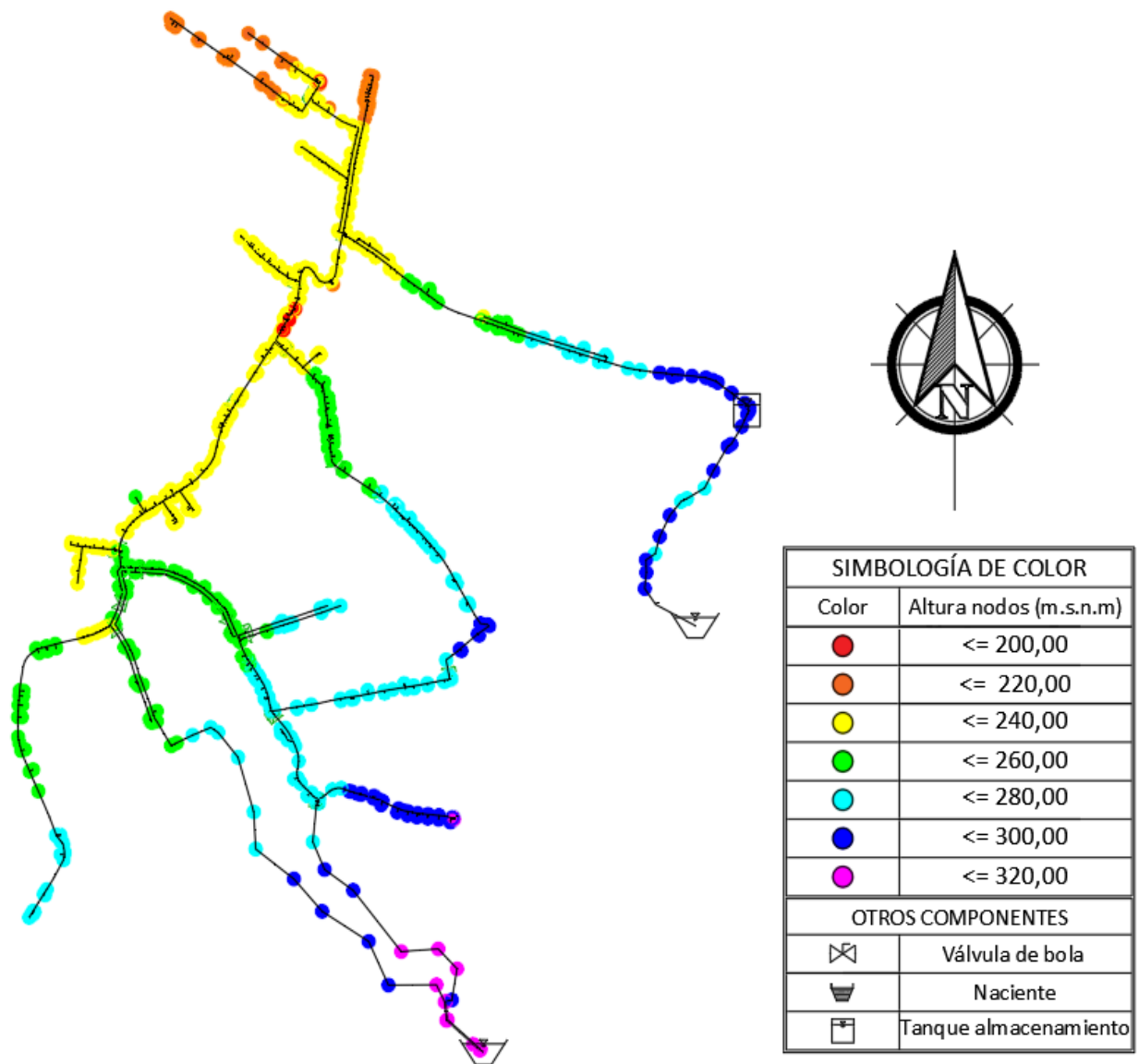


Figura 24. Rango de alturas de todos los nodos del sistema.

Los diámetros utilizados en el acueducto varían desde los utilizados para las acometidas que son de los 18 mm (½ pulgada), hasta los 202,2 mm (8 pulgadas) en captación. Es importante describirlos ya que el comportamiento hidráulico varía si se varía el diámetro. Los SDR utilizados son de 32,5 y de 26 en toda la red, para las acometidas el SDR es de 13,5.

A continuación, se muestra en la Figura 25 la variación de los diámetros utilizados actualmente en la red. Para una mejor visualización consultar el Anexo 10.6.

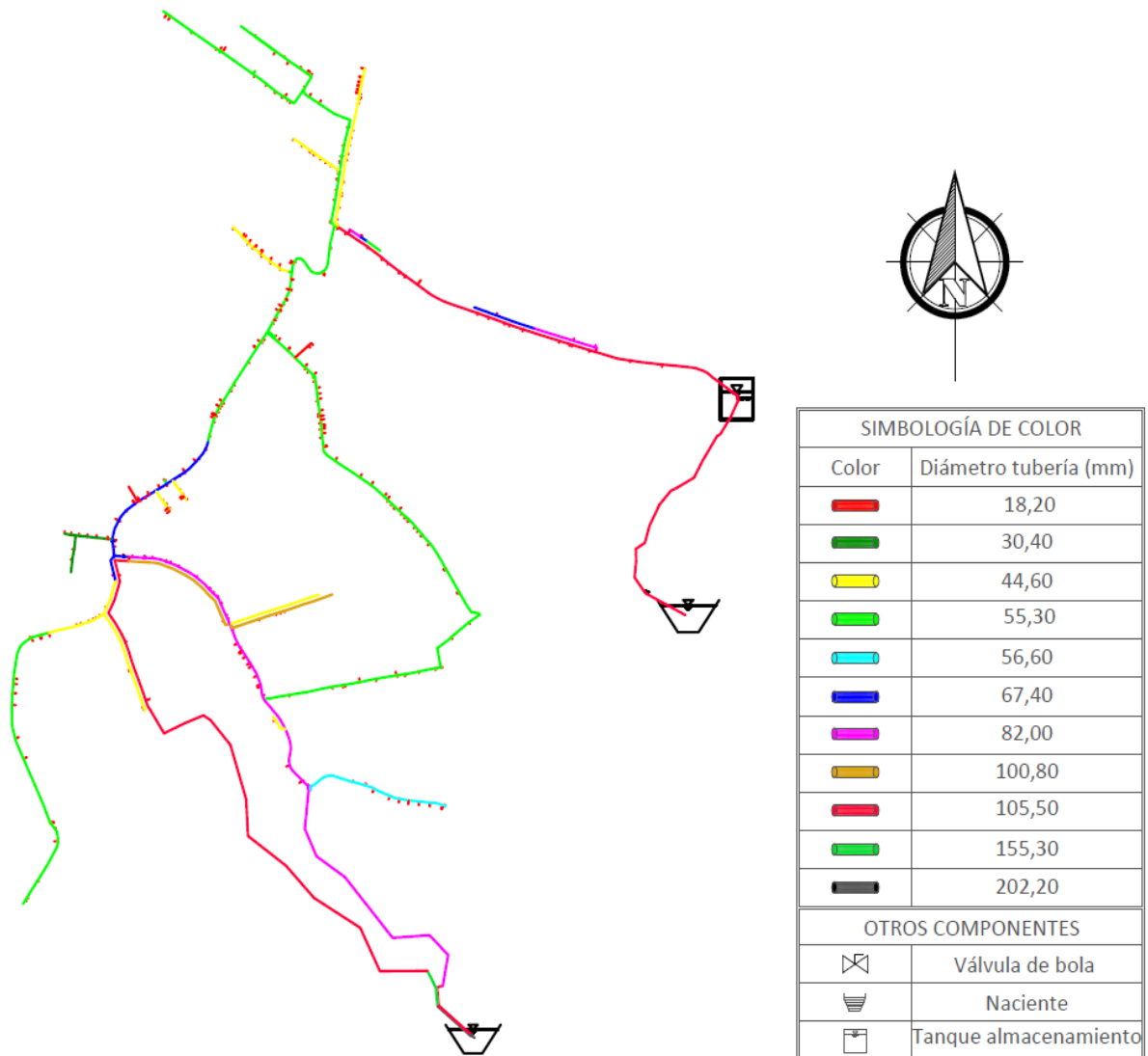


Figura 25. Rango de diámetros de tubería para la situación actual.

Una vez trazado las alturas en el modelo, es posible correr la simulación analizando el comportamiento de las presiones.

En la Figura 26 se muestra el trazado de la red bajo su situación actual, donde se contempla un rango de presiones.

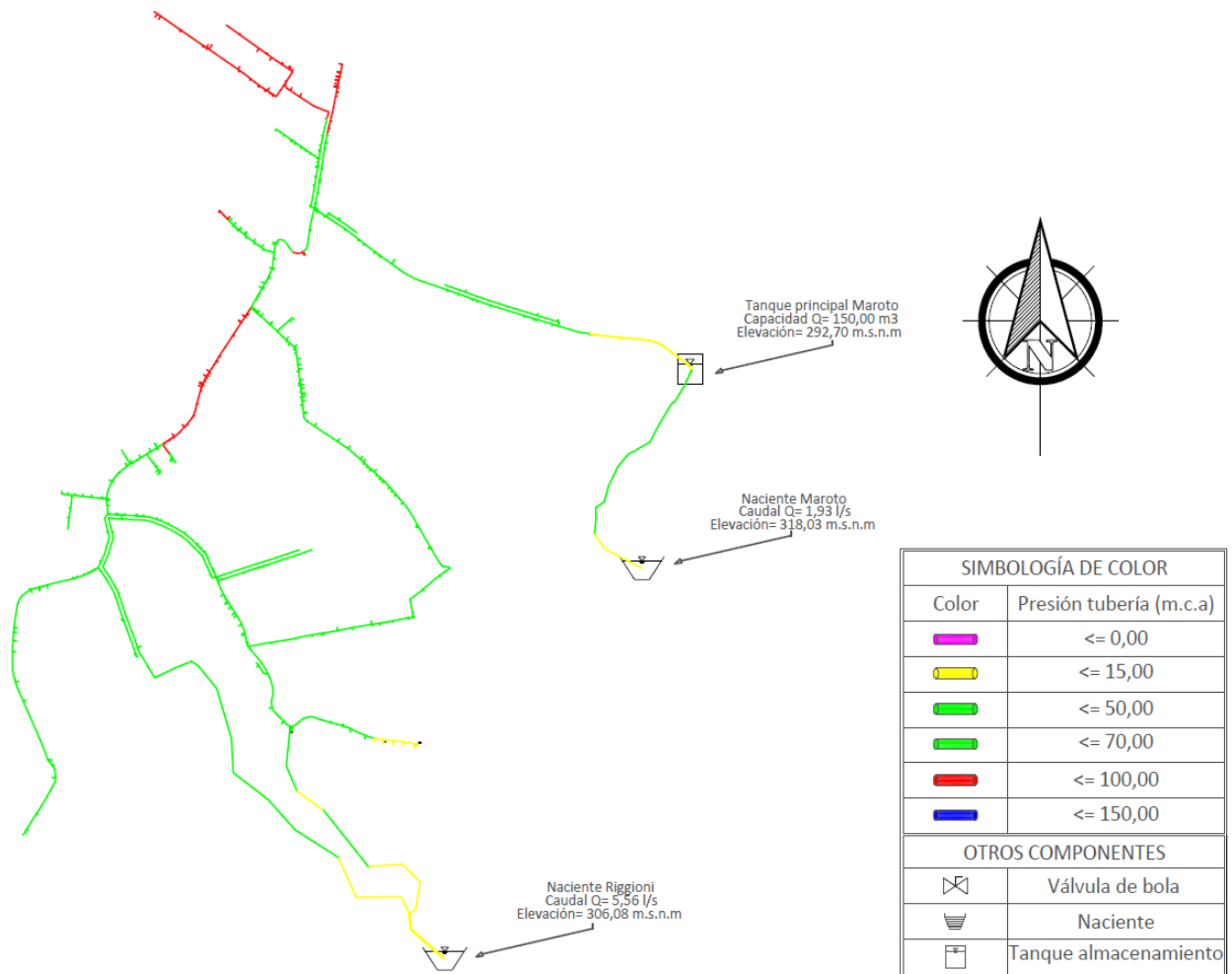


Figura 26. Rango de presiones obtenidas en tubería para la situación actual del acueducto de Pénjamo.

El sistema trabajando de manera seccionada, aparte de que hídricamente como ya fue demostrado no es viable, genera altas sobrepresiones en un rango de 80,00 – 90,00 m.c.a, lo que no es permitido según la norma técnica de diseño del AyA, donde establecen valores máximos de 15,00 – 70,00 m.c.a (AyA, Norma técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial”, 2017). La mayor parte del sistema trabaja en el rango permitido por la norma, sin embargo, en los tramos más bajos del acueducto, al no existir ningún dispositivo de control de presiones, las sobrepresiones se elevan hasta un rango de peligro de ruptura. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.7.

En el Cuadro 22 se muestra un análisis de las presiones obtenidas tras la modelación de la situación actual del acueducto.

Cuadro 22. Análisis de presiones en tuberías para la condición actual del acueducto.

Aspecto	Presión (m.c.a)	SDR de tubería	Presión de trabajo según SDR
Presión máxima	87,80	32,5	87,94
Presión mínima	1,00	32,5	

La presión máxima se registra en el punto más bajo del acueducto y la presión mínima se encuentra ubicada a la salida del tanque principal Maroto. En la Figura 27 se muestran los dos puntos mencionados.

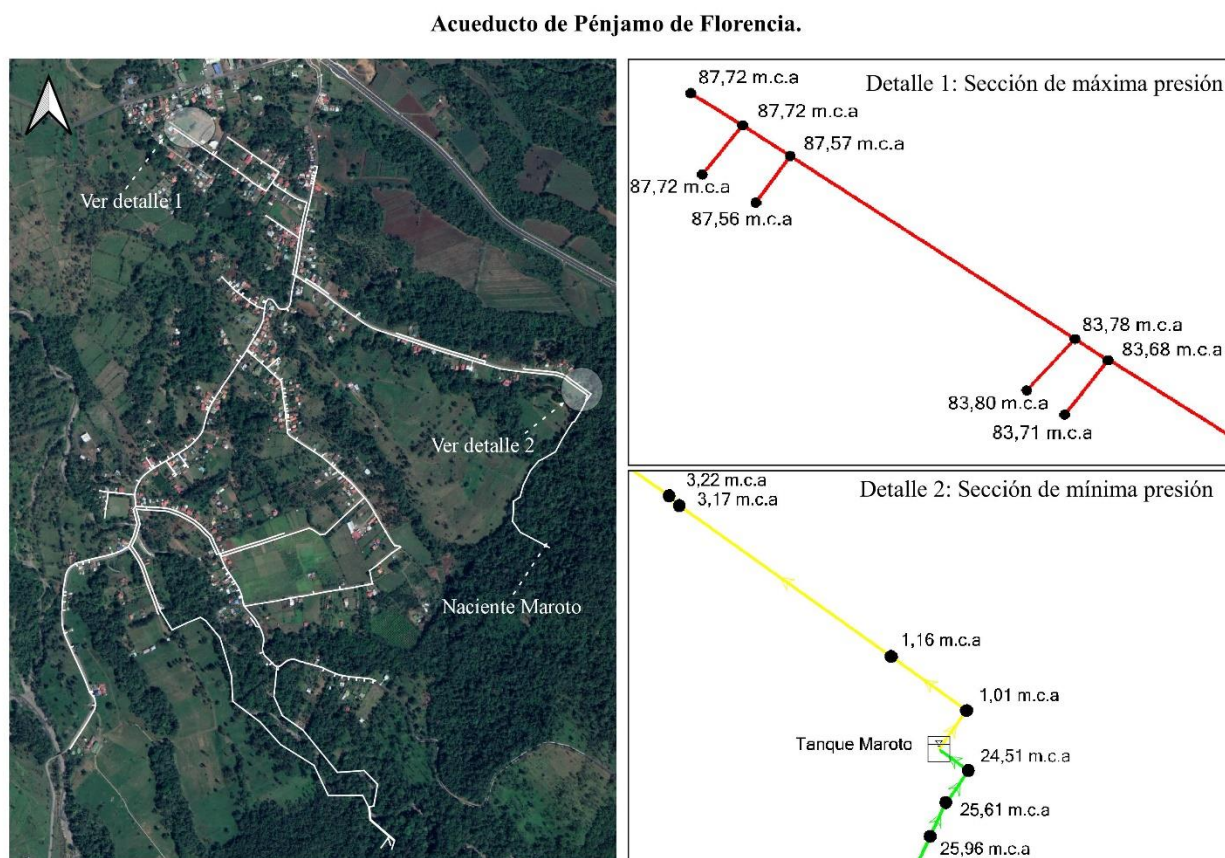


Figura 27. Tramo sobre presionado y de baja presión respectivamente.

Comparando la presión que hay en la sección que se sobre presiona, con respecto a la presión de trabajo de la tubería en ese tramo, la diferencia es muy poca, lo que puede incurrir en que en algún momento la tubería colapse. Es necesario considerar un cambio de SDR en el tramo de sobrepresión, donde se superan presiones de 80,00 m.c.a.

Las velocidades en el sistema son bastante bajas, debido a los diámetros utilizados originalmente, la norma del AyA establece valores permitidos de velocidades entre el rango de 0,50 – 3,00 m/s. Como se muestra en la Figura 28 las velocidades no entran dentro del rango permitido por el AyA. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.8.

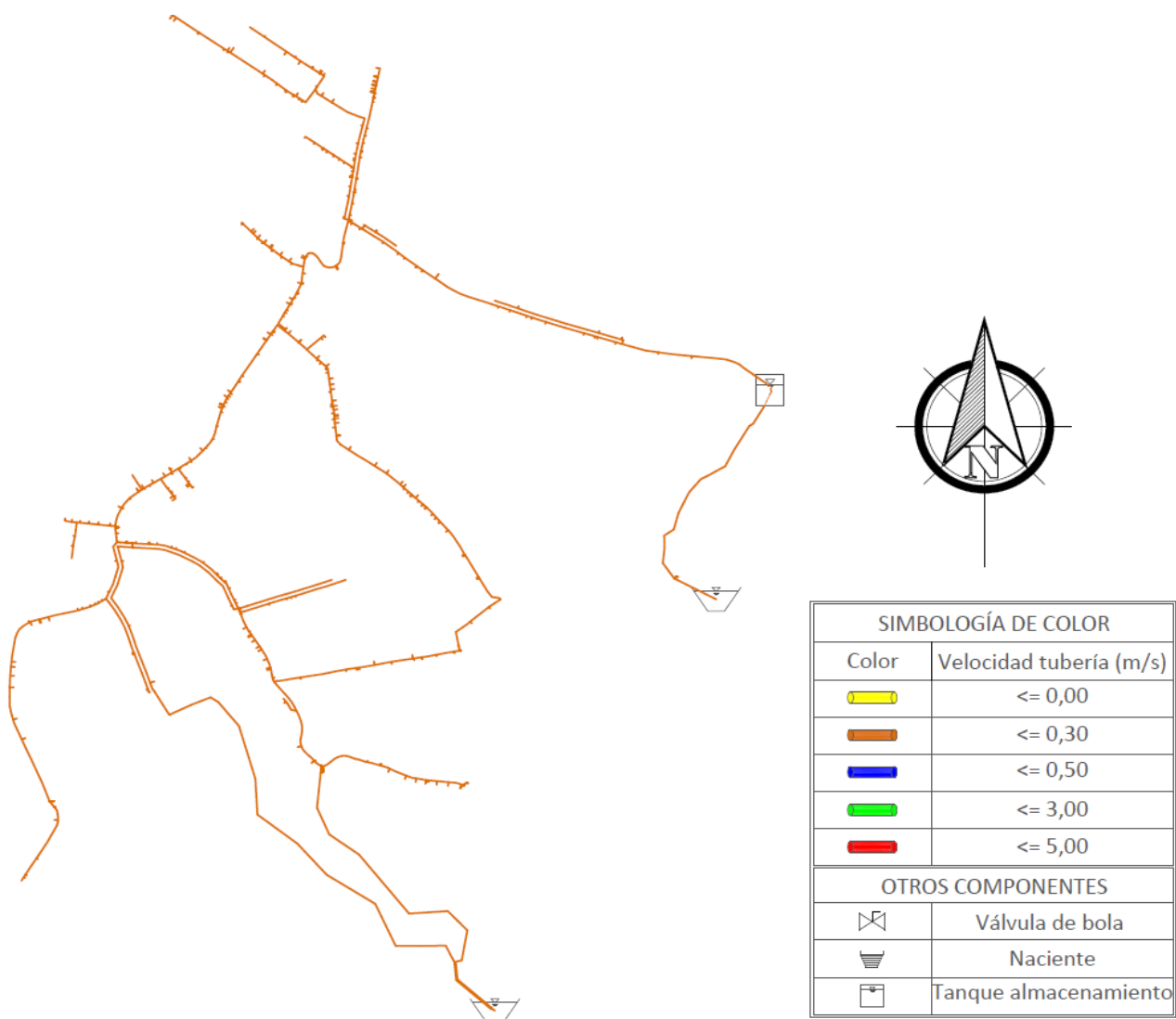


Figura 28. Rango de velocidades obtenidas en tubería para la situación actual del acueducto de Pénjamo.

El riesgo de sedimentación es bastante alto, por lo que el sistema debe ser lavado constantemente, para evitar malos olores o suciedad en el agua. Las válvulas de lavado deben ser consideradas en tramos finales de tubería o en parte bajas.

El comportamiento del nodo crítico en cuanto a presión y demanda, varía según la hora del día en la que se encuentre, debido al factor de demanda. Cada nodo varía según la elevación que se encuentre bajo los mismos rangos de variación que los demás. En la Figura 29 se muestra la ubicación del nodo crítico.

Acueducto de Pénjamo de Florencia.

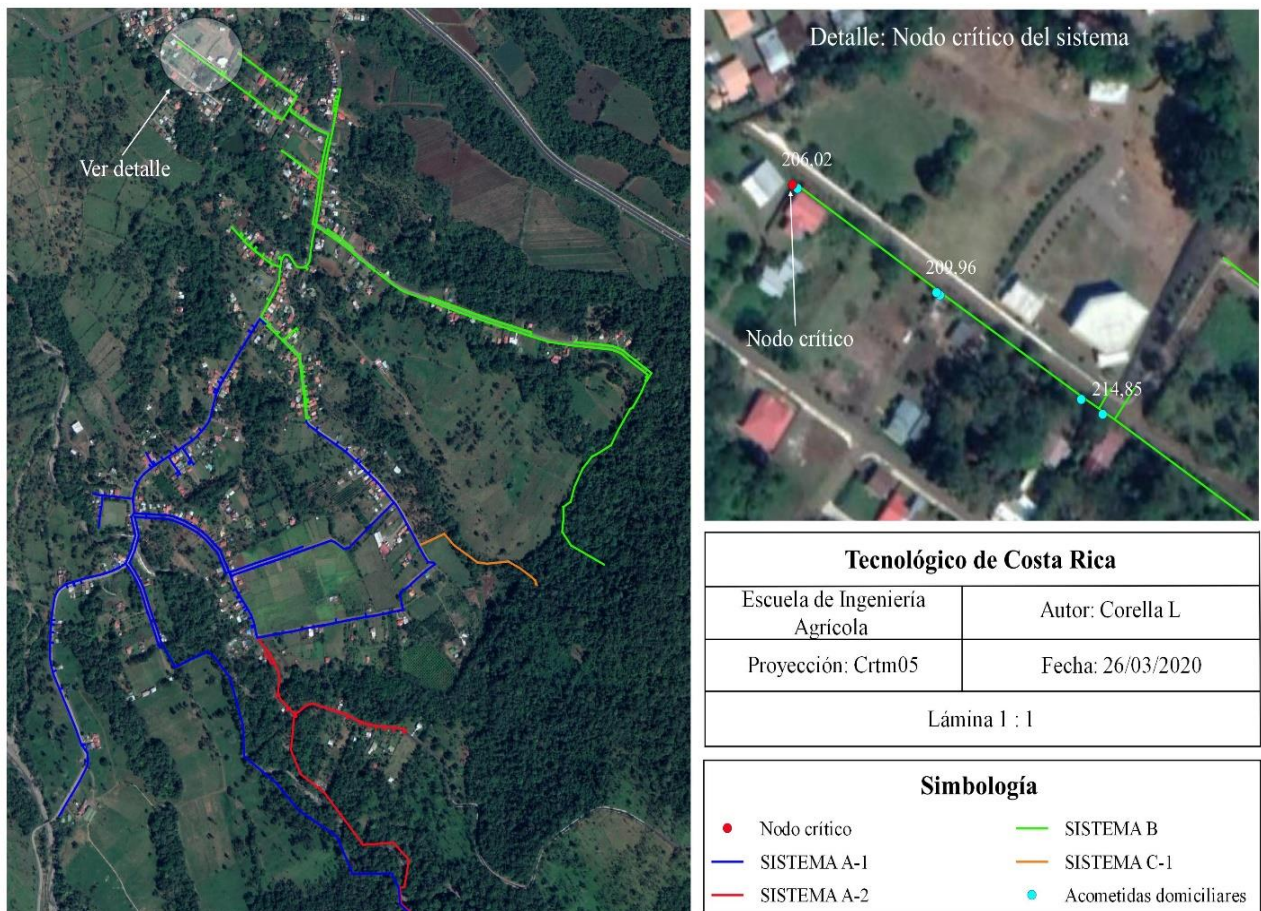


Figura 29. Nodo crítico del acueducto.

Se le denomina nodo crítico ya que se encuentra ubicado en el tramo más alejado de las nacientes, también es el nodo que presenta una menor altura con respecto a las fuentes de agua. En dicho nodo se presenta la mayor presión reportada en horas de la madrugada, donde el

consumo es mínimo. La Figura 30 representa la variación de la presión y demanda para el nodo más crítico del sistema, ubicado en el punto más bajo del acueducto.

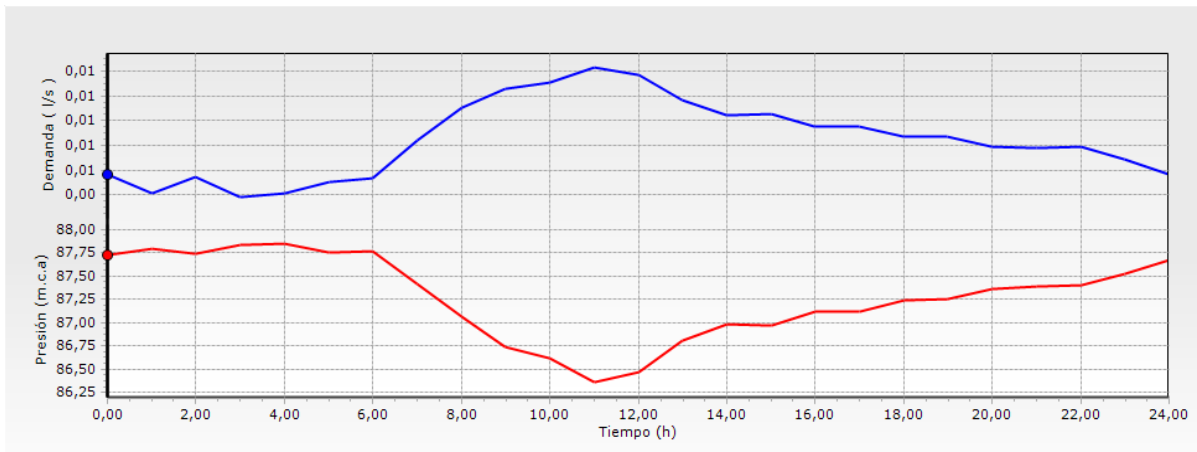


Figura 30. Comportamiento de la presión y demanda del nodo crítico en un periodo de 24 horas.

En los momentos donde existe mayor consumo, la presión disminuye en igual proporción. Es posible de la Figura anterior ver gráficamente el momento de más consumo de agua, que se da casi al medio día.

En la red existen 3 hidrantes, a pesar de que para el número de población no es necesario considerar un hidrante, se tienen instalados pensando en un futuro cuando la población supere los 5000 habitantes. En la Figura 31 se muestra la ubicación de los 3 hidrantes.

Ubicación de los hidrantes en el acueducto de Pénjamo.

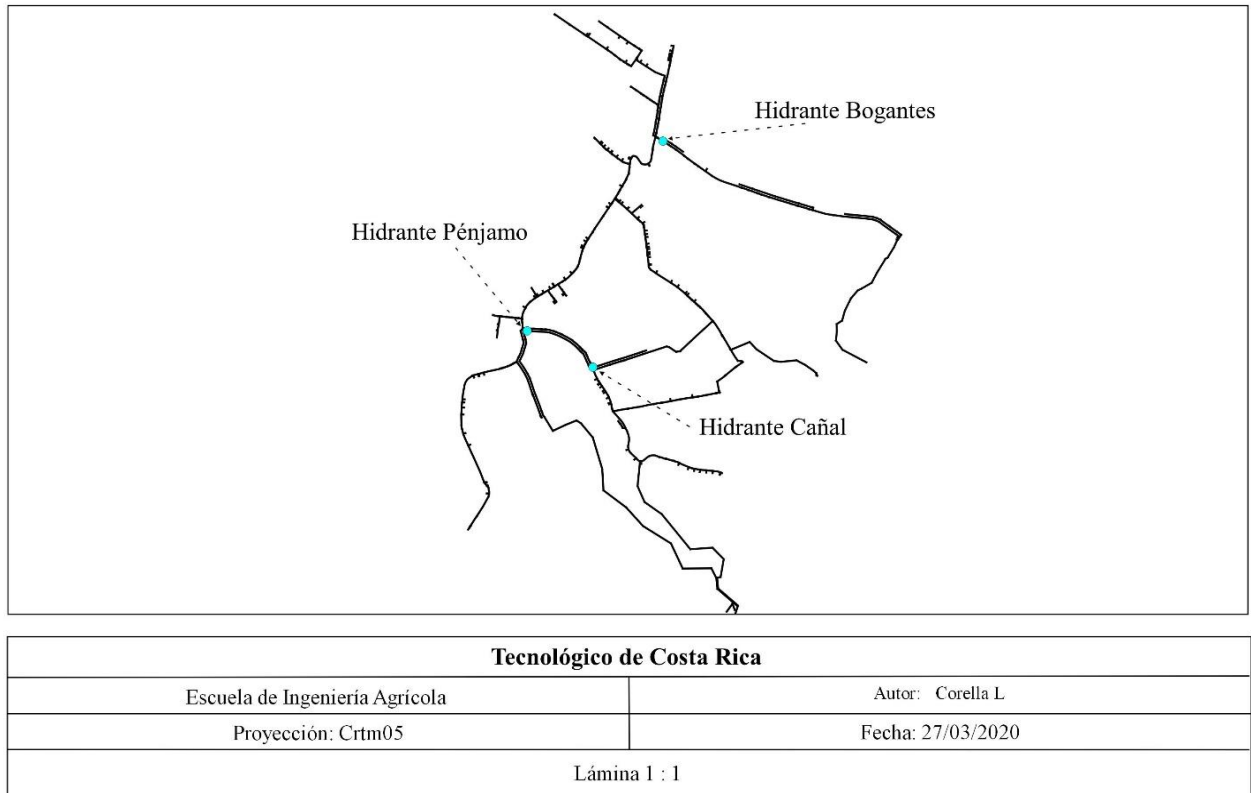


Figura 31. Ubicación de los hidrantes en el acueducto de Pénjamo de Florencia.

7.3.7.2 I Propuesta de mejora.

La primera propuesta de mejora va enfocada en la utilización de los diámetros actuales, a pesar de que no cumplan con el requisito de diámetro mínimo establecido por el AyA. Se considera la instalación de válvulas reguladoras de presión en algunos tramos, como también la implementación de un nuevo tramo de tubería que capta agua de la naciente Fofó.

Con la implementación del nuevo tanque Riggioni en el sistema, como también la incorporación del agua de la naciente Fofó hacen que el sistema trabaje balanceadamente, es decir, en ciertas zonas de la red, el flujo de agua varié su sentido de desplazamiento, dependiendo de lo que producen las fuentes, las fluctuaciones del tanque y la demanda momentánea. Para solucionar el problema de las sobrepresiones fue necesario la

implementación de 2 válvulas reguladoras de presión, las cuales están ubicadas en distintos tramos de la red, como se muestra en la Figura 32. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.9.

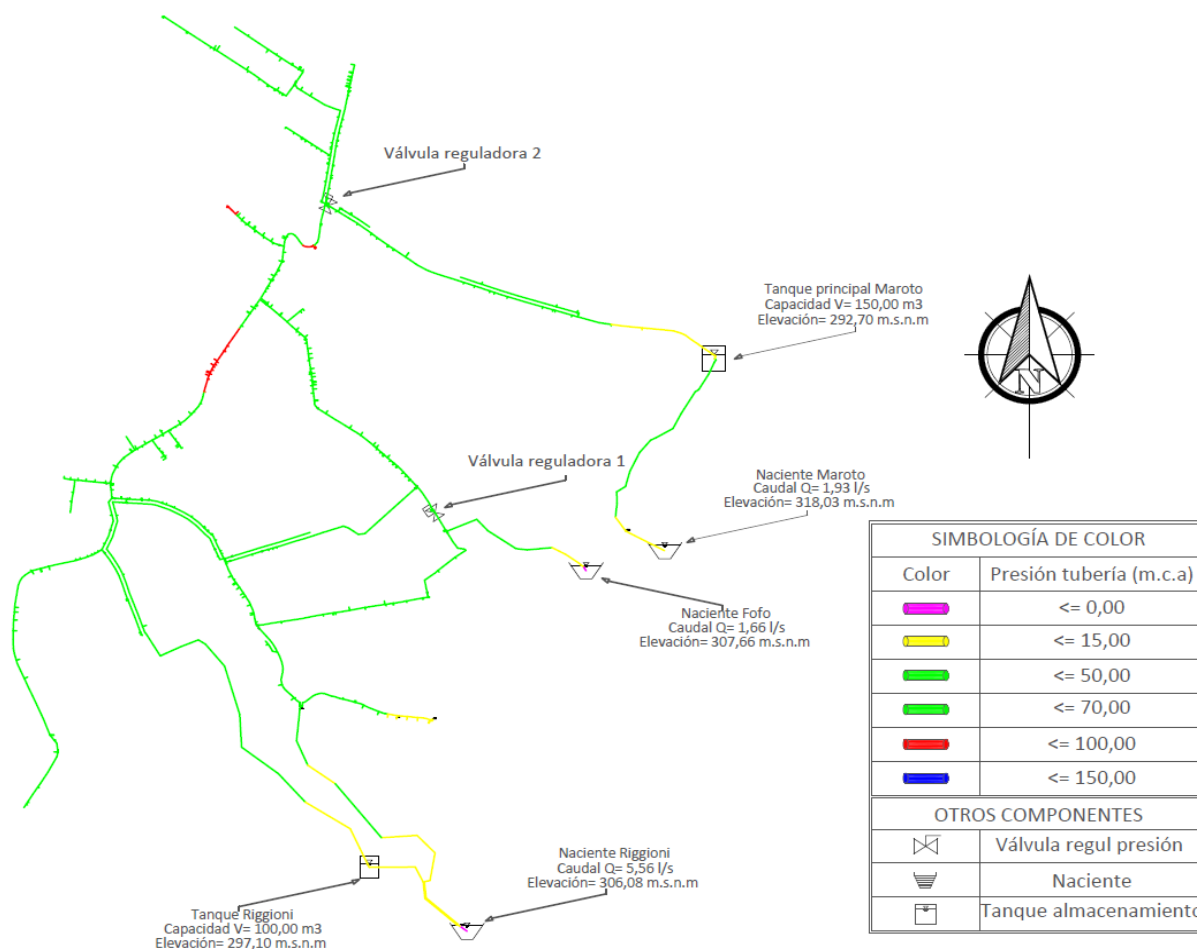


Figura 32. Rango de presiones obtenidas en tubería para la propuesta de mejora I.

La mayor parte del sistema trabaja en el rango permitido por la norma, sin embargo, existen 3 tramos que se siguen sobre presionando. Aunque en los tramos marcados en rojo tienen presiones por encima de 70,00 m.c.a, como son tramos cortos, se debe analizar el SDR de la tubería en esos sectores, y si es necesario, cambiarlo por uno de mayor rango de presión de operación y de esta manera no incurrir en la inversión de más válvulas reguladoras de presión.

En el Cuadro 23 se muestra la presión mínima y máxima registrada para la primera propuesta de mejora.

Cuadro 23. Análisis de presiones en tuberías para la primera propuesta de mejora.

Aspecto	Presión (m.c.a)	SDR de tubería	Presión de trabajo según SDR
Presión máxima	73,67	32,5	87,94
Presión mínima	1,00	32,5	

La presión máxima está por encima de lo permitido solamente por 3,67 m.c.a. Como la tubería instalada cuenta con un SDR de 32,5, la tubería puede trabajar adecuadamente hasta los 87,94, dicha presión no representa un problema a pesar de exceder el límite permitido por el AyA. A continuación, se muestra a mayor detalle uno de los sectores donde la presión sobrepasa el límite de los 70,00 m.c.a. En el Anexo 10.10 y 10.11 se observa la tabla obtenida para la primera propuesta para el factor mínimo y máximo según la hora del día.

En la Figura 33 se muestra la zona de máxima presión para la primera propuesta de mejora.

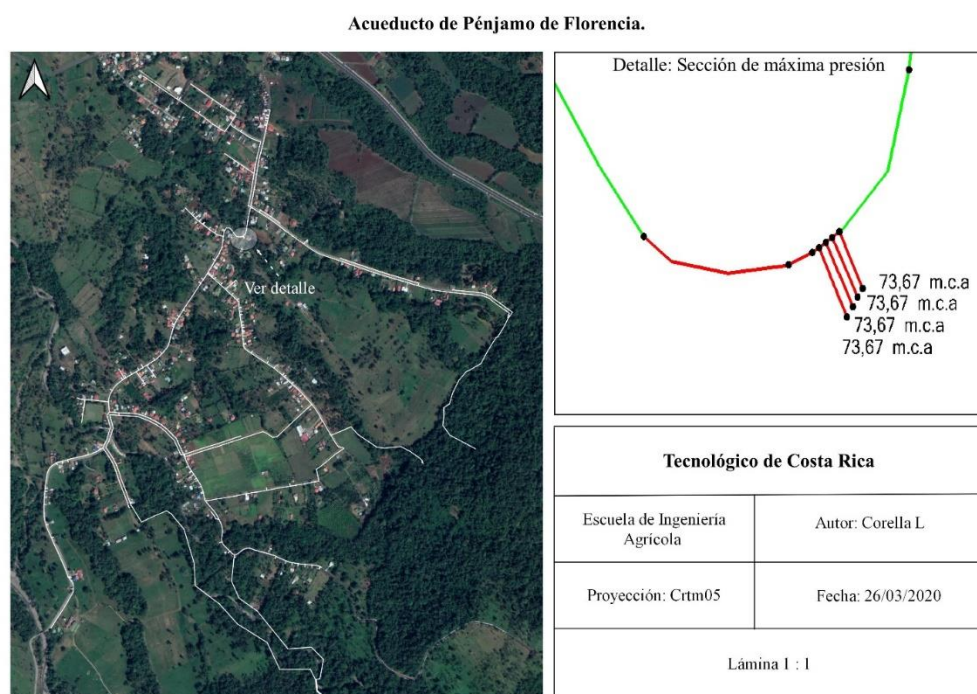


Figura 33. Sección en sobre presión para el factor de consumo mínimo.

El análisis del tramo en anterior se realizó a las 3:00 am, momento en el cual la presión es máxima en todo el sistema, debido a que el factor de consumo es el más bajo en ese momento. Realizar dicho análisis contemplando ubicarse en el momento del día donde el factor es el más pequeño, asegura que en ningún otro momento del día se encuentren presiones superiores en todo el sistema.

Uno de los problemas que se repite, como sucedió en la evaluación de la situación actual, son las bajas velocidades en el sistema, como se considera utilizar los mismos diámetros originales, las velocidades de la red no van a variar significativamente como lo muestra en la Figura 34. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.12.

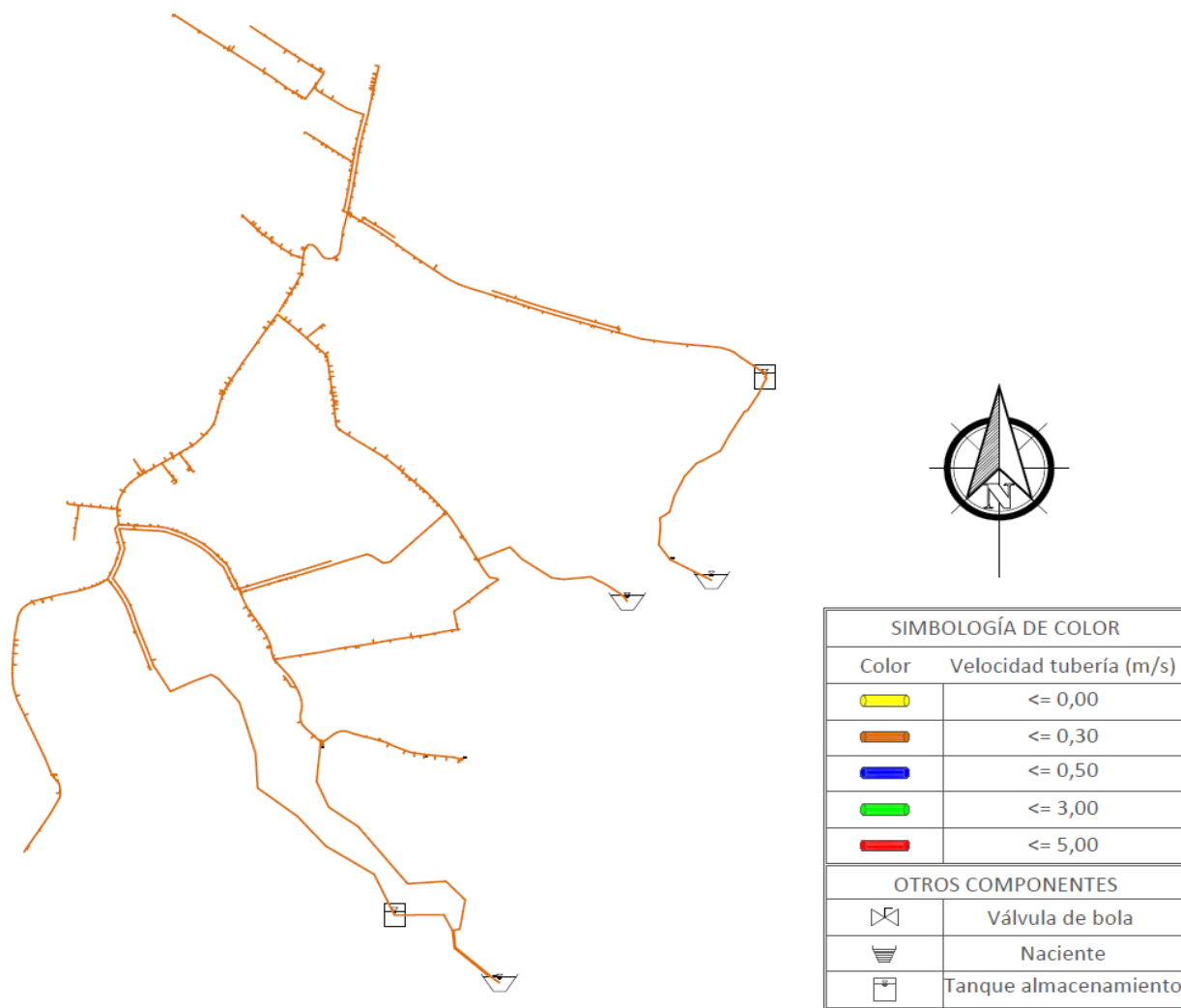


Figura 34. Rango de velocidades obtenidas en tubería para la propuesta de mejora I.

Se considera un nuevo tramo de tubería para futuras previstas en 100 mm (4 pulgadas), SDR 32,5 de alrededor de 290,00 metros. Se incorporó dicho tramo debido a que en la zona se está empezando a lotizar, por lo que tiene mucha proyección a futuro. La sección de la tubería prevista es abastecida por la naciente Fofo, aunque el sistema trabaja de manera unificada, a dicha zona no llega por diferencia de altura el agua de las otras dos nacientes.

La Figura 35 muestra un nuevo tramo de tubería previsto a instalar, ya que en dicha zona se encuentra lotizada, a espera de proyectos urbanísticos.

Acueducto de Pénjamo de Florencia.

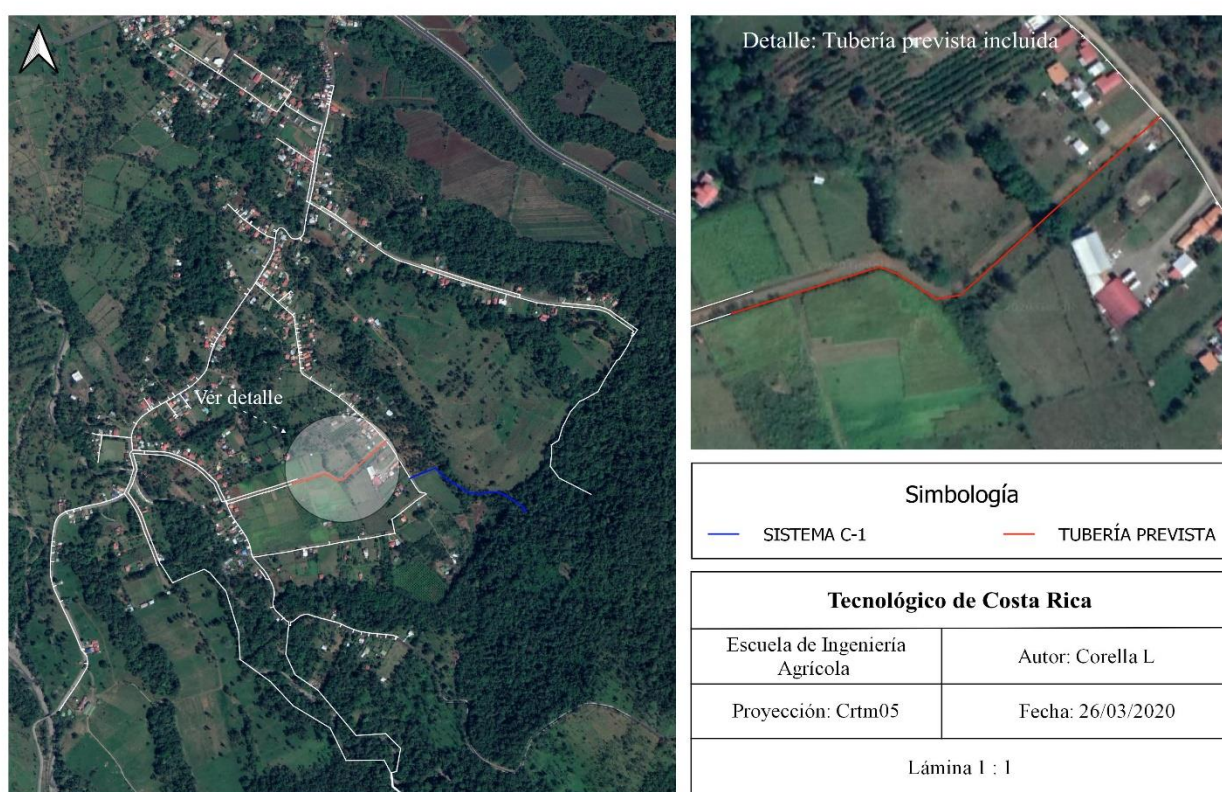


Figura 35. Tubería prevista incluida en el análisis de la propuesta de mejora I.

En el sector de Pénjamo y del Divino niño es donde convergen las aguas de las 3 nacientes, donde en determinado momento del día el agua fluye en un sentido o el otro. El tanque Maroto solo es abastecido por la naciente del mismo nombre, lo mismo sucede con el tanque nuevo Riggioni. Se muestra en la Figura 36, los sectores a los que abastece la red en el pueblo de Pénjamo de Florencia.

Sectores del acueducto de Pénjamo de Florencia.



Figura 36. Sectores para el acueducto de Pénjamo de Florencia.

7.3.7.3 II Propuesta de mejora.

La segunda propuesta de mejora incluye la utilización de los diámetros mínimos permitidos por el AyA, cambiando tubería con diámetros inferiores a 3 pulgadas. El diámetro óptimo a considerar en la red es de 100 mm (4 pulgadas), para que exista la posibilidad de instalar un hidrante en una zona poblada. La distribución de diámetros se realizó pensando en los utilizados actualmente, de tal manera que la inversión fuese la más económica posible, en la Figura 37 se muestra dicha distribución. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.13.

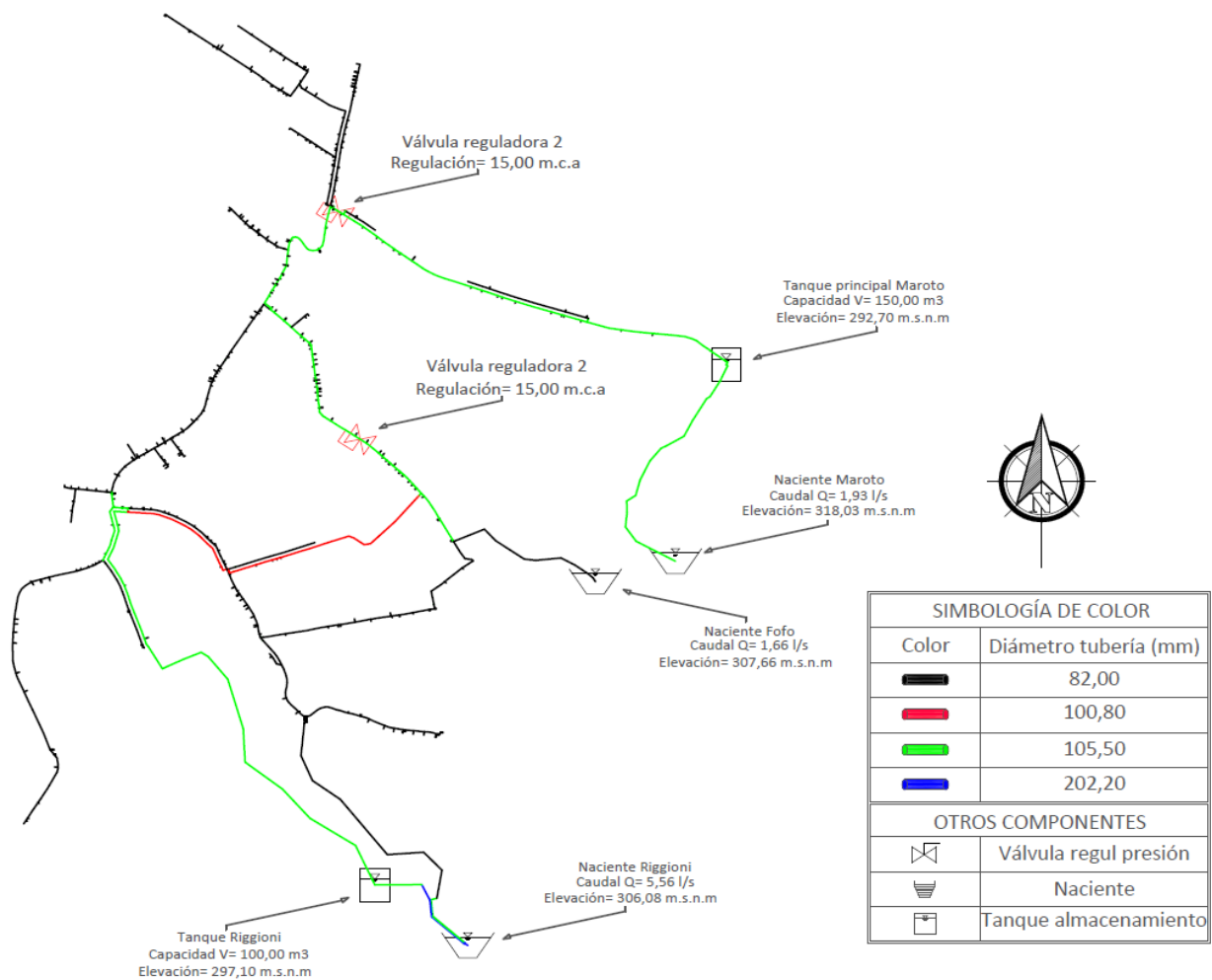


Figura 37. Distribución de diámetros para la propuesta de mejora II.

Toda la red está conectada entre sí siempre por tubería de 100 mm (4 pulgadas), existe gran cantidad de tramos en 82 mm (3 pulgadas), pero es en zonas donde no es necesario la implementación de hidrantes, debido a la poca población en estas zonas. El tramo rojo es una tubería de 100 mm (4 pulgadas), SDR 26 que ya se encontraba instalada en la red.

Al igual que los casos anteriores, las velocidades de la red son muy bajas, las cuales no cumplen con la norma del AyA, pero debido a la baja demanda de la población, es imposible elevar las velocidades hasta rangos permitidos. En la Figura 38 se muestra el comportamiento de las velocidades en toda la tubería. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.14.

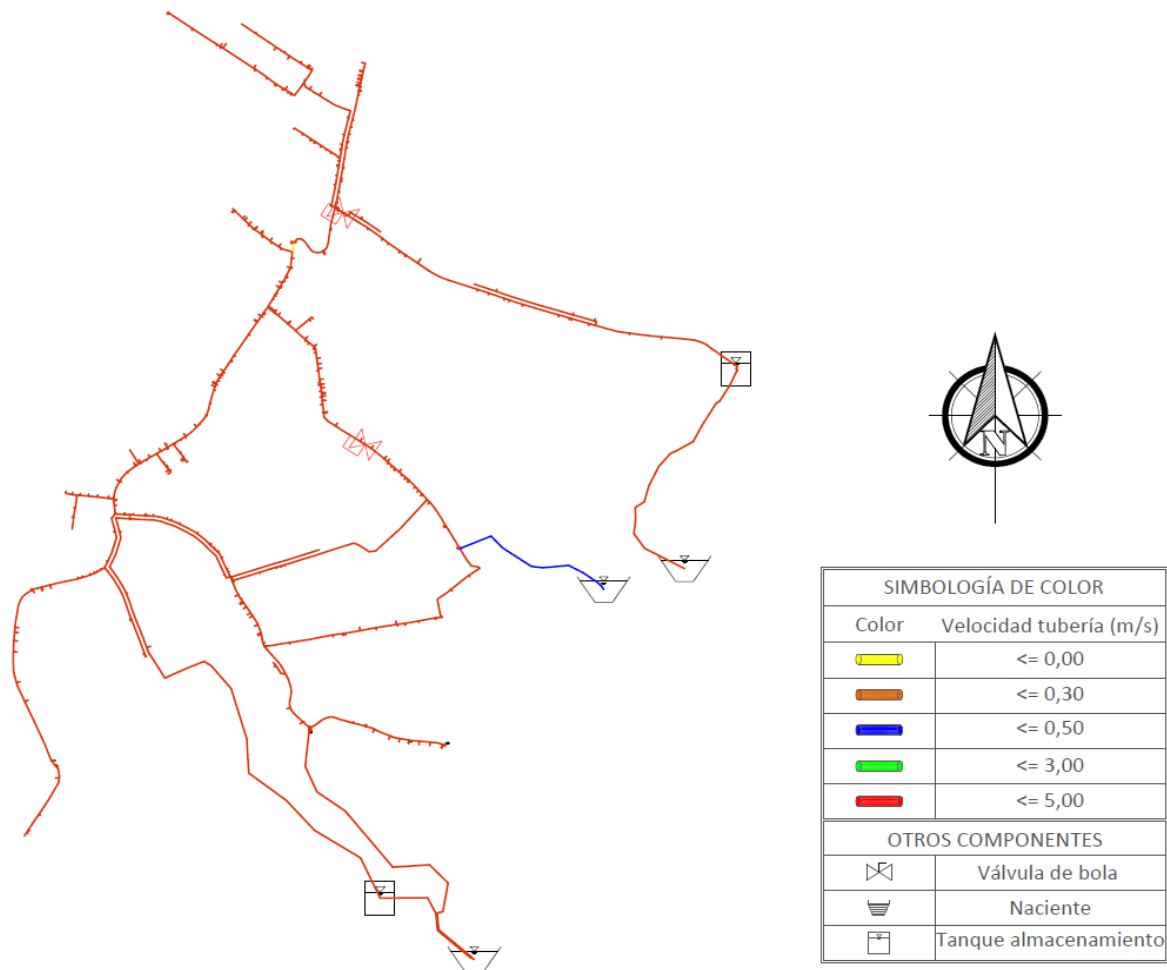


Figura 38. Velocidades obtenidas en tubería para la propuesta de mejora II.

Solamente en algunos tramos de tubería de aducción se cumple con el requisito de velocidades estipulado por el AyA. La sedimentación por bajas velocidades es un problema real que tienen las dos propuestas, por lo que se debe pensar en limpiar la tubería constantemente mediante la implementación de válvulas de lavado.

Para la hora de presión máxima cuando la demanda es la más baja, se analiza el comportamiento en la red para la segunda propuesta, la cual corresponde al factor de consumo de 0,473 para las 3:00 am. Como se muestra en la Figura 39, en ningún tramo de tubería se supera los 70,00 m.c.a., aun con la existencia de tramos donde la presión baja hasta los 6,00 m.c.a. Para una mejor visualización, consultar el Anexo 10.15.

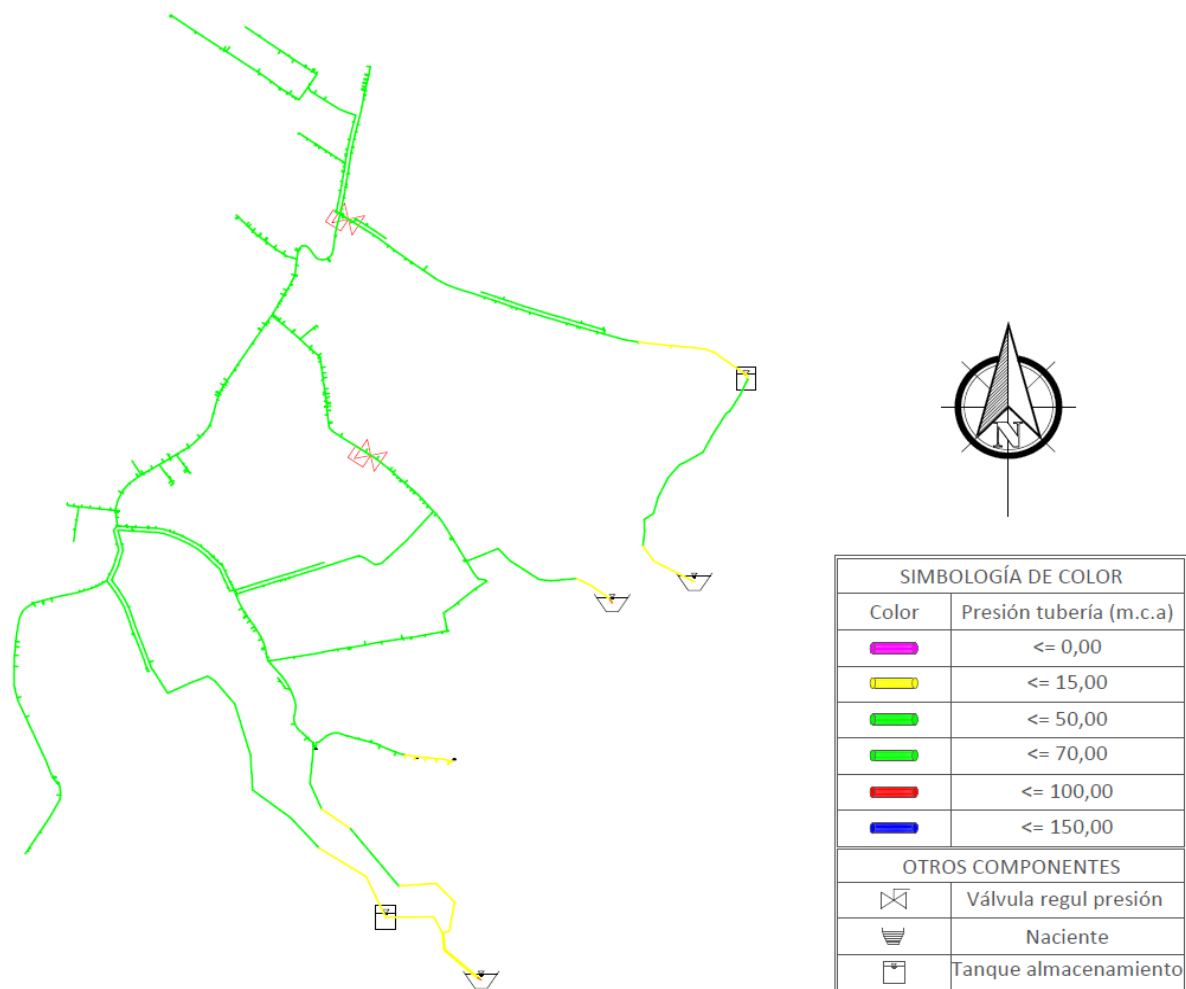


Figura 39. Rango de presiones obtenidas en tubería para la propuesta de mejora II.

7.4 FASE IV: Estudios del proyecto.

7.4.1 Análisis Social.

En el Anexo 10.7 se muestra la encuesta con las preguntas que se les hicieron a 57 personas vecinos de la comunidad de Pénjamo de Florencia y también usuarios del acueducto. A continuación, se muestra los resultados obtenidos a partir de cada una de las preguntas realizadas. Primeramente, se consultó a los entrevistados aspectos referentes al caudal de llegada a la vivienda y la presión, así como también en cuanto al tema de manejo del acueducto. La primera pregunta está dividida en 5 preguntas de satisfacción. En la Figura 40 se muestra la opinión en porcentaje referente al caudal.

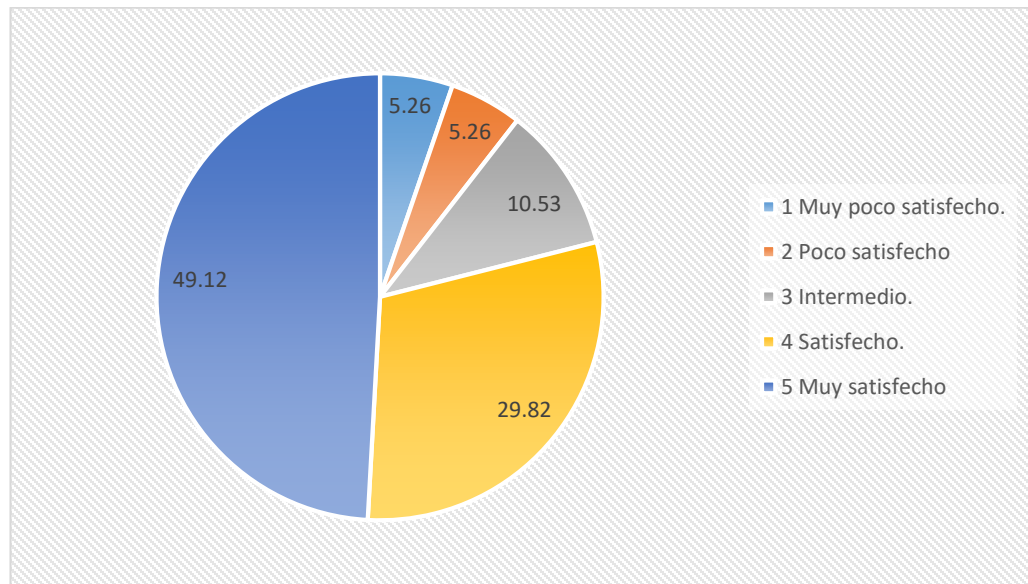


Figura 40. Pregunta 1. Satisfacción de los entrevistados respecto al caudal de llegada a la vivienda.

Como se puede apreciar en la Figura anterior, del total de las 57 personas entrevistada, la gran mayoría de ellas se siente satisfecho o muy satisfecho con el caudal que llega a la vivienda. Existe cerca de un 10% que no está conforme con la cantidad de agua que les llega, esto puede evidenciar que el proyecto tiene en dos puntos zonas donde la presión y el caudal son muy bajos. La Figura 41 tiene relación con la anterior pregunta, se trata de la percepción de los entrevistados sobre la presión que llega a sus casas.

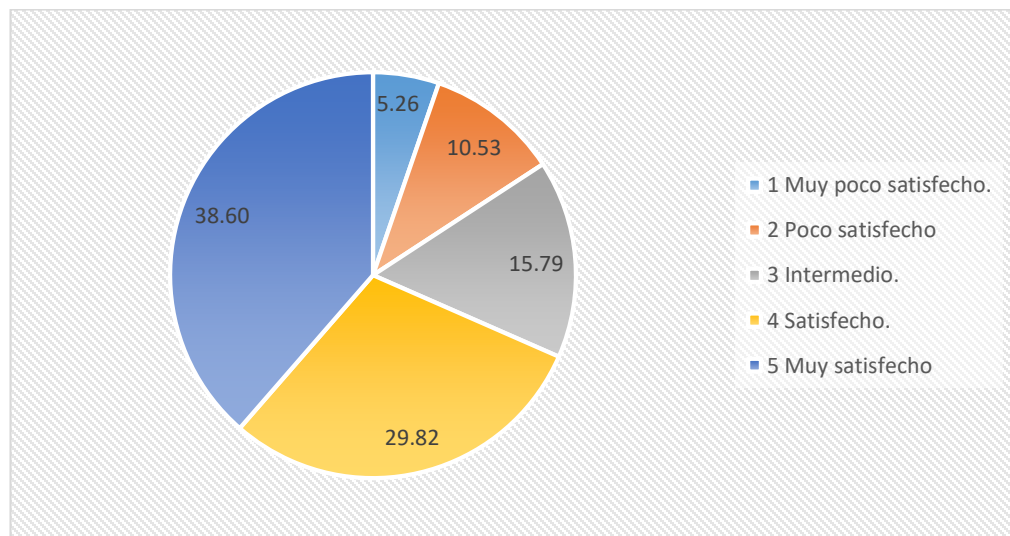


Figura 41. Pregunta 1. Satisfacción de los entrevistados, respecto la presión del agua en la vivienda.

Se repite el mismo comportamiento que en el caso anterior, en este caso aumento el porcentaje de personas insatisfechas con la presión del agua en sus viviendas, llegado a 15% de insatisfacción y cerca de 15% de personas que tienen una opinión intermedia. Las zonas donde la presión baja hasta los 6 metros columna de agua es donde se abastecen cerca de 23 usuarios.

En la Figura 42 muestra la opinión de los entrevistados referente a temas administrativos y de mantenimiento del acueducto.

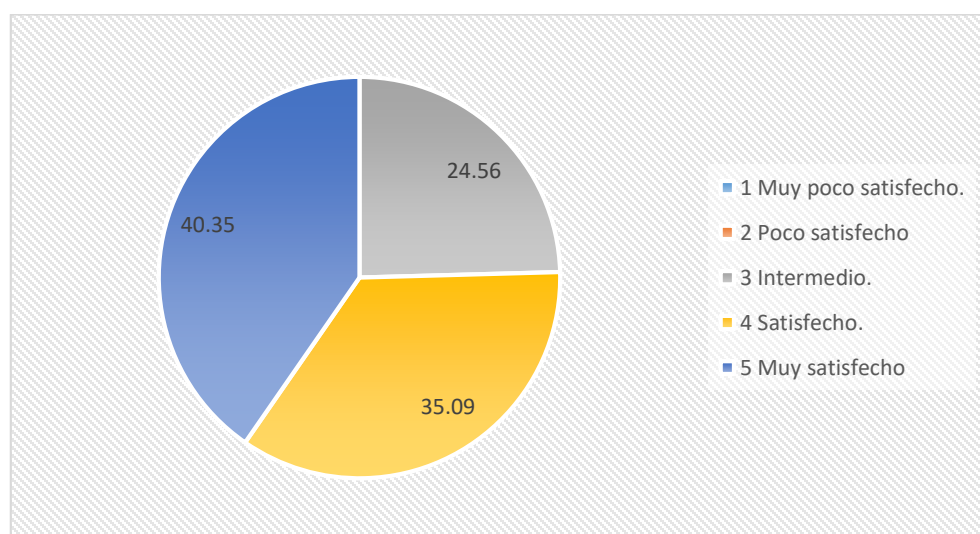


Figura 42. Pregunta 1. Satisfacción del entrevistado respecto la duración de la ASADA para atender reparaciones.

Las personas entrevistadas opinan que la ASADA atiende de manera muy rápida las fugas y reparaciones en general del acueducto. En la Figura 43 se puede evidenciar la relación con la Figura anterior.

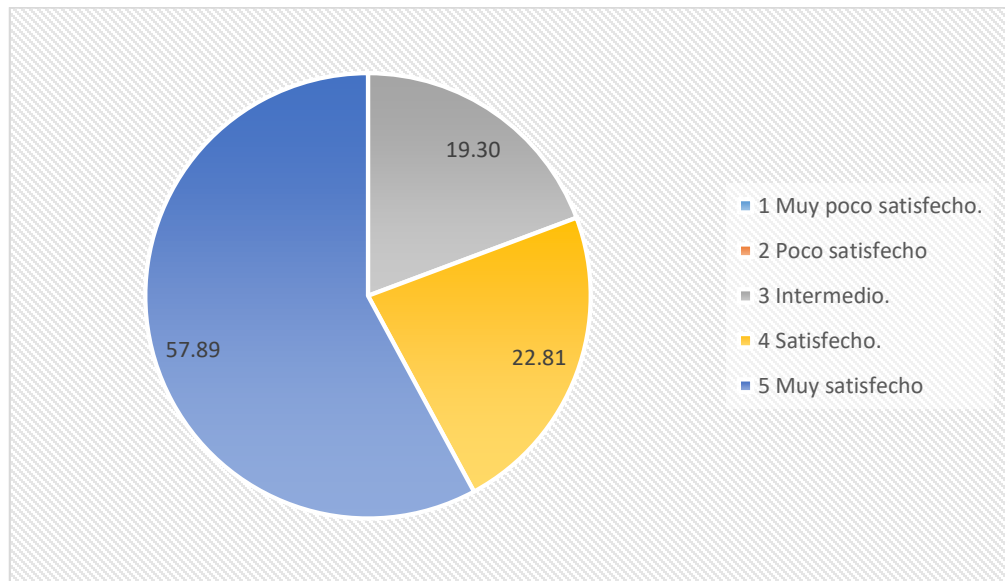


Figura 43. Pregunta 1. Satisfacción de los entrevistados respecto al mantenimiento del acueducto por parte de la ASADA.

La ASADA mediante el fontanero atienden de buena manera el acueducto, no solo por tema de reparaciones y atención de fugas, sino también por la limpieza constante del tanque principal, el pintado de tapas de válvula, cambio de medidores dañados y mantenimiento general en captación.

En la Figura 44 se muestra el nivel de satisfacción de los entrevistados, referente al tema de la tarifa del servicio.

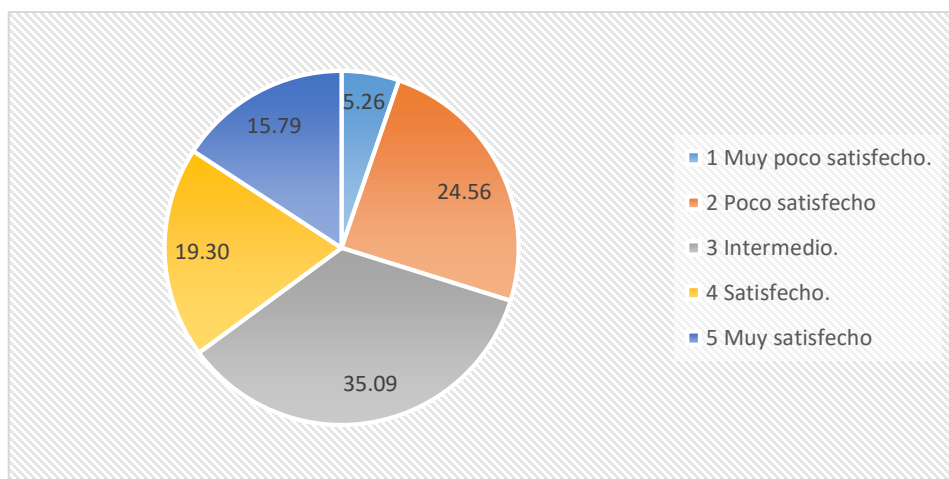


Figura 44. Pregunta 1. Satisfacción del entrevistado respecto la tarifa del servicio.

La tarifa del servicio es percibida de manera negativa por parte de la mayoría de la población entrevistada, debido a un tema principal, cuando se sobrepasan los 30 m³ de consumo al mes, la tarifa de cobro aumenta y esto les pasa a muchos usuarios.

La segunda pregunta va enfocada en problemas del acueducto, sobre los cortes o interrupciones del servicio, como lo muestra la Figura 45.

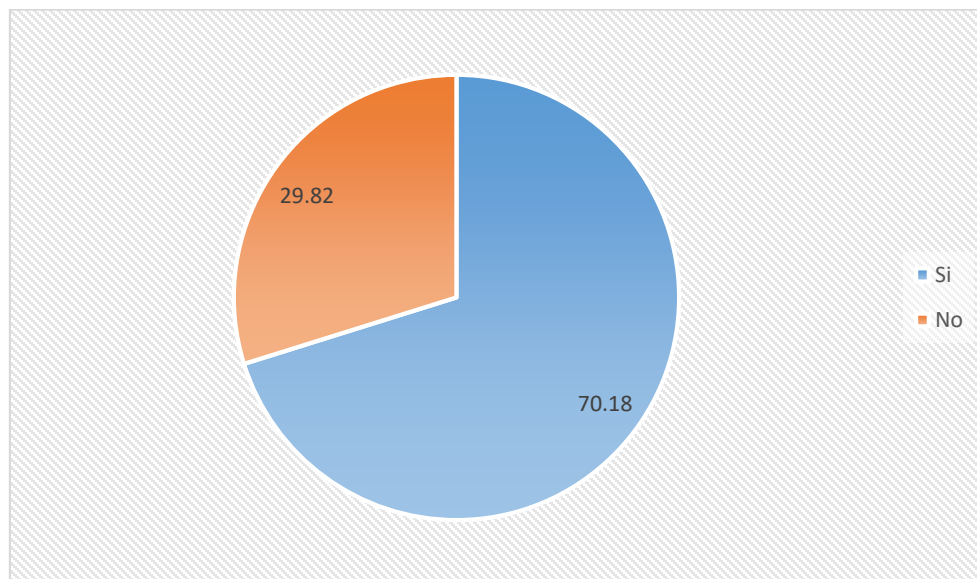


Figura 45. Pregunta 2. Análisis sobre si los usuarios entrevistados han sufrido cortes de agua.

El 70,18% de la población afirma que han tenido cortes de agua, pero que los mismos son avisados por parte del fontanero, lo que les da tiempo de prepararse para la interrupción del servicio.

En la Figura 46 se muestra la frecuencia de interrupción del servicio de agua percibida por los entrevistados.

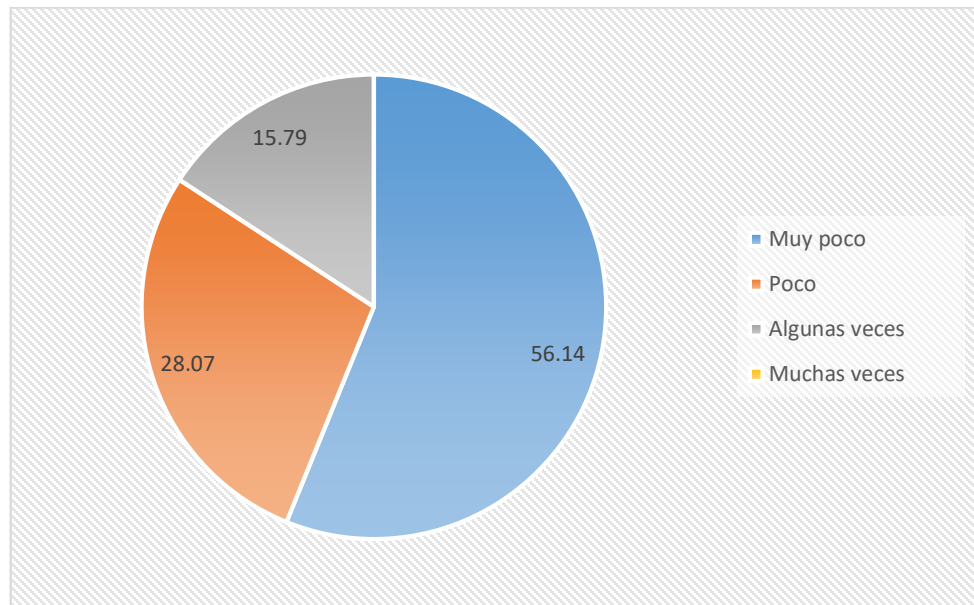


Figura 46. Pregunta 3. Frecuencia de las interrupciones de agua.

Las interrupciones se dan muy poco, según la Figura anterior cerca 84% de los entrevistados opina que se dan poco o muy poco, indicando a su vez que eran por mantenimientos en preaviso, o por alguna reparación ocasional al mes.

Parte del interés de realizar las encuestas a la población de Pénjamo era poder determinar si la población conoce acerca de la advertencia del AyA hacia la ASADA sobre la imposibilidad de brindar nuevos servicios de agua. La siguiente Figura muestra lo anterior mencionado.

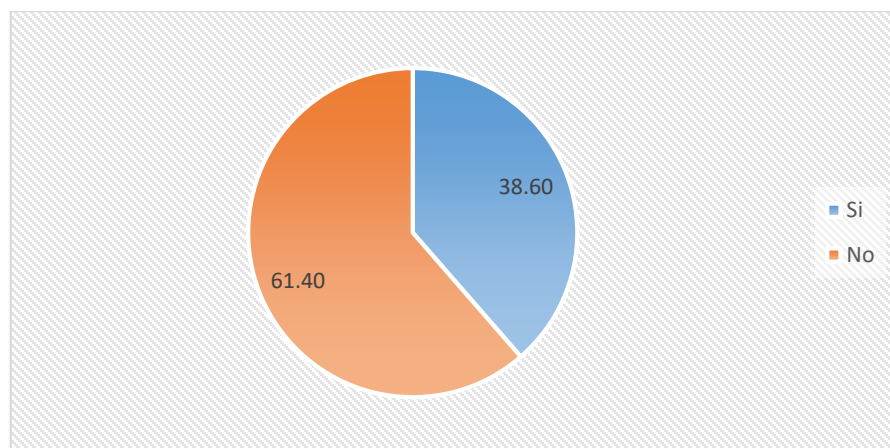


Figura 47. Pregunta 4. Conocimiento de la población referente a la imposibilidad de la ASADA de brindar nuevos servicios.

El 61,4% de los entrevistados afirma descocer sobre la problemática actual del acueducto, el otro 38,6% aseguran que se dieron cuenta por alguna experiencia personal o de conocidos en la que se le negaron el medidor cuando este fue solicitado a la ASADA.

La siguiente pregunta tiene relación con la anterior, acerca de la advertencia del AyA y el actuar de la ASADA. En la Figura 48 se muestra si el entrevistado sabe de alguna persona que no haya podido asentarse en la comunidad por dicha advertencia.

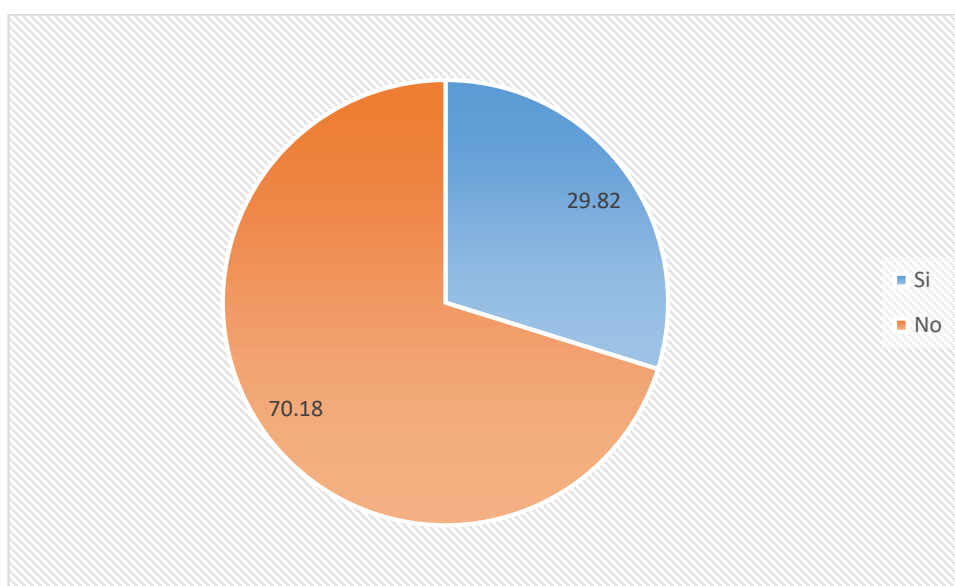


Figura 48. Pregunta 5. Problema social de imposibilidad de asentamiento en la zona.

La mayoría de las personas no conocen algún caso referente a la pregunta que se les hizo, en gran parte porque no conocían el problema, el 29% afirma que, si conocen a alguna persona en dichas circunstancias, algunos de ellos en dicha circunstancia.

Como parte de la posible solución al problema, se le planteo a los entrevistados el interés de captar agua de una nueva naciente para reducir el déficit hídrico, mínimo para los próximos 25 años. Los cuales se mostraron de acuerdo ante la posibilidad de invertir en el proyecto propuesto.

El 100% de los entrevistados cree que el proyecto tiene importancia social en la comunidad, debido a que puede permitir la llegada de nuevos habitantes e incrementar el desarrollo económico en la zona.

Para justificar el comportamiento del factor de consumo determinado mediante los niveles del tanque principal, se preguntó a la población sobre el momento en el que consumen mayor cantidad de agua como se muestra en la Figura 49.

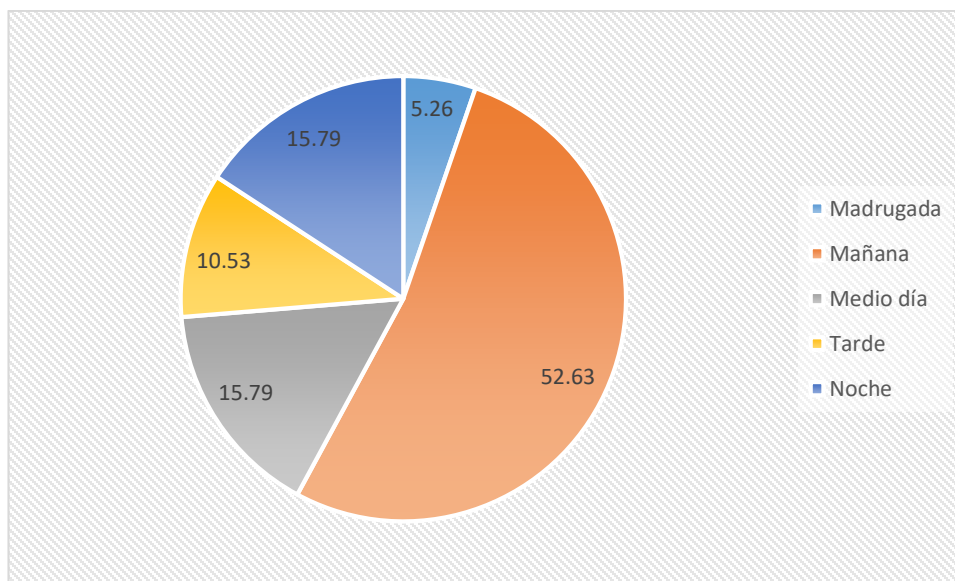


Figura 49. Pregunta 7. Momento del día donde se consume más agua.

Como era de esperarse, el momento del día donde se consume más agua es en la mañana, a la hora llevar a cabo las labores domésticas. Seguidamente se encuentra un 15 % para el medio día, justo para el momento de preparación de alimentos, al mismo nivel se encuentra la noche, como momento del día donde también se consume una importante cantidad de agua. La madrugada es la hora del día donde menos se consume agua.

Se realizó una pregunta sobre algunos problemas comunes en acueductos, como lo son la presencia de algún tipo de suciedad en el agua, sabor indeseable, olor desagradable o tipo de flujo de llegada a la vivienda, obteniéndose como resultado las siguientes Figuras.

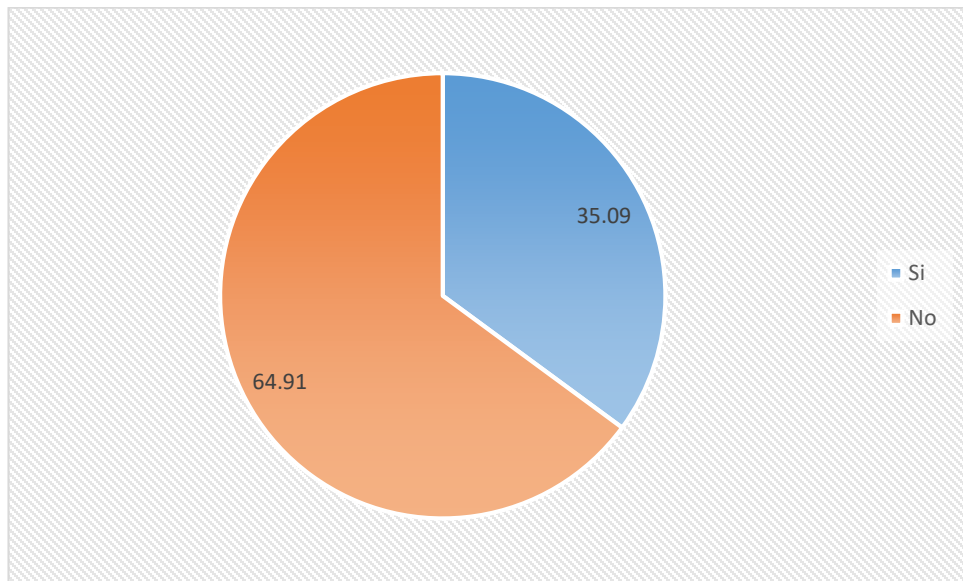


Figura 50. Pregunta 8. Llegada de agua sucia a las casas.

Según la Figura 50, un 35,09% afirma que en algún momento han presenciado la llegada de agua sucia a sus casas, especialmente luego de reparaciones o algún mantenimiento en específico del acueducto. En la Figura 51 muestra si el entrevistado ha percibido mal olor en el agua.

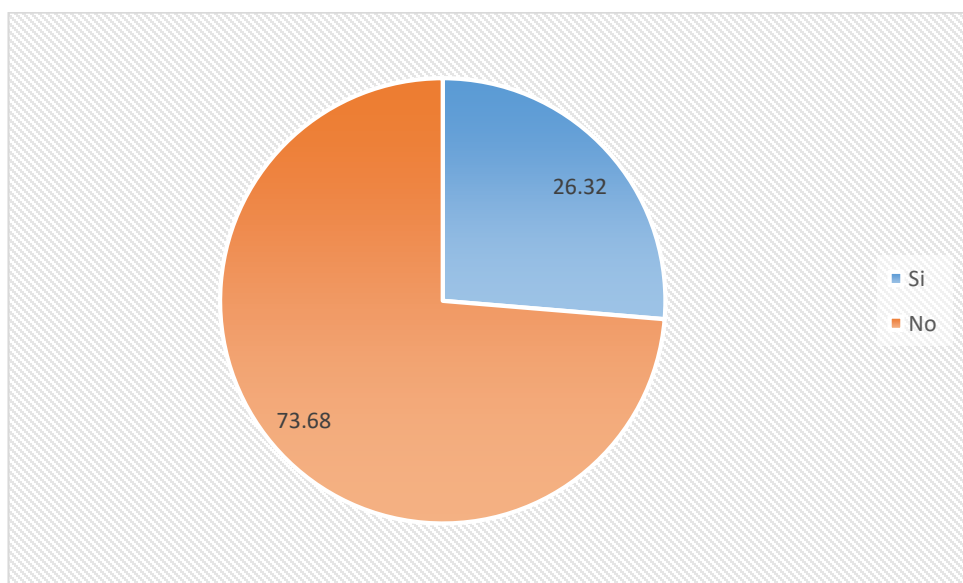


Figura 51. Pregunta 8. Presencia de mal olor en el agua.

De las 57 personas entrevistadas, cerca de un 26 % afirma la presencia de algún mal olor en el agua. Analizando algunos tramos del acueducto, puede que tengan almacenada agua confinada de poco movimiento por bajas velocidades, lo que ocasiona que se estanquen dentro de la tubería, sedimentos y tierra, lo que puede darle un mal olor al agua. En la Figura 52 muestra si el entrevistado ha percibido flujos discontinuos al utilizar el servicio.

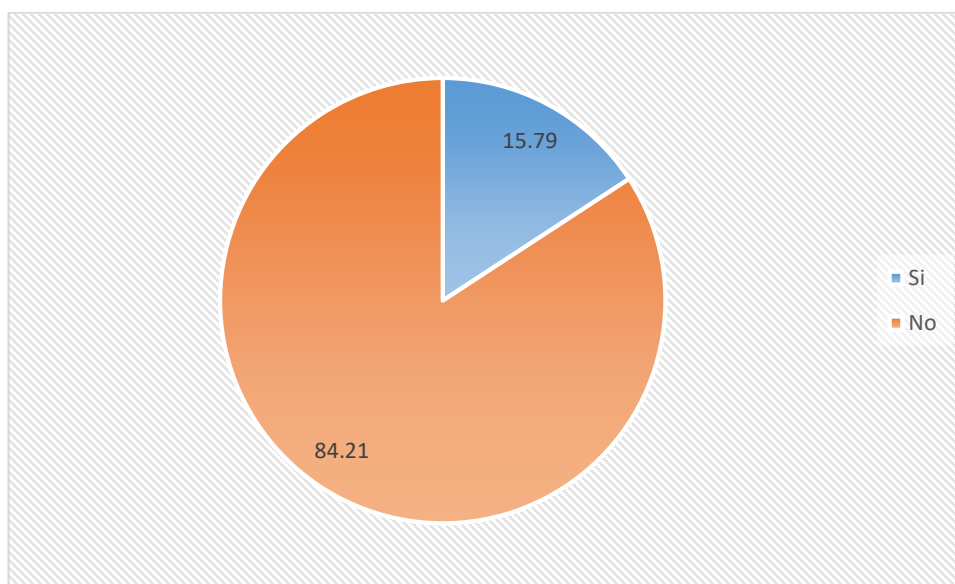


Figura 52. Pregunta 8. Flujo discontinuo en la tubería.

El 15,79% de los entrevistados afirma que existe un flujo discontinuo luego de que se realiza alguna reparación de fugas. Un mismo comportamiento se observó cuando se preguntó por el sabor del agua, como se muestra en la Figura 53, la mayor parte de los entrevistados negó algún sabor extraño.

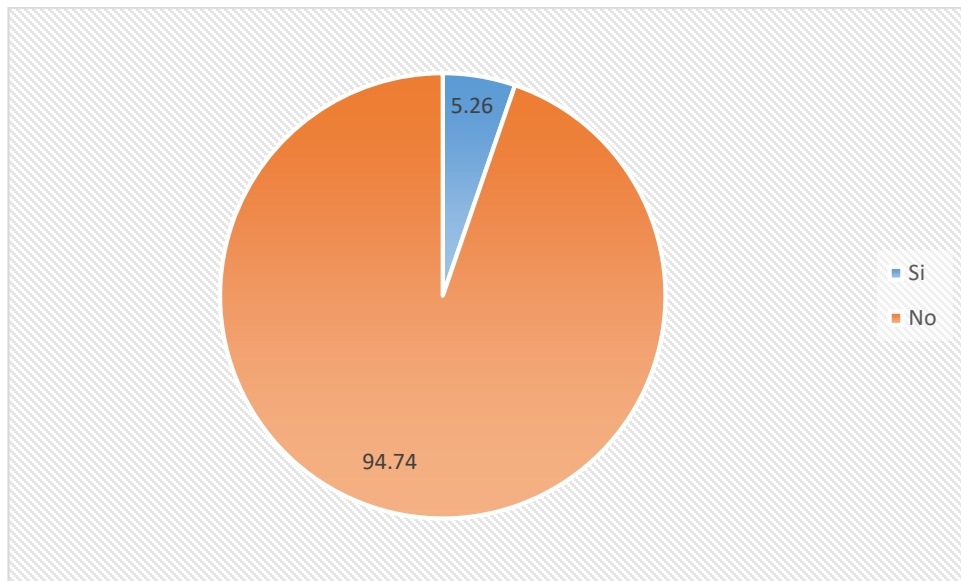


Figura 53. Pregunta 8. Presencia de algún sabor anormal en el agua.

7.4.2 Análisis Ambiental.

Realizado el D-1 se obtuvo una calificación de la Significancia de Impacto Ambiental (SIA) de 169 lo cual indica que no se debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y con una Declaración Jurada de Compromiso Ambientales es suficiente. En el Cuadro 24 se muestra la calificación obtenida.

Cuadro 24. Impactos estimados con la implementación del proyecto planteado para el acueducto de Pénjamo.

Criterio	Valoración por efecto
Consumo/afectación	31
Impacto en aire	44
Impacto en suelo	49
Impacto humano	29
Otros riesgos	16
Total	169

En vista de que la sumatoria de los impactos mencionados anteriormente da un valor inferior a 300, se debe realizar una declaración jurada de compromiso ambiental. El proyecto planteado no requiere de un movimiento de suelo más que en las obras de construcción del tanque y la toma de la naciente. El tema principal en acueductos es el agua, contemplar la posibilidad de realizar un mejor control del agua, con la implementación de macro medidores, es el principio de una lucha contra el uso excesivo del recurso, ya que se puede conocer si se está perdiendo en fugas mucha agua, o en tomas ilegales.

7.4.3 Análisis Económico.

Para la implementación de ambas propuestas requiere de una fuerte inversión económica, realizar un estudio económico de las alternativas ya planteadas, permite tomar una decisión adecuada de escogencia, porque desde el punto de vista técnico, ambas opciones son viables. Las propuestas tienen en común la implementación del nuevo tramo de acueducto, el sistema de captación, la construcción del nuevo tanque de almacenamiento y otras mejorar referentes al manejo del acueducto. En el Cuadro 25 se muestra un resumen de costos para ambas propuestas.

Cuadro 25. Análisis económico para las propuestas de mejora.

Material	Cantidad	Precio unitario	Propuesta de mejora I	Propuesta de mejora II
Toma naciente				
Fofo	1	¢625,101.19	¢625,101	¢625,101
Tubería				
conducción	--	--	¢1,813,133	¢56,750,808
Tanque de almacenamiento				
(100m3)	1	¢3,586,602.35	¢3,586,602	¢3,586,602
Válvula aire x-295				
1" triple efecto	9	¢13,732.00	¢123,588.00	¢123,588.00
Válvula compuerta				
75mm 3"	1	¢72,415.00	¢72,415.00	¢72,415.00

Material	Cantidad	Precio unitario	Propuesta de mejora I	Propuesta de mejora II
Válvula compuerta 50 mm 2"	1	€33,000.00	€33,000.00	€33,000.00
Llave bola PVC lisa pres 100mm (4")	1	€56,048.00	€56,048.00	€56,048.00
Llave bola PVC lisa pres 75mm (3")	1	€27,050.00	€27,050.00	€27,050.00
Llave bola PVC lisa pres 50mm (2")	1	€5,693.00	€5,693.00	€5,693.00
Cabezote hidrante 100mm (4").	1	€232,988.00	€232,988.00	€232,988.00
Macro medidor mecánico 4"	1	€327,000.00	€327,000.00	€327,000.00
Rollo de teflón 18mm (3/4")	5	€968.00	€4,840.00	€4,840.00
Válvula reguladora presión 100MM (4")	1	€391,520.00	€391,520.00	€391,520.00
Válvula reguladora presión 50MM (2")	1	€92,515.00	€92,515.00	€92,515.00
Total			€7,391,493	€62,329,169

La diferencia entre una propuesta y la otra es bastante alta, debido a la cantidad de tubos a cambiar para la segunda propuesta. El desglose de cada diseño puede ser observado en los Anexos del 10.17 al 10.20, donde para el cálculo de costos de la construcción de la toma se considera el mismo para ambas propuestas.

En el Cuadro 26 se muestra un resumen de egresos por parte de la ASADA.

Cuadro 26. Egresos estimados para la ASADA de Pénjamo de Florencia.

Gasto	Rubro mensual
Colaboradores	
Fontanero	¢263,833
Secretaria	¢487,662
Total Colaboradores	¢751,495
Otros gastos	
Luz	¢20,000.00
Teléfono	¢25,000.00
Internet	¢30,000.00
Seguro	¢350,000.00
Compra equipo	¢25,000.00
Combustible	¢30,000.00
Cloración	¢21,950.00
Total otros gastos	¢501,950.00
Total	¢1,253,445.00

Analizando el cobro para el mes de septiembre, es posible determinar el dinero que percibe la ASADA por cobro de mensualidad del servicio de agua. El AyA establece una tarifa de cobro según el consumo del usuario, realizando un análisis del consumo de la población, se logra determinar que en Pénjamo de Florencia se consume cerca de 20 m³ por acometida, lo que representa que la tarifa a aplicar para ese volumen es de 710 colones. En el Cuadro 27 se muestra la estimación de ingresos de la ASADA.

Cuadro 27. Estimación de ingresos para la ASADA de Pénjamo de Florencia.

Ingresos	
	Estimación de cobro mensual
Metros cúbicos mes septiembre 2019	7819
Promedio consumido por el pueblo m3	20
Colones por metro cúbico consumido	¢710
Total	¢5,551,490

A pesar de la diferencia de inversión entre una propuesta y la otra, al calcular el VAN y TIR, se evidencia que ambas propuestas son rentables desde el punto de vista económico. La propuesta I refleja una recuperación inmediata de la inversión inicial, mientras que para la segunda propuesta el TIR es del 30%. En el Cuadro 28 se muestra el balance económico para las propuestas de mejora.

Cuadro 28. Balance económico para las propuestas.

Balance	Propuesta I	Propuesta II
Inversión inicial	¢7,391,493	¢62,329,169
Flujo de caja año 25	¢18,697,656	¢18,697,656
VAN	¢125,213,249.92	¢76,161,753.93
TIR	253%	30%

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 Conclusiones.

Realizando el análisis hídrico para la situación actual del acueducto, se puede determinar que para el sistema A el caudal de oferta es de 5,56 l/s y el demandado es de 4,78 l/s, contando con un balance positivo de 0,78 l/s para el año 2044, el cual es el periodo más crítico estudiado según el crecimiento de la población. El sistema B cuenta con un caudal de oferta de 1,93 l/s y un caudal demandado de 4,29 l/s, donde se obtiene un balance negativo de 2,36 l/s para el año 2044.

La proyección de almacenamiento para la condición actual del acueducto se divide en los dos sistemas que trabajan independientemente, para el sistema A se proyecta una necesidad de almacenamiento para el 2019 de aproximadamente 86 m³ y para el 2044 de aproximadamente 128 m³. Para el sistema B se proyecta una necesidad de almacenamiento de 80 m³ para el 2019 y cerca de 118 m³ para el año 2044. Actualmente el sistema A no cuenta con un tanque de almacenamiento y el sistema B posee un tanque de almacenamiento de 150 m³.

Analizando el comportamiento hidráulico de la situación actual del acueducto, se evidencia que existen tramos con presiones superiores a las permitidas por el AyA en la norma técnica de diseño (rango permitido 15,00 m.c.a -70,00 m.c.a), cerca de un 23% de las acometidas presenta una presión superior a 70,00 m.c.a, un 3,3% del total de las acometidas presenta una presión inferior a 15,00 m.c.a y cerca de un 73,6% presenta una presión adecuada entre los 15 m.c.a y los 70,00 m.c.a. Las velocidades obtenidas en toda la red están por debajo de la velocidad recomendada en la norma técnica, en promedio se obtienen velocidades que rondan los 0,3 m/s.

Debido al problema de déficit hídrico, se incorpora la naciente Fofó al sistema original. El caudal aforado en dicha naciente corresponde a 1,66 l/s y logra cubrir el déficit para el proyecto solamente si este trabaja de manera unificada y no seccionada como actualmente se maneja. La tubería de conducción tiene una longitud de 408 metros y su diámetro es de 55,3 mm (2 pulgadas), con un SDR 26.

Las modelaciones hidráulicas de ambas propuestas de mejora determinan que el sistema no debe ser seccionado, esto debido a la ubicación de las fuentes de agua, así como también la dinámica de la demanda en el sistema.

En la primera propuesta de mejora se considera la utilización de una válvula reguladora de presión (valv reg 1) para balancear el sistema, que debe ser ajustada a 20,00 m.c.a y otra válvula reguladora (valv reg 2) para disminuir presiones en la parte baja del acueducto que debe ser ajustada a 15,00 m.c.a La segunda propuesta de mejora también considera la utilización de las dos válvulas antes mencionadas, ambas se deben ajustar a 15,00 m.c.a.

Para la primera propuesta de mejora, se reducen las acometidas que presentaban una presión superior a 70,00 m.c.a de un 23% a un 5,8%, y se mantiene en un 3,3% las acometidas que presentaban una presión inferior a 15,00 m.c.a, donde se obtiene como resultado un 90,8% de acometidas con rangos de presión adecuada entre los 15,00 m.c.a y los 70,00 m.c.a. Para la segunda propuesta se reducen las acometidas que presentaban una presión superior a 70,00 m.c.a de un 23% a un 0%, y se mantiene en un 3,3% las acometidas que presentaban una presión inferior a 15,00 m.c.a, donde se obtiene como resultado un 96,7% de acometidas con rangos de presión adecuada entre los 15,00 m.c.a y los 70,00 m.c.a. Las velocidades obtenidas en toda la red para ambas propuestas están por debajo de la velocidad recomendada en la norma técnica, en promedio se obtienen velocidades que rondan los 0,3 m/s.

Se diseña un tanque de almacenamiento para satisfacer adecuadamente a la población en un plazo de 25 años con una capacidad de 100 m³. El mismo es abastecido únicamente por la naciente Riggioni, ya que, por diferencia de altura, se imposibilita la entrada de agua de otras nacientes.

La inversión para la primera propuesta, que incluye la captación y conducción de la naciente Fofo, el nuevo tanque de almacenamiento y algunas válvulas para regular el sistema, ronda los ¢7,391,493. La segunda propuesta que considera la modificación de los diámetros para cumplir con la norma del AyA ronda los ¢62,329,169. Ambas propuestas son rentables teniendo en cuenta la facturación actual por pago del servicio de los usuarios.

Del total de personas entrevistadas, cerca de un 79% se sienten satisfechas o muy satisfechas con el caudal que llega a sus casas, aproximadamente un 68,5% de los entrevistados se sienten satisfechos con la presión con la que llega el agua a sus casas. El 70,18 % de los entrevistados

asegura que han experimentado algún corte de agua, pero cerca del 84,21 % opina que los cortes son poco o muy poco frecuentes.

La percepción de la población entrevistada referente a la administración de la ASADA es bastante aceptable, cerca de un 75,5% afirma sentirse satisfecha o muy satisfecha acerca de la velocidad de la administración para atender una avería y cerca de un 80% se siente satisfecha con respecto al mantenimiento que la ASADA realiza. La tarifa del servicio es uno de los puntos que la población percibe de manera inadecuada, aproximadamente un 60% de los entrevistados asegura sentirse poco satisfecho o intermedio con respecto a la tarifa del servicio.

El patrón de consumo de la población se inclina mayoritariamente a las horas de la mañana, cerca de un 52,63% realiza un consumo en este lapso, al medio día al igual que en la noche un 15,79%, un 10,53% de las personas realiza un consumo en la tarde, y solamente un 5,26% en la madrugada. Este comportamiento justifica el patrón de consumo obtenido en la prueba de niveles en el tanque de almacenamiento Maroto.

Se utiliza la matriz D1 del SETENA para hacer un análisis ambiental preliminar del proyecto, obteniéndose una nota de 169 puntos. No es necesario realizar un estudio de impacto ambiental completo, pero si es debido considerar una declaración jurada.

8.2 Recomendaciones.

- a) Es recomendable que el sistema no se seccione para que trabaje balanceadamente, dando la posibilidad a que la naciente Riggioni logre compensar parte del déficit presentado en la naciente Maroto.
- b) Según planos del Anexo 10.9 y 10.13, se recomienda utilizar dos válvulas reguladoras de presión, una para disminuir presiones en las partes bajas del acueducto y la otra para compensar presiones, para que el sistema pueda trabajar de manera unificada.
- c) Debido a las velocidades bajas obtenidas tanto en la primera propuesta como en la segunda, se recomienda hacer inspecciones preventivas para controlar sedimentos en las partes bajas del acueducto y si es necesario realizar lavados del sistema regularmente para evitar la sedimentación dentro de la tubería.

- d) Según planos de diseño mostrados en el Anexo 10.4 se recomienda la instalación del nuevo tanque de almacenamiento Riggioni de 100 m³ para cubrir la demanda proyectada a 25 años.
- e) Controlar de una mejor manera los registros de aforos. Es conveniente realizar al menos un aforo al mes, donde se anoten descripciones del día de aforo y no hacerlo cuando haya llovido 48 horas antes, así como también prestar atención al comportamiento de la naciente en época de estiaje.
- f) Una vez que se cuente con registros de aforo que permitan evidenciar el comportamiento de las fuentes, se recomienda recalcular el balance hídrico del acueducto considerando un porcentaje de reducción en la producción de las fuentes de agua, para obtener un dato más preciso.
- g) Instalar macromedidores en tubería de aducción, para poder cuantificar el porcentaje de agua no contabilizada (ANC).

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Agüero, R. (2004). Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales. Lima, Perú.: COSUDE.
- Álvarez, V. (2012). Proyecto de remodelación de la red de agua del barrio de la Geltrú (Vilanova i la Geltrú). Obtenido de http://www.lis.edu.es/uploads/8b982502_2156_46f9_8799_603901b43c8d.pdf
- Araya, J. (2012). Modelacion del cloro residual en la red de distribución de distribución del acueducto la Sirena. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Arboleda G, J. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras y actividades. Medellín , Colombia.
- Autodesk. (2017). AutoCAD Civil 3D . Estados Unidos .
- AyA. (2001). Normas de diseño de agua potable y no autorización para el uso de tuberías de PVC-SDR-41. Costa Rica. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos30867.pdf>
- AyA. (2017). Norma técnica para “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial”. Costa Rica. Obtenido de <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>
- Bejarano, E. (2013). Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejora. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Obtenido de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Diagn%C3%B3stico%20del%20acueducto%20de%20Santa%20Cruz%20y%20propuesta%20de%20mejora%20%20Esteban%20Bejarano%20SP.pdf>
- Bentley. (2015). WaterCAD V8i . Estados Unidos .
- Borderías, M. (2014). Evaluación ambiental. Universidad Nacional a Distancia. Costa Rica. Obtenido de

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/reader.action?docID=3227847&query=evaluaci%C3%B3n+impacto+ambiental>

Bruni, M. (2018). Cámara de captación de manantiales. Gestión de agua y saneamiento sostenible. México. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/c%C3%A1mara-de-captaci%C3%B3n-de-manantiales>

CONAGUA. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable. México. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf

Corcho, F. (1993). Acueductos. Teoría y diseño. Colombia.: Sello.

Corcho, F. (2005). Acueductos. Teoría y diseño. Colombia: Sello. Obtenido de https://books.google.co.cr/books?id=194g9lx5vpcC&pg=PA13&lpg=PA13&dq=dise%C3%B1o+de+acueductos+y+alcantarillados&source=bl&ots=Gtd65QJ63k&sig=ACfU3U1yeGl7-JxL_kRiytNZeZ_HGo6cSw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwie1prSgOvnAhXPmOAKHUFTAys4FBDoATAEgQIChAB#v=onepage&q&f

García, J. (2011). Sistema de captación de agua en manantiales y pequeñas quebradas para la región andina. Argentina: INTA. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cipaf_ipafnoa_manual__de_agua.pdf

García, M. (2006). Modelación y Simulación de Redes Hidráulicas a Presión Mediante Herramientas Informáticas. Cartagena, Colombia. Obtenido de https://www.upct.es/hidrom/publicaciones/Tesis_pfc/PFC_MMarGracia_2006.pdf

Guerrero, J. (2002). Modelo hidráulico para redes de agua potable con tomas domiciliarias. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

- Henarejos, S. (2017). Modelo de simulación de la red de suministro de agua potable para el Núcleo Urbano de Canyelles (Barcelona). España. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/112160/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, M. (2015). Análisis de la red de agua de la urbanización Sierramar (Valencia), propuestas de mejora. España. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/65061/TFM_MIHMA_Miguel_Hernandez_Moreno.pdf?sequence=1
- INEC. (2011). Indicadores demográficos y sociales según provincia, cantón y distrito. Costa Rica. Obtenido de <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- Jiménez, J. (2013). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y de alcantarillado sanitario. Universidad Veracruzana. México.
- Liberta, B. (2007). Impacto, impacto social y evaluación del impacto. Acimed. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v15n3/aci08307.pdf>
- López, R. (1995). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Colombia.: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Maza, A. (2009). Diseño de un sistema experto para el enderezado de chasis en frío. Universidad las Américas Puebla. México. Obtenido de http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/
- Mete, M. (2012). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. Instituto de Investigación en Ciencias Económicas y Financieras. Universidad La Salle. Bolivia. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf
- MINSA. (2004). Calidad del agua potable en Costa Rica: Situación actual y perspectivas. San José, Costa Rica. Obtenido de <https://www.bvs.sa.cr/php/situacion/agua.pdf>

- Monge, M. (2018). Aplicaciones principales de las válvulas hidráulicas. Universidad Politécnica de Madrid. España. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/aplicaciones-principales-valvulas-hidraulicas>
- Morales, D. (2015). Estudio de impacto social: antecedentes y línea base para San Fernando, Tamaulipas. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/html/654/65452535006/>
- Morelos, R. &. (2017). Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en una ciudad mexicana EPANET. Universidad Estatal de Sonora. México. Obtenido de <http://www.reibci.org/publicados/2017/abr/2200106.pdf>
- OSGeo. (2019). QGIS 3.8 . Estados Unidos .
- Pérez, L. (2016). Evaluación de la capacidad hidráulica de la red de distribución del acueducto de San Francisco de León Cortés. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7390/08-11-16_TFG%20Atahualpa%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Planas, G. (2016). Guía para la instalación, uso y mantenimiento de los Sistemas de hidrantes exteriores contra incendios. Asepeyo. Obtenido de https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/P1E16009-Gu%C3%ADa-Sistemas-de-hidrantes-exteriores-contra-incendios_Asepeyo.pdf
- Sabido, A. (s.f). Manual de conceptos básicos de gestión económico-financiera para personas emprendedoras. Beaz, Bizkaia. Obtenido de <http://www.caminospaisvasco.com/Profesion/emprendizaje/manualef>
- Sbarato, D., & Ortega, J. (2016). Los estudios del impacto ambiental. Universidad Tecnológica Nacional. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/itcrsp/reader.action?docID=4508686&query=impacto+ambiental>
- SETENA. (2020). Formulario de evaluación de impacto ambiental D1. Costa Rica. Obtenido de <https://www.setena.go.cr/formularios-d1-d2/>

- Sobarzo, A. (2012). Formulación de presupuesto y cronograma en un proyecto de investigación. Dirección Universitaria de Investigación. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Obtenido de http://bvsper.paho.org/videosdigitales/matedu/2012investigacionsalud/20120627CronogramaPresupuesto_AnaSobarzo.pdf?ua=1
- Suárez, R. (2015). Caracterización técnica y diseño de la red de distribución del acueducto Veredal de Agua Cruda Puente Tablavereda Río Frío. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Zipaquirá. Colombia. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/3459/TIC_SuarezSierraRicardo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres, J. (2008). Material didáctico para la asignatura de acueductos y alcantarillados. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

10. ANEXOS.

10.1 Servicios equivalentes según la norma técnica de diseño del AyA.

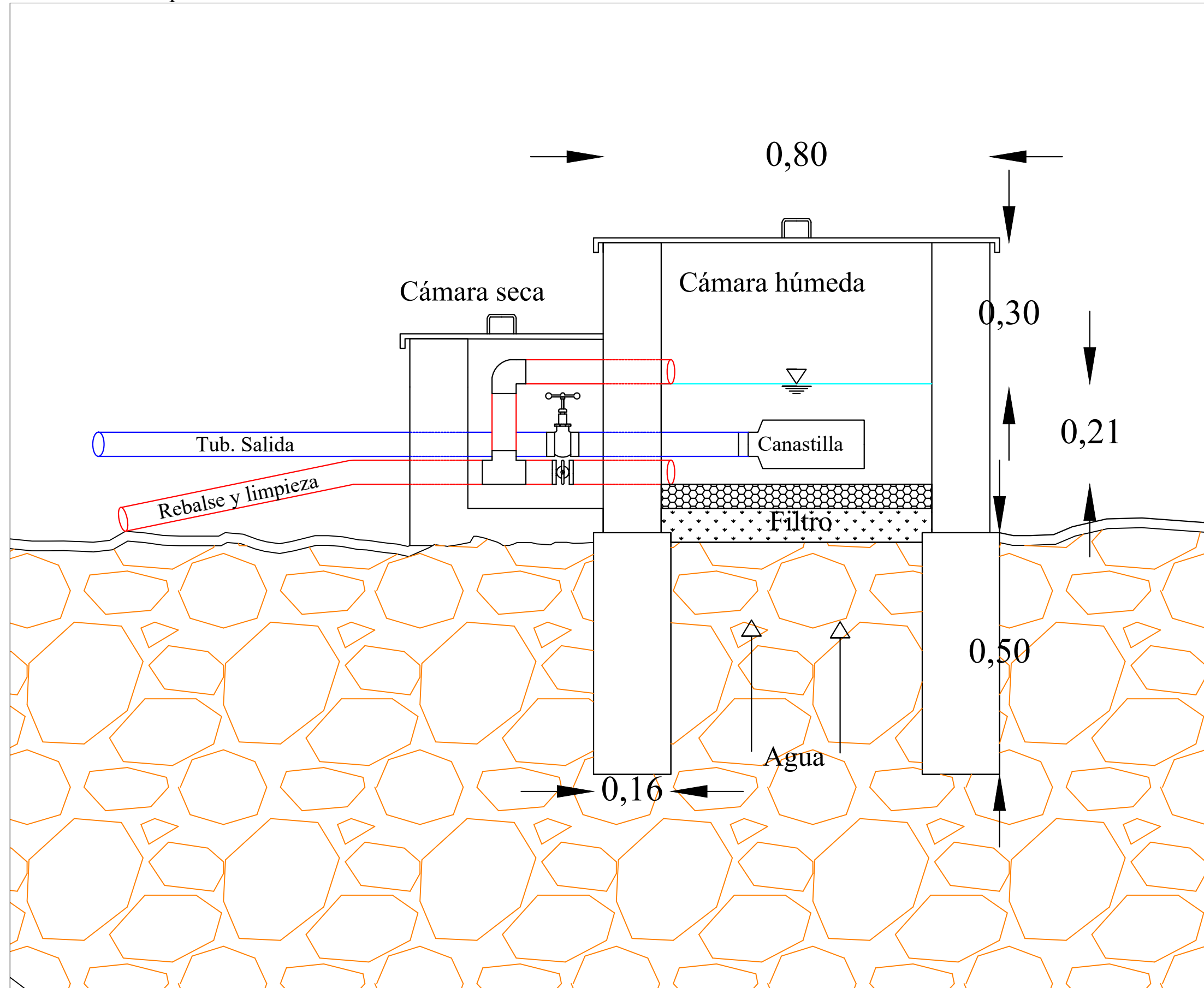
Tipo de actividad del nuevo desarrollo	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente (UCE) o servicios equivalentes (SE)
Hoteles, Moteles.	Habitación	Un servicio equivalente por cada 3 unidades de cálculo
Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación.	Estudiante	Un servicio equivalente por cada 25 unidades de cálculo
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución.	Metro cuadrado de área (Incluyendo parqueos y áreas verdes)	Un servicio equivalente por cada 500 unidades de cálculo
Restaurantes, sodas, bares y similares.	Metro cuadrado de área (Incluyendo parqueos y áreas verdes)	Un servicio equivalente por cada 100 unidades de cálculo
Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias.	Metro cuadrado de área (Incluyendo parqueos y áreas verdes)	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo
Parcela miento agrícola con frente a servidumbre.	Metro cuadrado de área	Un servicio equivalente por cada 5000 unidades de cálculo
Parcela miento agrícola con frente a servidumbre.	Metro cuadrado de área	Un servicio equivalente por cada 500 unidades de cálculo
Centros de recreación, turísticos o club campestre.	(Incluyendo parqueos y áreas verdes)	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo

Fuente: AyA, 2017

10.2 Factores de consumo obtenidos del comportamiento del tanque en prueba de 24 horas y el comportamiento del consumo promedio horario (CPH).

Hora	Nivel (m)	CPH (l/s)	Factor
0	0,994	1,725	0,704
1	1,039	1,271	0,519
2	1,069	1,658	0,677
3	1,119	1,159	0,473
4	1,164	1,258	0,513
5	1,199	1,535	0,627
6	1,230	1,645	0,671
7	1,225	2,581	1,053
8	1,190	3,381	1,380
9	1,137	3,837	1,566
10	1,065	4,317	1,762
11	1,166	4,392	1,792
12	1,100	4,186	1,709
13	1,057	3,565	1,455
14	1,028	3,199	1,306
15	0,999	3,210	1,310
16	0,981	2,919	1,192
17	0,964	2,906	1,186
18	0,956	2,650	1,082
19	0,948	2,669	1,089
20	0,950	2,407	0,983
21	0,952	2,391	0,976
22	0,954	2,405	0,981
23	0,966	2,117	0,864
24	0,994	1,725	0,704

10.3 Plano de captación de la naciente Foyo

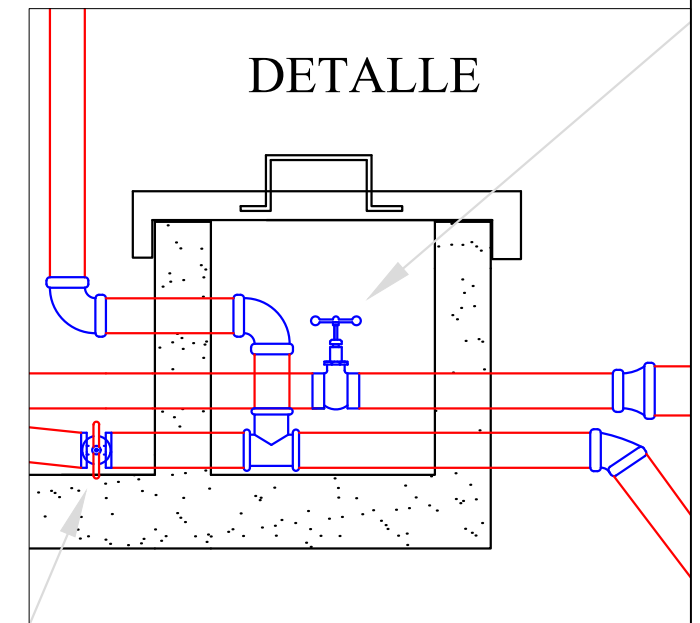
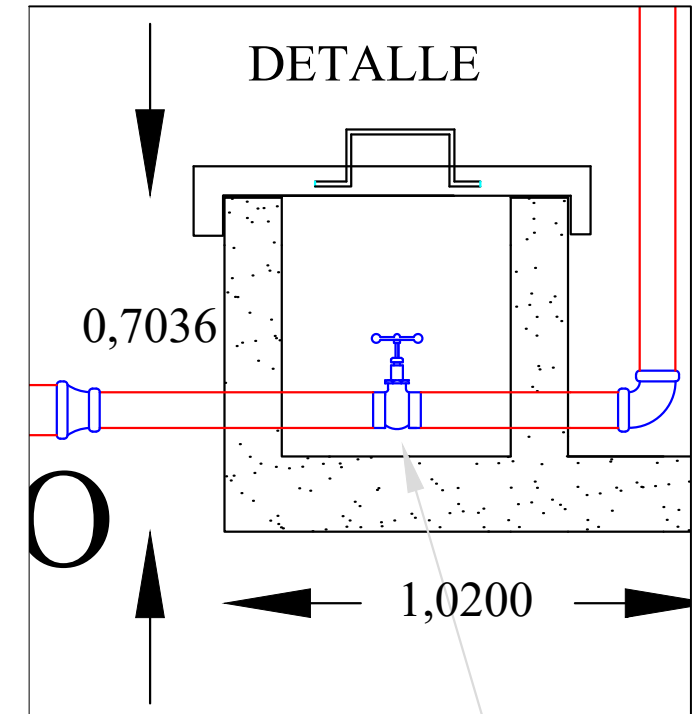
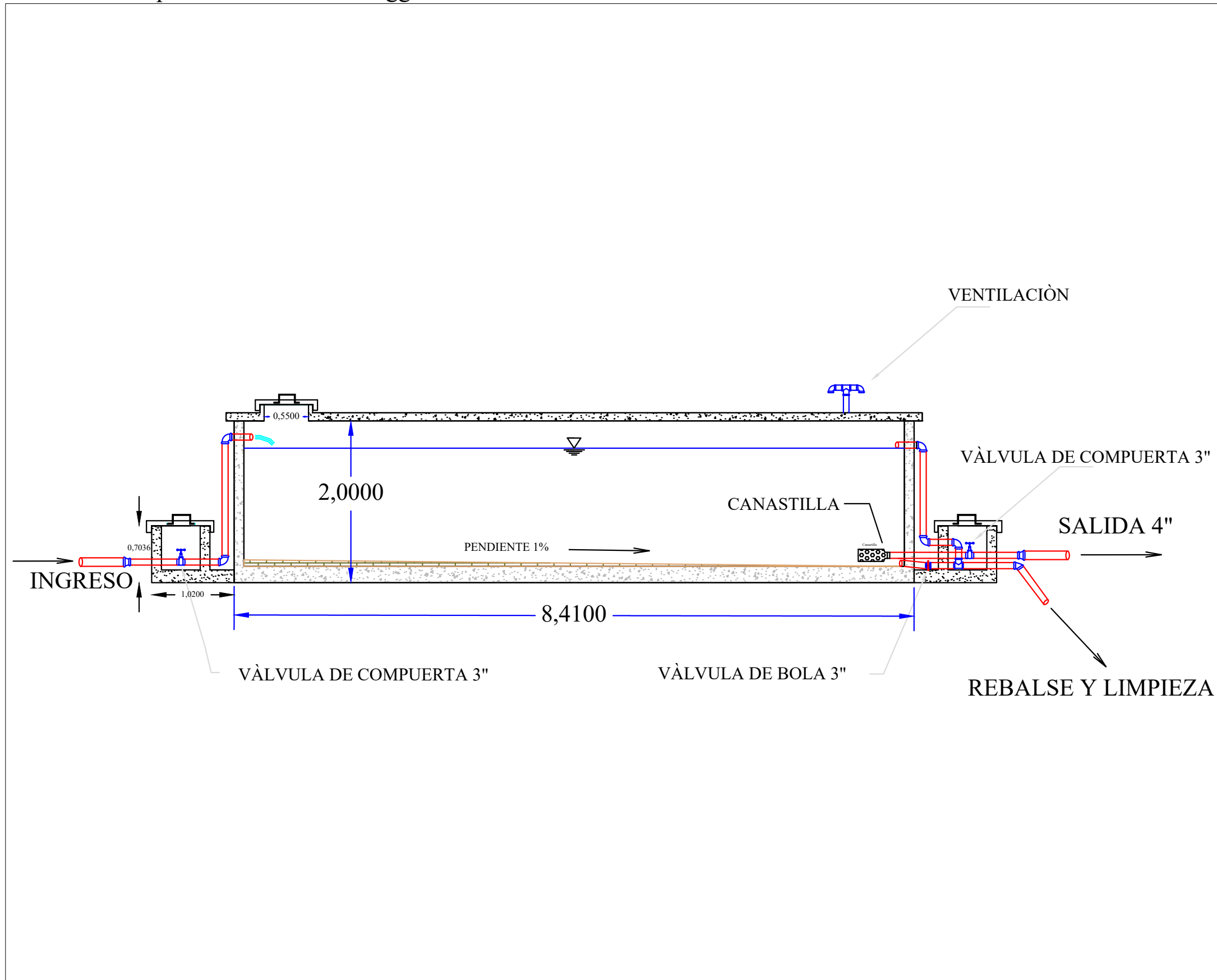


Proyecto: Sistema de captación naciente Foyo

Ubicación: Pénjamo de Florencia

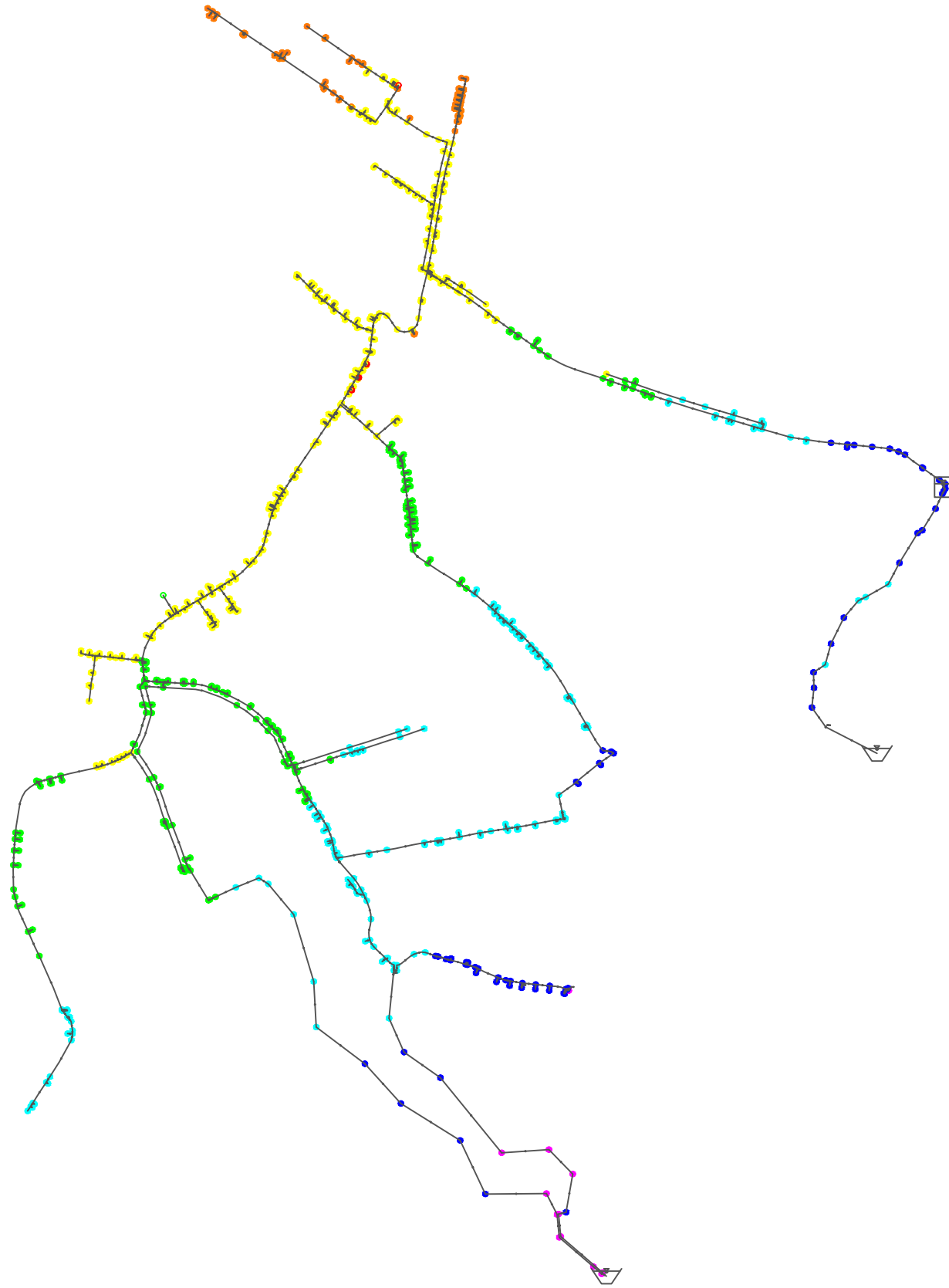
Dibujó: Corella. L	Contiene: Perfil	Hoja No.
ASADA Pénjamo		1
Escala: 1:15	Tecnológico de Costa Rica	1
Fecha: 20/10/2019		

10.4 Plano tanque almacenamiento Riggioni



Proyecto: Tanque de almacenamiento Riggioni		
Ubicación: Pénjamo de Florencia		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Perfil	Hoja No.
ASADA Pénjamo		1
Escala: 1:75	Tecnológico de Costa Rica	1
Fecha: 20/10/2019		

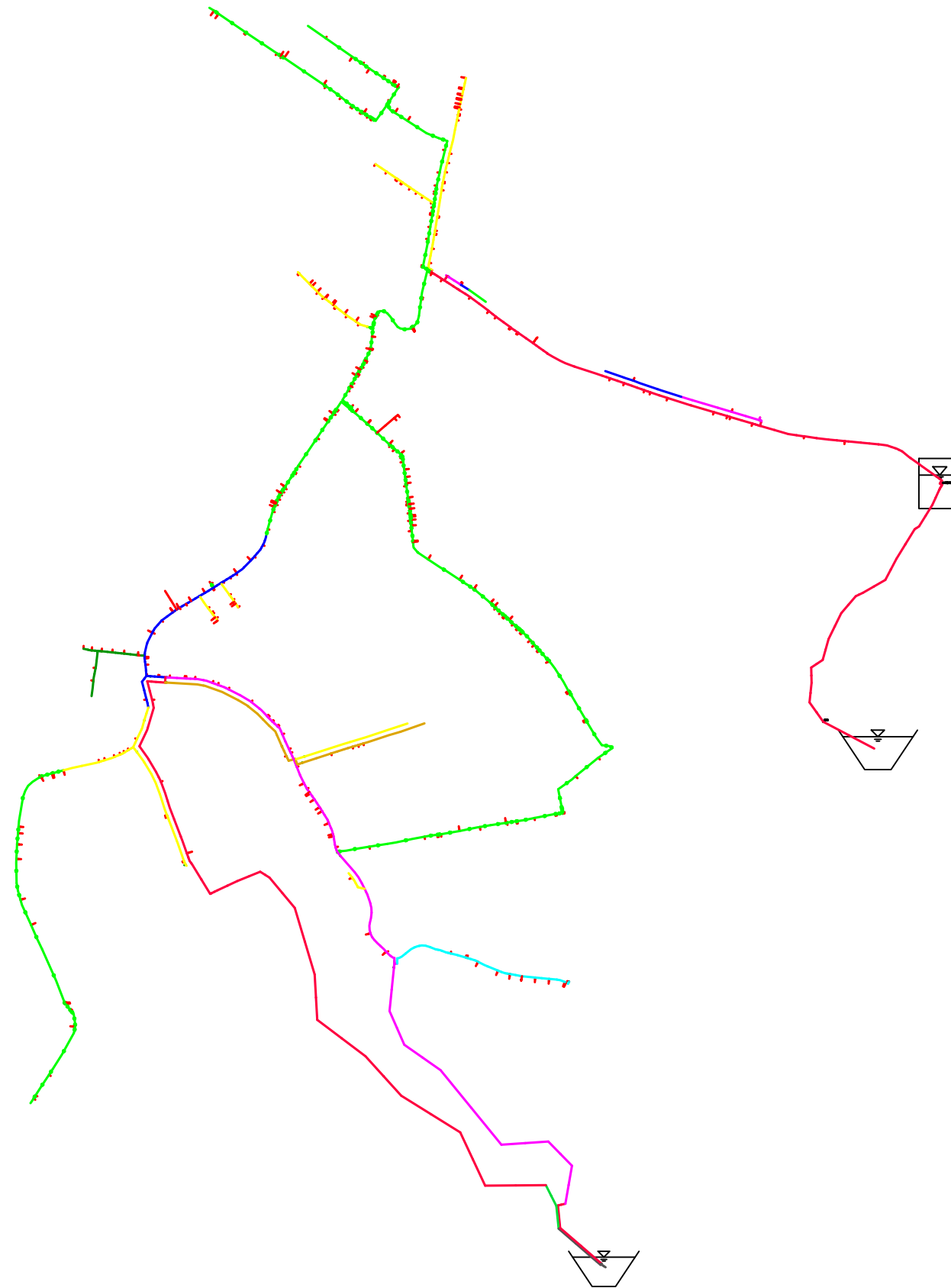
10.5 Rango de alturas del acueducto

















SIMBOLOGÍA DE COLOR	
Color	Altura de los nodos (m.s.n.m)
	<= 200,00
	<= 220,00
	<= 240,00
	<= 260,00
	<= 280,00
	<= 300,00
	<= 320,00
OTROS COMPONENTES	
	Válvula de bola
	Naciente
	Tanque de almacenamiento

Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Alturas (m.s.n.m) en los nodos a lo largo del acueducto.	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		1
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	4
Fecha: 04/03/2020		

10.6 Diámetros de tubería utilizados actualmente

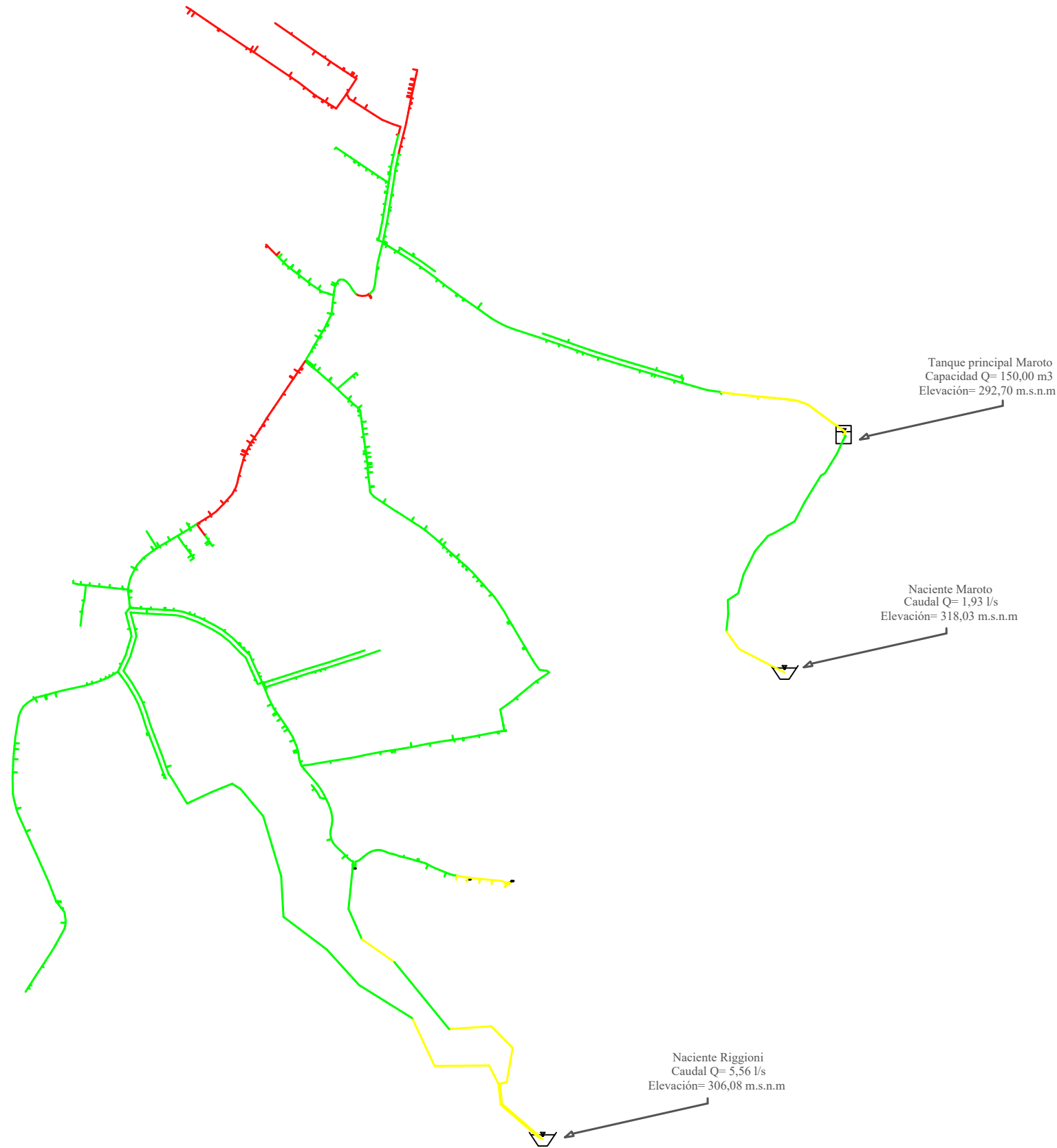


SIMBOLOGÍA DE COLOR	
Color	Diámetro de tubería (mm)
	18,20
	30,40
	44,60
	55,30
	56,60
	67,40
	82,00
	100,80
	105,50
	155,30
	202,20

OTROS COMPONENTES	
	Válvula de bola
	Naciente
	Tanque de almacenamiento

Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Diámetros (mm) utilizados en la situación actual	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		2
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	4
Fecha: 04/03/2020		

10.7 Rango de presiones obtenida para la situación actual








SIMBOLOGÍA DE COLOR	
Color	Presión en tubería (m.c.a)
	<= 0,00
	<= 15,00
	<= 50,00
	<= 70,00
	<= 100,00
	<= 150,00




OTROS COMPONENTES	
	Válvula de bola
	Naciente
	Tanque de almacenamiento

Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Rango de presiones (m.c.a) para la situación actual en la hora de menor consumo.	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		3
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	4
Fecha: 04/03/2020		

10.8 Velocidades obtenidas para la situación actual

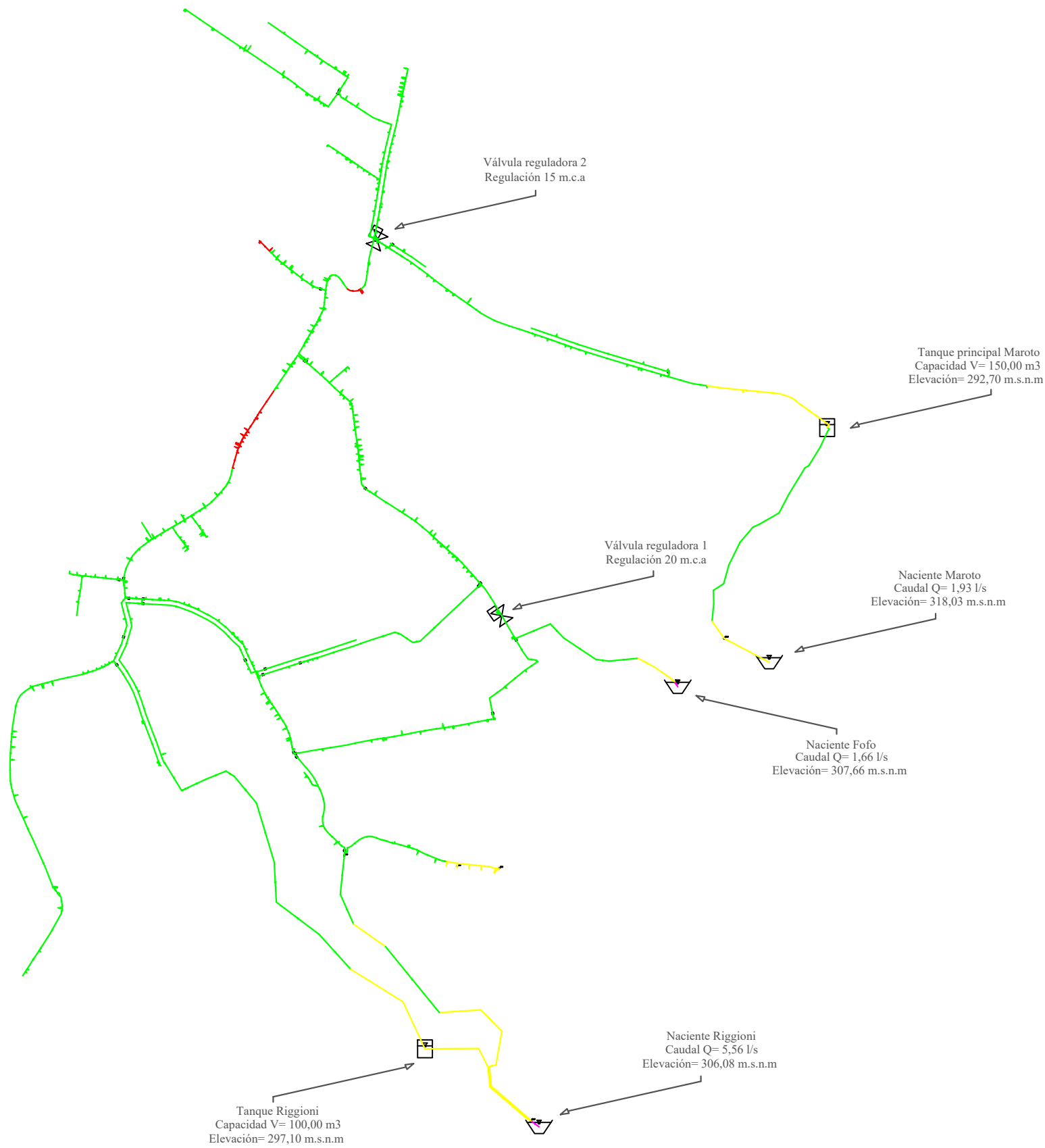


SIMBOLOGÍA DE COLOR	
Color	Velocidad en tubería (m/s)
	$\leq 0,00$
	$\leq 0,30$
	$\leq 0,50$
	$\leq 3,00$
	$\leq 5,00$

OTROS COMPONENTES	
	Válvula de bola
	Naciente
	Tanque de almacenamiento

Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Rango de velocidades (m/s) para la situación actual en la hora de mayor consumo.	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		4
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	4
Fecha: 04/03/2020		

10.9 Rango de presiones obtenida para la propuesta de mejora 1



SIMBOLOGÍA DE COLOR	
Color	Presión en tubería (m.c.a)
	<= 0,00
	<= 15,00
	<= 50,00
	<= 70,00
	<= 100,00
	<= 150,00

OTROS COMPONENTES	
	Válvula reguladora de presión
	Naciente
	Tanque de almacenamiento

Proyecto: Descripción general del acueducto.	
Ubicación: Pénjamo de Florencia.	
Dibujó: Corella. L	Contiene:
Entidad: ASADA Pénjamo	Rango de presiones (m.c.a) para la propuesta de mejora 1 en la hora de menor consumo.
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica
Fecha: 04/03/2020	

Hoja No.
1
2

10.10 Comportamiento hidráulico en las acometidas para el factor máximo (11:00am).

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
35	239,2047	0,0143	296,8449	57,5241	58,8248	57,5241
36	240,3115	0,0143	296,8192	56,3939	57,7152	56,3939
37	238,8849	0,0143	296,8879	57,8862	59,1561	57,8862
38	239,0959	0,0143	296,9324	57,7200	58,9612	57,7200
39	238,7145	0,0143	296,9310	58,0993	59,3417	58,0993
40	240,6361	0,0143	297,0132	56,2635	57,4567	56,2614
41	240,6608	0,0143	297,0187	56,2444	57,4340	56,2418
42	239,6983	0,0143	296,9456	57,1320	58,3819	57,1320
44	237,2748	0,0143	296,8923	59,4974	60,7929	59,4974
45	236,9324	0,0143	296,8788	59,8257	61,1327	59,8257
46	236,5695	0,0143	296,8737	60,1827	61,4942	60,1827
47	236,2370	0,0143	296,8734	60,5142	61,8259	60,5142
48	236,5130	0,0143	296,8718	60,2373	61,5503	60,2373
49	236,5412	0,0143	296,8710	60,2082	61,5220	60,2082
51	241,7557	0,0143	297,0713	55,2042	56,3647	55,1972
52	241,8447	0,0143	297,3013	55,3449	56,3355	55,3187
53	240,5062	0,0143	296,8634	56,2437	57,5820	56,2437
54	245,9885	0,0143	297,4383	51,3462	52,2338	51,3086
55	250,8178	0,0143	296,7919	45,8815	47,2809	45,8815
56	250,9485	0,0143	296,7917	45,7509	47,1505	45,7509
57	250,6973	0,0143	296,7920	46,0019	47,4012	46,0019
58	254,7580	0,0143	297,5511	42,7070	43,5099	42,6599
59	254,8079	0,0143	296,7888	41,8963	43,2984	41,8963
60	254,7819	0,0143	296,7887	41,9222	43,3243	41,9222
62	238,9739	0,0143	296,7934	57,7031	59,1012	57,7031
63	238,6188	0,0143	296,7755	58,0396	59,4530	58,0396
64	238,2966	0,0143	296,7605	58,3461	59,7724	58,3461
65	238,5411	0,0143	296,7416	58,0833	59,5257	58,0833
66	239,0007	0,0143	296,7131	57,5961	59,0629	57,5961
67	239,2575	0,0143	296,6984	57,3252	58,8046	57,3252
69	241,6725	0,0143	296,6035	54,8203	56,3809	54,8203

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
70	241,6322	0,0143	296,6042	54,8613	56,4212	54,8613
71	242,0554	0,0143	296,5967	54,4314	55,9980	54,4314
72	241,9643	0,0143	296,5984	54,5240	56,0891	54,5240
73	246,2760	0,0143	296,5700	50,1927	51,7833	50,1927
74	246,8650	0,0143	296,5675	49,6023	51,1952	49,6023
75	247,8660	0,0143	296,5636	48,5995	50,1958	48,5995
76	249,1670	0,0143	296,5593	47,2969	48,8970	47,2969
77	253,2630	0,0143	296,5492	43,1991	44,8082	43,1991
78	256,5074	0,0143	296,5438	39,9557	41,5698	39,9557
79	264,2714	0,0143	296,5300	32,1936	33,8201	32,1936
80	264,3457	0,0143	296,5300	32,1195	33,7459	32,1195
81	264,8112	0,0143	296,5316	31,6566	33,2815	31,6566
83	265,7889	0,0143	296,5285	30,6777	32,3055	30,6777
84	266,9679	0,0143	296,5291	29,5016	31,1289	29,5016
85	267,3243	0,0143	296,5289	29,1457	30,7732	29,1457
86	267,3841	0,0143	296,5288	29,0860	30,7135	29,0860
87	214,7202	0,0143	246,6188	31,8344	32,3232	31,8344
88	215,4152	0,0143	246,6189	31,1409	31,6296	31,1409
89	215,4752	0,0143	246,6190	31,0810	31,5698	31,0810
90	215,8013	0,0143	246,6194	30,7560	31,2443	30,7560
91	215,8560	0,0143	246,6195	30,7015	31,1898	30,7015
92	216,0978	0,0143	246,6202	30,4610	30,9485	30,4610
93	216,1262	0,0143	246,6204	30,4327	30,9202	30,4327
94	216,1567	0,0143	246,6205	30,4025	30,8898	30,4025
95	216,3812	0,0143	246,6226	30,1805	30,6659	30,1805
96	216,2874	0,0143	246,6245	30,2760	30,7597	30,2760
97	216,2688	0,0143	246,6249	30,2950	30,7783	30,2950
98	216,2504	0,0143	246,6255	30,3139	30,7967	30,3139
99	216,9074	0,0143	246,6282	29,6609	30,1412	29,6609
100	217,0881	0,0143	246,6343	29,4867	29,9614	29,4867
101	217,0989	0,0143	246,6348	29,4765	29,9507	29,4765
102	217,1083	0,0143	246,6353	29,4676	29,9413	29,4676

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
103	217,2509	0,0143	246,6445	29,3344	29,7998	29,3344
105	220,4263	0,0143	246,4550	25,9763	26,6147	25,9763
107	220,9205	0,0143	246,4242	25,4523	26,1188	25,4523
108	220,8826	0,0143	246,4243	25,4902	26,1567	25,4902
109	220,9398	0,0143	246,4241	25,4330	26,0996	25,4330
110	220,9008	0,0143	246,4242	25,4720	26,1385	25,4720
111	222,5320	0,0143	246,4243	23,8442	24,5106	23,8442
112	222,6898	0,0143	246,4243	23,6867	24,3531	23,6867
113	221,9619	0,0143	246,4216	24,4104	25,0793	24,4104
114	219,6640	0,0143	246,4238	26,7059	27,3728	26,7059
116	214,4134	0,0143	246,4235	31,9456	32,6128	31,9456
118	214,8596	0,0143	246,3919	31,4688	32,1648	31,4688
119	214,2245	0,0143	246,3915	32,1022	32,7986	32,1022
120	210,0555	0,0143	246,3896	36,2609	36,9590	36,2609
121	209,9609	0,0143	246,3896	36,3553	37,0534	36,3553
122	206,1977	0,0143	246,3890	40,1104	40,8090	40,1104
123	206,0290	0,0143	246,3890	40,2787	40,9774	40,2787
124	218,1629	0,0143	246,3984	28,1787	28,8687	28,1787
125	218,0698	0,0143	246,3960	28,2692	28,9614	28,2692
126	219,3542	0,0143	246,4021	26,9934	27,6801	26,9934
127	220,0035	0,0143	246,4054	26,3487	27,0324	26,3487
128	220,0565	0,0143	246,4059	26,2963	26,9795	26,2963
129	220,4421	0,0143	246,4092	25,9148	26,5950	25,9148
130	220,4752	0,0143	246,4096	25,8822	26,5620	25,8822
131	220,4131	0,0143	246,4086	25,9432	26,6239	25,9432
132	220,7770	0,0143	246,4135	25,5849	26,2611	25,5849
133	220,9320	0,0143	246,4158	25,4325	26,1067	25,4325
134	220,9522	0,0143	246,4161	25,4126	26,0865	25,4126
136	221,5732	0,0143	246,6081	24,9844	25,4831	24,9844
137	223,5702	0,0143	246,7290	23,1121	23,5004	23,1121
140	226,7137	0,0143	246,7763	20,0222	20,3672	20,0222
141	226,8701	0,0143	246,7789	19,8687	20,2114	19,8687

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
142	227,4600	0,0143	246,6942	19,1954	19,6154	19,1954
143	228,0639	0,0143	246,8006	18,6990	19,0218	18,6990
144	228,5929	0,0143	246,7101	18,0807	18,4862	18,0807
145	229,0028	0,0143	246,7164	17,6779	18,0776	17,6779
146	230,4227	0,0143	246,7646	16,3090	16,6647	16,3090
147	230,5728	0,0143	246,7931	16,1876	16,5173	16,1876
148	230,5827	0,0143	246,7951	16,1797	16,5076	16,1797
149	230,5919	0,0143	246,7970	16,1724	16,4985	16,1724
150	230,9703	0,0143	246,8915	15,8891	16,1290	15,8891
151	230,9415	0,0143	246,8881	15,9145	16,1574	15,9145
152	230,9016	0,0143	246,8637	15,9299	16,1951	15,9299
153	231,3718	0,0143	246,9425	15,5393	15,7326	15,5393
154	231,4779	0,0143	246,9568	15,4477	15,6279	15,4477
155	231,4864	0,0143	246,9581	15,4406	15,6195	15,4406
156	231,1855	0,0143	246,9309	15,7137	15,9175	15,7137
157	231,9597	0,0143	247,0258	15,0358	15,1529	15,0358
158	231,9144	0,0143	247,0975	15,1525	15,2042	15,1525
159	231,4632	0,0143	247,0858	15,5911	15,6535	15,5911
160	231,4022	0,0143	247,0942	15,6604	15,7151	15,6604
161	229,1839	0,0143	292,8664	63,5542	64,5572	63,5542
163	220,0000	0,0143	292,7690	72,6225	73,7128	72,6225
164	220,0000	0,0143	292,7700	72,6234	73,7129	72,6234
165	220,0000	0,0143	292,7711	72,6245	73,7130	72,6245
166	220,0000	0,0143	292,7721	72,6255	73,7131	72,6255
167	229,3554	0,0143	292,6588	63,1758	64,3652	63,1758
169	229,9827	0,0143	292,6481	62,5392	63,7381	62,5392
170	229,8973	0,0143	292,6048	62,5812	63,8189	62,5812
172	227,9501	0,0143	292,5824	64,5021	65,7599	64,5021
173	227,6183	0,0143	292,5761	64,8269	66,0905	64,8269
174	226,9654	0,0143	292,5655	65,4680	66,7410	65,4680
175	226,9027	0,0143	292,5648	65,5298	66,8035	65,5298
176	226,3793	0,0143	292,5604	66,0478	67,3254	66,0478

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
177	226,2599	0,0143	292,5594	66,1659	67,4444	66,1659
178	225,6396	0,0143	292,5558	66,7814	68,0631	66,7814
179	225,4856	0,0143	292,5541	66,9334	68,2166	66,9334
180	225,5291	0,0143	292,5543	66,8902	68,1732	66,8902
181	224,7612	0,0143	292,5512	67,6535	68,9393	67,6535
182	224,7584	0,0143	292,5535	67,6586	68,9423	67,6586
183	223,8473	0,0143	292,5502	68,5645	69,8512	68,5645
184	223,3906	0,0143	292,5500	69,0201	70,3070	69,0201
185	221,5151	0,0143	292,5517	70,8935	72,1789	70,8935
186	221,5510	0,0143	292,5516	70,8576	72,1431	70,8576
188	229,9524	0,0143	292,6175	62,5389	63,7652	62,5389
189	229,9838	0,0143	292,6170	62,5071	63,7338	62,5071
190	231,1951	0,0143	292,6131	61,2943	62,5246	61,2943
192	232,9898	0,0143	292,6087	59,4988	60,7331	59,4988
193	231,7991	0,0143	292,6123	60,6907	61,9217	60,6907
194	232,8300	0,0143	292,6111	59,6606	60,8928	59,6606
195	232,9249	0,0143	292,6110	59,5659	60,7981	59,5659
196	233,8357	0,0143	292,6107	58,6566	59,8891	58,6566
197	234,8269	0,0143	292,6108	57,6676	58,8999	57,6676
198	230,1249	0,0143	246,7421	16,5838	16,9600	16,5838
199	229,3702	0,0143	246,7347	17,3295	17,7125	17,3295
200	228,8493	0,0143	246,7305	17,8452	18,2320	17,8452
201	228,2733	0,0143	246,7266	18,4161	18,8065	18,4161
202	227,5552	0,0143	246,7233	19,1295	19,5229	19,1295
203	227,4967	0,0143	246,7230	19,1876	19,5813	19,1876
204	227,0809	0,0143	246,7222	19,6017	19,9961	19,6017
205	227,0373	0,0143	246,7222	19,6453	20,0396	19,6453
206	227,1212	0,0143	246,7223	19,5616	19,9559	19,5616
207	226,0912	0,0143	246,7218	20,5891	20,9838	20,5891
214	282,9960	0,0143	293,6299	10,6125	10,9485	10,6125
216	278,2731	0,0143	293,5632	15,2593	15,6501	15,2593
217	272,7149	0,0143	293,4909	20,7341	21,1843	20,7341

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
218	271,9895	0,0143	293,4765	21,4437	21,9057	21,4437
219	269,2254	0,0143	293,4410	24,1668	24,6579	24,1668
220	268,8363	0,0143	293,4360	24,5502	25,0454	24,5502
221	269,1107	0,0143	293,4887	24,3289	24,7808	24,3289
222	267,3103	0,0143	293,4151	26,0522	26,5646	26,0522
223	261,7709	0,0143	293,3427	31,5082	32,0838	31,5082
224	259,6423	0,0143	293,3165	33,6064	34,2055	33,6064
225	258,8887	0,0143	293,3073	34,3493	34,9566	34,3493
226	256,8673	0,0143	293,4884	36,5473	36,9995	36,5473
227	255,8731	0,0143	293,2764	37,3279	37,9630	37,3279
228	253,7539	0,0143	293,2555	39,4220	40,0758	39,4220
229	244,2039	0,0143	293,1325	48,8301	49,5942	48,8301
230	242,0915	0,0143	293,1106	50,9164	51,7002	50,9164
231	242,1974	0,0143	293,1124	50,8124	51,5947	50,8124
232	241,1461	0,0143	293,0985	51,8478	52,6425	51,8478
233	241,2507	0,0143	293,1002	51,7451	52,5382	51,7451
234	239,3628	0,0143	293,0759	53,6049	54,4199	53,6049
235	238,5000	0,0143	293,0633	54,4534	55,2797	54,4534
236	236,9286	0,0143	293,0347	55,9930	56,8450	55,9930
237	235,6719	0,0143	292,9957	57,2083	58,0953	57,2083
238	235,7744	0,0143	292,9958	57,1061	57,9930	57,1061
239	234,4628	0,0143	292,9926	58,4119	59,3016	58,4119
240	239,1819	0,0143	296,7666	57,4688	58,8232	57,4688
241	239,2178	0,0143	296,7652	57,4315	58,7873	57,4315
242	239,2298	0,0143	296,7651	57,4194	58,7753	57,4194
243	239,2642	0,0143	296,7645	57,3844	58,7409	57,3844
244	239,6903	0,0143	296,7625	56,9572	58,3154	56,9572
245	239,5566	0,0143	296,7625	57,0907	58,4489	57,0907
246	237,7911	0,0143	296,7562	58,8464	60,2072	58,8464
247	236,9129	0,0143	296,7421	59,7087	61,0780	59,7087
248	236,8078	0,0143	296,7409	59,8123	61,1824	59,8123
249	236,2787	0,0143	296,7404	60,3399	61,7102	60,3399

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
250	235,1498	0,0143	296,7231	61,4493	62,8299	61,4493
251	236,2777	0,0143	296,7240	60,3245	61,7055	60,3245
252	236,6503	0,0143	296,7232	59,9519	61,3336	59,9519
254	237,2364	0,0143	296,7205	59,3643	60,7484	59,3643
255	237,1199	0,0143	296,7206	59,4806	60,8646	59,4806
256	233,9972	0,0143	296,7127	62,5892	63,9755	62,5892
257	233,0196	0,0143	296,7040	63,5561	64,9473	63,5561
258	232,7139	0,0143	296,7007	63,8579	65,2517	63,8579
259	230,2591	0,0143	296,6800	66,2871	67,6917	66,2871
260	230,0588	0,0143	296,6770	66,4840	67,8891	66,4840
261	228,9448	0,0143	296,6626	67,5814	68,9937	67,5814
262	227,5882	0,0143	296,6360	68,9088	70,3336	68,9088
264	225,4910	0,0143	296,5761	70,9419	72,3940	70,9419
265	225,3807	0,0143	296,5804	71,0563	72,5075	71,0563
266	225,1815	0,0143	296,5732	71,2479	72,7021	71,2479
267	225,1504	0,0143	296,5720	71,2778	72,7325	71,2778
268	225,1190	0,0143	296,5711	71,3082	72,7631	71,3082
269	225,2129	0,0143	296,5663	71,2097	72,6652	71,2097
270	224,5754	0,0143	296,5548	71,8344	73,2942	71,8344
271	225,0597	0,0143	296,5593	71,3556	72,8129	71,3556
272	224,9884	0,0143	296,5537	71,4212	72,8801	71,4212
273	224,9369	0,0143	296,5487	71,4675	72,9274	71,4675
274	224,2864	0,0143	296,5455	72,1135	73,5750	72,1135
275	225,3690	0,0143	296,5308	71,0184	72,4795	71,0184
276	225,4736	0,0143	296,5299	70,9131	72,3742	70,9131
277	226,3181	0,0143	296,5234	70,0639	71,5248	70,0639
278	230,3393	0,0143	296,4974	66,0248	67,4826	66,0248
279	231,9485	0,0143	296,4816	64,4031	65,8596	64,4031
280	232,0495	0,0143	296,4810	64,3017	65,7581	64,3017
282	233,0767	0,0143	296,4762	63,2718	64,7261	63,2718
283	236,4014	0,0143	296,4691	59,9467	61,3899	59,9467
284	236,8978	0,0143	296,4657	59,4479	60,8902	59,4479

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
285	238,0132	0,0143	296,4619	58,3309	59,7660	58,3309
286	238,3853	0,0143	296,4618	57,9595	59,3942	57,9595
287	233,6920	0,0143	296,3965	62,5782	64,0636	62,5782
288	233,6535	0,0143	296,3930	62,6132	64,1017	62,6132
289	240,5441	0,0143	296,4584	55,8017	57,2218	55,8017
290	240,4478	0,0143	296,4603	55,8997	57,3170	55,8997
291	241,0611	0,0143	296,4596	55,2869	56,7019	55,2869
292	241,3229	0,0143	296,4580	55,0240	56,4366	55,0240
293	242,1271	0,0143	296,4617	54,2251	55,6328	54,2251
294	242,2291	0,0143	296,4598	54,1214	55,5305	54,1214
295	242,5681	0,0143	296,4596	53,7829	55,1898	53,7829
296	243,5327	0,0143	296,4580	52,8187	54,2235	52,8187
297	244,1025	0,0143	296,4581	52,2502	53,6516	52,2502
298	244,5715	0,0143	296,4584	51,7823	53,1809	51,7823
299	244,2567	0,0143	296,4605	52,0986	53,4941	52,0986
300	245,3790	0,0143	296,4618	50,9799	52,3680	50,9799
301	245,6570	0,0143	296,4594	50,7001	52,0919	50,7001
302	246,3978	0,0143	296,4603	49,9616	51,3501	49,9616
303	246,8024	0,0143	296,4615	49,5591	50,9449	49,5591
304	247,0240	0,0143	296,4680	49,3444	50,7206	49,3444
305	246,4188	0,0143	296,4645	49,9449	51,3266	49,9449
306	245,6799	0,0143	296,4619	50,6797	52,0665	50,6797
307	245,5932	0,0143	296,4619	50,7662	52,1534	50,7662
308	247,3810	0,0143	296,4638	48,9839	50,3655	48,9839
309	247,4967	0,0143	296,4643	48,8690	50,2498	48,8690
310	247,7304	0,0143	296,4658	48,6373	50,0157	48,6373
311	248,1541	0,0143	296,4693	48,2179	49,5916	48,2179
312	247,8373	0,0143	296,4746	48,5393	49,9066	48,5393
313	249,4356	0,0143	296,4811	46,9508	48,3094	46,9508
314	249,5037	0,0143	296,4818	46,8835	48,2413	46,8835
315	252,3831	0,0143	296,5048	44,0329	45,3633	44,0329
316	258,5341	0,0143	296,5432	37,9325	39,2184	37,9325

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
317	261,2877	0,0143	296,5623	35,2036	36,4677	35,2036
318	265,3644	0,0143	296,5884	31,1611	32,3960	31,1611
319	266,3562	0,0143	296,5953	30,1781	31,4055	30,1781
320	266,5992	0,0143	296,6006	29,9410	31,1629	29,9410
321	267,7798	0,0143	296,6102	28,7723	29,9839	28,7723
322	268,6974	0,0143	296,6182	27,8646	29,0676	27,8646
323	268,7775	0,0143	296,6188	27,7852	28,9876	27,7852
324	268,8581	0,0143	296,6197	27,7057	28,9072	27,7057
325	270,1660	0,0143	296,6287	26,4094	27,6013	26,4094
326	270,9581	0,0143	296,6430	25,6331	26,8105	25,6331
327	272,0619	0,0143	296,6558	24,5444	25,7085	24,5444
328	272,1769	0,0143	296,6573	24,4311	25,5937	24,4311
329	272,8153	0,0143	296,6691	23,8058	24,9564	23,8058
330	272,8641	0,0143	296,6714	23,7593	24,9076	23,7593
331	273,4504	0,0143	296,7018	23,2046	24,3220	23,2046
332	274,1105	0,0143	296,7402	22,5841	23,6629	22,5841
333	274,1491	0,0143	296,7427	22,5481	23,6243	22,5481
334	274,8698	0,0143	296,7901	21,8761	22,9048	21,8761
335	273,7604	0,0143	296,7193	22,9127	24,0124	22,9127
337	276,6379	0,0143	296,9403	20,2615	21,1401	20,2615
338	276,6531	0,0143	296,9418	20,2478	21,1249	20,2478
339	276,6701	0,0143	296,9434	20,2324	21,1080	20,2324
340	278,2766	0,0143	305,6850	27,3532	29,3074	27,3532
341	278,2594	0,0143	305,6834	27,3687	29,3246	27,3687
342	278,2970	0,0143	305,6873	27,3351	29,2871	27,3351
343	281,9804	0,0143	305,6579	23,6298	25,6077	23,6298
344	280,2411	0,0143	305,6381	25,3458	27,3418	25,3458
345	262,8522	0,0143	296,7867	33,8662	34,8983	33,8662
346	262,4689	0,0143	296,7866	34,2486	35,2808	34,2486
347	262,0398	0,0143	296,7867	34,6769	35,7090	34,6769
348	259,4379	0,0143	296,7867	37,2736	38,3057	37,2736
349	299,9250	0,0143	306,0120	6,0747	6,1368	-0,6742

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
350	299,4577	0,0143	306,0098	6,5389	6,6030	-0,2099
351	299,6069	0,0143	306,0097	6,3899	6,4541	-0,3588
352	297,2450	0,0143	306,0102	8,7475	8,8113	1,9987
353	295,1573	0,0143	306,0107	10,8316	10,8948	4,0827
354	293,3453	0,0143	306,0116	12,6407	12,7032	5,8918
355	291,6434	0,0143	306,0126	14,3402	14,4018	7,5913
356	289,7406	0,0143	306,0141	16,2407	16,3009	9,4916
357	286,6989	0,0143	306,0173	19,2795	19,3368	12,5301
358	285,3420	0,0143	306,0212	20,6375	20,6912	13,8878
359	285,1322	0,0143	306,0217	20,8474	20,9007	14,0977
360	283,0424	0,0143	306,0262	22,9375	22,9866	16,1874
361	274,6779	0,0143	306,0438	31,3028	31,3358	24,5512
362	269,7450	0,0143	306,0462	36,2281	36,2589	29,4763
363	266,4726	0,0143	306,0438	39,4915	39,5245	32,7399
364	263,3845	0,0143	306,0451	42,5746	42,6065	35,8229
365	264,6170	0,0143	297,2096	32,5270	33,5895	32,5085
366	269,8298	0,0143	305,5867	35,6849	37,7278	35,6849
367	272,7665	0,0143	305,5867	32,7541	34,7970	32,7541
368	274,4908	0,0143	305,5868	31,0334	33,0762	31,0334
369	274,4115	0,0143	305,5868	31,1125	33,1554	31,1125
371	275,7645	0,0143	305,5864	29,7618	31,8050	29,7618
372	277,8222	0,0143	305,5897	27,7116	29,7518	27,7116
373	279,1506	0,0143	305,5916	26,3877	28,4262	26,3877
374	279,5878	0,0143	305,5937	25,9535	27,9901	25,9535
375	279,4793	0,0143	305,5955	26,0636	28,0985	26,0636
376	279,4721	0,0143	305,5957	26,0710	28,1057	26,0710
377	278,9837	0,0143	305,6011	26,5638	28,5936	26,5638
378	278,0398	0,0143	305,6084	27,5131	29,5362	27,5131
379	277,9899	0,0143	305,6090	27,5634	29,5860	27,5634
380	277,8707	0,0143	305,6120	27,6854	29,7052	27,6854
381	277,9337	0,0143	305,6121	27,6227	29,6424	27,6227
382	263,8101	0,0143	297,2079	33,3305	34,3945	33,3122

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
383	263,7209	0,0143	297,2079	33,4195	34,4835	33,4012
384	263,0898	0,0143	297,2080	34,0494	35,1133	34,0311
385	262,1740	0,0143	297,2081	34,9635	36,0273	34,9451
386	261,6709	0,0143	297,2081	35,4656	36,5294	35,4472
387	260,6376	0,0143	297,2082	36,4970	37,5606	36,4786
388	259,8493	0,0143	297,2084	37,2838	38,3474	37,2654
389	259,6858	0,0143	297,2084	37,4470	38,5105	37,4286
390	259,4240	0,0143	297,2110	37,7109	38,7722	37,6922
391	258,5185	0,0143	297,2088	38,6123	39,6755	38,5939
392	255,0268	0,0143	297,2120	42,1002	43,1607	42,0815
393	252,8821	0,0143	297,2467	44,2752	45,3068	44,2536
394	253,0482	0,0143	297,2127	44,0755	45,1354	44,0568
395	252,3352	0,0143	297,2128	44,7872	45,8470	44,7684
396	251,3076	0,0143	297,2139	45,8138	46,8727	45,7949
397	250,4219	0,0143	297,2148	46,6986	47,7567	46,6797
398	250,5676	0,0143	297,2148	46,5532	47,6113	46,5342
399	249,5529	0,0143	297,2156	47,5667	48,6241	47,5477
400	249,6376	0,0143	297,2155	47,4820	48,5395	47,4630
401	248,8787	0,0143	297,2162	48,2401	49,2970	48,2210
402	248,7649	0,0143	297,2163	48,3538	49,4106	48,3347
403	248,6557	0,0143	297,2164	48,4629	49,5196	48,4438
404	247,1150	0,0143	297,2197	50,0037	51,0576	49,9844
406	246,0254	0,0143	297,2261	51,0976	52,1460	51,0777
407	245,9340	0,0143	297,2272	51,1899	52,2373	51,1699
408	244,3039	0,0143	297,2310	52,8205	53,8647	52,8002
409	243,5790	0,0143	297,2329	53,5458	54,5884	53,5254
410	243,4680	0,0143	297,2332	53,6569	54,6992	53,6364
411	242,2613	0,0143	297,2374	54,8653	55,9041	54,8445
412	241,6520	0,0143	297,1908	55,4269	56,4989	55,4100
413	241,6816	0,0143	297,1974	55,4039	56,4712	55,3864
414	241,3068	0,0143	297,0973	55,6781	56,8169	55,6689
415	220,8642	0,0143	246,4243	25,5086	26,1751	25,5086

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
808	232,2041	0,0143	292,9783	60,6518	61,5544	60,6518
2516	232,6884	0,0143	292,6110	292,0216	293,2538	292,0216
2521	234,2282	0,0143	292,6103	292,0209	293,2537	292,0209
2526	234,3700	0,0143	296,4764	61,9813	63,4327	61,9813
2529	234,3700	0,0143	296,4757	61,9806	63,4314	61,9806
2534	230,9827	0,0143	292,6135	292,0240	293,2540	292,0240
2539	232,1000	0,0143	292,6096	60,3877	61,6212	60,3877
2541	230,1100	0,0143	292,6156	62,3798	63,6078	62,3798
2543	239,0900	0,0143	296,8265	57,6202	58,9332	57,6202
2545	239,0800	0,0143	296,8078	57,6115	58,9373	57,6115
2547	239,0700	0,0143	296,7916	57,6053	58,9426	57,6053
33	239,4241	0,0125	296,8266	57,2869	58,6001	57,2869
34	239,2026	0,0125	296,8449	57,5262	58,8267	57,5262
43	238,0700	0,0125	296,9139	58,7253	60,0024	58,7253
50	240,4581	0,0125	297,0464	56,4743	57,6461	56,4694
61	254,9162	0,0125	296,7899	41,7894	43,1905	41,7894
68	241,1892	0,0125	296,6131	55,3123	56,8646	55,3123
82	264,8721	0,0125	296,5321	31,5963	33,2208	31,5963
104	219,7625	0,0125	246,4873	26,6710	27,2799	26,6710
106	221,7268	0,0125	246,4333	24,6567	25,3149	24,6567
115	219,0233	0,0125	246,4219	27,3434	28,0120	27,3434
117	214,7207	0,0125	246,3903	31,6058	32,3033	31,6058
135	222,0240	0,0125	246,7090	24,6352	25,0418	24,6352
138	225,0790	0,0125	246,7512	21,6285	21,9965	21,6285
139	225,0561	0,0125	246,6624	21,5628	22,0118	21,5628
162	229,6002	0,0125	292,8722	63,1445	64,1423	63,1445
168	229,5313	0,0125	292,6530	62,9945	64,1891	62,9945
171	229,7200	0,0125	292,5969	62,7503	63,9951	62,7503
208	225,0545	0,0125	246,7221	21,6239	22,0185	21,6239
253	237,2286	0,0125	296,7230	59,3746	60,7564	59,3746
263	226,0464	0,0125	296,5938	70,4053	71,8494	70,4053
281	233,9248	0,0125	296,4784	62,4276	63,8799	62,4276

11:00 am (Factor de demanda máximo = 1,792)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 11:00 am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
336	276,6244	0,0125	296,9395	20,2742	21,1536	20,2742
370	274,6959	0,0125	305,5873	30,8292	32,8716	30,8292
405	246,2558	0,0125	297,2246	50,8661	51,9158	50,8464
2506	219,9200	0,0125	246,4267	245,9303	246,5946	245,9303
2508	230,5600	0,0125	292,6230	61,9380	63,1594	61,9380

10.11 Comportamiento hidráulico en las acometidas para el factor mínimo (3:00 am).

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
35	239,2047	0,0038	298,0931	58,7698	58,8248	57,5241
36	240,3115	0,0038	298,0888	57,6610	57,7152	56,3939
37	238,8849	0,0038	298,1033	59,0992	59,1561	57,8862
38	239,0959	0,0038	298,1143	58,8996	58,9612	57,7200
39	238,7145	0,0038	298,1143	59,2801	59,3417	58,0993
40	240,6361	0,0038	298,1337	57,3818	57,4567	56,2614
41	240,6608	0,0038	298,1349	57,3583	57,4340	56,2418
42	239,6983	0,0038	298,1273	58,3113	58,3819	57,1320
44	237,2748	0,0038	298,1228	60,7254	60,7929	59,4974
45	236,9324	0,0038	298,1217	61,0660	61,1327	59,8257
46	236,5695	0,0038	298,1212	61,4277	61,4942	60,1827
47	236,2370	0,0038	298,1212	61,7595	61,8259	60,5142
48	236,5130	0,0038	298,1211	61,4840	61,5503	60,2373
49	236,5412	0,0038	298,1210	61,4557	61,5220	60,2082
51	241,7557	0,0038	298,1488	56,2795	56,3647	55,1972
52	241,8447	0,0038	298,1842	56,2260	56,3355	55,3187
53	240,5062	0,0038	298,1311	57,5088	57,5820	56,2437
54	245,9885	0,0038	298,2043	52,1106	52,2338	51,3086
55	250,8178	0,0038	298,1250	47,2119	47,2809	45,8815

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
56	250,9485	0,0038	298,1250	47,0815	47,1505	45,7509
57	250,6973	0,0038	298,1250	47,3322	47,4012	46,0019
58	254,7580	0,0038	298,2209	43,3754	43,5099	42,6599
59	254,8079	0,0038	298,1248	43,2296	43,2984	41,8963
60	254,7819	0,0038	298,1248	43,2556	43,3243	41,9222
62	238,9739	0,0038	298,1252	59,0321	59,1012	57,7031
63	238,6188	0,0038	298,1236	59,3850	59,4530	58,0396
64	238,2966	0,0038	298,1224	59,7053	59,7724	58,3461
65	238,5411	0,0038	298,1208	59,4596	59,5257	58,0833
66	239,0007	0,0038	298,1183	58,9986	59,0629	57,5961
67	239,2575	0,0038	298,1171	58,7410	58,8046	57,3252
69	241,6725	0,0038	298,1090	56,3229	56,3809	54,8203
70	241,6322	0,0038	298,1091	56,3631	56,4212	54,8613
71	242,0554	0,0038	298,1085	55,9402	55,9980	54,4314
72	241,9643	0,0038	298,1086	56,0312	56,0891	54,5240
73	246,2760	0,0038	298,1062	51,7258	51,7833	50,1927
74	246,8650	0,0038	298,1060	51,1378	51,1952	49,6023
75	247,8660	0,0038	298,1057	50,1385	50,1958	48,5995
76	249,1670	0,0038	298,1053	48,8397	48,8970	47,2969
77	253,2630	0,0038	298,1044	44,7511	44,8082	43,1991
78	256,5074	0,0038	298,1040	41,5128	41,5698	39,9557
79	264,2714	0,0038	298,1028	33,7633	33,8201	32,1936
80	264,3457	0,0038	298,1028	33,6891	33,7459	32,1195
81	264,8112	0,0038	298,1030	33,2247	33,2815	31,6566
83	265,7889	0,0038	298,1027	32,2487	32,3055	30,6777
84	266,9679	0,0038	298,1027	31,0721	31,1289	29,5016
85	267,3243	0,0038	298,1027	30,7164	30,7732	29,1457
86	267,3841	0,0038	298,1027	30,6567	30,7135	29,0860
87	214,7202	0,0038	247,1087	32,3232	32,3232	31,8344
88	215,4152	0,0038	247,1087	31,6296	31,6296	31,1409
89	215,4752	0,0038	247,1087	31,5698	31,5698	31,0810
90	215,8013	0,0038	247,1087	31,2443	31,2443	30,7560
91	215,8560	0,0038	247,1087	31,1898	31,1898	30,7015

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
92	216,0978	0,0038	247,1088	30,9485	30,9485	30,4610
93	216,1262	0,0038	247,1088	30,9202	30,9202	30,4327
94	216,1567	0,0038	247,1088	30,8898	30,8898	30,4025
95	216,3812	0,0038	247,1090	30,6659	30,6659	30,1805
96	216,2874	0,0038	247,1091	30,7597	30,7597	30,2760
97	216,2688	0,0038	247,1092	30,7783	30,7783	30,2950
98	216,2504	0,0038	247,1092	30,7967	30,7967	30,3139
99	216,9074	0,0038	247,1095	30,1412	30,1412	29,6609
100	217,0881	0,0038	247,1100	29,9614	29,9614	29,4867
101	217,0989	0,0038	247,1100	29,9507	29,9507	29,4765
102	217,1083	0,0038	247,1101	29,9413	29,9413	29,4676
103	217,2509	0,0038	247,1109	29,7998	29,7998	29,3344
105	220,4263	0,0038	247,0947	26,6147	26,6147	25,9763
107	220,9205	0,0038	247,0921	26,1188	26,1188	25,4523
108	220,8826	0,0038	247,0921	26,1567	26,1567	25,4902
109	220,9398	0,0038	247,0921	26,0996	26,0996	25,4330
110	220,9008	0,0038	247,0921	26,1385	26,1385	25,4720
111	222,5320	0,0038	247,0921	24,5106	24,5106	23,8442
112	222,6898	0,0038	247,0921	24,3531	24,3531	23,6867
113	221,9619	0,0038	247,0918	25,0793	25,0793	24,4104
114	219,6640	0,0038	247,0920	27,3728	27,3728	26,7059
116	214,4134	0,0038	247,0920	32,6128	32,6128	31,9456
118	214,8596	0,0038	247,0893	32,1648	32,1648	31,4688
119	214,2245	0,0038	247,0893	32,7986	32,7986	32,1022
120	210,0555	0,0038	247,0891	36,9590	36,9590	36,2609
121	209,9609	0,0038	247,0891	37,0534	37,0534	36,3553
122	206,1977	0,0038	247,0891	40,8090	40,8090	40,1104
123	206,0290	0,0038	247,0891	40,9774	40,9774	40,2787
124	218,1629	0,0038	247,0899	28,8687	28,8687	28,1787
125	218,0698	0,0038	247,0897	28,9614	28,9614	28,2692
126	219,3542	0,0038	247,0902	27,6801	27,6801	26,9934
127	220,0035	0,0038	247,0905	27,0324	27,0324	26,3487
128	220,0565	0,0038	247,0905	26,9795	26,9795	26,2963

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
129	220,4421	0,0038	247,0908	26,5950	26,5950	25,9148
130	220,4752	0,0038	247,0908	26,5620	26,5620	25,8822
131	220,4131	0,0038	247,0907	26,6239	26,6239	25,9432
132	220,7770	0,0038	247,0912	26,2611	26,2611	25,5849
133	220,9320	0,0038	247,0914	26,1067	26,1067	25,4325
134	220,9522	0,0038	247,0914	26,0865	26,0865	25,4126
136	221,5732	0,0038	247,1077	25,4831	25,4831	24,9844
137	223,5702	0,0038	247,1180	23,5004	23,5004	23,1121
140	226,7137	0,0038	247,1220	20,3672	20,3672	20,0222
141	226,8701	0,0038	247,1223	20,2114	20,2114	19,8687
142	227,4600	0,0038	247,1150	19,6154	19,6154	19,1954
143	228,0639	0,0038	247,1241	19,0218	19,0218	18,6990
144	228,5929	0,0038	247,1164	18,4862	18,4862	18,0807
145	229,0028	0,0038	247,1169	18,0776	18,0776	17,6779
146	230,4227	0,0038	247,1210	16,6647	16,6647	16,3090
147	230,5728	0,0038	247,1234	16,5173	16,5173	16,1876
148	230,5827	0,0038	247,1236	16,5076	16,5076	16,1797
149	230,5919	0,0038	247,1237	16,4985	16,4985	16,1724
150	230,9703	0,0038	247,1318	16,1290	16,1290	15,8891
151	230,9415	0,0038	247,1315	16,1574	16,1574	15,9145
152	230,9016	0,0038	247,1294	16,1951	16,1951	15,9299
153	231,3718	0,0038	247,1361	15,7326	15,7326	15,5393
154	231,4779	0,0038	247,1373	15,6279	15,6279	15,4477
155	231,4864	0,0038	247,1375	15,6195	15,6195	15,4406
156	231,1855	0,0038	247,1351	15,9175	15,9175	15,7137
157	231,9597	0,0038	247,1432	15,1529	15,1529	15,0358
158	231,9144	0,0038	247,1493	15,2042	15,2042	15,1525
159	231,4632	0,0038	247,1483	15,6535	15,6535	15,5911
160	231,4022	0,0038	247,1490	15,7151	15,7151	15,6604
161	229,1839	0,0038	293,8308	64,5166	64,5572	63,5542
163	220,0000	0,0038	293,8225	73,6738	73,7128	72,6225
164	220,0000	0,0038	293,8226	73,6739	73,7129	72,6234
165	220,0000	0,0038	293,8227	73,6740	73,7130	72,6245

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
166	220,0000	0,0038	293,8227	73,6740	73,7131	72,6255
167	229,3554	0,0038	293,8131	64,3279	64,3652	63,1758
169	229,9827	0,0038	293,8122	63,7009	63,7381	62,5392
170	229,8973	0,0038	293,8085	63,7825	63,8189	62,5812
172	227,9501	0,0038	293,8066	65,7239	65,7599	64,5021
173	227,6183	0,0038	293,8061	66,0545	66,0905	64,8269
174	226,9654	0,0038	293,8052	66,7052	66,7410	65,4680
175	226,9027	0,0038	293,8051	66,7677	66,8035	65,5298
176	226,3793	0,0038	293,8048	67,2897	67,3254	66,0478
177	226,2599	0,0038	293,8047	67,4087	67,4444	66,1659
178	225,6396	0,0038	293,8044	68,0275	68,0631	66,7814
179	225,4856	0,0038	293,8042	68,1810	68,2166	66,9334
180	225,5291	0,0038	293,8042	68,1376	68,1732	66,8902
181	224,7612	0,0038	293,8040	68,9037	68,9393	67,6535
182	224,7584	0,0038	293,8042	68,9067	68,9423	67,6586
183	223,8473	0,0038	293,8039	69,8157	69,8512	68,5645
184	223,3906	0,0038	293,8039	70,2714	70,3070	69,0201
185	221,5151	0,0038	293,8040	72,1433	72,1789	70,8935
186	221,5510	0,0038	293,8040	72,1075	72,1431	70,8576
188	229,9524	0,0038	293,8096	63,7286	63,7652	62,5389
189	229,9838	0,0038	293,8096	63,6972	63,7338	62,5071
190	231,1951	0,0038	293,8092	62,4880	62,5246	61,2943
192	232,9898	0,0038	293,8089	60,6966	60,7331	59,4988
193	231,7991	0,0038	293,8092	61,8852	61,9217	60,6907
194	232,8300	0,0038	293,8091	60,8563	60,8928	59,6606
195	232,9249	0,0038	293,8091	60,7615	60,7981	59,5659
196	233,8357	0,0038	293,8090	59,8525	59,8891	58,6566
197	234,8269	0,0038	293,8091	58,8634	58,8999	57,6676
198	230,1249	0,0038	247,1191	16,9600	16,9600	16,5838
199	229,3702	0,0038	247,1185	17,7125	17,7125	17,3295
200	228,8493	0,0038	247,1181	18,2320	18,2320	17,8452
201	228,2733	0,0038	247,1178	18,8065	18,8065	18,4161
202	227,5552	0,0038	247,1175	19,5229	19,5229	19,1295

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
203	227,4967	0,0038	247,1175	19,5813	19,5813	19,1876
204	227,0809	0,0038	247,1174	19,9961	19,9961	19,6017
205	227,0373	0,0038	247,1174	20,0396	20,0396	19,6453
206	227,1212	0,0038	247,1174	19,9559	19,9559	19,5616
207	226,0912	0,0038	247,1174	20,9838	20,9838	20,5891
214	282,9960	0,0038	293,8956	10,8776	10,9485	10,6125
216	278,2731	0,0038	293,8899	15,5854	15,6501	15,2593
217	272,7149	0,0038	293,8838	21,1262	21,1843	20,7341
218	271,9895	0,0038	293,8826	21,8490	21,9057	21,4437
219	269,2254	0,0038	293,8796	24,6045	24,6579	24,1668
220	268,8363	0,0038	293,8791	24,9924	25,0454	24,5502
221	269,1107	0,0038	293,8836	24,7230	24,7808	24,3289
222	267,3103	0,0038	293,8774	26,5135	26,5646	26,0522
223	261,7709	0,0038	293,8712	32,0356	32,0838	31,5082
224	259,6423	0,0038	293,8690	34,1577	34,2055	33,6064
225	258,8887	0,0038	293,8682	34,9090	34,9566	34,3493
226	256,8673	0,0038	293,8836	36,9417	36,9995	36,5473
227	255,8731	0,0038	293,8656	37,9159	37,9630	37,3279
228	253,7539	0,0038	293,8638	40,0291	40,0758	39,4220
229	244,2039	0,0038	293,8533	49,5494	49,5942	48,8301
230	242,0915	0,0038	293,8515	51,6557	51,7002	50,9164
231	242,1974	0,0038	293,8516	51,5502	51,5947	50,8124
232	241,1461	0,0038	293,8505	52,5982	52,6425	51,8478
233	241,2507	0,0038	293,8506	52,4939	52,5382	51,7451
234	239,3628	0,0038	293,8485	54,3760	54,4199	53,6049
235	238,5000	0,0038	293,8475	55,2360	55,2797	54,4534
236	236,9286	0,0038	293,8450	56,8018	56,8450	55,9930
237	235,6719	0,0038	293,8417	58,0527	58,0953	57,2083
238	235,7744	0,0038	293,8417	57,9504	57,9930	57,1061
239	234,4628	0,0038	293,8415	59,2591	59,3016	58,4119
240	239,1819	0,0038	298,0726	58,7720	58,8232	57,4688
241	239,2178	0,0038	298,0724	58,7361	58,7873	57,4315
242	239,2298	0,0038	298,0724	58,7241	58,7753	57,4194

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
243	239,2642	0,0038	298,0724	58,6897	58,7409	57,3844
244	239,6903	0,0038	298,0722	58,2643	58,3154	56,9572
245	239,5566	0,0038	298,0722	58,3977	58,4489	57,0907
246	237,7911	0,0038	298,0691	60,1566	60,2072	58,8464
247	236,9129	0,0038	298,0644	61,0283	61,0780	59,7087
248	236,8078	0,0038	298,0640	61,1328	61,1824	59,8123
249	236,2787	0,0038	298,0637	61,6606	61,7102	60,3399
250	235,1498	0,0038	298,0579	62,7814	62,8299	61,4493
251	236,2777	0,0038	298,0590	61,6568	61,7055	60,3245
252	236,6503	0,0038	298,0589	61,2849	61,3336	59,9519
254	237,2364	0,0038	298,0587	60,6997	60,7484	59,3643
255	237,1199	0,0038	298,0587	60,8160	60,8646	59,4806
256	233,9972	0,0038	298,0540	63,9278	63,9755	62,5892
257	233,0196	0,0038	298,0508	64,9002	64,9473	63,5561
258	232,7139	0,0038	298,0502	65,2047	65,2517	63,8579
259	230,2591	0,0038	298,0418	67,6462	67,6917	66,2871
260	230,0588	0,0038	298,0398	67,8441	67,8891	66,4840
261	228,9448	0,0038	298,0337	68,9498	68,9937	67,5814
262	227,5882	0,0038	298,0219	70,2919	70,3336	68,9088
264	225,4910	0,0038	297,9945	72,3574	72,3940	70,9419
265	225,3807	0,0038	297,9973	72,4703	72,5075	71,0563
266	225,1815	0,0038	297,9938	72,6656	72,7021	71,2479
267	225,1504	0,0038	297,9932	72,6961	72,7325	71,2778
268	225,1190	0,0038	297,9927	72,7269	72,7631	71,3082
269	225,2129	0,0038	297,9891	72,6296	72,6652	71,2097
270	224,5754	0,0038	297,9830	73,2597	73,2942	71,8344
271	225,0597	0,0038	297,9848	72,7782	72,8129	71,3556
272	224,9884	0,0038	297,9814	72,8459	72,8801	71,4212
273	224,9369	0,0038	297,9779	72,8939	72,9274	71,4675
274	224,2864	0,0038	297,9766	73,5418	73,5750	72,1135
275	225,3690	0,0038	297,9638	72,4486	72,4795	71,0184
276	225,4736	0,0038	297,9631	72,3435	72,3742	70,9131
277	226,3181	0,0038	297,9575	71,4951	71,5248	70,0639

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
278	230,3393	0,0038	297,9330	67,4576	67,4826	66,0248
279	231,9485	0,0038	297,9186	65,8372	65,8596	64,4031
280	232,0495	0,0038	297,9180	65,7358	65,7581	64,3017
282	233,0767	0,0038	297,9123	64,7050	64,7261	63,2718
283	236,4014	0,0038	297,8969	61,3716	61,3899	59,9467
284	236,8978	0,0038	297,8932	60,8725	60,8902	59,4479
285	238,0132	0,0038	297,8839	59,7501	59,7660	58,3309
286	238,3853	0,0038	297,8835	59,3784	59,3942	57,9595
287	233,6920	0,0038	297,8714	64,0501	64,0636	62,5782
288	233,6535	0,0038	297,8711	64,0882	64,1017	62,6132
289	240,5441	0,0038	297,8684	57,2088	57,2218	55,8017
290	240,4478	0,0038	297,8677	57,3042	57,3170	55,8997
291	241,0611	0,0038	297,8651	56,6896	56,7019	55,2869
292	241,3229	0,0038	297,8617	56,4249	56,4366	55,0240
293	242,1271	0,0038	297,8606	55,6212	55,6328	54,2251
294	242,2291	0,0038	297,8602	55,5190	55,5305	54,1214
295	242,5681	0,0038	297,8582	55,1787	55,1898	53,7829
296	243,5327	0,0038	297,8552	54,2130	54,2235	52,8187
297	244,1025	0,0038	297,8523	53,6416	53,6516	52,2502
298	244,5715	0,0038	297,8501	53,1713	53,1809	51,7823
299	244,2567	0,0038	297,8493	53,4847	53,4941	52,0986
300	245,3790	0,0038	297,8443	52,3596	52,3680	50,9799
301	245,6570	0,0038	297,8454	52,0832	52,0919	50,7001
302	246,3978	0,0038	297,8433	51,3419	51,3501	49,9616
303	246,8024	0,0038	297,8421	50,9368	50,9449	49,5591
304	247,0240	0,0038	297,8394	50,7130	50,7206	49,3444
305	246,4188	0,0038	297,8411	51,3187	51,3266	49,9449
306	245,6799	0,0038	297,8433	52,0583	52,0665	50,6797
307	245,5932	0,0038	297,8435	52,1451	52,1534	50,7662
308	247,3810	0,0038	297,8404	50,3578	50,3655	48,9839
309	247,4967	0,0038	297,8402	50,2421	50,2498	48,8690
310	247,7304	0,0038	297,8395	50,0082	50,0157	48,6373
311	248,1541	0,0038	297,8384	49,5842	49,5916	48,2179

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
312	247,8373	0,0038	297,8375	49,8995	49,9066	48,5393
313	249,4356	0,0038	297,8356	48,3025	48,3094	46,9508
314	249,5037	0,0038	297,8355	48,2345	48,2413	46,8835
315	252,3831	0,0038	297,8318	45,3572	45,3633	44,0329
316	258,5341	0,0038	297,8265	39,2133	39,2184	37,9325
317	261,2877	0,0038	297,8243	36,4630	36,4677	35,2036
318	265,3644	0,0038	297,8216	32,3918	32,3960	31,1611
319	266,3562	0,0038	297,8210	31,4014	31,4055	30,1781
320	266,5992	0,0038	297,8209	31,1588	31,1629	29,9410
321	267,7798	0,0038	297,8203	29,9800	29,9839	28,7723
322	268,6974	0,0038	297,8198	29,0638	29,0676	27,8646
323	268,7775	0,0038	297,8198	28,9838	28,9876	27,7852
324	268,8581	0,0038	297,8198	28,9033	28,9072	27,7057
325	270,1660	0,0038	297,8192	27,5975	27,6013	26,4094
326	270,9581	0,0038	297,8190	26,8068	26,8105	25,6331
327	272,0619	0,0038	297,8187	25,7049	25,7085	24,5444
328	272,1769	0,0038	297,8186	25,5901	25,5937	24,4311
329	272,8153	0,0038	297,8184	24,9528	24,9564	23,8058
330	272,8641	0,0038	297,8184	24,9040	24,9076	23,7593
331	273,4504	0,0038	297,8180	24,3185	24,3220	23,2046
332	274,1105	0,0038	297,8177	23,6594	23,6629	22,5841
333	274,1491	0,0038	297,8177	23,6209	23,6243	22,5481
334	274,8698	0,0038	297,8174	22,9014	22,9048	21,8761
335	273,7604	0,0038	297,8178	24,0090	24,0124	22,9127
337	276,6379	0,0038	297,8173	21,1367	21,1401	20,2615
338	276,6531	0,0038	297,8173	21,1216	21,1249	20,2478
339	276,6701	0,0038	297,8173	21,1046	21,1080	20,2324
340	278,2766	0,0038	307,6432	29,3074	29,3074	27,3532
341	278,2594	0,0038	307,6432	29,3246	29,3246	27,3687
342	278,2970	0,0038	307,6432	29,2871	29,2871	27,3351
343	281,9804	0,0038	307,6398	25,6077	25,6077	23,6298
344	280,2411	0,0038	307,6381	27,3418	27,3418	25,3458
345	262,8522	0,0038	297,8174	34,8948	34,8983	33,8662

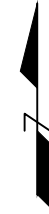
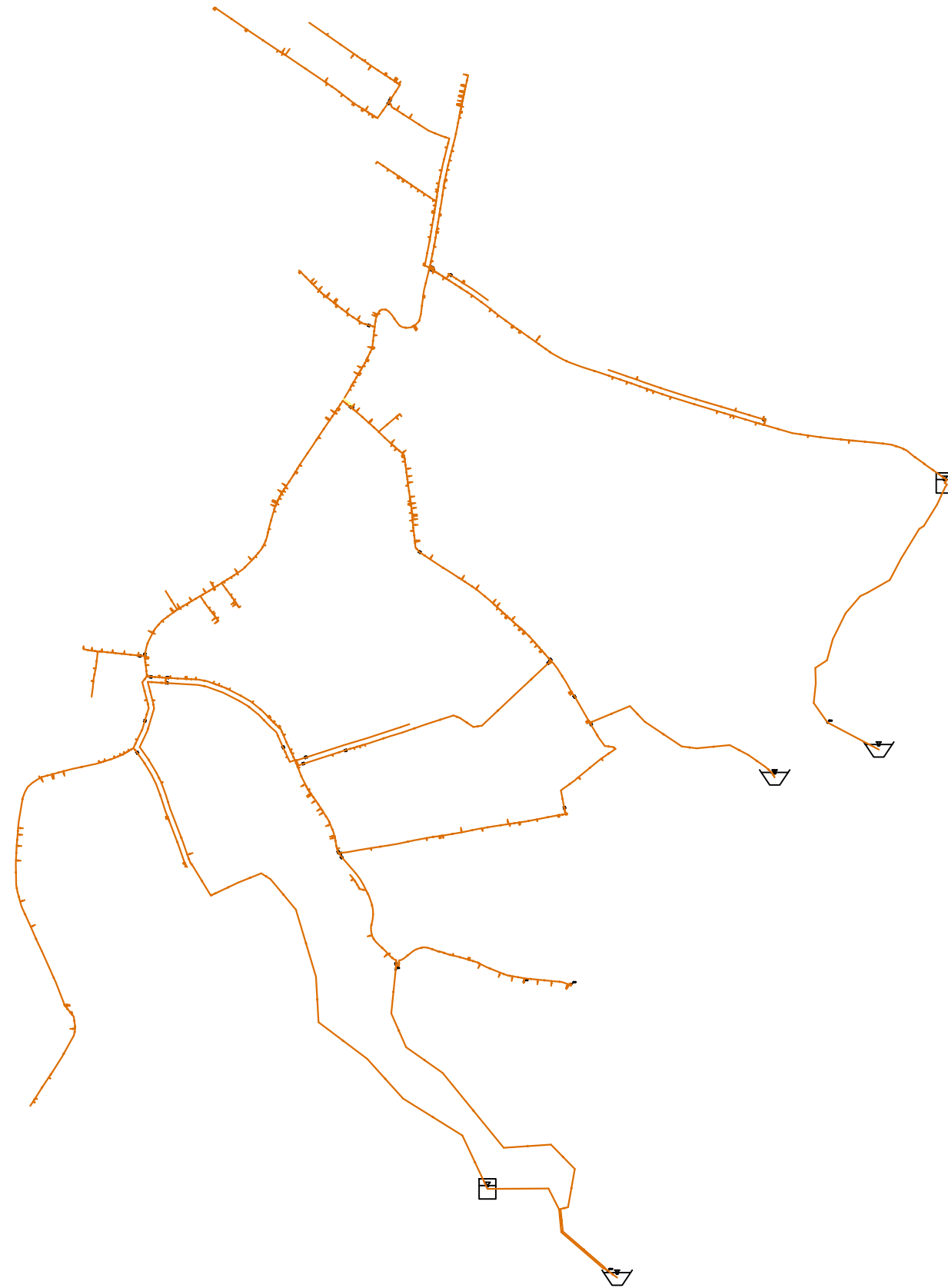
3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
346	262,4689	0,0038	297,8174	35,2774	35,2808	34,2486
347	262,0398	0,0038	297,8174	35,7056	35,7090	34,6769
348	259,4379	0,0038	297,8174	38,3022	38,3057	37,2736
349	299,9250	0,0038	306,0742	6,1368	6,1368	-0,6742
350	299,4577	0,0038	306,0740	6,6030	6,6030	-0,2099
351	299,6069	0,0038	306,0740	6,4541	6,4541	-0,3588
352	297,2450	0,0038	306,0741	8,8113	8,8113	1,9987
353	295,1573	0,0038	306,0741	10,8948	10,8948	4,0827
354	293,3453	0,0038	306,0742	12,7032	12,7032	5,8918
355	291,6434	0,0038	306,0743	14,4018	14,4018	7,5913
356	289,7406	0,0038	306,0744	16,3009	16,3009	9,4916
357	286,6989	0,0038	306,0747	19,3368	19,3368	12,5301
358	285,3420	0,0038	306,0750	20,6912	20,6912	13,8878
359	285,1322	0,0038	306,0750	20,9007	20,9007	14,0977
360	283,0424	0,0038	306,0754	22,9866	22,9866	16,1874
361	274,6779	0,0038	306,0769	31,3358	31,3358	24,5512
362	269,7450	0,0038	306,0771	36,2589	36,2589	29,4763
363	266,4726	0,0038	306,0769	39,5245	39,5245	32,7399
364	263,3845	0,0038	306,0770	42,6065	42,6065	35,8229
365	264,6170	0,0038	298,1725	33,4879	33,5895	32,5085
366	269,8298	0,0038	307,6338	37,7278	37,7278	35,6849
367	272,7665	0,0038	307,6338	34,7970	34,7970	32,7541
368	274,4908	0,0038	307,6338	33,0762	33,0762	31,0334
369	274,4115	0,0038	307,6338	33,1554	33,1554	31,1125
371	275,7645	0,0038	307,6337	31,8050	31,8050	29,7618
372	277,8222	0,0038	307,6340	29,7518	29,7518	27,7116
373	279,1506	0,0038	307,6342	28,4262	28,4262	26,3877
374	279,5878	0,0038	307,6344	27,9901	27,9901	25,9535
375	279,4793	0,0038	307,6345	28,0985	28,0985	26,0636
376	279,4721	0,0038	307,6345	28,1057	28,1057	26,0710
377	278,9837	0,0038	307,6350	28,5936	28,5936	26,5638
378	278,0398	0,0038	307,6356	29,5362	29,5362	27,5131
379	277,9899	0,0038	307,6356	29,5860	29,5860	27,5634






3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
380	277,8707	0,0038	307,6359	29,7052	29,7052	27,6854
381	277,9337	0,0038	307,6359	29,6424	29,6424	27,6227
382	263,8101	0,0038	298,1724	34,2931	34,3945	33,3122
383	263,7209	0,0038	298,1724	34,3821	34,4835	33,4012
384	263,0898	0,0038	298,1724	35,0119	35,1133	34,0311
385	262,1740	0,0038	298,1724	35,9259	36,0273	34,9451
386	261,6709	0,0038	298,1724	36,4280	36,5294	35,4472
387	260,6376	0,0038	298,1724	37,4592	37,5606	36,4786
388	259,8493	0,0038	298,1724	38,2459	38,3474	37,2654
389	259,6858	0,0038	298,1724	38,4091	38,5105	37,4286
390	259,4240	0,0038	298,1726	38,6706	38,7722	37,6922
391	258,5185	0,0038	298,1725	39,5741	39,6755	38,5939
392	255,0268	0,0038	298,1727	43,0590	43,1607	42,0815
393	252,8821	0,0038	298,1762	45,2028	45,3068	44,2536
394	253,0482	0,0038	298,1728	45,0337	45,1354	44,0568
395	252,3352	0,0038	298,1728	45,7453	45,8470	44,7684
396	251,3076	0,0038	298,1729	46,7709	46,8727	45,7949
397	250,4219	0,0038	298,1730	47,6549	47,7567	46,6797
398	250,5676	0,0038	298,1730	47,5095	47,6113	46,5342
399	249,5529	0,0038	298,1731	48,5222	48,6241	47,5477
400	249,6376	0,0038	298,1730	48,4377	48,5395	47,4630
401	248,8787	0,0038	298,1731	49,1951	49,2970	48,2210
402	248,7649	0,0038	298,1731	49,3087	49,4106	48,3347
403	248,6557	0,0038	298,1731	49,4177	49,5196	48,4438
404	247,1150	0,0038	298,1734	50,9555	51,0576	49,9844
406	246,0254	0,0038	298,1739	52,0435	52,1460	51,0777
407	245,9340	0,0038	298,1740	52,1348	52,2373	51,1699
408	244,3039	0,0038	298,1744	53,7620	53,8647	52,8002
409	243,5790	0,0038	298,1745	54,4856	54,5884	53,5254
410	243,4680	0,0038	298,1745	54,5963	54,6992	53,6364
411	242,2613	0,0038	298,1749	55,8010	55,9041	54,8445
412	241,6520	0,0038	298,1670	56,4012	56,4989	55,4100
413	241,6816	0,0038	298,1681	56,3727	56,4712	55,3864




3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
414	241,3068	0,0038	298,1513	56,7300	56,8169	55,6689
415	220,8642	0,0038	247,0921	26,1751	26,1751	25,5086
808	232,2041	0,0038	293,8402	61,5120	61,5544	60,6518
2516	232,6884	0,0038	293,8091	61,5120	61,5544	60,6518
2521	234,2282	0,0038	293,8090	61,5120	61,5544	60,6518
2526	234,3700	0,0038	297,9099	63,4119	63,4327	61,9813
2529	234,3700	0,0038	297,9088	63,4109	63,4314	61,9806
2534	230,9827	0,0038	293,8093	63,4109	63,4314	61,9806
2539	232,1000	0,0038	293,8089	61,5847	61,6212	60,3877
2541	230,1100	0,0038	293,8095	63,5712	63,6078	62,3798
2543	239,0900	0,0038	298,0880	58,8791	58,9332	57,6202
2545	239,0800	0,0038	298,0830	58,8842	58,9373	57,6115
2547	239,0700	0,0038	298,0790	58,8902	58,9426	57,6053
33	239,4241	0,0033	298,0883	58,5460	58,6001	57,2869
34	239,2026	0,0033	298,0929	58,7717	58,8267	57,5262
43	238,0700	0,0033	298,1246	59,9337	60,0024	58,7253
50	240,4581	0,0033	298,1407	57,5664	57,6461	56,4694
61	254,9162	0,0033	298,1249	43,1216	43,1905	41,7894
68	241,1892	0,0033	298,1099	56,8060	56,8646	55,3123
82	264,8721	0,0033	298,1030	33,1640	33,2208	31,5963
104	219,7625	0,0033	247,0974	27,2799	27,2799	26,6710
106	221,7268	0,0033	247,0928	25,3149	25,3149	24,6567
115	219,0233	0,0033	247,0919	28,0120	28,0120	27,3434
117	214,7207	0,0033	247,0892	32,3033	32,3033	31,6058
135	222,0240	0,0033	247,1163	25,0418	25,0418	24,6352
138	225,0790	0,0033	247,1199	21,9965	21,9965	21,6285
139	225,0561	0,0033	247,1123	22,0118	22,0118	21,5628
162	229,6002	0,0033	293,8312	64,1017	64,1423	63,1445
168	229,5313	0,0033	293,8126	64,1519	64,1891	62,9945
171	229,7200	0,0033	293,8079	63,9588	63,9951	62,7503
208	225,0545	0,0033	247,1174	22,0185	22,0185	21,6239
253	237,2286	0,0033	298,0589	60,7078	60,7564	59,3746
263	226,0464	0,0033	298,0026	71,8113	71,8494	70,4053

3:00 am (Factor de demanda mínimo = 0,473)						
Acometida	Elevación (m.s.n.m)	Demanda (l/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión 3:00am (m.c.a)	Presión máxima diaria (m.c.a)	Presión mínima diaria (m.c.a)
281	233,9248	0,0033	297,9124	63,8587	63,8799	62,4276
336	276,6244	0,0033	297,8173	21,1502	21,1536	20,2742
370	274,6959	0,0033	307,6338	32,8716	32,8716	30,8292
405	246,2558	0,0033	298,1738	51,8134	51,9158	50,8464
2506	219,9200	0,0033	247,0923	51,8134	51,9158	50,8464
2508	230,5600	0,0033	293,8101	63,1227	63,1594	61,9380

10.12 Velocidades obtenidas para la propuesta de mejora 1

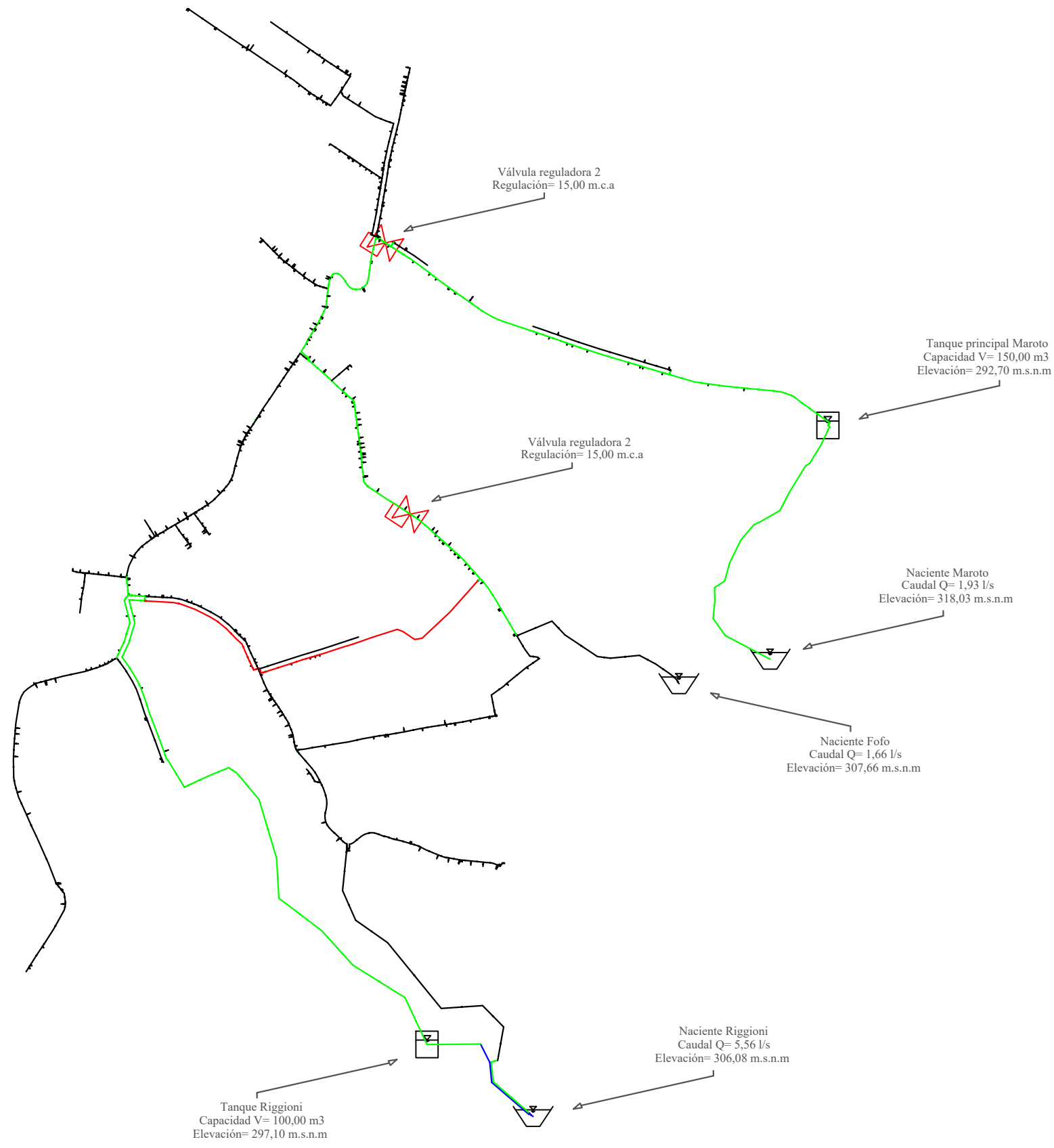


SIMBOLOGÍA DE COLOR	
Color	Velocidad en tubería (m/s)
	≤ 0,00
	≤ 0,30
	≤ 0,50
	≤ 3,00
	≤ 5,00

OTROS COMPONENTES	
	Válvula de bola
	Naciente
	Tanque de almacenamiento

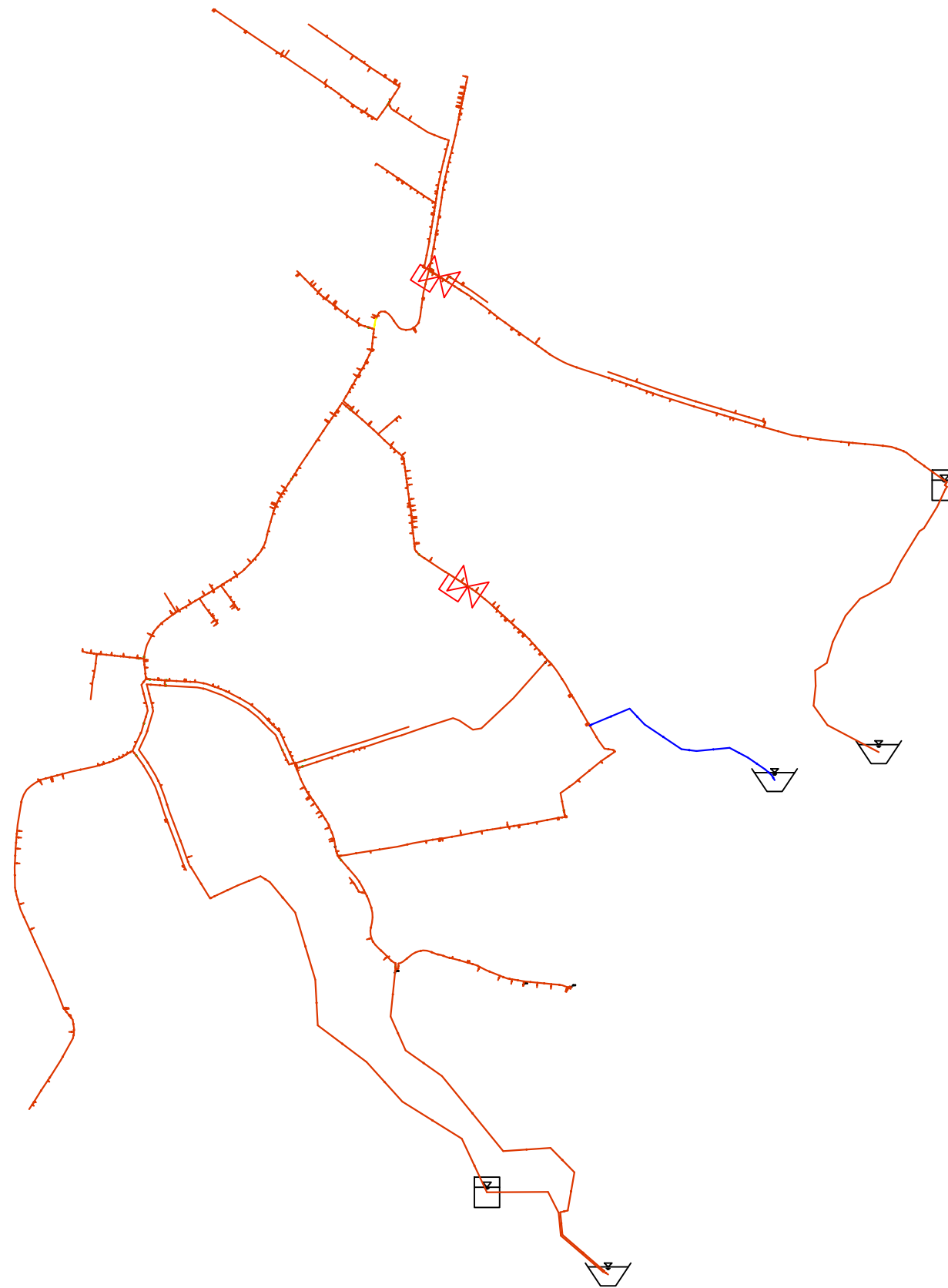
Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Rango de velocidades (m/s) para la propuesta de mejora 1 en la hora de mayor consumo.	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		2
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	2
Fecha: 04/03/2020		






10.13 Diámetros para la propuesta de mejora 2






SIMBOLOGÍA DE COLOR		
Color	Diámetro de tubería (mm)	
	82,00	
	100,80	
	105,50	
	202,20	
OTROS COMPONENTES		
	Válvula reguladora de presión	
	Naciente	
	Tanque de almacenamiento	
Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Diámetros (mm) utilizados en la propuesta de mejora 2	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		1
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	3
Fecha: 04/03/2020		

10.14 Velocidades obtenidas para la propuesta de mejora 2

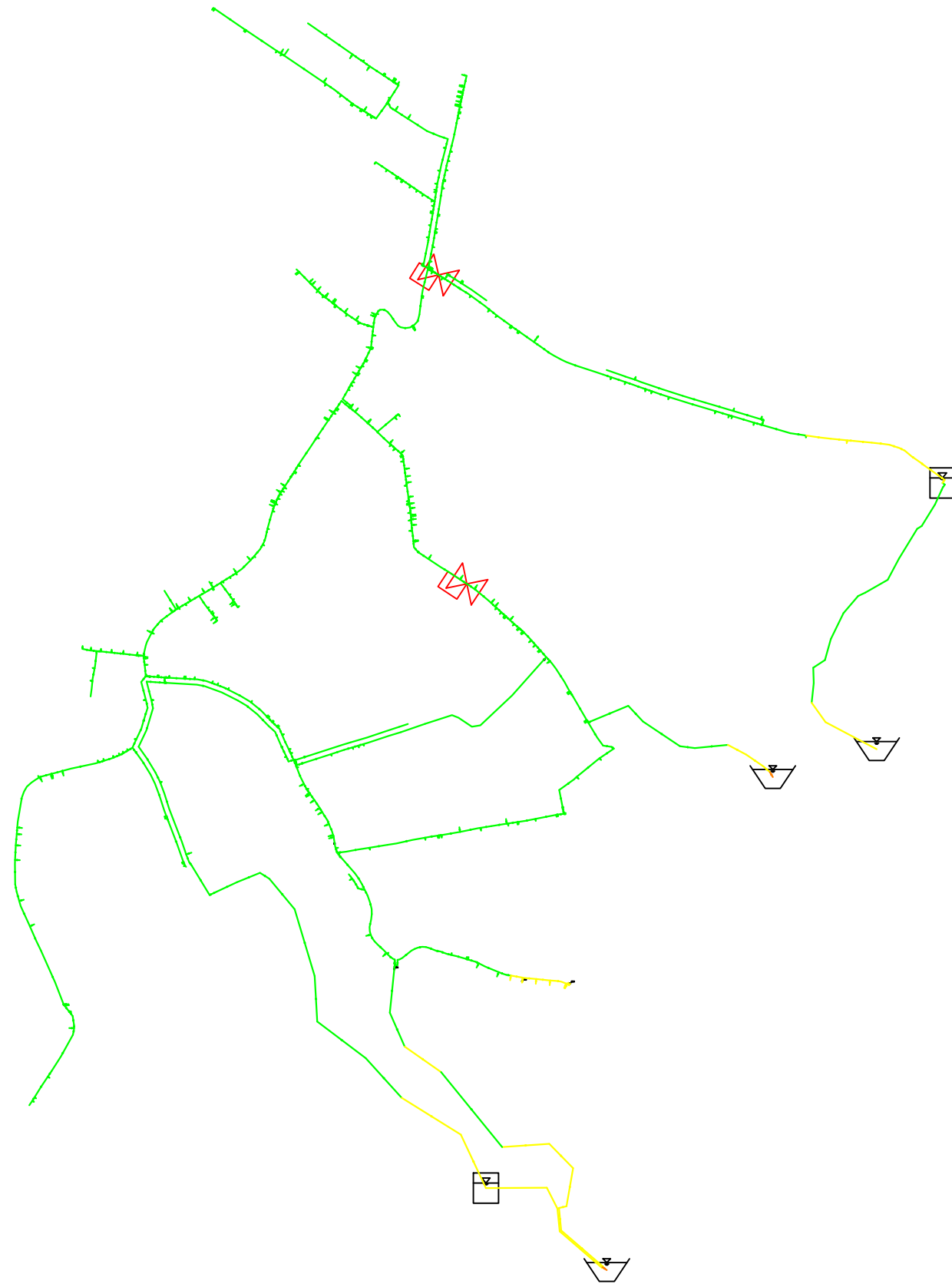











SIMBOLOGÍA DE COLOR	
Color	Velocidad en tubería (m/s)
	$\leq 0,00$
	$\leq 0,30$
	$\leq 0,50$
	$\leq 3,00$
	$\leq 5,00$

OTROS COMPONENTES	
	Válvula de bola
	Naciente
	Tanque de almacenamiento

Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Rango de velocidades (m/s) para la propuesta de mejora 2 en la hora de mayor consumo.	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		2
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	3
Fecha: 04/03/2020		

10.15 Rango de presiones obtenida para la propuesta de mejora 2



SIMBOLOGÍA DE COLOR		
Color	Presión en tubería (m.c.a)	
	<= 0,00	
	<= 15,00	
	<= 50,00	
	<= 70,00	
	<= 100,00	
	<= 150,00	
OTROS COMPONENTES		
	Válvula reguladora de presión	
	Naciente	
	Tanque de almacenamiento	
Proyecto: Descripción general del acueducto.		
Ubicación: Pénjamo de Florencia.		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Rango de presiones (m.c.a) para la propuesta de mejora 2 en la hora de menor consumo.	Hoja No.
Entidad: ASADA Pénjamo		3
Escala: 1:40	Tecnológico de Costa Rica	3
Fecha: 04/03/2020		

10.16 Encuesta realiza para el análisis de impacto social del proyecto.

1. Califique del 1 al 5 los siguientes enunciados.

1: Muy poco satisfecho. 2: Poco satisfecho. 3: Intermedio. 4: Satisfecho. 5: Muy satisfecho

Caudal de agua que llega a su vivienda.	
Presión con la que el agua llega a la vivienda.	
Mantenimiento de las redes del acueducto.	
Duración de la ASADA para atender reparaciones.	
Tarifa del servicio.	

1. ¿Ha tenido problemas en sus labores diarias por falta de agua potable?

Si ()

No ()

2. ¿Con qué frecuencia sufre cortes del servicio de agua potable?

Muy poco ()

Poco ()

Algunas veces ()

Muchas veces ()

3. ¿Está usted enterado del problema que presenta el acueducto actualmente de imposibilidad de brindar servicio a nuevos habitantes que desean asentarse en la zona?

Si ()

No ()

4. ¿Conoce de alguna persona que no haya podido asentarse en la zona por problemas con disponibilidad de agua?

Si ()

No ()

5. ¿Considera usted que la implementación de una nueva naciente que inyecte agua al acueducto existente traerá beneficios tanto económicos como sociales para la zona?

Si ()

No ()

6. En caso de no considerar que se tendrían beneficios. ¿Cuáles son las razones por las cuales lo considera de esa forma?

7. ¿A qué hora del día considera usted que consume mayor cantidad de agua?

Madrugada ()

Mañana ()

Medio día ()

Tarde ()

Noche ()

8. El servicio que brinda el acueducto ha presentado alguno de los siguientes inconvenientes:

Problema	Sí	No	Frecuencia
Mal olor del agua			
Agua sucia			
Flujo discontinuo (Aire)			
Sabor indeseable			

10.17 Desglose de costos de materiales para la construcción de la toma de naciente Foyo.

Construcción de toma en naciente foyo			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería y accesorios			
Válvula compuerta 75mm 3"	1	¢72,415.00	¢72,415.00
Llave bola PVC lisa pres 75mm (3")	1	¢27,050.00	¢27,050.00
Canastilla hecha a partir de tubo de PVC sanitario de 6"	1	16.892,00	16.892,01
Codo liso PVC pres 75mm (3")x90	1	¢7,949.00	¢7,949.00
Te lisa PVC pres 75mm (3")	1	¢8,913.00	¢8,913.00
Red li PVC pres 150 mm(6")x75mm(3")	1	¢21,793.18	¢21,793.18
Materiales de construcción			
Blocks	40	¢420.00	¢16,800.00
Arena	1,1	¢22,000.00	¢24,200.00
Piedra	1,5	¢19,000.00	¢28,500.00
Cemento	17	¢6,000.00	¢102,000.00
Total materiales			¢309,620.18
Transporte (porcentaje de materiales)	5%		¢15,481.01
Herramientas	0%		¢0.00
Mano de obra			¢300,000.00
Total Operativo			¢315,481.01
Costo Total			¢625,101.19

10.18 Desglose de costos de materiales para la implementación de la propuesta I.

Tubería conducción propuesta I			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería y accesorios			
Tubo PVC 50mm(2")x6m sdr26 ce ve	69	¢22,303.00	¢1,538,907.00
Lubricante 92-4	2	¢2,705.00	¢5,410.00
Mecha	1	¢1,449.00	¢1,449.00
Válvula compuerta 75mm 3"	1	¢72,415.00	¢72,415.00
Codo liso PVC pres 75mm (3")x 90	3	¢7,949.00	¢23,847.00
Unión lisa PVC pres 75mm(3")	10	¢4,256.00	¢42,560.00
Codo liso PVC pres 75mm (3")x 45	5	¢8,441.00	¢42,205.00
Total materiales			¢1,726,793.00
Transporte (porcentaje de materiales)	5%		¢86,339.65
Herramientas	0%		¢0.00
Mano de obra	0%		¢0.00
Total operativo			¢86,339.65
Costo total			¢1,813,132.65

10.19 Desglose de costos de materiales para la implementación de la propuesta II.

Tubería conducción propuesta mejora II			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería y accesorios			
Tubo PVC 100mm(4")x6m sdr26 ce ve	250	¢73,449	¢18,362,250
Tubo PVC 75mm(3")x6m sdr26 ce ve	813	¢43,777	¢35,590,701
Lubricante 92-4	20	¢2,705	¢54,100
Mecha	10	¢1,449	¢14,490
Codo liso PVC pres 100mm (4")x90	5	¢12,900	¢64,500

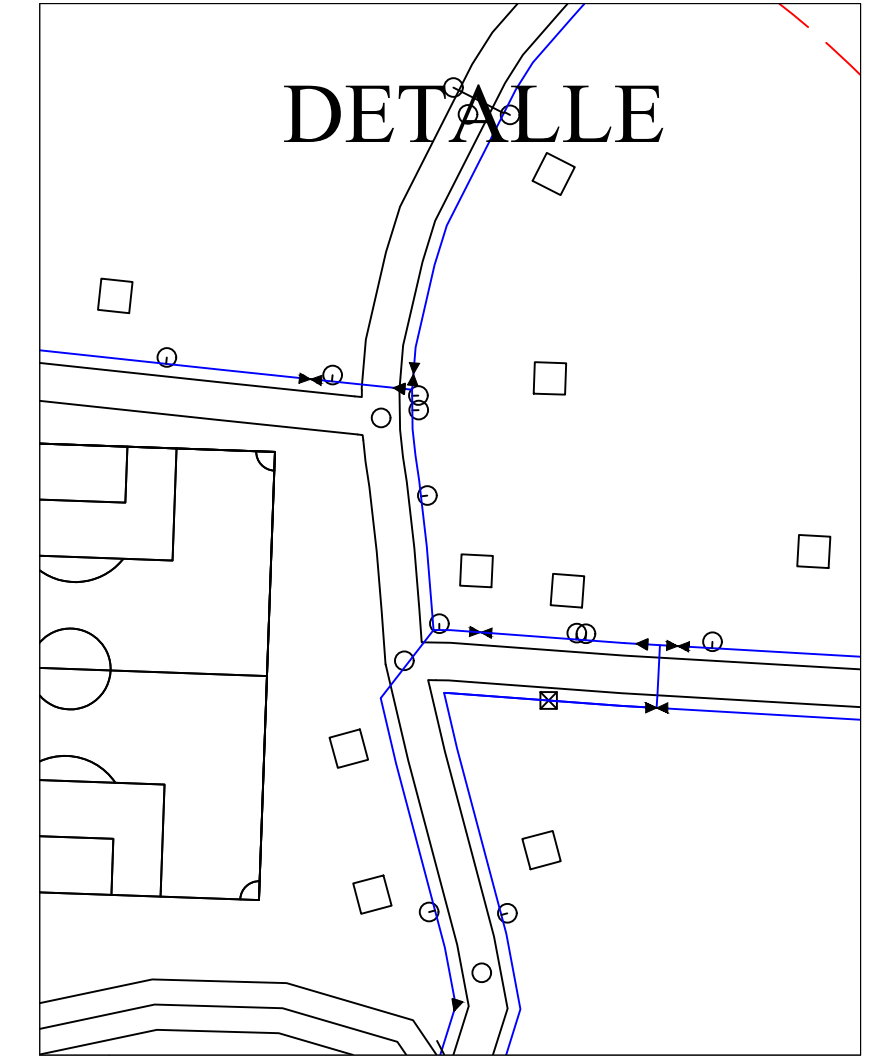
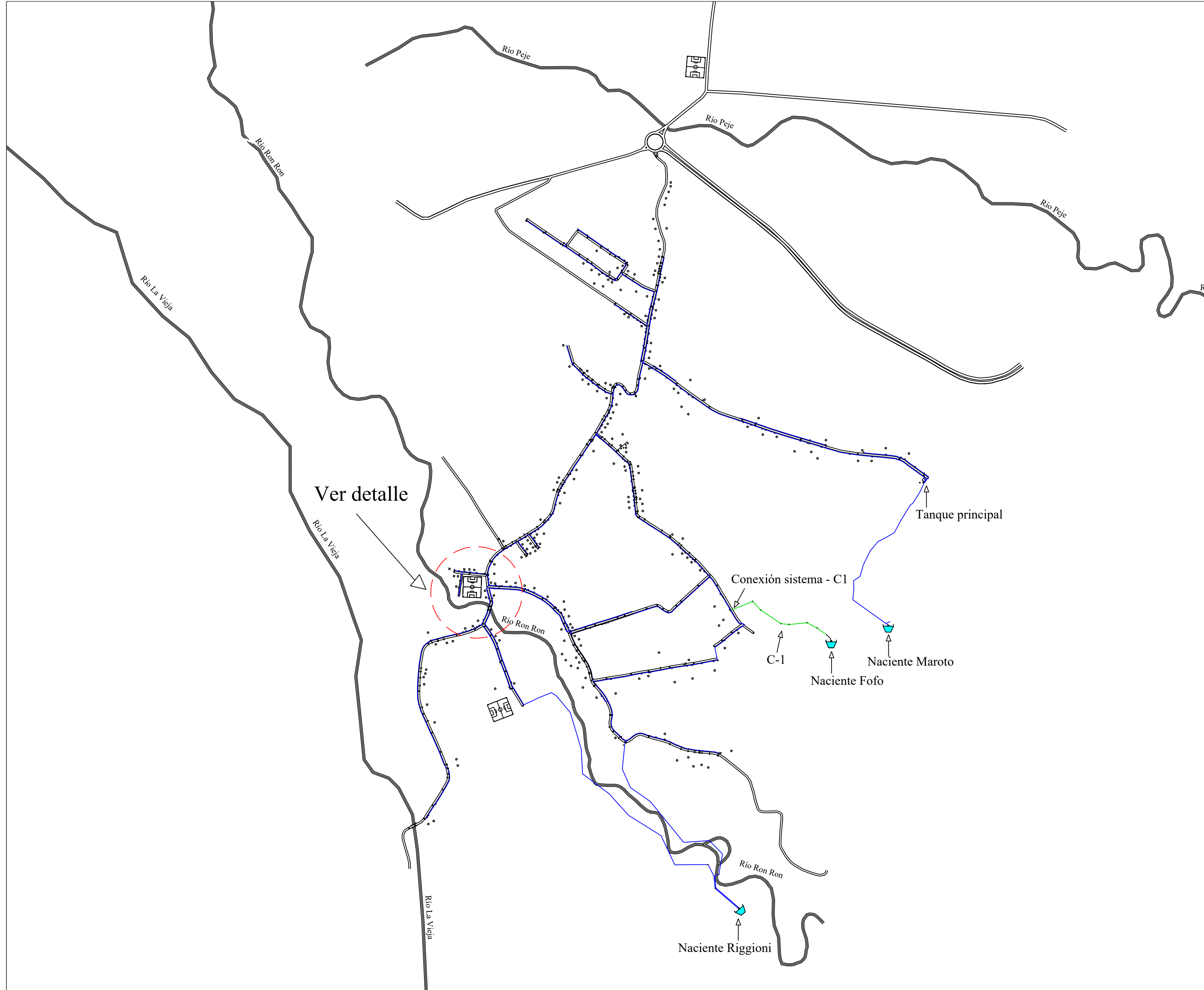
Tubería conducción propuesta mejora II			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería y accesorios			
Codo liso PVC pres 75mm (3")x 90	8	¢7,949	¢63,592
Unión lisa PVC pres 100mm(4")	50	¢5,404	¢270,200
Unión lisa PVC pres 75mm(3")	70	¢4,256	¢297,920
Codo liso PVC pres 100mm (4")x45	7	¢11,017	¢77,119
Codo liso PVC pres 75mm (3")x 45	15	¢8,441	¢126,615
Te lisa PVC pres 100mm (4")	5	¢17,451	¢87,255
Te lisa PVC pres 75mm (3")	10	¢8,913	¢89,130
Total materiales			
Transporte (porcentaje de materiales)	3%		¢1,652,936
Herramientas	0%		¢0
Mano de obra	0%		¢0
Total operativo			
Costo total			
			¢56,750,808

10.20 Desglose de costos de materiales y mano de obra para la implementación del tanque de almacenamiento de 100 m³.

CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO RIGGIONI			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería y accesorios			
Tubo PVC 75mm(3")x6m sdr26 ce ve	3	¢43,777.00	¢131,331.00
Válvula compuerta 75mm 3"	2	¢72,415.00	¢144,830.00
Codo liso PVC pres 75mm (3")x 90	7	¢7,949.00	¢55,643.00
Codo liso PVC pres 75mm (3")x 45	1	¢8,441.00	¢8,441.00

CONSTRUCCIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO RIGGIONI			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Tubería y accesorios			
Te lisa PVC pres 75mm (3")	2	€8,913.00	€17,826.00
Unión lisa PVC pres 100mm(4")	2	€5,404.00	€10,808.00
Reducción lisa PVC pres 100mm(4")x75mm(3")	2	€9,429.00	€18,858.00
Candado	3	€3,000.00	€9,000.00
Materiales de construcción			
Blocks	860	€420.00	€361,200.00
Arena	9	€22,000.00	€198,000.00
Piedra	20	€19,000.00	€380,000.00
Cemento	163	€6,000.00	€978,000.00
Total materiales			€2,313,937.00
Transporte (porcentaje de materiales)	5%		€115,696.85
Mano de obra	50%		€1,156,968.50
Total operativo			€1,272,665.35
Costo total			€3,586,602.35

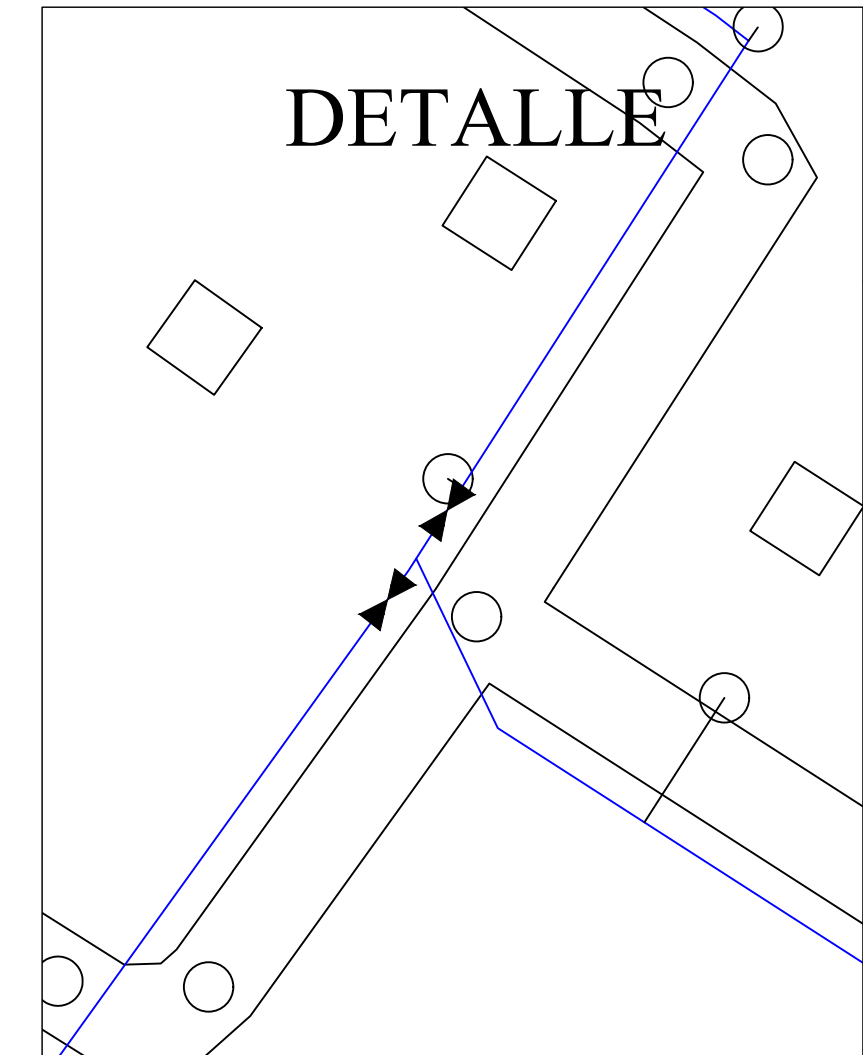
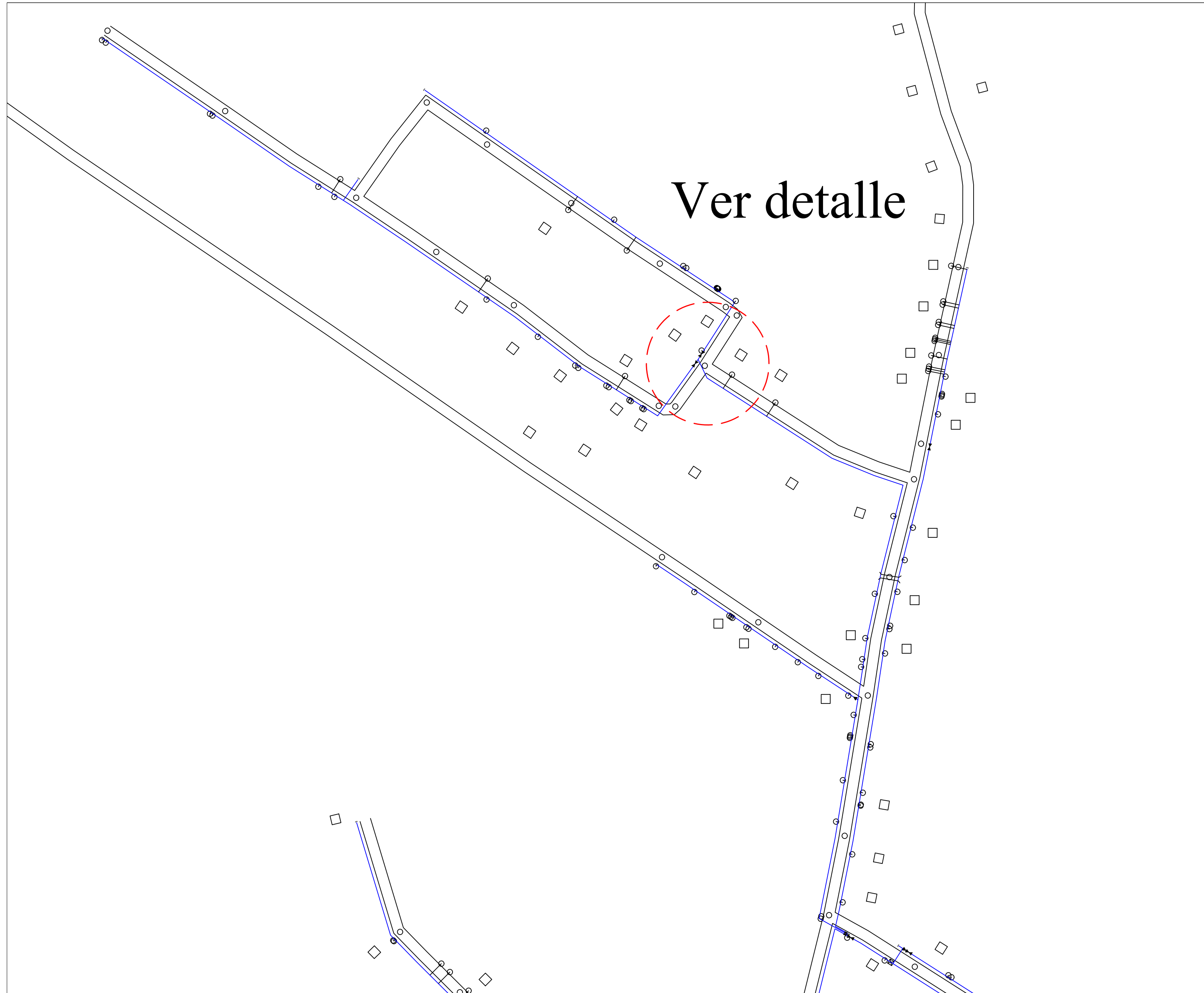
10.21 Actualización de planos de la red (Vista general del proyecto)



SIMBOLOGIA	
-----	TUBERIA
====	CARRETERA
⊕	VALVULA DE AIRE
⊗	VALVULA DE BOLA
▶	REDUCCION TUBERIA
⊖	NACIENTE
⊕	VALVULA DE COMPUERTA
	PUENTE
⊖	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
	PASO ALCANTARILLA
□	CASA HABITACION

Proyecto:	Descripción general del acueducto	
Ubicación:	Pénjamo de Florencia	
Dibujó:	Corella. L	Hoja No.
ASADA	Pénjamo	1
Escala:	1:250	5
Fecha:	20/10/2019	
		Tecnológico de Costa Rica

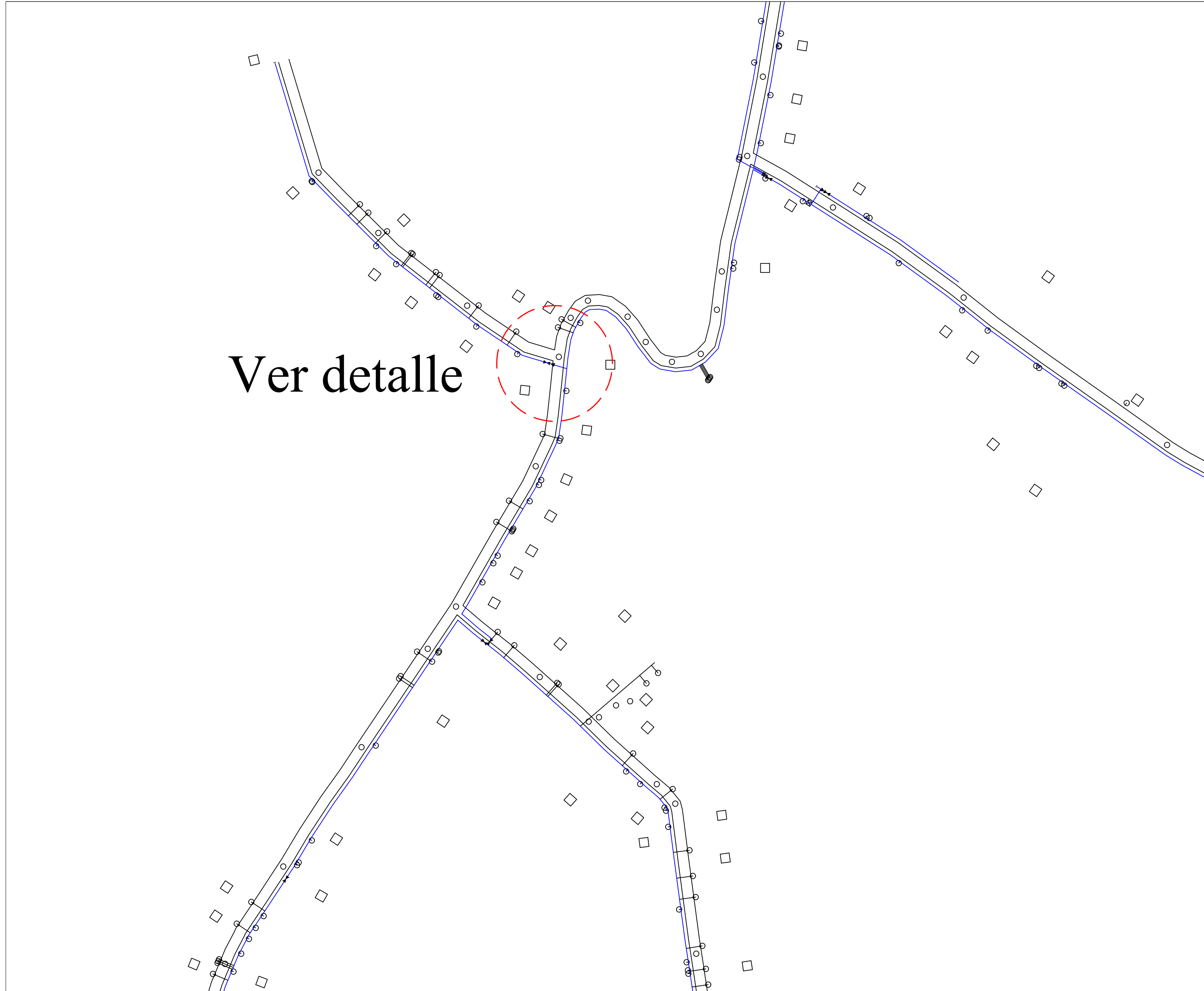
10.22 Actualización de planos de la red (Tramo I)



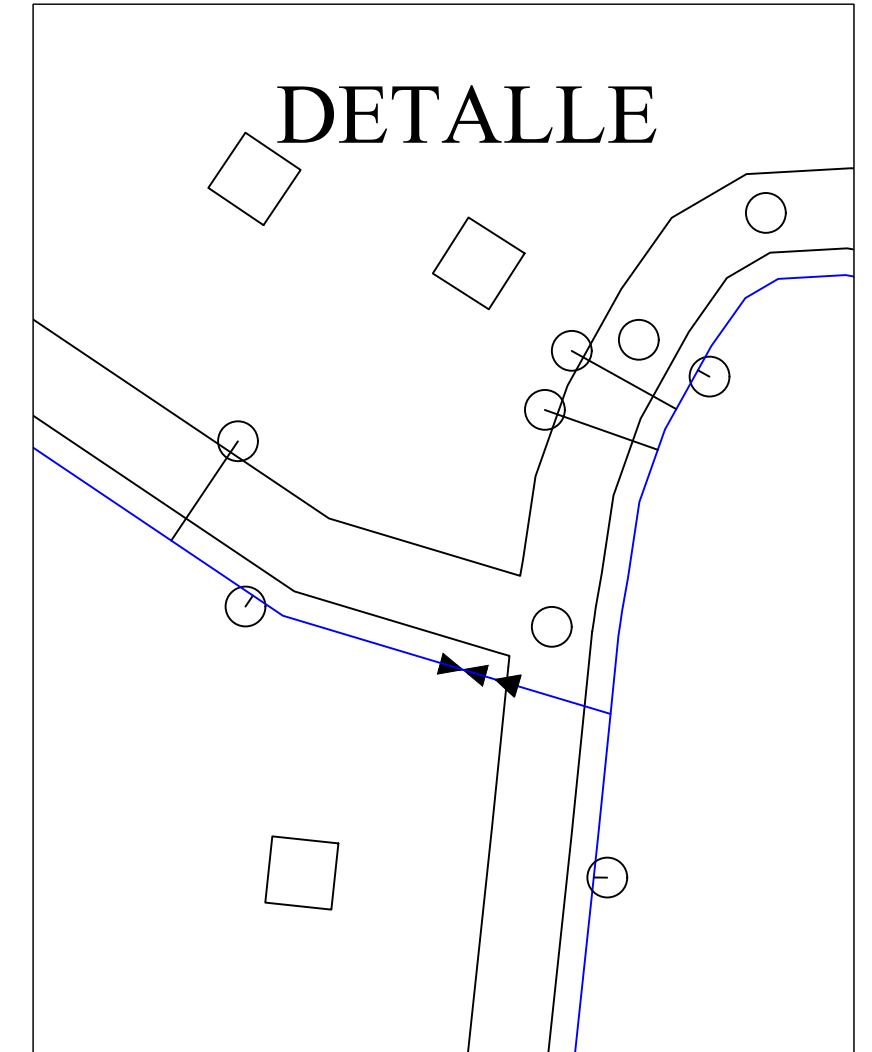
SIMBOLOGIA	
-----	TUBERIA
====	CARRETERA
⊕	VALVULA DE AIRE
⊗	VALVULA DE BOLA
▶	REDUCCION TUBERIA
⊔	NACIENTE
⊕	VALVULA DE COMPUERTA
	PUENTE
⊕	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
	PASO ALCANTARILLA
□	CASA HABITACION

Proyecto:	Descripción general del acueducto	
Ubicación:	Pénjamo de Florencia	
Dibujó: Corella. L	Contiene: Vista en tramos	Hoja No.
ASADA Pénjamo		2
Escala: 1:250	Tecnológico de Costa Rica	5
Fecha: 20/10/2019		

10.23 Actualización de planos de la red (Tramo II)

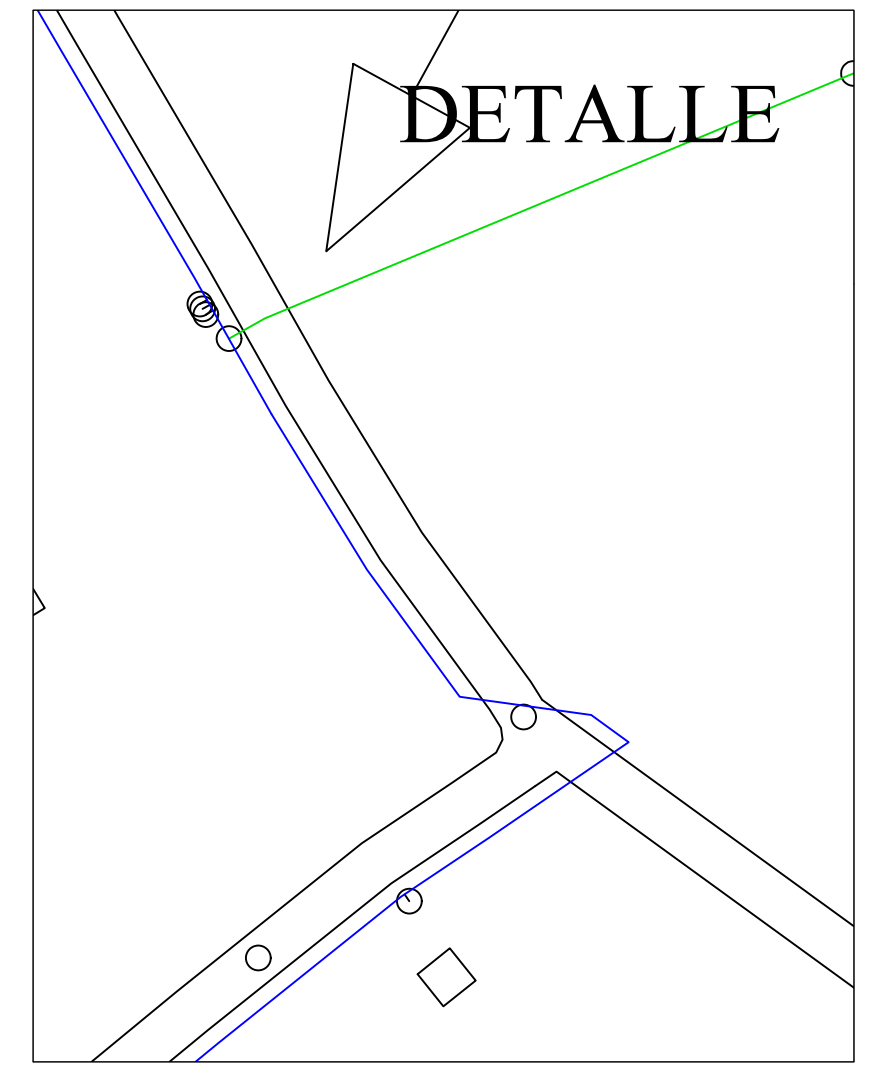
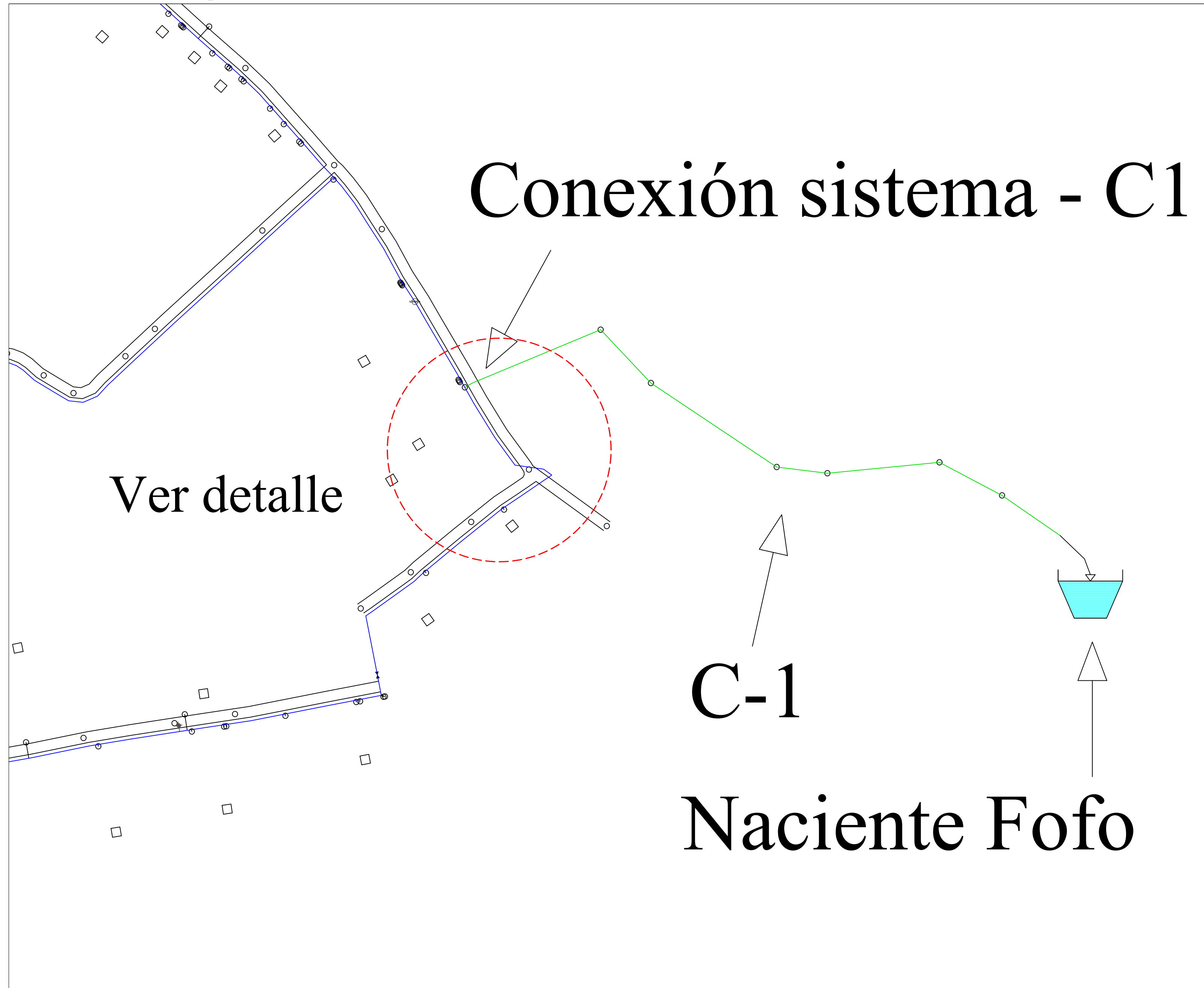


Ver detalle



SIMBOLOGIA	
-----	TUBERIA
====	CARRETERA
⊕	VALVULA DE AIRE
⊗	VALVULA DE BOLA
▶	REDUCCION TUBERIA
⊔	NACIENTE
⊕	VALVULA DE COMPUERTA
	PUENTE
⊕	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
	PASO ALCANTARILLA
□	CASA HABITACION

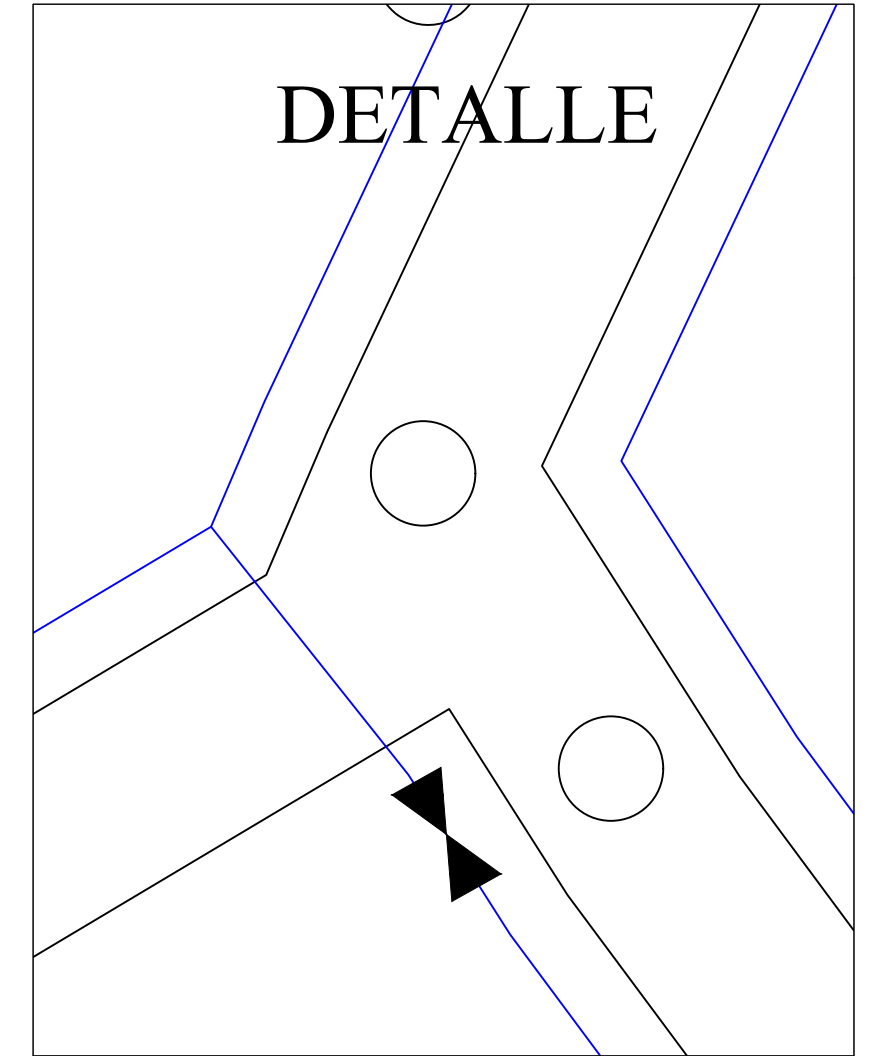
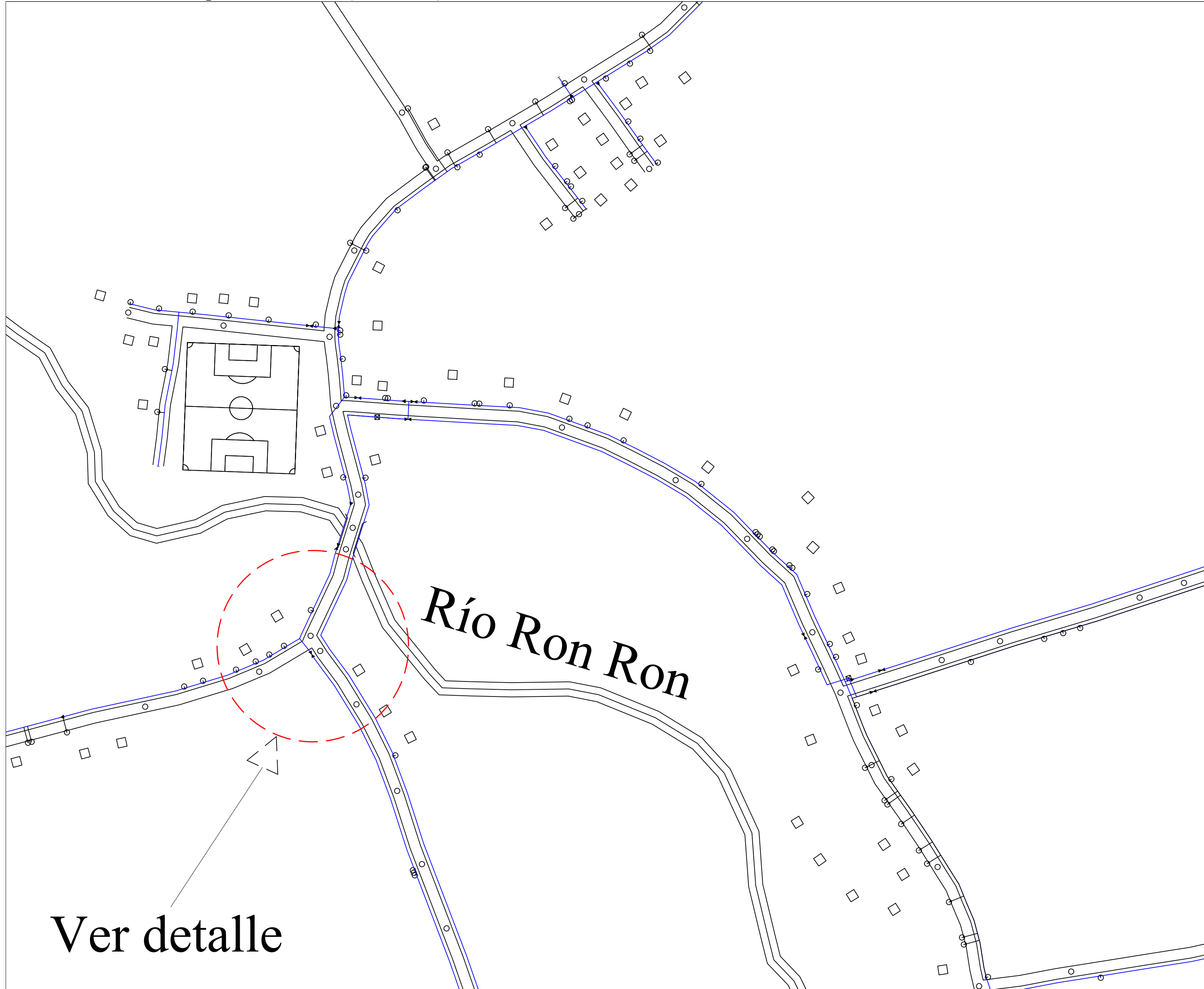
Proyecto: Descripción general del acueducto		
Ubicación: Pénjamo de Florencia		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Vista en tramos	Hoja No.
ASADA Pénjamo		3
Escala: 1:250	Tecnológico de Costa Rica	5
Fecha: 20/10/2019		



SIMBOLOGIA	
-----	TUBERIA
====	CARRETERA
⊕	VALVULA DE AIRE
⊗	VALVULA DE BOLA
▶	REDUCCION TUBERIA
⊔	NACIENTE
⊕	VALVULA DE COMPUERTA
≡	PUENTE
⊖	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
≡	PASO ALCANTARILLA
□	CASA HABITACION

Proyecto:	Descripción general del acueducto	
Ubicación:	Pénjamo de Florencia	
Dibujó: Corella. L	Contiene: Vista en tramos	Hoja No.
ASADA Pénjamo		4
Escala: 1:250	Tecnológico de Costa Rica	5
Fecha: 20/10/2019		

10.25 Actualización de planos de la red (Tramo IV)



SIMBOLOGIA	
-----	TUBERIA
====	CARRETERA
⊕	VALVULA DE AIRE
⊗	VALVULA DE BOLA
▶	REDUCCION TUBERIA
⊔	NACIENTE
⊕	VALVULA DE COMPUERTA
	PUENTE
⊕	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
	PASO ALCANTARILLA
□	CASA HABITACION

Proyecto: Descripción general del acueducto		
Ubicación: Pénjamo de Florencia		
Dibujó: Corella. L	Contiene: Vista en tramos	Hoja No.
ASADA Pénjamo		5
Escala: 1:250	Tecnológico de Costa Rica	5
Fecha: 20/10/2019		

Ver detalle

Río Ron Ron

10.26 Levantamiento realizado para la confección de los planos y trazado de la red en Civil 3D.

Número Punto	X	Y	Z
1	447085,86	1144081,7	239,5082
2	447081,15	1144067,5	239,0897
3	447068,73	1144060,4	239,0996
4	447063,14	1144068,7	239,4241
5	447051,25	1144060,6	239,2026
6	447050,79	1144060,3	239,2047
7	447041	1144093,3	240,3115
8	447035,27	1144036,4	238,8849
9	447017,71	1144013,7	239,0959
10	447008,71	1144018,1	238,7145
11	447003,14	1143969,1	240,6361
12	447003,17	1143966,7	240,6608
13	446989,49	1143972,3	239,6983
14	446963,1	1143975,1	238,07
15	446940,76	1143977,5	237,2748
16	446920,59	1143979,6	236,9324
17	446901,79	1143981,4	236,5695
18	446885,83	1143984,9	236,237
19	446905,06	1143947,4	236,513
20	446900,8	1143923,4	236,5412
21	447004,55	1143953,1	240,4581
22	447004,83	1143886,9	241,7557
23	447017,3	1143886,6	241,8447
24	446986,71	1143812,5	240,5062
25	447033,99	1143731,3	245,9885
26	447044,28	1143665,6	250,8178
27	447044,85	1143664,1	250,9485
28	447043,75	1143667	250,6973
29	447083,08	1143595,6	254,758
30	447076,54	1143578,7	254,8079
31	447076,04	1143580,1	254,7819
32	447079,28	1143573,4	254,9162
33	446971,66	1143792,5	238,9739
34	446963,44	1143787,6	238,6188

Número Punto	X	Y	Z
35	446955,88	1143783,8	238,2966
36	446944,84	1143779,2	238,5411
37	446926,39	1143773	239,0007
38	446915,83	1143769,8	239,2575
39	446850,27	1143744,1	241,1892
40	446828,48	1143738,3	241,6725
41	446830,53	1143738,8	241,6322
42	446809,7	1143732,9	242,0554
43	446803,33	1143740,8	241,9643
44	446771,72	1143645,2	246,276
45	446770,65	1143632,9	246,865
46	446768,85	1143611,9	247,866
47	446767,56	1143584,2	249,167
48	446775,05	1143509,6	253,263
49	446794,74	1143462,9	256,5074
50	446859,81	1143312,2	264,2714
51	446860,54	1143310,3	264,3457
52	446864,12	1143298,5	264,8112
53	446864,54	1143297	264,8721
54	446860,91	1143266,9	265,7889
55	446821,39	1143174,7	266,9679
56	446796,05	1143135,6	267,3243
57	446792,07	1143129,3	267,3841
58	447603,45	1145068,4	214,7202
59	447599,09	1145048,7	215,4152
60	447598,7	1145046,9	215,4752
61	447596,57	1145037,3	215,8013
62	447596,21	1145035,7	215,856
63	447594,63	1145028,6	216,0978
64	447594,44	1145027,7	216,1262
65	447594,24	1145026,8	216,1567
66	447592,46	1145018,8	216,3812
67	447591,21	1145012,6	216,2874
68	447590,96	1145011,4	216,2688
69	447590,72	1145010,2	216,2504
70	447600,3	1145007,1	216,9074
71	447598,39	1144997,5	217,0881

Número Punto	X	Y	Z
72	447598,24	1144996,8	217,0989
73	447598,11	1144996,1	217,1083
74	447596,14	1144986,2	217,2509
75	447506,19	1144992,7	219,7625
76	447482,18	1145008,2	220,4263
77	447465,36	1145021,5	221,7268
79	447473,96	1145055,9	220,9205
80	447474,36	1145055,7	220,8826
82	447473,75	1145056,1	220,9398
83	447474,17	1145055,8	220,9008
84	447456,87	1145067,2	222,532
85	447455,2	1145068,3	222,6898
86	447423,93	1145076,9	221,9619
87	447416,97	1145093,9	219,664
88	447391,59	1145099,3	219,0233
89	447346,17	1145143,1	214,4134
90	447265,45	1145116,3	214,7207
91	447262,18	1145106,5	214,8596
92	447253,27	1145112,2	214,2245
93	447194,69	1145151,5	210,0555
94	447193,3	1145152,5	209,9609
95	447135,65	1145191,9	206,1977
96	447133,58	1145193,3	206,029
97	447346,33	1145049,7	218,1629
98	447347,04	1145061,4	218,0698
99	447374,74	1145029,1	219,3542
100	447395,41	1145013,2	220,0035
101	447397,1	1145011,9	220,0565
102	447412,64	1145002,1	220,4421
103	447413,98	1145001,3	220,4752
104	447422,99	1145007,4	220,4131
105	447426,22	1144993,6	220,777
106	447432,5	1144989,6	220,932
107	447433,31	1144989,1	220,9522
108	447582,26	1144923,5	222,024
109	447571,49	1144929,9	221,5732
110	447577,76	1144905,6	223,5702

Número Punto	X	Y	Z
111	447573,68	1144888,1	225,079
112	447561,17	1144886,9	225,0561
113	447569,67	1144869,3	226,7137
114	447569,28	1144867,5	226,8701
115	447555,96	1144862,4	227,46
116	447566,84	1144854	228,0639
117	447554,23	1144850,7	228,5929
118	447553,61	1144846,5	229,0028
119	447549,47	1144820	230,4227
120	447547,61	1144808,6	230,5728
121	447547,48	1144807,9	230,5827
122	447547,37	1144807,2	230,5919
123	447558,67	1144802	230,9703
124	447558,96	1144803,8	230,9415
125	447543,52	1144783,8	230,9016
126	447554,54	1144776,9	231,3718
127	447553,45	1144770,3	231,4779
128	447553,36	1144769,7	231,4864
129	447539,74	1144760,9	231,1855
130	447548,68	1144742,8	231,9597
131	447543,39	1144716,2	231,9144
132	447531,59	1144708,5	231,4632
133	447531,26	1144707,2	231,4022
134	447528,09	1144646,8	229,1839
135	447528,55	1144650,1	229,6002
136	447514,19	1144585	218,9348
137	447514,56	1144585,5	218,8219
138	447514,96	1144586,1	219,0033
139	447515,34	1144586,7	219,2164
140	447443,42	1144616,7	229,3554
141	447433,06	1144618,7	229,5313
142	447431,05	1144614,2	229,9827
143	447408,54	1144599,4	229,8973
144	447407,98	1144611,9	229,72
145	447385,86	1144614,7	227,9501
146	447387,17	1144626,4	227,6183
147	447364,83	1144631,1	226,9654

Número Punto	X	Y	Z
148	447363,73	1144631,9	226,9027
149	447365,57	1144643,2	226,3793
150	447363,47	1144644,8	226,2599
151	447341,48	1144649,2	225,6396
152	447349,87	1144655,4	225,4856
153	447350,63	1144654,8	225,5291
154	447336,44	1144667,4	224,7612
155	447330,42	1144659,2	224,7584
156	447326,06	1144677,7	223,8473
157	447321,39	1144682,4	223,3906
158	447294,71	1144695,2	221,5151
159	447295,1	1144694,8	221,551
160	447422,6	1144555,2	231,2087
161	447432,43	1144552,8	229,9524
162	447431,88	1144551,5	229,9838
163	447420,51	1144527	231,1951
164	447403,95	1144518,3	232,2485
165	447396,96	1144506,5	232,9898
166	447415,42	1144518	231,7991
167	447406,36	1144502,7	232,83
168	447405,52	1144501,3	232,9249
169	447397,68	1144487,8	233,8357
170	447389,26	1144473,1	234,8269
171	447546,52	1144830,6	230,1249
172	447529,95	1144841,5	229,3702
173	447518,56	1144849,1	228,8493
174	447506,03	1144857,6	228,2733
175	447491,3	1144867,6	227,5552
176	447490,11	1144868,4	227,4967
177	447481,6	1144874,2	227,0809
178	447480,71	1144874,8	227,0373
179	447482,42	1144873,6	227,1212
180	447461,35	1144888	226,0912
181	447440,1	1144902,2	225,0545
182	448511,42	1144319,6	293,672
183	448480,12	1144342,1	291,003
184	448444,96	1144368,2	289,06

Número Punto	X	Y	Z
185	448431,46	1144374,2	288,249
186	448379,46	1144384,1	285,2242
187	448331,55	1144376,5	282,996
188	448301,86	1144391,5	281,0093
189	448254,13	1144385,7	278,2731
190	448169,92	1144418,2	272,7149
191	448155,91	1144409,8	271,9895
192	448114,13	1144422,3	269,2254
193	448108,24	1144424	268,8363
194	448116,79	1144434	269,1107
195	448082,97	1144431,5	267,3103
196	447994,83	1144458,4	261,7709
197	447962,35	1144469,2	259,6423
198	447951	1144473,1	258,8887
199	447930,38	1144493,1	256,8673
200	447912,35	1144486,6	255,8731
201	447885,58	1144495,7	253,7539
202	447745,97	1144572,3	244,2039
203	447709,82	1144583,1	242,0915
204	447711,38	1144582	242,1974
205	447695,9	1144592,9	241,1461
206	447697,48	1144591,8	241,2507
207	447668,99	1144612,5	239,3628
208	447654,88	1144623,7	238,5
209	447619,75	1144649,8	236,9286
210	447601,9	1144675,9	235,6719
211	447603,6	1144674,8	235,7744
212	447566,64	1144684,1	234,4628
213	447123,43	1144061,1	239,1819
214	447130,06	1144052,5	239,2178
215	447132,27	1144049,7	239,2298
216	447138,6	1144041,5	239,2642
217	447133,59	1144031,7	239,6903
218	447128,97	1144037,6	239,5566
219	447112,3	1144097,2	237,7911
220	447131,62	1144097,4	236,9129
221	447132,8	1144098,1	236,8078

Número Punto	X	Y	Z
222	447128,71	1144107,4	236,2787
223	447151,83	1144110,1	235,1498
224	447164,3	1144086	236,2777
225	447171,07	1144076,4	236,6503
226	447180,82	1144063	237,2286
227	447167,68	1144064	237,2364
228	447165,05	1144067,6	237,1199
229	447165,26	1144118,4	233,9972
230	447176,53	1144125,5	233,0196
231	447171,92	1144134,5	232,7139
232	447197,66	1144157,5	230,2591
233	447211,39	1144158	230,0588
234	447227,51	1144180	228,9448
235	447236,77	1144210,3	227,5882
236	447246,18	1144243,6	226,0464
237	447251,41	1144257,5	225,491
238	447240,02	1144256,2	225,3807
239	447242,58	1144262,3	225,1815
240	447243	1144263,3	225,1504
241	447243,41	1144264,3	225,119
242	447255,69	1144267,4	225,2129
243	447253,23	1144284	224,5754
244	447259,97	1144275,6	225,0597
245	447263,73	1144281,7	224,9884
246	447268,1	1144288,3	224,9369
247	447261,3	1144296,1	224,2864
248	447286,61	1144316,5	225,369
249	447287,51	1144318	225,4736
250	447294,78	1144330,1	226,3181
251	447330,18	1144382,7	230,3393
252	447343,07	1144419,8	231,9485
253	447343,97	1144421,1	232,0495
254	447361,4	1144429,1	233,9248
255	447353,04	1144434,6	233,0767
256	447397,74	1144445,6	236,4014
257	447406,91	1144438,2	236,8978
258	447430,63	1144417,4	238,0132

Número Punto	X	Y	Z
259	447431,47	1144416,6	238,3853
260	447480,06	1144417,1	233,692
261	447486,47	1144422,9	233,6535
262	447472,7	1144378,3	240,5441
263	447468,77	1144368,4	240,4478
264	447476,58	1144361,4	241,0611
265	447494,58	1144358,6	241,3229
266	447490,06	1144348,3	242,1271
267	447490,84	1144346,6	242,2291
268	447492,13	1144337,7	242,5681
269	447503,88	1144324,7	243,5327
270	447505,76	1144310,5	244,1025
271	447507,32	1144298,8	244,5715
272	447498,14	1144291,9	244,2567
273	447502,3	1144262,7	245,379
274	447511,01	1144271,8	245,657
275	447512,98	1144259	246,3978
276	447514,25	1144250,3	246,8024
277	447506,73	1144226,1	247,024
278	447505,5	1144240,5	246,4188
279	447503,26	1144256,4	245,6799
280	447502,99	1144258,2	245,5932
281	447515,95	1144237,5	247,381
282	447516,26	1144234,8	247,4967
283	447516,59	1144228,9	247,7304
284	447517,19	1144218	248,1541
285	447508,43	1144206,8	247,8373
286	447520,67	1144188,7	249,4356
287	447520,83	1144187,1	249,5037
288	447545,15	1144160,7	252,3831
289	447604,96	1144122,2	258,5341
290	447632,34	1144104	261,2877
291	447664,69	1144077	265,3644
292	447672,04	1144070,3	266,3562
293	447668,63	1144059,8	266,5992
294	447677,66	1144051,6	267,7798
295	447684,68	1144045,2	268,6974

Número Punto	X	Y	Z
296	447685,29	1144044,6	268,7775
297	447685,91	1144044,1	268,8581
298	447700,28	1144044,5	270,166
299	447702,05	1144029,6	270,9581
300	447710,59	1144022,1	272,0619
301	447711,48	1144021,3	272,1769
302	447718,22	1144015,2	272,8153
303	447719,46	1144014	272,8641
304	447734,12	1143998,9	273,4504
305	447750,39	1143980,5	274,1105
306	447751,34	1143979,4	274,1491
307	447769,36	1143959,4	274,8698
308	447741,76	1143990,2	273,7604
309	447806,56	1143902,2	276,6244
310	447806,86	1143901,7	276,6379
311	447807,19	1143901,2	276,6531
312	447807,56	1143900,6	276,6701
313	447839,2	1143847,5	278,2766
314	447838,87	1143848,1	278,2594
315	447839,59	1143846,8	278,297
316	447864,17	1143775,9	281,9804
317	447820,79	1143740,7	280,2411
318	447417,11	1143802,5	262,8522
319	447407,62	1143799,7	262,4689
320	447396,99	1143796,5	262,0398
321	447356,01	1143783,6	259,4379
322	447803,74	1143350,5	299,925
323	447796,63	1143342,8	299,4577
324	447798,41	1143341,9	299,6069
325	447769,21	1143348	297,245
326	447743	1143350,7	295,1573
327	447717,12	1143353,3	293,3453
328	447694,47	1143357,3	291,6434
329	447669,66	1143364,4	289,7406
330	447631,09	1143381,4	286,6989
331	447614,97	1143397,7	285,342
332	447612,11	1143398,5	285,1322

Número Punto	X	Y	Z
333	447583,3	1143406,3	283,0424
334	447454,15	1143402,6	274,6779
335	447463,04	1143407,8	269,745
336	447422,24	1143441,2	266,4726
337	447395,05	1143548,8	263,3845
338	447365,55	1143607,2	264,617
339	447428,65	1143606,8	269,8298
340	447533,93	1143625,9	272,7665
341	447560,11	1143629,9	274,4908
342	447558,3	1143629,6	274,4115
343	447564,81	1143630,5	274,6959
344	447598,53	1143646,5	275,7645
345	447638,69	1143644,3	277,8222
346	447686,72	1143662,1	279,1506
347	447690,64	1143652,5	279,5878
348	447708,6	1143655,3	279,4793
349	447709,79	1143655,4	279,4721
350	447742,66	1143661,3	278,9837
351	447782,05	1143668,9	278,0398
352	447784,16	1143669,3	277,9899
353	447797,16	1143671,8	277,8707
354	447797,98	1143672	277,9337
355	447352,04	1143625,4	263,8101
356	447351	1143629,3	263,7209
357	447343,69	1143649,1	263,0898
358	447331,49	1143670,6	262,174
359	447326,86	1143678,1	261,6709
360	447316,99	1143692,8	260,6376
361	447309,29	1143703,8	259,8493
362	447307,68	1143706	259,6858
363	447311,51	1143717,9	259,424
364	447296,74	1143724,3	258,5185
365	447292,18	1143759,3	255,0268
366	447270,55	1143779,3	252,8821
367	447280,51	1143786,3	253,0482
368	447277,07	1143793,6	252,3352
369	447264,39	1143821,5	251,3076

Número Punto	X	Y	Z
370	447254,46	1143837,7	250,4219
371	447256,07	1143836,2	250,5676
372	447244,91	1143846,5	249,5529
373	447245,8	1143845,5	249,6376
374	447237,86	1143853,8	248,8787
375	447236,67	1143855	248,7649
376	447235,53	1143856,2	248,6557
377	447205,22	1143883,2	247,115
378	447161,7	1143907,5	246,2558
379	447141,56	1143915,9	246,0254
380	447131,36	1143919,6	245,934
381	447097,99	1143927,2	244,3039
382	447080,96	1143928,1	243,579
383	447078,35	1143928,2	243,468
384	447049,94	1143929,9	242,2613
385	447028,33	1143931,2	241,652
386	447029,8	1143931,1	241,6816
387	447006,47	1143932,8	241,3068
839	447545,92	1144696,7	232,2041
1238	447474,56	1145055,5	220,8642
1280	447484,23	1145049	220,7566
1281	447425,39	1144994,1	220,7566
1282	447405,94	1144502	232,8773
1283	447395,29	1144483,6	234,118
1284	447365,22	1144434,8	234,392
1285	447364,78	1144434,2	234,3386
1286	447435,73	1144579,1	230,4419
1287	447421,78	1144529,7	231,0027
413	447526,09	1144168,6	250,5758
414	447633,9	1144097,9	261,706
415	447496,03	1144350,5	242,3281
416	447507,63	1144267,4	245,6773
418	447453,79	1144398,3	239,248
419	446808,94	1143421,7	259,6113
420	446864,12	1143278,8	265,5971
421	446796,03	1143729,3	242,3236
422	446763,25	1143565,4	250,061

Número Punto	X	Y	Z
423	446986,56	1143798,2	239,5948
424	446957,8	1143778,1	238,3316
425	447034,99	1143711,4	246,9906
426	446991,96	1143789,7	240,7398
429	447734,68	1143355,5	294,448
430	447718,31	1143354,8	293,413
431	446729,06	1143091,4	269,154
432	447807,66	1143351,3	300,222
433	446781,43	1143124,2	267,4317
434	446749,4	1143102	268,6656
443	447085,78	1143574,8	254,8769
444	447062,65	1143634,4	253,7693
451	447010,14	1143858,6	244,2344
452	447013,21	1143877,2	241,7514
453	447127,2	1143914,8	246,2457
456	447267,31	1143800,1	251,2308
465	447000,88	1143926,8	241,6648
467	447497,29	1143624,9	270,2006
468	447412,07	1143610,3	270,2133
469	447681,03	1143657,1	279,4039
470	447557,54	1143635,6	274,1807
472	447714,66	1143662,2	279,2001
473	447435,94	1143426	267,909
474	447428,05	1143483	262,339
475	447372,27	1143795,1	260,9132
477	447300,45	1143725,8	258,61
478	447475,21	1143827,8	265,0012
481	447371,76	1143585,4	262,38
497	446997,19	1143965,5	239,4346
498	447037,73	1144091	240,5405
500	446884,58	1143979,1	236,237
505	447278,98	1144315,7	223,688
506	447358,95	1144436,3	233,8466
507	447139,62	1144109,5	235,7505
508	447218,7	1144176,3	228,4154
509	447099,48	1144085,1	239,4133
510	447175,99	1144059,5	237,2509

Número Punto	X	Y	Z
511	447056,71	1144059,6	239,021
512	447136,75	1144034,1	239,6206
517	447877,98	1143798,2	280,4568
518	447921,25	1143766,8	282,6
529	447450,81	1144990,6	220,7065
531	447274,23	1145106	215,642
532	447361,48	1145046,6	218,5861
533	447136,62	1145198,5	206,029
534	447313,29	1145158,7	213,306
535	447442,25	1145069,6	223,4559
536	447393,24	1145103,1	219,0216
539	447471,04	1144407,2	233,942
540	447463,24	1144404,9	239,306
541	447596,61	1145019	216,29
542	447607,4	1145067,7	214,64
543	447582,87	1144950,3	219,7949
544	447586,79	1144970	215,5406
545	447494,18	1144595,1	222,337
546	447510,15	1144599,6	223,232
547	447431,56	1144597,9	231,8236
548	447447,64	1144629	228,6787
549	447331,62	1144666,5	224,594
550	447380,8	1144626,2	227,4872
551	447418,74	1144537,3	230,9681
552	447298,51	1144699,9	221,3438
553	447569,28	1144896,2	224,0882
554	447484,81	1145040,9	219,3
555	447496,74	1144871,2	227,7103
556	447557,32	1144830,7	230,4826
557	447544,53	1144753	231,5119
558	447443,43	1144907,2	225,1408
560	447521,81	1144645,2	228,7872
563	448282,11	1144387,7	280,2054
564	448426,23	1144369,7	288,2448
565	448084,89	1144437,2	267,1917
567	447882,53	1144503,1	253,2182
568	447927,22	1144487,9	256,9473

Número Punto	X	Y	Z
575	448496,49	1144287,1	292,437
578	447535,86	1144709,1	231,6966
580	447467,1	1145013,1	221,492
585	447768,32	1144549,1	245,9179
588	447655,69	1144630,7	239,1546
594	447784,53	1143720,9	278,384
595	447769,76	1143967,4	274,8107
596	447796,25	1143931,9	276,0596
597	447670,11	1143876,4	271,0906
598	447729,84	1143931,1	273,7493
599	447587,97	1143862,7	266,2389
600	447624,88	1143840,7	268,741
607	447812,31	1143741,1	280,1474
608	447845,93	1143769,1	282,426
610	447374,63	1144459,6	235,8139
617	447720,44	1144021,4	273,2049
618	447550,64	1143852,7	266,1114
620	447477,06	1143391,1	270,504
621	447558,64	1143407,3	281,333
647	447283,02	1143766,3	254,3933
648	447450,39	1143819,5	264
649	447339,63	1143784,5	257,666
650	447360,58	1143602,1	264,5476
651	447630,47	1143648,9	277,2592
653	447337,36	1143668,8	262,5439
654	447608,34	1143850,6	267,6204
655	447653,76	1143861,2	270,2517
656	447230,81	1143852,4	248,5595
657	447190,81	1143885,3	247,165
658	446811,07	1143170	266,8556
659	446845,63	1143224,4	266,3902
660	446838,81	1143355,4	262,5789
661	446779,34	1143487,1	254,5393
662	446894,04	1143758,5	239,8834
663	447012,22	1143759,8	243,5997
664	447048,88	1143670,4	250,5748
665	447123,09	1143514,4	255,7494

Número Punto	X	Y	Z
666	447006,36	1143846,6	244,1229
667	446937,88	1143971,8	237,1904
670	447011,02	1144013,8	238,6543
671	447195,63	1144149,8	230,5214
672	447246,71	1144261,8	224,8728
673	447322,33	1144381,8	229,7013
674	447420,99	1144420,6	238,0781
675	447448,1	1144395,9	238,7849
676	447485,79	1144361,3	241,5507
677	447517,41	1144180,3	249,4351
678	447438,1	1144619,5	229,5532
679	447469,62	1144620,2	226,3623
680	447479,66	1144606,1	224,2273
681	447519,05	1144624	225,2461
682	448524,68	1144302,7	293,191
683	448511,09	1144312,5	293,685
684	447583,31	1144680,6	235,6066
685	447441,65	1144990,9	220,8151
686	447478,75	1145045,6	220,0135
687	447201,76	1145154	210,4491
688	447318,55	1145076,1	217,1648
689	447346,65	1145135,5	215,7428