

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE
PÉRDIDAS Y GESTIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
DE LA CIUDAD DE PIURA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. LUIS CAMA TICONA

Bach. EDWY GEORGE HUANCA HUARICALLO

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**PROPUESTA TECNICA PARA EL “MODELAMIENTO
HIDRÁULICO PARA EL CONTROL DE PÉRDIDAS Y GESTIÓN
DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE
PIURA”**

Tesis sustentada y aprobada el 18 de junio de 2022; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : Mag. YVAN MANUEL AROSQUIPA NINA

VOCAL : Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO

ASESOR : Mtro. JIMMI YURY SILVA CHARAJA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros Luis Cama Ticona y Edwy George Huanca Huaricallo, en calidad de bachilleres en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI N° 43723808 y N° 40654171 respectivamente.

Declaramos bajo juramento que:

Somos autores de la tesis titulada: *“Modelamiento Hidráulico para el control de pérdidas y gestión del sistema de agua potable de la ciudad de Piura”*, la misma que presento para optar: *el Título Profesional de Ingeniería Civil*

1. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
2. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de tesis, libro y/o invento

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 14 de febrero del 2022



Bach. Luis Cama Ticona
DNI: 43723808



Bach. Edwy George Huanca
Huaricallo
DNI: 40654171

DEDICATORIA

A Dios por iluminar mi camino por el bien, a mi familia por su amor y sacrificio por darme todo para seguir adelante, gracias a ellos y en especial a mi mamá Vicenta, mi hermana Elvira y mi hermano Robert, gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí.

A mis compañeros de la universidad con quienes compartí estos años de estudio y que fueron de gran ayuda para cumplir mis metas y objetivos. En especial a aquellos que me tuvieron paciencia y compartieron sus conocimientos.

Bach. Luis Cama Ticona

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está principalmente dedicado a Dios para que nos de la fortaleza para continuar el proceso y lograr nuestros anhelados emprendimientos luego de culminar nuestra carrera. Gracias a nuestra familia por todo su amor, trabajo y sacrificios a lo largo de los años para llevarnos a donde estamos hoy. Es su orgullo y honor ser su hijo y son los mejores padres. Gracias a nuestros amigos que han estado ahí para acompañarnos y gracias por su apoyo moral durante esta etapa de nuestras vidas. A todos los que nos apoyan y hacen que nuestro trabajo sea exitoso, en especial a los que nos abren sus puertas y comparten sus conocimientos.

Bach. Edwy George Huanca Huaricallo

AGRADECIMIENTO

Damos gracias a Dios por darnos la vida para guiarnos a lo largo de nuestra existencia, para ser un apoyo y fortaleza en estos momentos de angustia y debilidad. Gracias a nuestros padres quienes fueron los principales impulsores de nuestras aspiraciones, quienes creyeron en nuestras decisiones y por los consejos y principios que nos inculcaron.

Agradecemos especialmente al Mtro. Jimmi Silva Charaja, nuestro asesor de proyectos de investigación, nos guió con paciencia y sabiduría.

Bach. Luis Cama Ticona

Bach. Edwy George Huanca Huaricallo

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problemas Específicos	4
1.3. Justificación e importancia	4
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis General	6
1.5.2. Hipótesis específica:.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes del estudio	7
2.1.1. En el Ámbito Nacional	7
2.1.2. En el Ámbito Internacional.....	8
2.2. Bases teóricas.....	9
2.3. Definición de los Términos	34
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Tipo y Nivel de la investigación	37
3.1.1. Tipo de investigación.....	37
3.1.2. Diseño de investigación.....	37
3.2. Población y/o Muestra de Estudio	37
3.2.1. Población de estudio	37
3.2.2. Muestra de Estudio.....	38
3.3. Operacionalización de variables.....	39

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	41
3.4.1. Técnicas para la recolección de datos.....	41
3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos.....	44
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos	45
3.5.1. Generalidades	45
3.5.2. Objetivos, metodología y organización del trabajo.....	50
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	90
4.1. Escenario 1a: Sistema existente, PTAP 100 %	90
4.2. Escenario 1b: Sistema existente, PTAP 50 %	92
4.3. Escenario 1c: Sistema existente, PTAP parada.....	93
4.4. Escenario 2a: Sistema existente, mejora red/sectorización	94
4.5. Sectorización.....	94
4.6. Escenario 2b: Sistema existente, mejora red/sectorización,	96
4.7. Escenario 2c: Sistema existente, mejora red/sectorización	97
4.8. Escenario 3a: Ampliación PTAP, renovación red, PTAP 100 %	98
4.9. Escenario 3b: Ampliación PTAP, renovación red, PTAP 50 %	99
4.10. Escenario 3c: Ampliación PTAP, renovación red.....	100
4.11. Escenario 4a: Ampliación PTAP, renovación red	100
4.12. Escenario 4b: Ampliación PTAP, renovación red	101
4.13. Escenario 4c: Ampliación PTAP, renovación red.....	102
4.14. Análisis e interpretación	102
4.15. Identificación de tramos con diámetro inadecuado.....	102
4.16. Efecto de la sectorización	103
4.17. Fase 01 Situación inicial (Ptap 560 l/s):.....	104
4.18. Fase 02 Macro sectorización (Ptap. 560l/s):.....	104
4.19. Fase 03 Sub sectorización (Ptap. 1935 l/s):	105
4.20. Vulnerabilidad del sistema tras la ampliación	105
4.21. Análisis de pérdidas	107
CAPITULO V: DISCUSION.....	109
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelo Físico y Modelo Numérico	12
Tabla 2. Estudio Hidráulico y distribución de caudales por sectores	38
Tabla 3. Redes de Agua Potable modeladas en el Software WaterGEMS v8i	38
Tabla 4. Operacionalización de variables	39
Tabla 5. Datos generales EPS GRAU S.A.	47
Tabla 6. Sectores, conexiones y habitantes.....	48
Tabla 7. Estudio Hidráulico	48
Tabla 8. Tuberías de conducción.....	56
Tabla 9. Lista de reservorios.....	57
Tabla 10. Reservorios existentes conectados a la PTAP Curumuy (escenario 1 y 2)	58
Tabla 11. Reservorios proyectados (escenario 3).....	59
Tabla 12. Reservorios (escenario 4)	60
Tabla 13. Reservorios Sector 01.....	64
Tabla 14. Reservorios Sector 02.....	65
Tabla 15. Reservorios Sector 03.....	66
Tabla 16. Reservorios Sector 04.....	67
Tabla 17. Reservorios Sector 05.....	68
Tabla 18. Reservorios Sector 06.....	69
Tabla 19. Reservorios Sector 07.....	70
Tabla 20. Reservorios Sector 08.....	71
Tabla 21. Pozos operativos	71
Tabla 22. Demanda de agua en los años 2019-2021	76
Tabla 23. Valores principales demanda de agua actual	76
Tabla 24. Proyección de la demanda de agua para el año 20 (escenarios 3 y 4)....	77
Tabla 25. Valores principales demanda de agua año 20.....	78
Tabla 26. Multiplicador de la demanda a lo largo del día	79
Tabla 27. Calibración del modelo hidráulico.....	80
Tabla 28. Escenarios considerados	82
Tabla 29. Características técnicas e hidráulicas de los escenarios considerados ...	83
Tabla 30. Demanda, producción y caudal suministrado	90
Tabla 31. Posible efecto de medidas de ahorro de agua.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Abastecimiento de agua potable mediante tanque cisternas.....	3
Figura 2. Red de distribución abierta o ramificada	16
Figura 3 . Red de distribución abierta ramificada	17
Figura 4 . Válvula reductora de presiones con sus respectivas válvulas compuertas	18
Figura 5. Tipos de válvulas	19
Figura 6. Símbolo y cuadro desplegable de datos de tanque.....	26
Figura 7. Símbolo y cuadro desplegable para un reservorio	27
Figura 8. Símbolo y menú de configuración de bomba	28
Figura 9. Símbolo y cuadro desplegable de una válvula VRP.....	29
Figura 10. Símbolo de nudo de red (J) junto con su cuadro desplegable de datos .	30
Figura 11. Símbolo de tuberías (P) junto con el cuadro desplegable de datos.....	31
Figura 12. Curva característica de la bomba.....	32
Figura 13. Redes de agua potable modeladas en el software WaterGEMS v8i	39
Figura 14. Distribución de los trabajos a realizarse.....	44
Figura 15. Ámbito de la EPS GRAU S.A.	46
Figura 16. Fases del modelamiento hidráulico.....	52
Figura 17. Topografía de la zona de estudio.....	53
Figura 18. Perfil topológico de la ciudad de Piura	53
Figura 19. Ubicación de la planta de tratamiento	54
Figura 20. Imagen de la planta de tratamiento.....	55
Figura 21. Representación gráfica de las conducciones	56
Figura 22. Representación gráfica de los reservorios en el modelo	61
Figura 23. Representación gráfica de las válvulas en el modelo.....	61
Figura 24. Sectorización del sistema de distribución.....	62
Figura 25. Definición de 32 subsectores (escenarios 3 y 4).....	63
Figura 26. Representación gráfica Sector 01	63
Figura 27. Representación gráfica Sector 02	64
Figura 28. Representación gráfica Sector 03	65
Figura 29. Representación gráfica Sector 04	66
Figura 30. Representación gráfica Sector 05	67
Figura 31. Representación gráfica Sector 06	68
Figura 32. Representación gráfica Sector 07	69
Figura 33. Representación gráfica Sector 08	70
Figura 34. Representación gráfica de los pozos en el modelo	72

Figura 35. Determinación de tipos de usuarios (Sector 01).....	73
Figura 36. Determinación de la dotación (Sector 02)	74
Figura 37. Asignación de usuarios al modelo hidráulico.....	74
Figura 38. Asignación de usuarios a tuberías o nodos.....	75
Figura 39. Variación de la demanda a lo largo del día	78
Figura 40. Calibración del modelo hidráulico	81
Figura 41. Escenario 1 - Línea Curumuy y líneas de impulsión.....	86
Figura 42. Escenario 2 - Tuberías renovadas	87
Figura 43. Representación de tuberías escenario 3.....	88
Figura 44. Representación de tuberías escenario 4.....	88
Figura 45. Sectorización escenarios 3 y 4 (32 subsectores)	89
Figura 46. Escenario 1a - Presiones	91
Figura 47. Perfil altura de presión línea Curumuy	92
Figura 48. Escenario 1b - Presiones	92
Figura 49. Escenario 1c - Presiones	93
Figura 50. Escenario 2a - Presiones	94
Figura 51. Mejora de la calidad del servicio Escenario 2a - Escenario 1a.....	95
Figura 52. Escenario 2a - Disminución de la pérdida de carga	96
Figura 53. Escenario 2a - Delimitación zona alimentada por el reservorio Buenos Aires	96
Figura 54. Escenario 2b – Presiones	97
Figura 55. Escenario 2c – Presiones	98
Figura 56. Escenario 3a – Presiones	99
Figura 57. Escenario 3b – Presiones	99
Figura 58. Escenario 3c - Presiones	100
Figura 59. Escenario 4a - Presiones	101
Figura 60. Escenario 4b – Presiones	101
Figura 61. Escenario 4c – Presiones	102
Figura 62. Sectorización idealizada sobre un sistema existente	104
Figura 63. Sectorización idealizada sobre un sistema existente	105
Figura 64. Sectorización idealizada sobre un sistema existente	106
Figura 65. Sectorización idealizada sobre un sistema existente	106
Figura 66. Sectorización idealizada sobre un sistema existente	107
Figura 67. Efecto de una reducción del ANF sobre la presión.....	107

RESUMEN

La tesis “Modelamiento hidráulico para el control de pérdidas y gestión del sistema de agua potable de la ciudad de Piura”, según el informe de estudio para optar al Título de Ingeniero Civil de la Universidad Privada de Tacna. El propósito de este estudio es un modelamiento hidráulico de la línea de conducción de agua potable de la ciudad de Piura, a fin de evaluar el comportamiento hidráulico de esta, y determinar alternativas de solución ante su problemática descrita en este informe, la cual radica principalmente en las reincidentes roturas en distintos tramos de la tubería. La investigación utiliza un enfoque descriptivo, diseño in situ (cuantitativo y cualitativo), utilizando observaciones y cálculo matemático de resultados, y sus instrumentos son materiales medidos. El estudio concluyó que, para optimizar el desempeño de la tubería de agua potable de Cata Catas, es necesario realizar mejoras físicas a partir de la instalación de válvulas de aire en tramos críticos de esta tubería.

Palabras claves: Pérdidas, modelación hidráulica, presión estática, presión dinámica, válvula de aire, caudal promedio, macro medición, sifón.

ABSTRACT

The thesis "Hydraulic modeling for the control of losses and management of the drinking water system of the city of Piura", corresponds to a research report to opt for the title of Civil Engineer from the Private University of Tacna. The objective of the research is to carry out a hydraulic modeling of the drinking water pipeline tastings, in order to evaluate its hydraulic behavior, and determine alternative solutions to the problem described in this report, which mainly lies in the repeated breaks in different sections of the pipeline. The study applied a descriptive methodology, field design (quantitative and qualitative), using observation and mathematical calculation of results, whose instrument was the measurement material. The research concludes that, in order to optimize the operation of the drinking water pipeline tastings, it is necessary to carry out physical improvements from the installation of air valves in critical sections of this pipeline.

Key words: Losses, hydraulic modeling, static pressure, dynamic pressure, air valve, average flow, macro measurement, siphon.

INTRODUCCIÓN

El modelamiento hidráulico es una herramienta esencial para la planificación y gestión de las redes de abastecimiento de agua. Permite analizar el comportamiento de un sistema en distintas situaciones (actuales y futuras) y conocer su comportamiento ante eventuales fallos o situaciones de emergencia. Asimismo, permite evaluar el efecto de posibles medidas de mejora sobre el funcionamiento y la robustez del sistema. Es, por tanto, una herramienta elemental para planificar medidas y optimizar el funcionamiento de un sistema, contribuyendo así a mejorar la calidad del servicio, el aprovechamiento de los recursos hídricos y la resiliencia ante situaciones de emergencia. El modelamiento es especialmente apropiado para la planificación de medidas de ampliación y mejora, así como para la localización de pérdidas y la implementación de programas de reducción del agua no facturada (ANF).

En el caso de Piura, el modelo hidráulico del sistema de abastecimiento servirá también para desarrollar un método que tiene como objetivo evaluar la seguridad de abastecimiento e identificar medidas que permitirán reforzar la resiliencia ante los posibles efectos del cambio climático.

Este estudio ha sido realizado elaborado en estrecha colaboración con diversos departamentos de la EPS Grau bajo la supervisión de la Gerencia General.

Se ha llevado a cabo con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza – SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto PROAGUA II.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Según el último informe presentado por la EPS GRAU S.A. de la ciudad de Piura, sólo se consume el 47,17 % del 100 % producido, es decir, llega al usuario, mientras que en promedio el 52,83 % son pérdidas, principalmente por fallas operativas y comerciales en los sistemas de distribución; fugas de agua, conexiones clandestinas, uso indebido de recursos por parte de los vecinos, errores de medición, etc.

Hasta el momento, el porcentaje de pérdidas de agua ha oscilado entre el 50-60 %, según las empresas gestoras del servicio, por lo que es muy grave tomar medidas no solo para retirar las aguas residuales, sino también para ponerlas en peligro. Operación normal de la red de distribución de agua después de la continuidad y servicio, ya que estas actividades pueden dañar la estructura de la red de distribución de agua, reducir el desempeño de su diseño y comprometer la calidad de la distribución de agua por cualquier tipo de contaminación.

Además, hay que aclarar que el Reglamento Nacional de Edificación (R.N.E) no especifica un valor de referencia para el agua no facturable, por lo que muchas veces se ignora en los proyectos de urbanización de edificios para instalaciones de abastecimiento de agua potable que superan el tiempo extraordinario, este factor es la causa de muchas deficiencias operativas y comerciales.

Por tanto, el desconocimiento del comportamiento hidráulico del sistema, ante las consignas de operación ejecutadas, ocasiona respuestas deficientes ante situaciones críticas que afectan el abastecimiento de agua potable.

Por ejemplo, en tiempos de avenidas e intensas lluvias se generan fenómenos atípicos que elevan los niveles de turbidez en las fuentes de captación originando esto un déficit de producción, sumando a esto las pérdidas de agua y el desconocimiento del comportamiento del sistema hidráulico, se obtiene como respuesta un escenario crítico de desabastecimiento de agua potable en la localidad de Piura como se puede apreciar en la figura 1, afectando directamente a la población servida (484,475 habitantes, fuente INEI 2017), razón por la cual se debería evaluar

una medida que permita evaluar el comportamiento actual del sistema, Mejorar la planificación, gestión y operación del sistema de agua potable.

Figura 1

Abastecimiento de agua potable mediante tanque cisternas



Nota. En la siguiente figura se muestra la necesidad de agua potable de la población de Piura después del fenómeno del niño costero. Fuente Diario Regional de Piura.

Periódicamente en la región de Piura se registran precipitaciones muy intensas, como por ejemplo en el año 2017 cuando el Fenómeno de El Niño Costero (FENC 2017) produjo fuertes lluvias que afectaron a miles de personas y causaron daños a viviendas, carreteras, líneas de transmisión eléctrica, líneas telefónicas, y obras de infraestructura vial, entre otros, principalmente por el desborde de ríos y la activación de quebradas que suelen permanecer secas la mayor parte del tiempo. También, varios componentes del sistema de abastecimiento de agua potable de Piura colapsaron, la PTAP Curumuy paralizó su operación del 5 al 22 de marzo debido a la elevada turbidez del agua procedente de su captación, lo que ocasionó la interrupción del abastecimiento a la ciudad e intensificó el estado de emergencia. Las localidades del ámbito de la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau Sociedad Anónima (EPS GRAU S.A.) que sufrieron mayores daños en sus sistemas de abastecimiento por lluvias intensas, así como el impacto de inundación del río Piura, fueron Piura, Castilla, 26 de octubre.

Los acontecimientos mencionados demuestran que a pesar de tener una fuente de suministro importante proveniente de la represa de Poechos y el canal Daniel Escobar que aporta un gran caudal a la planta de tratamiento Curumuy, el sistema de abastecimiento está sujeto a posibles fallos, como el ocurrido en marzo de 2017. Por ello es necesario evaluar posibles respuestas a situaciones críticas y tomar

medidas que permitan mitigar los efectos provocados por el desabastecimiento de agua potable.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de realizar un modelamiento hidráulico para el control de pérdidas y la gestión del sistema de agua potable ante situaciones de desabastecimiento?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuál es el efecto de las pérdidas en el sistema de agua potable de la ciudad de Piura?
- b. ¿Cuál es el efecto de realizar el modelamiento hidráulico para el control de pérdidas de agua potable?
- c. ¿Cuál es el efecto de gestionar el sistema de agua potable ante situaciones críticas de desabastecimiento?

1.3. Justificación e importancia

El problema del abastecimiento de agua potable atrae cada día más la atención de científicos, tecnólogos, políticos y todos los ciudadanos del país.

Cada vez es más necesario lograr un equilibrio hidrológico para dotar a la población de una cantidad suficiente de agua potable, lo que se logrará haciendo un uso eficiente del agua para equilibrar la disponibilidad natural con la extracción del recurso.

Perú es un país rico en recursos naturales y la gente obtiene su agua de fuentes como ríos, arroyos y acuíferos. Estos acuíferos se recargan naturalmente durante la temporada de lluvias. Sin embargo, la temporada de lluvias dura un promedio de cuatro meses, lo que resulta en áreas de captación de agua bajas.

Además, alrededor del 70 por ciento del total de agua de lluvia recolectada se evapora.

En este contexto, el Perú enfrenta actualmente serios problemas de abastecimiento de agua, desperdicio y contaminación. Parte de este problema está relacionado con la construcción de infraestructura hidráulica, que permita abastecer de agua a diversos sectores de la población: agricultura, industria, viviendas y servicios y generación de electricidad, etc.

Sin embargo, existen importantes diferencias territoriales desfavorables.

La parte sur del país consiste en áreas secas, y la función de las represas es recolectar agua para actividades agrícolas. En la zona húmeda del sur del país, las represas almacenan agua para la generación de energía y el control de inundaciones.

El caso particular de la Ciudad de Piura

Surge la necesidad de controlar las pérdidas y dar soluciones a las contingencias de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Piura, ya que actualmente el alto índice de pérdidas (52.83%) y el desconocimiento del comportamiento hidráulico de este, genera respuestas deficientes ante situaciones críticas de desabastecimiento.

Por otro lado, estas respuestas deficientes impactan directamente en la población de la ciudad de Piura, generando serios problemas de déficit hídrico en el consumo de agua potable.

Además, de afectar esto directamente a la empresa prestadora de servicios EPS GRAU S.A, al tener que incrementar sus recursos económicos para el incremento de la producción del agua potable, para así, satisfacer la demanda de la población.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar un modelamiento hidráulico, para el control de pérdidas y una gestión eficiente del sistema de agua potable ante situaciones críticas de desabastecimiento.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Evaluar el efecto de las pérdidas de agua en el sistema de agua potable de la ciudad de Piura
- b. Evaluar el efecto del modelamiento hidráulico para el control de pérdidas del sistema de agua potable de la ciudad de Piura.
- c. Evaluar el efecto del comportamiento del sistema hidráulico de la ciudad de Piura, en un periodo de 72 horas y plantear alternativas eficientes ante, situaciones críticas de desabastecimiento.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La implementación del modelamiento hidráulico lograra controlar las pérdidas en la red, partiendo de una gestión eficiente de la infraestructura además de evaluar situaciones y proponer mejoras en el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Piura.

1.5.2. Hipótesis específica:

- a. Las pérdidas de agua potable, afectan una adecuada distribución del servicio.
- b. Se controlarán las pérdidas de agua a partir de la evaluación hidráulica del sistema y las mejoras operativas en este.
- c. La gestión de la infraestructura hidráulica, y el planteamiento de respuestas efectivas ante eventos críticos de desabastecimiento, dan como resultado un sistema hidráulico eficiente y una mejora de calidad de servicio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. *En el Ámbito Nacional*

Gutierrez (2019), en su Tesis: “Modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la etapa I del proyecto San Antonio de Mala – Distrito de Mala”, el modelado del sistema de abastecimiento de agua potable se realiza mediante el software Watercad, el cual incide directamente en el diseño de la red de distribución de agua, debido a que en este software se simulan varios modelos y se puede obtener el modelo más adecuado que corresponde a la velocidad y requerimientos de presión. Las mediciones topográficas tienen un impacto directo en el modelado de los suministros de agua potable, ya que los contornos (niveles) se ingresan antes de que comience el modelado, lo que afecta todo el modelado. La formulación del modelo incide directamente en el modelado del sistema de abastecimiento de agua potable, ya que en el software Watercad se generan diferentes modelos hasta obtener un modelo que cumple con los requisitos de la norma OS.50, como caudales mayores de 0,6 a 3,0 m/s y 10 mh₂O a 50 mh₂O de presión.

Valenzuela (2019) en su Tesis: “Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en la localidad de Paucartambo - Cusco”, de mantenerse las características de la red actual, una nueva red de abastecimiento de agua basada en la R.N.E. proyecto, no será suficiente en términos de concesión, ya que la población de Paucartambo tiene una demanda de agua significativamente superior a los caudales que la captación puede recibir durante todo el período del proyecto, incluso teniendo en cuenta Hasta la ejecución del proyecto de mejora del ducto de Huankapampa, que es el punto de inflexión en 2022, la red seguirá teniendo fallas de servicio y continuidad cada vez más graves. Además, se ha observado que, aunque la estructura de la nueva red se pueda adaptar y financiar según la normativa existente, el agua no será suficiente para su correcto funcionamiento y supondrá una amenaza directa para la cuenca y su entorno. Una correcta zonificación promueve un mejor control del servicio y continuidad en el área de influencia de la red, ya que las evaluaciones pueden ser más detalladas, precisas y rápidas, cubriendo un espacio menor, ayudando a detectar fallas y sus respectivas soluciones. En menos tiempo Se puede reducir el suministro actual (302,38 l/hab/día) a un parámetro más

compatible con R.N.E (180 l/hab) implementando planes y actuaciones para hacer frente al Agua No Facturada (ANF) en red/día. , lo que supone una reducción del porcentaje actual de ANF del 68 % al 40,47 % aproximadamente. Ambos escenarios futuros muestran un comportamiento adecuado en términos de continuidad y servicio, ya que cumplen con los parámetros propuestos en el Reglamento Nacional de Edificación (R.N.E.), como la presión en los nudos (máximo 50 m.c.a. y mínimo 10 m.c.a.). garantizar el suministro completo de agua las 24 horas del día. Sin embargo, el escenario de análisis ANF es más eficiente que otros porque proporciona el mismo efecto utilizando elementos de menor volumen, diámetro, material y resistencia.

2.1.2. En el Ámbito Internacional

Gamboa (2020), en su Tesis: “Elaboración del modelo hidráulico para la red de distribución de agua potable de Funza Cundinamarca”, utilizando el software. La prueba digital del modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable en Funza, provincia de Cundinamarca mediante el software EPANET, brinda información de diversas variables que se pueden presentar para generar un modelo que optimice la gestión adecuada de la red. Considerando su desventaja y los beneficios que puede traer para el abastecimiento de agua municipal, se determina lo siguiente: la cobertura de la población actual del municipio es óptima, los requerimientos estatales para sus servicios físicos y las normas adoptadas por el suministrador para tal fin, esto se debe a que la ciudad tiene un 100 % de cobertura tanto en la zona rural como urbana en cuanto a industrias en la ciudad. La red de distribución actual de la ciudad cubre solo el 5.37 % de su área, con planes de ampliar cerca del 4 % del área de la ciudad, que será para uso doméstico e industrial, y así lo indica el actual POT de Funza, que establece que la Actualmente, la red no puede incluir estos proyectos de expansión, por lo que la adición de otra estación de bombeo es muy adecuada. En cuanto a los sistemas de bombeo actuales, son adecuados y razonables para asegurar el servicio oportuno de agua potable en todos los casos. donde la información real sobre el funcionamiento actual de las válvulas del sistema no está disponible. La presión es bastante constante en toda esta parte del sistema, a excepción de la tubería del nuevo almacenamiento (pozo de extracción de agua subterránea) que tiene una presión muy alta, por lo que debe probarse y actualizarse para usar un diámetro mayor para esa parte del sistema. . Grande en un tubo.

Martínez (2010), en su Tesis: “Diseño de la red de distribución de agua potable para la aldea Yolwitz del municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango”, Al

introducir servicios de agua potable, se promoverá el desarrollo socioeconómico de la ciudad, ya que los hogares ya no tendrán que traer agua potable desde áreas remotas. También podrán instalar sistemas de riego eficientes para sus cultivos, lo que mejorará en gran medida su calidad de vida. El costo real de dotar de agua potable a los hogares está cubierto no solo por la cuota mensual de 10.00 Quetzales que debe pagar el usuario, sino que también incluirá el costo de la inversión inicial utilizada para construir el proyecto, que asciende a Q305,000,00 que no está cubierto por el usuario. Comprender los costos reales para los usuarios aumentará la conciencia sobre el uso de los servicios de agua. Los resultados del estudio socioeconómico muestran que el proyecto no será rentable financieramente, ya que los ingresos por cuotas mensuales de los usuarios. Por lo tanto, la naturaleza del proyecto, que brinda un beneficio único a la población, no es suficiente para cubrir la inversión inicial de 305,000,000,000 en su construcción.

2.2. Bases teóricas

En el siguiente se describirán algunos conceptos básicos para comprender mejor el tema de investigación.

2.2.1. Velocidad

La máxima velocidad es de 3 m/s. Si está justificado, la máxima velocidad admisible es de 5 m/s (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

2.2.2. Presiones

La presión estática en cualquier punto de la red de tuberías no será superior a 50 m. En la condición de consumo horario máximo, la presión dinámica no deberá ser inferior a 10 m. Para el suministro de agua de piscina, la presión mínima a la salida de la piscina es de 3,50 m (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

2.2.3. Presión Hidrostática

Es la fuerza vertical ejercida por un líquido estacionario sobre las paredes del recipiente lo que lo mantiene en su lugar. Depende únicamente de su densidad, peso y altura (Hiru.Eus, 2019).

La fórmula para hallarla es la siguiente:

$$P = \rho * g * h \quad (1)$$

Donde:

ρ : densidad del fluido

g : gravedad

h : altura

2.2.4. Caudal

El caudal se puede definir como la cantidad de fluido (en este caso agua) que circula por una pieza, que puede ser una tubería, un canal, etc. unidad de tiempo.

Asimismo, podemos referirnos al flujo como el volumen que pasa por un área por unidad de tiempo. Depende de varios factores como la temporada, la ubicación, el clima, las condiciones del río, la vegetación, etc. (Fibras y normas de Colombia, 2004 - 2019).

2.2.5. Demanda hídrica

La demanda de agua es la cantidad de agua utilizada o consumida por varios sectores de la economía y la población. (Siac, S.F.).

El valor de la demanda se ve afectado por varios factores, como las costumbres del área, la ubicación, la demografía, el clima, etc. En el Código Nacional de la Edificación (RNE) se dan pautas de valores recomendados para diferentes situaciones (Hiru.Eus, 2019).

2.2.6. Oferta hídrica

Según CORPONARIÑO (s.f.), el abastecimiento de agua es la cantidad de agua que puede utilizarse para satisfacer las necesidades derivadas de la actividad económica y social de las personas. Variables como caudales existentes, fiabilidad y extensión de series históricas, etc., deben conocerse para evaluar el abastecimiento de agua (Hiru.Eus, 2019).

2.2.7. RNE

El Reglamento Nacional de Edificación (RNE) tiene por objeto regular las normas de diseño y funcionamiento y los requisitos mínimos para diversas ciudades y proyectos de construcción en el país (Synixtor, 2016). Fue elaborado y actualizado por un comité integrado por representantes de varios departamentos gubernamentales y asesores destacados, luego sometido a consulta pública y finalmente aprobado por el Ministerio de Vivienda y Construcción y el Ministerio de Salud. (Sencico, 2016).

2.2.8. Modelos de simulación de redes hidráulicas

Un modelo es una representación física abstracta de un sistema o estructura utilizada para analizar, modelar, describir y estudiar fenómenos o procesos.

Dicho esto, se puede decir que un modelo hidráulico es una representación de una estructura hidráulica para predecir el comportamiento de los fluidos que circulan en un sistema. Por lo tanto, los fenómenos físicos se pueden describir utilizando las variables de modelos matemáticos basados en suposiciones y relaciones, que en la mayoría de los casos no se pueden resolver mediante ecuaciones, sino mediante aproximaciones computacionales. (Instituto de Ingeniería de Antioquía, 2002).

La simulación de los sistemas de distribución de agua se conoce como SDA, la cual consiste en ajustar los parámetros físicos de los elementos y la demanda nodal (Walski, 2003). Los modelos de simulación se clasifican en 2 grupos:

2.2.8.1. Modelo físico

Es la representación física de un fenómeno que ocurre u ocurriría en una obra hidráulica con el fin de observarlos, controlarlos y analizarlos, para de esta forma, dar validez al diseño y, en lo posible, dar soluciones para un futuro rediseño según sea el caso. (Ríos, 2014, p.37).

2.2.8.2. Modelo matemático

El autor Ramírez (2016) lo define como un sistema donde todos los comportamientos u opciones se pueden simular por medio de ecuaciones matemáticas cuyas variables están previamente establecidas de acuerdo a lo que se quiere contemplar. Te permiten obtener resultados en base a experiencias anteriores o a estadística, en la tabla 1 se aprecia los modelos físico y numérico.

Tabla 1

Modelo Físico y Modelo Numérico

Modelo Físico	Modelo Numérico
Tamaño del modelo (espacio en el laboratorio).	Capacidad de almacenamiento en la memoria del computador.
Caudal de bombeo.	Velocidad de cálculo.
Carga hidráulica (capacidad de bombeo).	Conjunto incompleto de ecuaciones.
Leyes de Similitud.	Hipótesis de turbulencias.
Escala mínima del modelo.	En ecuación de simplificación: - Exactitud de relaciones supuestas. - Disponibilidad de coeficientes.
Método de medida y recolección de datos.	Estabilidad numérica, convergencia del cálculo numérico.

Nota. En la siguiente tabla se muestra las características del Modelo Físico y Modelo Numérico. Fuente propia.

2.2.9. Ecuaciones fundamentales en las redes de distribución de agua

Las ecuaciones fundamentales están basadas en los principios de conservación de masa y energía. No obstante, es necesario conocer las hipótesis

que se tomaron en cuenta para la deducción de estas ecuaciones las cuales consideran, por ejemplo, que tanto el material, la sección transversal y espesor son uniformes a lo largo de la misma (Cabera, García-Serra y Martínez, 1996). Las hipótesis antes mencionadas son:

2.2.9.1. Hipótesis con respecto al flujo

Si el conducto muestra simetría en su sección transversal, solo se considera la componente de la velocidad en la dirección del eje de la tubería. Distribución uniforme de la velocidad y de presión en todas las secciones transversales al eje del conducto.

En este caso se considera un fluido incompresible, homogéneo y newtoniano (satisface la ley de viscosidad de Newton).

2.2.10. Ecuación de conservación de la masa

Esta ecuación describe el cambio de masa a lo largo del tiempo en un volumen de control dado. De acuerdo con este principio, la masa de fluido que ingresa a la tubería es igual a la masa que sale de la tubería. Hay dos métodos de análisis: la diferenciación y la integración. El primero ayuda a calcular el valor de cualquier propiedad en un punto del sistema, por ejemplo, la velocidad local de un fluido; mientras que el otro puede calcular el valor medio de una propiedad, como la velocidad media de un tramo (Cabera, García-Serra y Martínez, 1996).

$$\sum_{i=n^{\circ}, tuberias} Qi - U - \frac{ds}{dt} = 0 \quad (2)$$

Donde:

Qi = Caudal de agua que entra al nodo [L³/T]

U = Agua usada en el nodo [L³/T]

dS/dt = cambio en el almacenamiento [L³/T]

La ecuación es aplicada a todos los nodos y a los elementos de almacenaje como son los tanques en la red.

2.2.11. Ecuación de energía

La ecuación que da lugar a este principio es la ecuación de Bernoulli. El comportamiento que se observa aquí es que cuando se estrecha la trayectoria del flujo, la presión en el fluido disminuye, lo que hace que aumente la energía cinética, pero a expensas de la energía de la presión (Cabera, García-Serra y Martínez, 1996).

La ecuación se utiliza entre 2 puntos y también tiene en cuenta las pérdidas sufridas en el camino, como las pérdidas por fricción.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 + k \quad (3)$$

Dónde:

γ : peso específico KN/m³

α_1 y α_2 : factores de corrección de la energía cinética

g ; aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Z_1 y Z_2 : altura de elevación sobre el plano de referencia (m).

kL : pérdida de carga (m).

2.2.12. Sistemas de abastecimiento de agua

Según la información facilitada por el Gobierno de Aragón (s.f.), el sistema de abastecimiento de agua se puede entregar a los usuarios en las mejores condiciones sanitarias y de servicio. Consta de varias partes, las cuales se detallan a continuación:

2.2.13. Captación

Es el punto de partida para el sistema de suministro de agua, donde se toma el agua. Esto debería asegurar el máximo tráfico diario.

La calidad del suministro de agua debe cumplir con los estándares establecidos por los actos reglamentarios emitidos por el Ministerio de Vivienda y Agricultura. (Vieren del, 2009, p. 6).

2.2.14. Tipos de fuentes de captación

Se clasifican en 2 tipos según Hiru.Eus, 2019.

- **Aguas superficiales:**
 - ✓ Ríos.
 - ✓ Lagos.
 - ✓ Embalses.
- **Aguas subterráneas:**
 - ✓ Pozos profundos.
 - ✓ Pozos excavados.
 - ✓ Galerías filtrantes.
 - ✓ Manantiales.

2.2.15. Obras de conducción

La ingeniería de tuberías es el proceso de transporte de agua desde una fuente de drenaje hasta una planta de tratamiento o depósito.

Debe estar diseñado de tal manera que proporcione un tráfico de acuerdo con las necesidades máximas anuales y diarias.

Hay dos tipos de ingeniería de tuberías: por gravedad (ductos) y por presión (tuberías) (Vieren del, 2009, p. 6).

2.2.16. Obras de regulación

Como su nombre indica, su función es regular o compensar cambios de consumo durante el día (regulación V), mantener la presión de trabajo y proporcionar almacenamiento para situaciones atípicas como accidentes de incendio, fallo de bombas, etc.

La capacidad del tanque se obtiene estudiando la curva de masa. Si esta información no está disponible, el 25 % del flujo promedio se usa como potencia de aceleración. Dependiendo de la población, el área de estudio incluirá la cantidad de reserva y la cantidad de protección contra incendios (Vieren del, 2009, p. 49).

2.2.17. Sistema de distribución

Un sistema o red de distribución será la estructura a través de la cual se transporta el agua desde un embalse o instalación hasta los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial, etc.

La red deberá estar diseñada para las siguientes capacidades:

- Deberá soportar el caudal máximo horario anual.
- Por otra parte, será necesaria la comparación entre la demanda máxima diario + la demanda contra incendios y la demanda máxima horaria, eligiendo el mayor de estos dos para el diseño. (Vieren del, 2009, p.7).

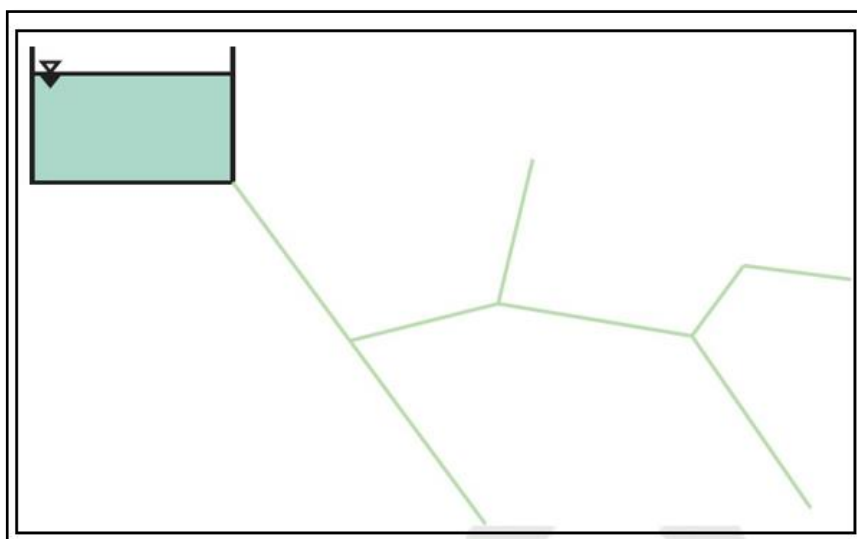
2.2.18. Tipos de redes de distribución

2.2.18.1. Red abierta o ramificada

Se caracteriza por el tubo principal (el de mayor diámetro) del que saldrá el ramal y terminará en ángulo ciego, es decir no conectado a otras tuberías en la misma red de distribución (Hiru Eus, 2019). En la figura 2 se muestra una red abierta.

Figura 2

Red de distribución abierta o ramificada



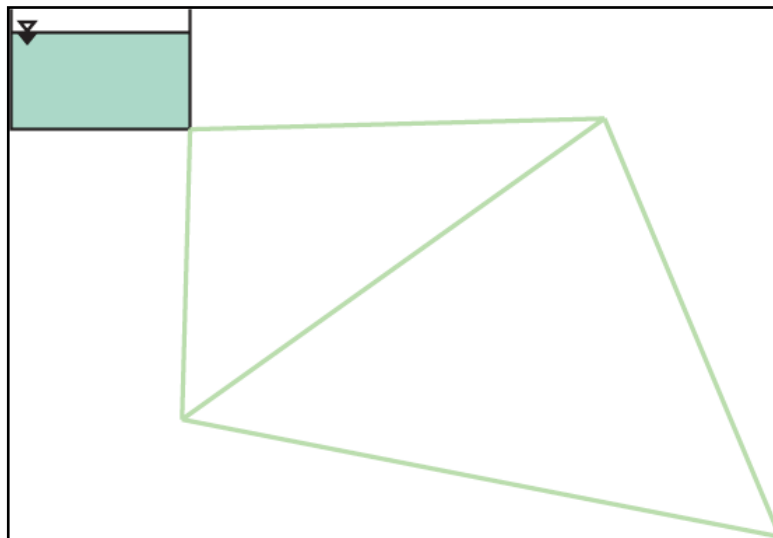
Nota. En la figura se muestra la Red de distribución de agua potable: ¿abierta o cerrada?”, por Tutorías al día. Fuente propia.

2.2.19. Red cerrada o mallada

Tiene todos los ramales conectados entre sí como una red, formando una grilla que proporciona más de una ruta de flujo para cada punto de consumo (Hiru.Eus, 2019). La Figura 3 muestra una red de distribución abierta ramificada.

Figura 3

Red de distribución abierta ramificada



Nota: En la figura se muestra la “Red de distribución de agua potable: ¿abierta o cerrada?”, por Tutorías al día. Fuente propia.

2.2.20. Red mixta

La red en su estructura es una combinación de redes abiertas y cerradas (Hiru.Eus, 2019).

2.2.21. Elementos de una red de distribución

Entre los elementos que componen la red de distribución, podemos encontrar elementos que consideraremos con más detalle a continuación (Hiru.Eus, 2019).

2.2.22. Tuberías

Las tuberías se ensamblan a partir de 2 o más tuberías para garantizar la conducción de fluidos. Existen diversos materiales como el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno de alta densidad (HDPE), el fibrocemento (FC), el fibrocemento (AC), la fundición dúctil, la fundición, etc. (Comisión Estatal del Agua, 2016, p. 12).

Existen muchos tipos de tuberías en redes en cuanto a sus funciones, son:

- Alimentadores que conectan el embalse o planta de tratamiento con el área de servicio.
- La tubería troncal que forma la red principal debe formar un circuito cerrado. Las tuberías de servicio conectan los troncales a los usuarios del servicio. El diámetro mínimo es de 2". (Sección Celebración, 2009, p. 7).

2.2.23. Válvula reductora de presión (VRP)

Estos son dispositivos que le permiten iniciar, detener o controlar las características del flujo. En este caso, la PRV reduce la presión aguas arriba a la presión aguas abajo independientemente de los posibles cambios de presión. Suelen utilizarse para abastecer lugares bajos. (Comisión Nacional del Agua, 2016, p. 29). En la figura 4 se muestra la válvula reductora de presión a caudal directo.

Figura 4

Válvula reductora de presiones con sus respectivas válvulas compuertas



Nota. En la figura se muestra "VRCD- Válvula reductora de presión a caudal directo. Fuente CSA, 2014.

2.2.24. Válvula compuerta

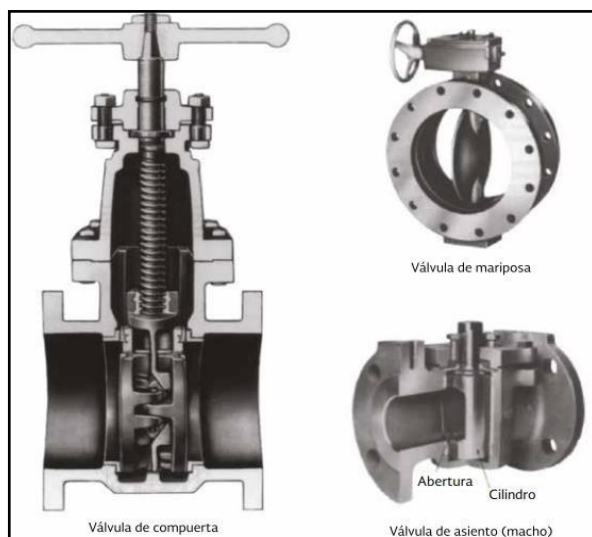
Permiten el aislamiento de ciertos tramos de tubería para reparación, mantenimiento, prevención de flujo, etc.

La válvula está diseñada para operar cuando está completamente cerrada o completamente abierta, es decir no se recomienda su uso como herramienta regulatoria (Comisión Nacional del Agua, 2016, p. 26).

Como se muestra en la figura 5, otras válvulas que realizan una función similar a las válvulas de compuerta son las válvulas de compuerta y las válvulas de compuerta.

Figura 5

Tipos de válvulas



Nota. En la figura se muestra los Tipos de válvulas para que se utilizan en los proyectos de saneamiento.

2.2.25. Hidrantes

Son conexiones en la distancia, repartidas por la calle. Hay dos tipos de hidrantes: hidrantes públicos e hidrantes contra incendios.

La distancia entre ellos no superará los 300 metros. (Comisión Nacional del Agua, 2016, p. 50).

2.2.26. Anclajes y empalmes

Los anclajes deben realizarse con hormigón en masa, teniendo en cuenta la presión de prueba, el diámetro del elemento y el tipo de terreno a instalar.

Se utilizará una tubería de 63 mm de diámetro para conectar el ramal de distribución a la tubería principal. (OS.050, 2009).

2.2.27. Dotación y Demanda

2.2.27.1. Asignación de demanda

El suministro y consumo de agua varía debido a diversos factores, como las costumbres, la economía y las condiciones sanitarias.

Según la norma OS.010 (2006) propiedad de RNE, se indica que el suministro de acometidas domiciliarias en tiempo frío es de 180 lt/hab/día, mientras que en tiempo cálido y templado será de 220 lt/hab/día.

Sin embargo, se pueden hacer comparaciones con poblaciones cercanas con características similares, como clima, densidad de población, altitud, etc., para estimar con mayor precisión la distribución de la población.

2.2.27.2. Consumo promedio

El consumo o caudal medio (Q_p) es la relación entre la cantidad de agua consumida al día (0-24 horas) y la correspondiente duración en la zona. Se expresa en m³/s o l/s.

El valor de caudal medio es el producto de la población dividida por la dotación dividida por 86.400.

$$Q_p = \text{poblacion} * \text{dotacion} / 86400 \quad (4)$$

Dónde:

Población: habitantes Dotación: litros/habitante/día

2.2.27.3. Consumo máximo diario y horario

El consumo o caudal máximo diario (Q_{md}) se define como el día máximo de consumo para un número de entradas especificado para todos los días del año.

Para calcular el valor del caudal máximo diario se debe multiplicar el caudal medio (Q_p) por un factor que represente un valor entre el 120 y el 150 %, el valor más recomendado y recomendado para OS.010 es el 130 % (1,3).

$$Q_{md} = 1.3 * Q_p \quad (5)$$

Por su parte, el consumo o caudal horario punta (Q_{mh}) se define como la hora del día de mayor consumo.

Este es un cálculo necesario para asegurar que se cumple la presión mínima especificada por la RNE para el diseño hidráulico. Para calcular el caudal máximo por hora, se debe multiplicar el caudal medio (Q_p) por un factor (1,8-2,5) a criterio del diseñador.

$$Q_{mh} = factor * Q_p \quad (6)$$

Por otro lado, existe un valor de caudal mínimo para asegurar que el valor de presión máxima también se encuentre dentro del rango especificado por la RNE. Este factor es típicamente 0,1 veces Q_p .

$$Q_{minh} = 0.1 * Q_p \quad (7)$$

2.2.28. Modelación Hidráulica

Esta parte del marco teórico describe con más detalle los programas informáticos utilizados y su funcionamiento (Hiru.Eus, 2019).

2.2.29. Software's de modelación hidráulica

Existen varios softwares de modelado hidráulico con ciertas características y beneficios que ayudan a facilitar el trabajo del usuario.

Entre estos podemos mencionar:

GISRED 2.0 fue desarrollado por el grupo REDSHIP de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Está pensado como una extensión de ArcView GIS 3.2.

Esta aplicación tiene como objetivo modelar redes hidráulicas directamente desde GIS.

Martínez y Bartolin (2015) señalan que este software se diferencia de otros en que, además de la simulación y optimización hidráulica, es capaz de combinar dos herramientas de información geográfica para que puedas modelar y tomar decisiones cuando quieras modelar tu red. utilizando distribución.

KYPIPE 2000, destinado al cálculo estático y dinámico (EPS) de redes hidráulicas. Se puede utilizar para resolver problemas de calibración, diseño y funcionamiento

KYPIPE se calcula utilizando la ecuación de Hazen-Williams, aunque se pueden combinar los métodos de Darcy-Weisbach y Colebrook White. Además, la información se puede editar y los datos se pueden ingresar gráficamente utilizando los gráficos PIPE2000.

EPANET proporciona una versión matemática de los elementos físicos del sistema de distribución de agua.

Según Saldarriaga (2007), las ecuaciones de Hazen-Williams, Darcy-Weibach o Chezi-Manning pueden utilizarse para calcular las pérdidas por fricción en el análisis hidráulico. EPANET utiliza algoritmos de gradiente para resolver matemáticamente las redes de distribución.

Algunas de las ventajas de este programa son que facilita los cálculos iterativos, la evaluación del comportamiento del consumo y coste energético, el control de la calidad del agua, etc.

Watergems, desarrollado por Bentley Company, permite el análisis hidráulico de redes de agua (aunque puede ser cualquier fluido newtoniano). Además, se tienen

en cuenta varios parámetros de funcionamiento de los elementos del sistema, lo que permite ampliar la funcionalidad a temas como gestión de plazos, cálculo de costes, calibración, optimización, integración con sistemas SCADA, compatibilidad con diversas plataformas de datos, etc., contribuyendo así al crecimiento de la productividad.

Watergems utiliza un método de gradiente para el cálculo numérico que se puede realizar de forma iterativa en poco tiempo.

Como hemos visto, debido a la naturaleza y el alcance de cada software, existen muchos softwares diferentes que pueden simplificar el proceso de modelado para el usuario. Pero el software que nos ofrece las herramientas y capacidades más útiles es WATERGEMS, debido a que la plataforma de trabajo es muy amigable, por otro lado, las diversas compatibilidades con otras plataformas de datos ayudan a optimizar y proyectar el tiempo para que el trabajo pueda ser hecho. centrado en la parte de ingeniería, pero sin entrada de datos. En los siguientes puntos, se explicará con más detalle el fundamento de la decisión.

2.2.30. Descripción del software WATERGEMS

Watergems es un programa informático que permite modelar sistemas de distribución y/o tuberías de fluidos a presión para el análisis o dimensionamiento de su comportamiento hidráulico, y sus aplicaciones son muy utilizadas en abastecimiento humano de agua, distribución de agua para riego, sistemas de extinción de incendios, canalizaciones de líquidos varios a presión, etc. Es importante conocer las características de este programa, bajo qué sistema operativo y en qué entorno gráfico trabaja; describir los elementos utilizados en la elaboración de modelos hidráulicos, determinar el tipo de análisis hidráulico y la calidad del agua.

Los aspectos de este software que lo distinguen de otros softwares se pueden dividir en 5 grupos: interfaz de usuario con plataformas externas, procesamiento de datos, análisis hidráulico avanzado y elementos de modelado, herramientas de análisis, soporte técnico y asistencia comercial.

Las herramientas de diseño de calibración y optimización proporcionadas por WATERGEMS reflejan los aspectos antes mencionados, también gracias a su inherente flexibilidad en la gestión de datos, el hecho de que la importación de datos

desde otras plataformas como Excel se reduce a copiar y pegar. Por otro lado, ofrece un alto grado de compatibilidad con plataformas GIS y CAD, optimiza significativamente el tiempo de trabajo, brinda herramientas para el análisis de situaciones a través de sus herramientas de escena, las cuales pueden agruparse por características comunes, por mencionar algunas. (Comunidad Bentley, 2013).

2.2.31. Metodología del software WATERGEMS

2.2.31.1. Método Gradiente

Según Saldarriaga (2016), el método del gradiente para el cálculo de las redes de distribución de agua se basa en la existencia de un caudal constante, lo que garantiza que cada nodo de la red satisfaga la ecuación de conservación de la masa. Red y ecuaciones de conservación de energía en cada circuito.

La ecuación de conservación de la masa debe cumplirse en cada nodo:

$$\sum_{i=1}^{NTi} Q_{ij} + Q_{Di} + Q = 0 \quad (8)$$

Por otro lado, los métodos de gradiente realizan menos iteraciones que los métodos tradicionales y obtienen resultados bastante precisos y fiables.

Bondades de análisis del software

WATERGEMS es un software bastante completo que tiene buena aceptación en el mercado actual porque tiene una visión general rica y precisa de funciones y herramientas en una interfaz fácil de usar que ayuda a los usuarios a modelar de una manera más adecuada y eficiente.

Los dos pilares más notables del software son sus capacidades de análisis hidráulico y el análisis de la calidad del agua. Nos centraremos en el análisis hidráulico, que se analiza con más detalle a continuación.

2.2.31.2. Análisis hidráulico

Para el análisis hidráulico, el software utiliza los conceptos básicos de la hidráulica de tuberías y tiene en cuenta los siguientes factores:

Dado que no existen restricciones a este respecto, el tamaño de la red se puede determinar libremente.

Las pérdidas por fricción en las tuberías se calculan utilizando las ecuaciones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezi-Manning.

Además de las pérdidas por rozamiento de tuberías, también se tienen en cuenta las pérdidas por componentes y accesorios como bombas, codos, juntas, etc.

Dispone de un amplio catálogo de accesorios y equipamiento según las necesidades.

Permite analizar costes energéticos y simular escenarios atípicos como situaciones de incendio, etc.

Esto permite un procesamiento más preciso y realista con herramientas de temporización y sistemas de ajuste programables.

Proporciona una forma muy precisa de calibración y optimización de redes en el modelado y diseño de redes. (Comunidad de Bentley, 2013)

2.2.31.3. Componentes de diseño

La red de distribución de agua potable consta de varios componentes que permitirán cubrir adecuadamente este recurso a todos los usuarios del área de influencia de la red. A continuación, veremos en detalle los más importantes.

2.2.32. Componentes físicos

2.2.32.1. Tanques

Estos son nodos con capacidad de almacenamiento donde la cantidad de agua almacenada puede cambiar durante la simulación (Hiru.Eus, 2019).

Al ser este el punto límite de la red, su altura y calidad del agua no se ven afectadas por el resto de la red.

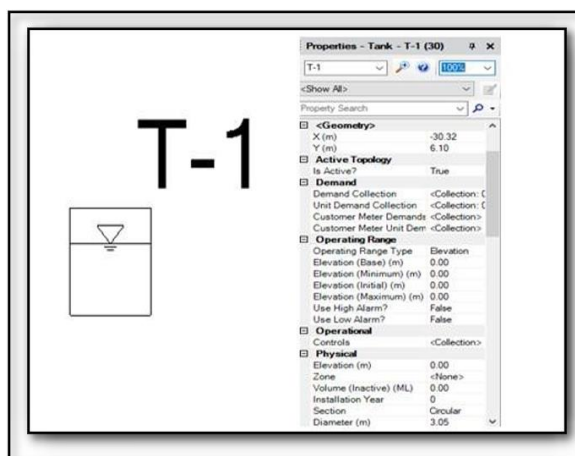
Durante el período estático, el comportamiento del tanque y del depósito es el mismo porque el software los simula con un volumen infinito y un nivel de agua constante, como se aprecia en la figura 6.

Datos de entrada

- Altura del fondo (m): la altura más baja del tanque de almacenamiento, generalmente de acuerdo con el nivel del suelo.
 - Altura mínima (m): Este es el nivel de agua más bajo que llega al tanque durante el día. Este nivel no tiene en cuenta el número de emergencias.
 - Altura inicial (m): El nivel de agua en el que el tanque "comienza" para la operación diaria. Con este nivel, el diseño está completo.
 - Altura máxima (m): el nivel de agua más alto en el tanque antes de usar el elemento de drenaje.
- Altura (m): La altura del terreno donde se ubica el tanque.

Figura 6

Símbolo y cuadro desplegable de datos de tanque



Nota. En la figura se muestra Símbolo y cuadro desplegable de datos de tanque según software “WATERGEMS”. Fuente elaboración propia.

2.2.33. Reservorios

Representan infinitas fuentes externas de volumen constante (Hiru.Eus, 2019). Se utilizan para modelar lagos, ríos, acuíferos subterráneos, pozos,

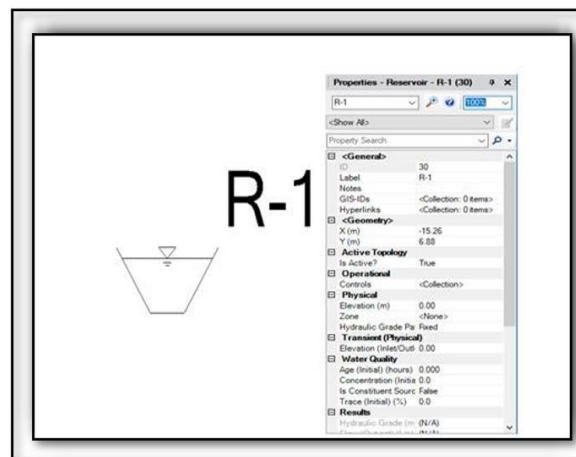
conexiones a otros sistemas y más, en la figura 7 se aprecia un modelamiento como ejemplo.

Datos de entrada

- Cota de elevación.

Figura 7

Símbolo y cuadro desplegable para un reservorio



Nota. En la figura se muestra el Símbolo y cuadro desplegable para un reservorio según el software “WATERGEMS”. Fuente elaboración propia.

2.2.34. Bombas

Son las líneas que aportan energía motriz al fluido, aumentando su altura de calibre.

El flujo a través de la bomba es unidireccional. Si las condiciones del sistema requieren que la bomba funcione por encima de su capacidad, WATERGEMS intentará apagarla, en la figura 8 se aprecia un modelamiento de una bomba (Hiru.Eus, 2019).

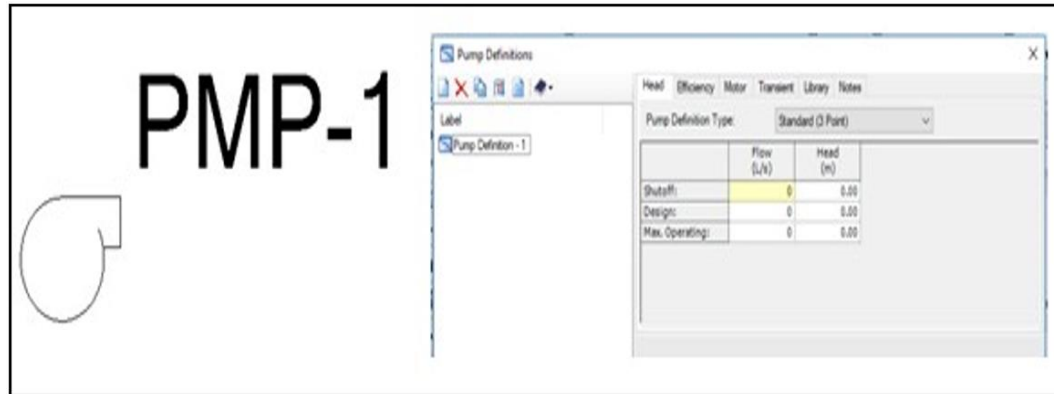
Datos de entrada

- Cota de elevación.
- Definición de bomba (punto de diseño, características del motor, controles).

- Estado (activo o inactiva).

Figura 8

Símbolo y menú de configuración de bomba



Nota. En la figura se muestra el Símbolo y menú de configuración de bomba de acuerdo al software “WATERGEMS”. Fuente: Elaboración propia.

2.2.35. Válvulas

Se utilizan para controlar la presión y el caudal en puntos específicos de la red como herramienta de zonificación (Hiru.Eus, 2019).

WATERGEMS cuenta con varios tipos de válvulas, entre las que tenemos Válvulas de Alivio de Presión (VRP), Válvulas de Mantenimiento de Presión (VSP), Reguladores de Flujo FCV, Válvulas de Uso General (GPV) y muchas más.

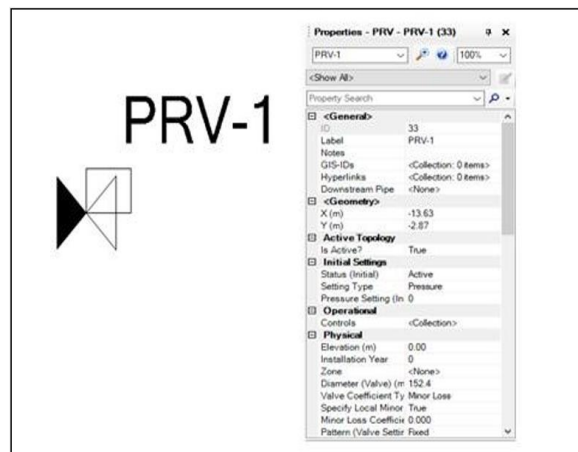
El tipo de válvula utilizada en el estudio actual será una válvula de alivio de presión (PRV), en la figura 9 se aprecia el modelamiento de válvulas.

Datos de entrada

- Cota de elevación.
- Diámetro de la válvula (mm).
- Valor de presión de salida.
- Estado (activo, inactivo, cerrado).
- Dirección de flujo.

Figura 9

Símbolo y cuadro desplegable de una válvula VRP



Nota. En la figura se muestra el Símbolo y cuadro desplegable de una válvula VRP de acuerdo al software “WATERGEMS”.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.36. Nudos

Son puntos de red para conexiones de fontanería, por donde entra o sale agua del agua, puede ser un punto de consumo o simplemente un punto de canalización (actúa como dispositivo auxiliar), en la figura 10 se aprecia el modelamiento de un nodo (Hiru.Eus, 2019).

Datos de entrada

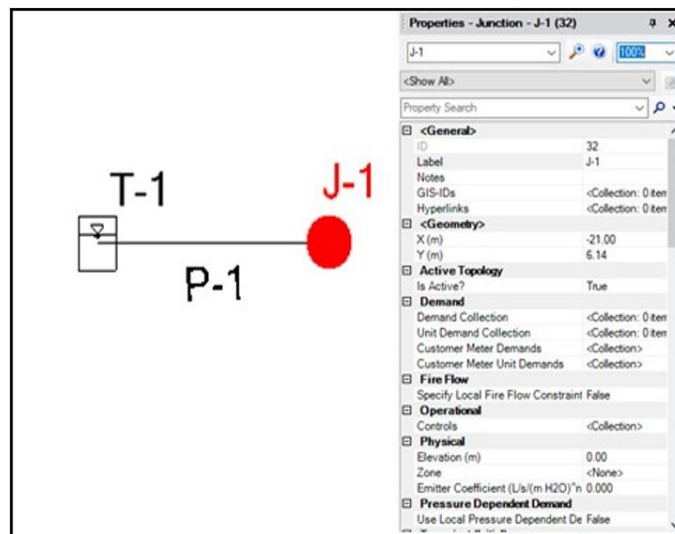
- Cota de elevación (m).
- Demanda de consumo asignado.
- Coordenada de ubicación.

Resultados obtenidos

- Altura piezométricas.
- Presiones.
- Calidad del agua.

Figura 10

Símbolo de nudo de red (J) junto con su cuadro desplegable de datos



Nota. En la figura se muestra el Símbolo de nudo de red (J) junto con su cuadro desplegable de datos de acuerdo al software “WATERGEMS”. Fuente: Elaboración propia.

2.2.36.1. Tuberías

Son las que transportan el agua de un punto a otro de la red. WATERGEMS asume que la tubería está llena por defecto. La dirección del flujo es desde el punto de carga hidráulica más alto hasta el punto de carga hidráulica más bajo.

Las tuberías se pueden abrir o cerrar en tiempos predeterminados o cuando existen ciertas condiciones, como cuando el nivel de líquido en el tanque baja o llega a cierto punto, o cuando la presión en el conjunto baja o alcanza cierto valor a través de controles, en la figura 11 se aprecia el modelamiento de una tubería.

Datos de entrada

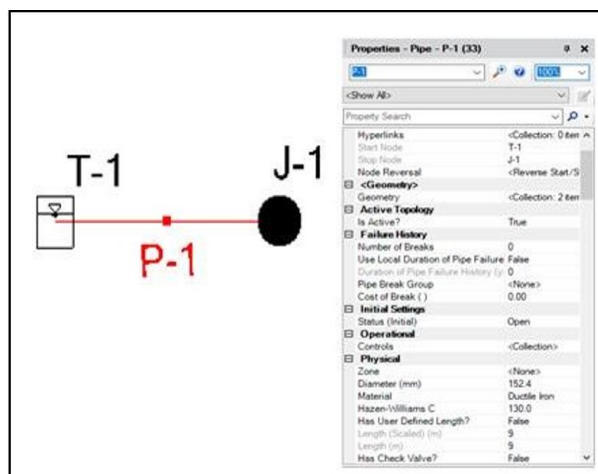
- Punto inicial y final.
- Diámetro (mm).
- Material de la tubería.
- Fórmula base (en el proyecto se utilizó Hazen Williams).
- Longitud (m).

Resultados obtenidos

- Caudales.
- Factor de fricción.
- Pérdida de carga.
- Velocidad por tramo.
- Calidad de agua.

Figura 11

Símbolo de tuberías (P) junto con el cuadro desplegable de datos



Nota. En la figura se muestra el Símbolo de tuberías (P) junto con el cuadro desplegable de datos de acuerdo al software “WATERGEMS”.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.37. Componentes no físicos

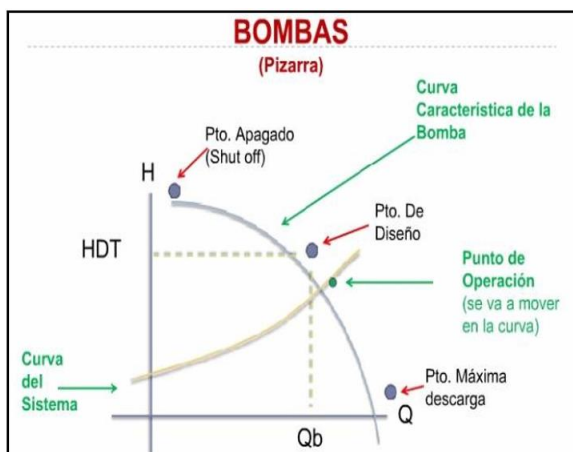
Además de los elementos físicos que se pueden utilizar en diversas simulaciones, existen otros componentes que pueden ayudar a controlar mejor el comportamiento del sistema en el tiempo al complementarlos (Hiru.Eus, 2019). Entre ellos podemos mencionar:

- Curva característica de la bomba: muestra la relación entre la cabeza dinámica (eje Y) y el caudal (eje X) generado por la bomba. Puede aplicarse a tres puntos o sólo a uno (puntuación calculada).

- Curva de rendimiento del sistema: se utiliza para calcular la energía. El punto en el que funciona la bomba es la intersección de esta curva con la curva característica. (esta puntuación cambia con el tiempo). Esta curva es calculada por el programa. En la figura 12 se puede apreciar los tipos de curvas de bombas.

Figura 12

Curva característica de la bomba



Nota. En la figura se muestra la Curva característica de la bomba. De acuerdo al software "WATERGEMS". Fuente: Elaboración propia.

2.2.38. Agua no facturada (ANF)

2.2.38.1. Definición

El agua no facturada o no contabilizada es la fracción de la diferencia entre la cantidad de agua despachada menos la cantidad de agua de la factura, dividida por la cantidad de agua despachada (Hiru.Eus, 2019). Se expresa como un porcentaje.

El porcentaje ANF es un indicador que determina el nivel de pérdida de agua en un determinado sistema de abastecimiento de agua potable.

Los costos asociados con esto pueden incluir robo, fugas en tuberías, evaporación, mala medición o recopilación de datos, etc.

Para que el programa ANF funcione correctamente, se debe implementar una metodología de planificación de detección de fugas, evaluación de tuberías, control de pérdidas, modelado hidráulico, etc. (Reis y Robertson, 2016).

El objetivo es perder la menor humedad posible (menos del 10 %) o incluso eliminarla por completo si es posible.

Dinamarca es un país que puede reducir el valor ANF hasta en un 9 %. El proceso se inició en 1989 con el impuesto ANF a los proveedores (empresas gestoras de recursos), que les animaba a tomar diversas medidas para reducir el porcentaje de pérdida de agua. (Fluido, 2016).

2.2.39. Conceptos generales

A medida que estos conceptos evolucionen, se espera que surja una comprensión más clara de lo que significa la definición de NRW (Hiru.Eus, 2019).

2.2.39.1. Aspectos operativos

Zona operativa:

Es un área geográfica dividida por válvulas, es decir, un área dividida en sectores, que tiene una característica de suministro homogénea.

Presión de mínimo nocturno:

Como su nombre lo indica, se trata de una prueba nocturna que se realiza en un lugar predeterminado para detectar estrés, desperdicios domésticos individuales y pérdidas en la red.

2.2.39.2. Aspectos comerciales

2.2.39.2.1. Conexiones activas

Inmueble o inmueble que cuente con conexión legal a agua y/o alcantarillado, de conformidad con las disposiciones necesarias previstas en la EPS.

2.2.39.2.2. Conexiones factibles

Inmuebles que tengan red de agua y/o alcantarillado en la vía pública pero no estén conectadas.

2.2.39.2.3. Conexiones potenciales

Inmuebles que no cuentan con agua y/o alcantarillado en la vía pública, pero se encuentran dentro del ámbito de aplicación de la EPS GRAU.

Conexiones con hurto de agua

Una propiedad con una conexión de agua rota pero utiliza el servicio debido a su manipulación.

2.2.39.2.4. Conexiones clandestinas

Tener inmuebles conectados ilegalmente a redes de agua y/o alcantarillado y utilizar el servicio sin autorización o registro (EPS GRAU SA, 2020).

2.3. Definición de los Términos

El estudio utiliza siglas para instituciones y términos que requieren aclaración. Se pueden mencionar los siguientes puntos:

2.3.1. EPS

Empresa Prestadora de Saneamiento (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

2.3.2. ANF

Agua no facturada. (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.3. Sunass

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

2.3.4. Presión

Es la cantidad de fuerza ejercida por unidad de área (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.5. Modelamiento

Visualizar un modelado con respecto a la utilización de una herramienta (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.6. Velocidad

Distancia recorrida por cada unidad de tiempo (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.7. Caudal

Cantidad de agua que fluye en una fuente (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.8. Gradiente Hidráulica

Línea resultante de las elevaciones, llamada línea piezométrica (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.9. Tuberías (OPS/CEPIS/05.145, 2005)

Una tubería se define como el conjunto formado por el tubo y su sistema de unión (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.10. Topografía

Representación gráfica de la superficie de terreno (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.11. Válvulas Reguladora

Elementos de regulación de presión o caudal (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.12. Watergems V8I

Software de modelamiento y simulación hidráulica (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.13. QGIS

Es un Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android (Navarro, E. y Gonzalo, S., 2021).

2.3.14. Googleart

Es un programa informático que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Descriptivo: La investigación descriptiva, implica observar y describir eventos y situaciones detectadas en campo, sin influir sobre él de ninguna manera. No requiere de planteamiento de hipótesis y aplicación de pruebas estadísticas. Busca identificar problemas o justificar condiciones actuales.

3.1.2. Diseño de investigación

- a. Diseño de campo: Cuando la investigación se realiza en un ambiente natural, en el que no hay manipulación de variables
- b. Diseño de laboratorio: Cuando la investigación se realiza en un ambiente artificial o creado.
- c. Diseño documental: Cuando la obtención de información o datos se realiza a partir de documentos.

3.2. Población y/o Muestra de Estudio

3.2.1. Población de estudio

En este apartado se describen todos los elementos que son objeto de estudio (población) y la muestra tenida en cuenta.

Está conformada por 453,395 habitantes que son abastecidos de agua potable por la EPS GRAU S.A en la ciudad de Piura-Castilla.

3.2.2. Muestra de Estudio

El estudio hidráulico se centra en el sistema de Piura, Castilla y 26 de octubre que da servicio a 100 754 conexiones de agua potable distribuidos entre ocho (8) sectores, tal como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2

Estudio Hidráulico y distribución de caudales por sectores

Categoría	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Sector 7	Sector 8
Comercial	3410	652	627	311	507	383	258	18
Estatad	213	111	38	15	73	72	34	2
Industrial	135	52	194	74	125	56	18	6
Social	50	134	67	5	8	36	159	4
Domestico	15320	24935	19067	3930	4152	13802	10807	894

Nota. Información del estudio hidráulico con sus respectivas distribuciones de caudales por sectores. Fuente propia.

Así mismo se consideraron 947.012 km de redes de agua potable, que fueron modeladas en el software WaterGEMS v8i. En la tabla 3 se puede apreciar la distribución de acuerdo al material y la longitud que se utilizará. Y en la figura 13 se aprecia la imagen satelital de la distribución de las redes de agua potable.

Tabla 3

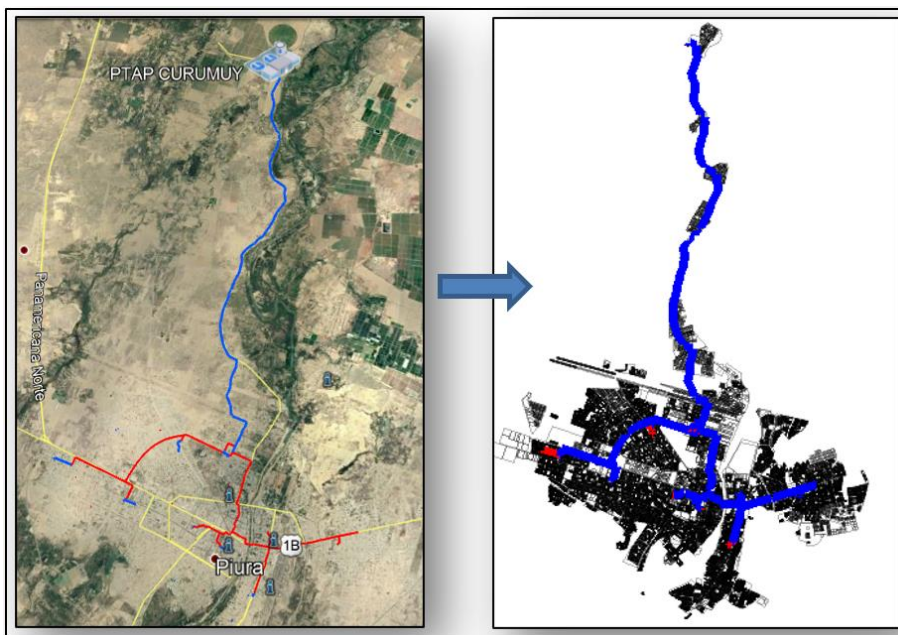
Redes de Agua Potable modeladas en el Software WaterGEMS v8i

Material	Longitud (km)	Hazen-Willians ©
Asbestos Cement	193.166	140
Cast iron	0.369	130
Ductile Iron	37.606	130
PVC	715.871	150
TOTAL	947.012	

Nota. Modelamiento en el Software WaterGEMS v8i. Fuente propia.

Figura 13

Redes de agua potable modeladas en el software WaterGEMS v8i



Nota. En la figura se muestra la Redes de agua potable modeladas en el software WaterGEMS v8i. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Operacionalización de variables

En la tabla 4 se muestra la operacionalización de las variables de acuerdo a su definición.

<p>el control de pérdidas del sistema de agua potable de ciudad de Piura.</p> <p>Evaluar el efecto del comportamiento del sistema hidráulico de la ciudad de Piura, en un periodo de 72 horas y plantear alternativas eficientes ante situaciones críticas de desabastecimientos.</p>	<p>Diámetro mínimo. Dotación. Acceso. Compatibilidad.</p>	<p>Diámetro Metodología Ecuación de continuidad</p>	<p>El caudal de ingreso al sistema de agua potable.</p>
---	---	---	---

Nota. Tabla de la Operacionalización de variables. Fuente propia.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Con EPS GRAU S.A. Se utilizan técnicas de análisis situacional y observación experimental para el apoyo del personal técnico.

Y soporte para dispositivos avanzados que recopilan datos en la web.

3.4.1. Técnicas para la recolección de datos

En principio, el acceso in situ al sistema de agua potable de la ciudad de Piura, administrado por EPS GRAU S.A., es obligatorio. Para ello se realizó una inspección visual del territorio para realizar diversos levantamientos, tales como levantamientos

topográficos, levantamientos y pruebas de bombeo, se utilizaron las siguientes herramientas:

3.4.1.1. Hoja de Registro de datos

Se utiliza para gestionar datos en el campo.

3.4.1.2. Manómetro

El instrumento se utiliza para medir la presión en tiempo real y sus unidades son PSI y BAR.

3.4.1.3. Data logger

EPS Grau S.A. Cuenta con dispositivos de registro con sensores de presión (data loggers) que permiten:

Medir la presión durante un largo período de tiempo. El dispositivo guarda datos cada 1 minuto, 2 minutos, 5 minutos, etc. Según necesidades del usuario y programación. Esta medición continua permite monitorear la presión y la vida útil. Basado en presión (presión cero sin mantenimiento).

3.4.1.4. Medidor de caudal portátil

El dispositivo le permite medir el flujo transportado en la tubería utilizando sensores ultrasónicos, a través de los cuales los sensores ultrasónicos se insertan en la superficie de la tubería y el medidor registra el transporte de flujo en tiempo real.

3.4.1.5. Planos

Se utiliza para comprender e identificar la infraestructura de saneamiento en el sitio y en las oficinas.

3.4.1.6. Ordenador portátil

Procese datos y desarrolle modelos hidráulicos en esta computadora.

Los datos obtenidos en el proceso de investigación serán organizados y procesados de forma manual y digital con el fin de presentar la información de forma clara, comprensible y sencilla.

Los siguientes procedimientos se utilizarán para procesar los datos para este estudio:

3.4.1.7. Microsoft Office Excel2010

Ingrese la información de acuerdo al formato utilizado. Este proceso le permitirá configurar la matriz de sistematización de datos que se asociará al informe.

3.4.1.8. Autocad 2018

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora para dibujo 2D y modelado 3D.

3.4.1.9. Microsoft Office Word 2010

Es un programa informático para el procesamiento de textos. Fue creado por Microsoft Corporation.

3.4.1.10. Google Earth

Es un programa de computadora que muestra un globo virtual que puede ver múltiples mapas basados en fotografías satelitales.

- Admite PostgreSQL, una extensión espacial de PostGIS.
- Administre archivos vectoriales Shapefile, superposición de ArcInfo, Mapinfo, GRASS GIS, DXF, DWG y más.
- Soporte para una gran cantidad de tipos de archivos raster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.)

3.4.1.11. QGIS

Es un sistema de información geográfica de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android.

3.4.1.12. WÁTER GEMS V8I

Es una herramienta eficaz para diseñar modelos hidráulicos relacionados con redes de distribución de agua potable y para modelar condiciones favorables y desfavorables para los sistemas de agua potable. Fue creado por Bentley Systems, Incorporated Instrumentos para la recolección de datos

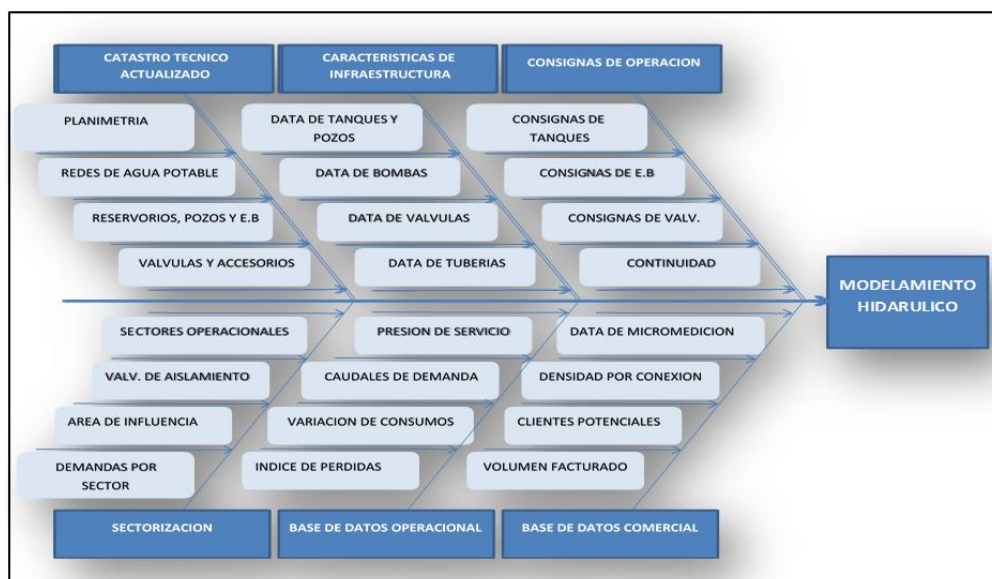
Algunos instrumentos de medición y señalización se utilizan para el trabajo de campo, tales como:

3.4.1. Hoja de Registro de datos

Se utiliza para verificar datos de campo y la información recopilada para este fin es sistemática. En la figura 14 se puede apreciar la distribución de los trabajos a realizar.

Figura 14

Distribución de los trabajos a realizarse



Nota. En la figura se muestra los Distribución de los trabajos a realizarse. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Manómetro

Este instrumento sirve para medir presiones en tiempo real sus unidades de medida se dan en PSI y BAR.

3.4.3. Data logger

La EPS TACNA S.A. cuenta con equipos registradores con transductores de presión (data logger), estos equipos permiten:

Medir la presión en periodo extendido. Los equipos almacenan los datos cada 1 min, 2 min, 5 min, etc. Según la necesidad y programación del usuario. Esta medición continua permite monitorear las presiones y las horas de servicio.

En base a las presiones (presión cero sin servicio).

3.4.4. Medidor de caudal portátil

Este equipo permite medir los caudales en tránsito dentro de las tuberías por medio de sensores ultrasónicos que se insertan en la superficie de las tuberías a través de estos sensores el medidor registra el tránsito de los caudales en tiempo real.

3.4.5. Plano de línea de conducción

Se utiliza para tener conocimiento e identificar la infraestructura sanitaria en campo y en gabinete.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

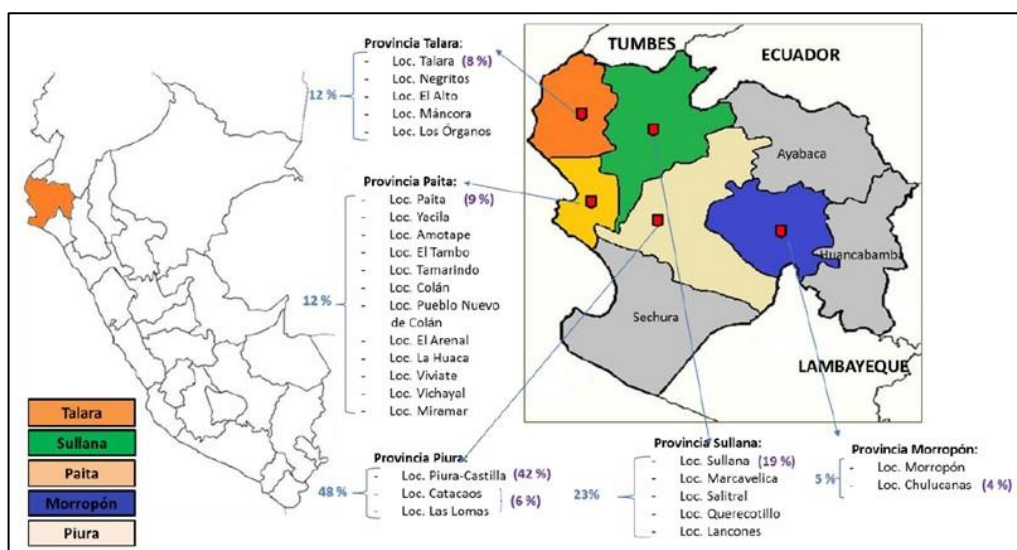
3.5.1. Generalidades

La EPS Grau S.A es una empresa municipal de derecho privado, constituida como sociedad anónima, cuyo objeto social es la prestación de los servicios de producción y distribución de agua potable, recolección, tratamiento y disposición del alcantarillado sanitario y pluvial en el ámbito de las ciudades de Piura, Sullana, Talara, Paita y Chulucanas-Morropón en el departamento de Piura.

La zona abastecida por la EPS GRAU abarca las siguientes localidades: Piura, Sullana, Talara, Chulucanas, Querocotillo, Marcavilca, Catacaos, Tamarindo, Las Lomas, Lancones, Salitral, Morropón, Yacila, Colán, Pueblo Nuevo, El Arenal, Viviate, Amotape, El Tambo, Miramar, La Huaca, Vichayal, Negritos, Mancóra, Los Órganos, Paíta y Castilla. En la figura 15 se puede apreciar el ámbito de competencia de la EPS GRAU.

Figura 15

Ámbito de la EPS GRAU S.A.



Nota. En la figura se muestra los ámbitos de la EPS GRAU S.A. Fuente: Elaboración propia.

La EPS da servicio a 1.1 millones de habitantes en total, de los cuales 480,000 viven en la zona de servicio del sistema Piura, Castilla y 26 de Octubre. El registro de usuarios de la empresa comprende 100,754 conexiones en total. En la tabla 5, 6 y 7 se pueden apreciar los sectores, conexiones, habitantes y los estudios hidráulicos correspondientes.

Tabla 5*Datos generales EPS GRAU S.A.*

Indicador	Unidad	EPS GRAU	Piura, Castilla y 26 de octubre
Población total ^{1/}	Habitantes	1,093,825	482,645
Población servida (agua potable) ^{1/}	Habitantes	814,882	353,011
Población servida (alcantarillado) ^{1/}	Habitantes	727,292	321,444
Cobertura de agua potable ^{2/}	%	89 %	95 %
Cobertura de alcantarillado ^{2/}	%	72 %	80 %
Relación de trabajo ^{2/}	%	1,05	1,08
Continuidad promedio ^{3/}	Horas/día	12,53	15,72
Presión promedio ^{3/}	m.c.a.	8,45	6,74
Agua No Facturada -ANF ^{3/}	%	49,6 %	49,1 %
Conexiones Totales de Alcantarillado ^{4/}	Conexiones	199,960	90,082
Conexiones Totales de Agua ^{4/}	Conexiones	228,724	94,761
Conexiones Activas de Agua ^{4/}	Conexiones	198,278	85,126
Conexiones con medidor operativo ^{4/}	Conexiones	107,182	39,573
Conexiones con medidor operativo y lectura ^{4/}	Conexiones	97,045	36,940
Micro medición ^{4/}	%	46,9 %	41,8 %

Nota. Tabla de la Operacionalización de variables. Fuente 1/ Fuente Estudio Tarifario (mayo-2018), 2/ Indicadores Gestión Web (diciembre-2018), 3/ Reporte Indicadores GOM-EPS (dic-2019), 4/ Reporte Comercial SISGECO (dic-2019).

El estudio hidráulico se centra en el sistema de Piura, Castilla y 26 de octubre que da servicio a 453, 395 habitantes distribuidos entre ocho (8) sectores.

Tabla 6*Sectores, conexiones y habitantes*

Sector	Conexiones	Habitantes
1	19,128	86,076
2	25,884	116,478
3	19,993	89,969
4	4,335	19,508
5	4,865	21,893
6	14,349	64,571
7	11,276	50,742
8	924	4,158

Nota. Tabla de los sectores, conexiones y habitantes. Fuente EPS GRAU S.A.

Tabla 7*Estudio Hidráulico*

Categoría	Sector 01	Sector 02	Sector 03	Sector 04	Sector 05	Sector 06	Sector 07	Sector 08
Comercial	3,410	652	627	311	507	383	258	18
Estatal	213	111	38	15	73	72	34	2
Industrial	135	52	194	74	125	56	18	6
Social	50	134	67	5	8	36	159	4
Domestico	15,320	24,935	19,067	3,930	4,152	13,802	10,807	894

Nota. Tabla del estudio Hidráulico de la Ciudad Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

El sistema se alimenta de dos fuentes: por un lado, de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de Curumuy que recibe agua desde la represa de Poechos (situada en la cuenca del río Chira) a través del canal Daniel Escobar. La planta tiene una capacidad de producción teórica de 660 l/s, sin embargo, la producción real

oscila entre 340 y 560 l/s. Está prevista la construcción de una nueva planta al lado de la actual elevando la capacidad total de producción a 1935 l/s.

Por el otro lado la EPS opera 28 pozos con profundidades entre 120 m y 200 m. La producción anual de los pozos es del orden de 26 a 27 millones de m³, correspondiente a dos tercios de la producción total del sistema. Sin embargo, muchos pozos presentan problemas de calidad: 19 sobrepasan el Límite Máximo Permisible (LMP) de cloruros (250 mg/l), 4 el límite de dureza total (500 mg/l) y 14 el de conductividad eléctrica (1,500 μ s/cm).

Se prevé que tras la construcción de la nueva planta la ciudad usará principalmente agua superficial, procedente de la represa de Poechos, dejando los pozos para situaciones puntuales cuando la PTAP no pueda operar a plena capacidad.

En cuanto a la climatología, la precipitación en el Departamento de Piura comprende dos periodos bien diferenciados: un periodo lluvioso que inicia en diciembre y termina en abril y un periodo de estiaje que comprende desde julio hasta noviembre.

Periódicamente en la región de Piura se registran precipitaciones muy intensas, como por ejemplo en el año 2017 cuando el Fenómeno de El Niño Costero (FENC 2017) produjo fuertes lluvias que afectaron a miles de personas y causaron daños a viviendas, carreteras, líneas de transmisión eléctrica, líneas telefónicas, y obras de infraestructura vial, entre otros, principalmente por el desborde de ríos y la activación de quebradas que suelen permanecer secas la mayor parte del tiempo. También, varios componentes del sistema de abastecimiento de agua potable de Piura colapsaron, la PTAP Curumuy paralizó su operación del 5 al 22 de marzo debido a la elevada turbidez del agua procedente de su captación, lo que ocasionó la interrupción del abastecimiento a la ciudad e intensificó el estado de emergencia. Las localidades del ámbito de la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau Sociedad Anónima (EPS GRAU S.A.) que sufrieron mayores daños en sus sistemas de abastecimiento por lluvias intensas, así como el impacto de inundación del río Piura, fueron Piura, Castilla, 26 de Octubre y Catacaos

Los acontecimientos mencionados demuestran que a pesar de tener una fuente de suministro importante proveniente de la represa de Poechos y el canal Daniel

Escobar que aporta un gran caudal a la planta de tratamiento Curumuy, el sistema de abastecimiento está sujeto a posibles fallos, como el ocurrido en marzo de 2017. Por ello es necesario evaluar posibles respuestas a situaciones críticas y tomar medidas que permitan mitigar los efectos provocados por el desabastecimiento de agua potable.

La EPS Grau ha presentado un expediente técnico de un proyecto de Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Producción, Almacenamiento y Distribución Primaria de Agua Potable de los distritos de Piura y Castilla que incluye la construcción de una nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) con una capacidad de 1800 l/s complementaria a la existente que será rehabilitada (caudal 600 l/s). Asimismo, contempla la construcción de una nueva línea de cabecera, la creación de 8 sectores y 32 subsectores, la construcción de varios reservorios y la ampliación de la red de distribución. El costo de inversión previsto supera los 400 millones de Soles.

3.5.2. *Objetivos, metodología y organización del trabajo*

Objetivos

El modelo hidráulico permite comprender mejor el funcionamiento del sistema y analizar el impacto de posibles medidas. Con su desarrollo se persiguen varios objetivos:

Análisis y mejora de la red existente

- Identificación de puntos débiles, p.ej. tramos de tubería con diámetro inadecuado (“cuellos de botella”)
- Desarrollo de una solución para la sectorización de la red
- Comprobación del funcionamiento conjunto de PTAP y pozos.

Comprobación y mejora del proyecto de ampliación

- Análisis del funcionamiento del sistema en condiciones futuras (mayor demanda, aumento de la zona de servicio, nueva PTAP, ampliación de la red)
- Comprobación del funcionamiento del sistema en situaciones de emergencia (parada parcial o completa de la PTAP a causa de lluvias intensas, sequía, etc.).

Programa de reducción de pérdidas

- Cuantificación y localización de pérdidas (agua no facturada)
- Comprobación del funcionamiento del sistema tras la implementación de posibles medidas de mejora.

Herramienta para la mejora de la operación del sistema

- Comprobación del impacto de maniobras de operación y mantenimiento.

Análisis de la seguridad de abastecimiento

- Modelo hidráulico como input para el desarrollo de un modelo causa-efecto como método para analizar la seguridad de abastecimiento

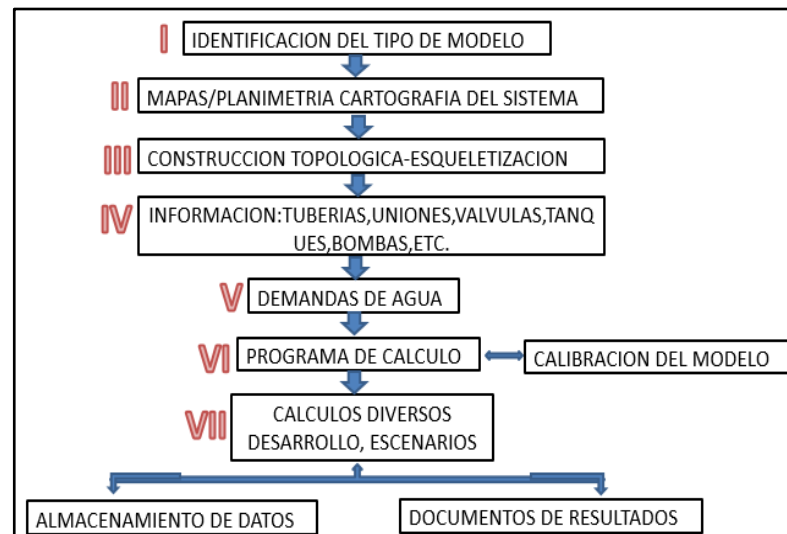
Metodología

Para conseguir estos objetivos se construye un modelo hidráulico del sistema de abastecimiento analizando el funcionamiento del sistema en diferentes situaciones. Los escenarios y sub escenarios considerados se describen en el apartado 0. Los supuestos e hipótesis del estudio se detallan en el apartado.

El cálculo de la red de distribución de agua se basa en los principios de la conservación de la masa en cada uno de los nodos y la conservación de la energía en cada uno de los tramos. Las pérdidas de carga se calculan mediante la fórmula de Hazen-Williams.

Organización del trabajo

En la figura 16 se aprecia la construcción de un modelo hidráulico y el cual comprende las siguientes fases:

Figura 16*Fases del modelamiento hidráulico*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

Para la ejecución de las fases planteadas se requiere contar con gran cantidad de información base sobre las características de la infraestructura, sus componentes, la topografía, los usuarios, la demanda de agua, etc. Asimismo, se necesita unos registros históricos de las variables generadas en la operación del sistema (presiones y caudales) para la calibración del sistema.

Para construir el modelo hidráulico se ha formado un equipo de trabajo interdisciplinar, compuestos por representantes de la EPS Grau y del equipo Proagua II. Para obtener la información requerida se ha contado con el apoyo de diversos departamentos y técnicos de la EPS Grau, incluyendo especialmente:

- Departamento de catastro técnico
- Departamento de operaciones
- Departamento de facturación comercial
- Departamento de ingeniería

Topografía

La zona de estudio se encuentra entre las cotas 21 y 74 m.s.n.m. El punto más alto se ubica en la PTAP Curumuy con un nivel de 74 m.s.n.m. La zona de distribución presenta una topografía mayoritariamente plana, poco accidentada, como se muestra en las figuras 17 y 18.

Figura 17

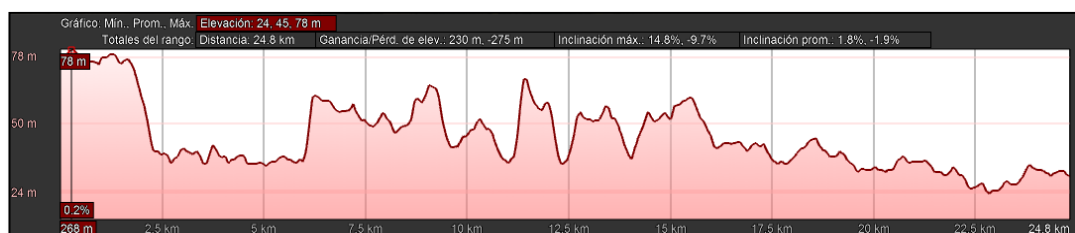
Topografía de la zona de estudio



Nota. En la figura se muestra la Topografía de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Figura 18

Perfil topológico de la ciudad de Piura



Nota. En la figura se muestra el Perfil topológico de la ciudad de Piura. Fuente: Elaboración propia.

Planta de tratamiento de agua potable Curumuy

La PTAP Curumuy, situada entre las coordenadas N9.444.227 - E540.259 y N9.443.841-E540.442, con aproximadamente 20 años de antigüedad, tiene como punto de abastecimiento el Canal Daniel Escobar, abastece al 75 % de la ciudad de

Piura Castilla con una caudal promedio de 560 l/s. En la figura 19 se aprecia la imagen satelital de la ubicación de PTAP Curumuy.

Figura 19

Ubicación de la planta de tratamiento



Nota. En la figura se muestra la Ubicación de la planta de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia.

La planta es administrada por la EPS Grau S.A. La capacidad de producción teórica es de 660 l/s, sin embargo, la operación actual alcanza una producción en un rango de 340 a 560 l/s. En la figura 20 se aprecia un modelo de una planta de tratamiento de agua.

La planta de tratamiento comprende los siguientes elementos:

- Mezcla rápida y medición de caudal mediante una canaleta Parshall
- Floculadores hidráulicos
- Sedimentadores de alta eficiencia
- Filtros rápidos con autolavado
- Tanque de almacenamiento de aguas tratadas
- Estación de bombeo de agua tratada
- Edificios para reactivos químicos y de cloración
- Laboratorios y áreas administrativas

Figura 20

Imagen de la planta de tratamiento



Nota. En la figura se muestra la Imagen de la planta de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Red de tuberías

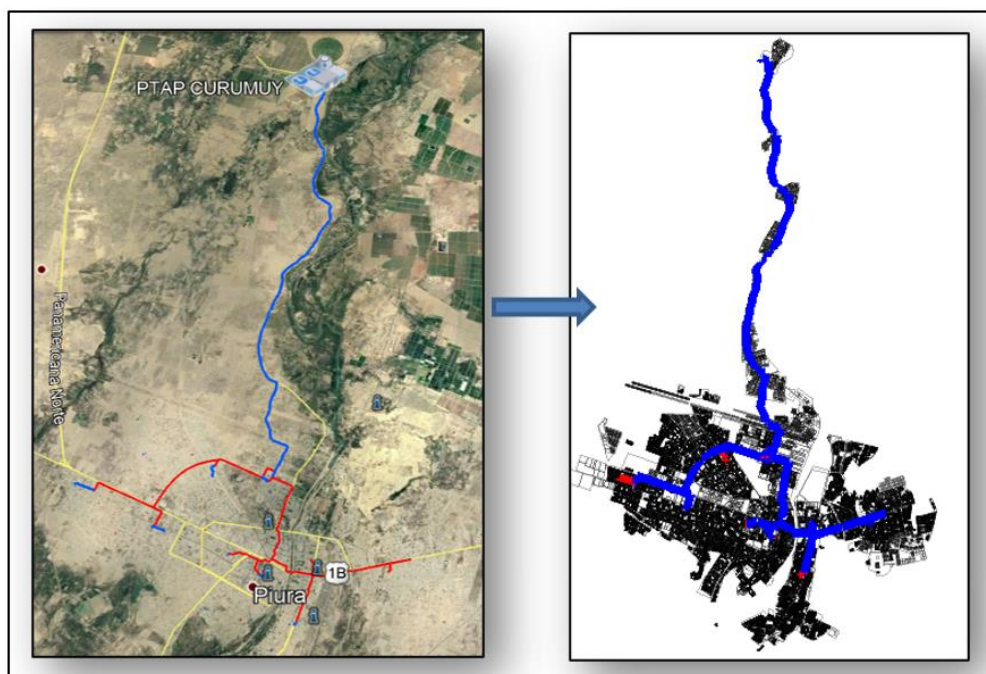
La red de tuberías comprende, por un lado, el sistema de cabecera compuesto por las tuberías que conducen el agua desde la planta de tratamiento o los pozos hasta los reservorios. Por el otro lado incluye las tuberías de distribución que transportan el agua desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias.

La red tuberías de Piura tiene una longitud total de aproximadamente 947 km. Está compuesta por tuberías de hierro dúctil, PVC y asbesto-cemento. En la tabla 8 está la longitud de tuberías que se utiliza de acuerdo al material. Y en la figura 21 se aprecia la imagen satelital de su distribución.

Tabla 8*Tuberías de conducción*

Material	Longitud (km)	Hazen-Willians ©
Asbestos Cement	193,166	140
Cast iron	0,369	130
Ductile Iron	37,606	130
PVC	715,871	150
TOTAL	947,012	

Nota. Tabla de las tuberías de conducción. Fuente propia.

Figura 21*Representación gráfica de las conducciones*

Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica de las conducciones.

Fuente: Elaboración propia.

Reservorios

Los reservorios permiten almacenar agua durante las horas de bajo consumo para atender la demanda durante las horas punta, respondiendo así a las variaciones del consumo a lo largo del día. También sirven para mantener una presión de servicio adecuada. El sistema de Piura cuenta con 15 reservorios elevados operativos con un volumen total de 28,800 m³. En la tabla 9 se muestra los reservorios con sus respectivos volúmenes.

Tabla 9*Lista de reservorios*

Nº	Reservorios	Tipo	Volumen (m3)	Estado	Conexión
1	Micaela Bastidas	Elevado	2500	Operativo	Pozo/Red general
2	Buenos Aires	Elevado	2300	Operativo	Pozo/Red general
3	Parque Infantil	Elevado	1500	Operativo	Pozo/Red general
4	Pachitea	Elevado	2300	Operativo	Pozo/Red general
5	Algarrobos	Elevado	3000	Operativo	Pozo/Red general
6	Lourdes	Elevado	2500	Operativo	Pozo/Red general
7	Santa Rosa	Elevado	3000	Operativo	red general
8	Planicie	Elevado	1500	Operativo	Pozo
9	San Bernardo	Elevado	2000	Operativo	Pozo
10	Las Mercedes	Elevado	1000	Operativo	Pozo
11	Niño Heroe	Elevado	2000	Operativo	Pozo/Red general
12	Cossio Del Pomar	Elevado	1000	Operativo	Pozo
13	Manco Inca	Elevado	2500	Operativo	Pozo
14	Indio	Elevado	1000	Operativo	Pozo
15	Miraflores	Elevado	700	Operativo	red general
16	RE-1	Elevado	800	Operativo	Pozo
17	RE-2	Elevado	800	Operativo	Pozo
Total			30400		

Nota. Lista de reservorios de la ciudad de Piura. Fuente propia.

Nueve (9) de los reservorios existentes están conectados a la red general y se llenan desde la PTAP Curumuy. Los restantes reservorios se alimentan mediante

pozos y abastecen zonas específicas del sistema. En la tabla 10 se muestra los reservorios existentes y al distrito que abastece.

Tabla 10

Reservorios existentes conectados a la PTAP Curumuy (escenario 1 y 2)

Reservorio	Distrito	Vol (m3)
Reservorio Exist. RE-1 Lourdes	Piura	2500
Reservorio Exist. RE-2 Miraflores	Castilla	800
Reservorio Exist. Los Algarrobos	Piura	3000
Reservorio Exist. Santa Rosa	Piura	3000
Reservorio Exist. Pachitea	Piura	2300
Reservorio Exist. Buenos Aires	Piura	2300
Reservorio Exist. Parque Infantil	Piura	1500
Reservorio Exist. Niño Heroe	Castilla	2000
Reservorio Exist Micaela bastidas	Piura	2500
Total		20,100

Nota. Lista de reservorios existentes conectados a la PTAP Curumuy de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

En el escenario 3 se considera la construcción de nueve (9) reservorios nuevos con un volumen total de 29,750 m³. En la tabla 11 se muestra la proyección de los 9 reservorios y sus capacidades necesarias.

Tabla 11*Reservorios proyectados (escenario 3)*

Reservorio	Distrito	Vol (m3)
Reservorio Proy. REP-1a San Martin	Piura	4000
Reservorio Proy. REP-1b L.A. Sanchez	Piura	3500
Reservorio Proy. REP-2 Los Titanes	Piura	3500
Reservorio Proy. REP-3 Ignacio Merino	Piura	3250
Reservorio Proy. REP-4 San Bernardo	Castilla	3250
Reservorio Proy REP-5 La Primavera	Castilla	1750
Reservorio Proy. REP-6 Ciudad Del Niño	Castilla	2750
Reservorio Proy. REP-7 La Molina	Piura	4500
Reservorio Proy. REP-8 Bancarios	Piura	3250
Total		29,750

Nota. Lista de reservorios proyectados de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

En el escenario 4 se considera por un lado la construcción de tres reservorios nuevos con un volumen de 3050 m³. Por el otro lado se prevé la conexión de once reservorios existentes a la red general. En la tabla 12 se aprecia los reservorios que se realizarían con sus respectivas capacidades.

Tabla 12*Reservorios (escenario 4)*

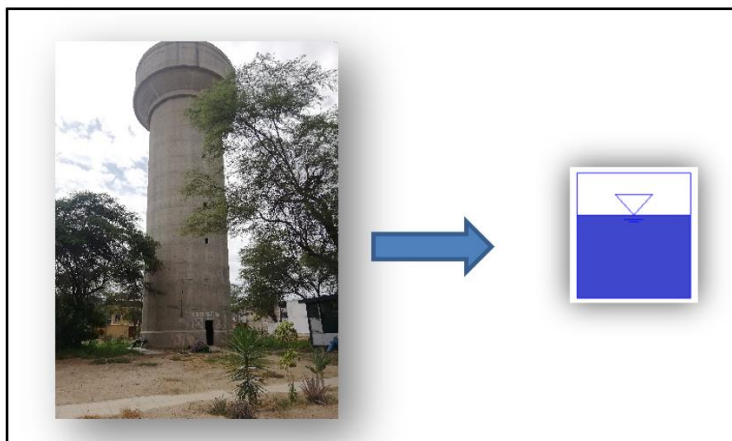
Tipo	Reservorio	Distrito	Vol (m3)
	Reservorio Proy.REP-11 El Cerezal	Piura	150
Nuevos	Reservorio Proy. REP-12 La Palma	Piura	900
	Reservorio Proy. REP-13 Los Polvorines	Piura	2000
	Reservorio Exist. RE-5 Micaela Bastidas	Piura	2500
	Reservorio Exist RE-6 La Granja	Castilla	3000
	Reservorio Exist. RE-11 Miraflores	Castilla	700
	Reservorio Exist. RE-13 El Indio	Castilla	550
	Reservorio Exist. RE-14 Las Mercedes	Castilla	1000
Conexión	Reservorio Exist. RE-15 Tacala	Castilla	1000
	Reservorio Exist. RE-17 Tupac Amaru	Piura	400
	Reservorio Exist. RE-18 Los Portales	Piura	1500
	Reservorio Exist. RE-19 Kurt Beer	Piura	250
	Reservorio Exist. RE-20 Las Palmeras	Castilla	750
	Reservorio Exist. RE-21 Country Club	Castilla	3000
		Total	

Nota. Lista de reservorios proyectados de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

En el esquema del modelo los reservorios se representan con el siguiente símbolo. En la figura 22 se aprecia la representación gráfica de un reservorio.

Figura 22

Representación gráfica de los reservorios en el modelo



Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica de los reservorios en el modelo. Fuente: Elaboración propia.

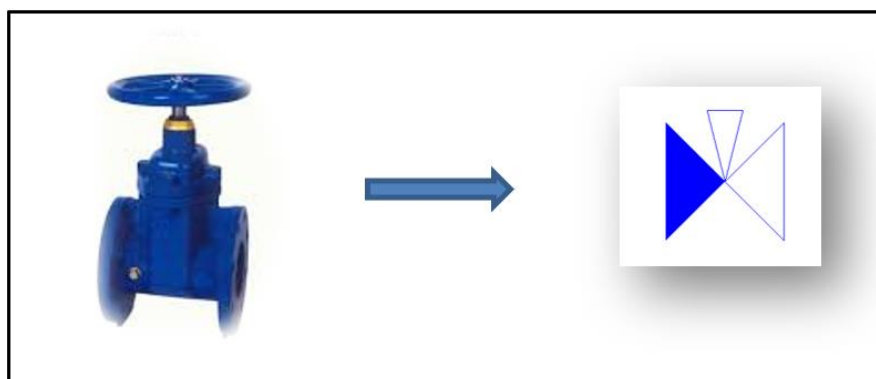
Válvulas de corte

Las válvulas de corte se utilizan para aislar tramos de tuberías en caso de posibles daños o reparaciones. Se deben instalar al comienzo y al final de una conducción y, en general, cada 1000 metros de tubería.

En el modelo desarrollado se consideran las válvulas principales del sistema de distribución. Para su representación gráfica se usa el siguiente símbolo. En la figura 23 se aprecia la representación gráfica de una válvula.

Figura 23

Representación gráfica de las válvulas en el modelo



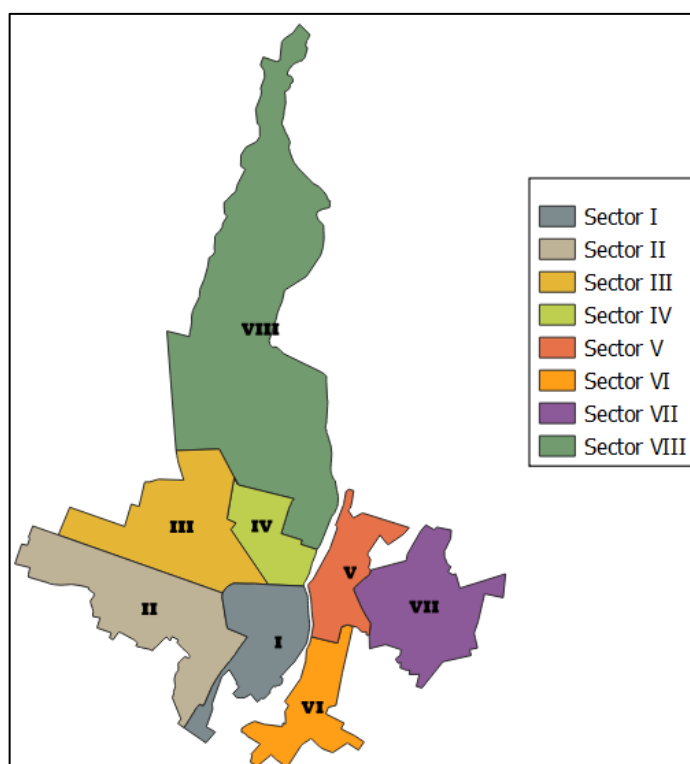
Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica de las válvulas en el modelo. Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.9. Sectorización

La ciudad de Piura cuenta con ocho (8) sectores operacionales, los cuales se muestran en la siguiente figura 24. Actualmente, estos sectores no están claramente separados, por lo que en el escenario 1 se los considera como una sola zona de suministro. En el escenario 2 se introduce la separación de ocho (8) sectores conforme a la figura 24.

Figura 24

Sectorización del sistema de distribución



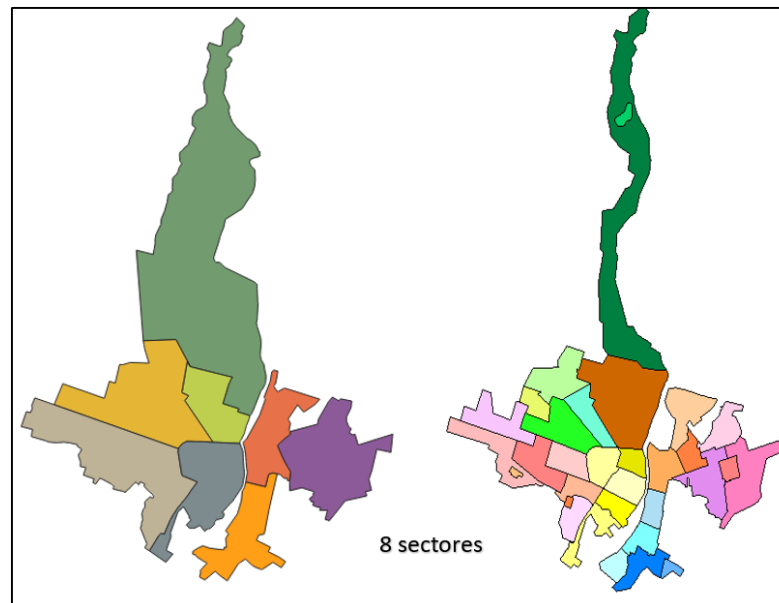
Nota. En la figura se muestra la Sectorización del sistema de distribución. Fuente: Elaboración propia.

En los escenarios 3 y 4 se considera la creación de 32 subsectores, basados en los 8 sectores principales existentes, tal como muestra la siguiente figura.

De la figura 25 a la figura 33 y de la tabla 13 a la tabla 20 se muestran los diferentes subsectores y los reservorios correspondientes situados en cada uno de ellos.

Figura 25

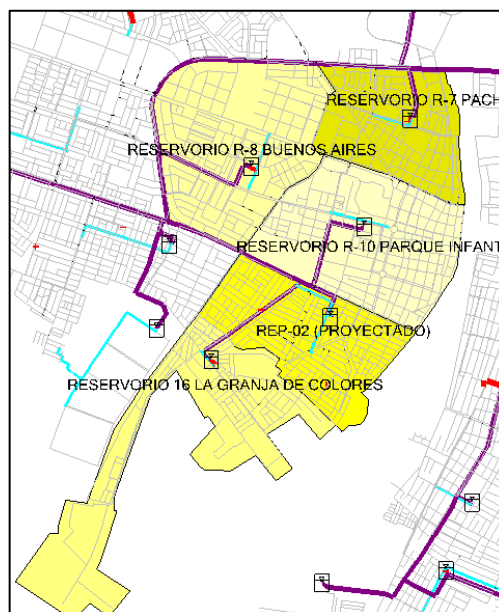
Definición de 32 subsectores (escenarios 3 y 4)



Nota. En la figura se muestra la definición de 32 subsectores (escenarios 3 y 4). Fuente: Elaboración propia.

Figura 26

Representación gráfica Sector 01

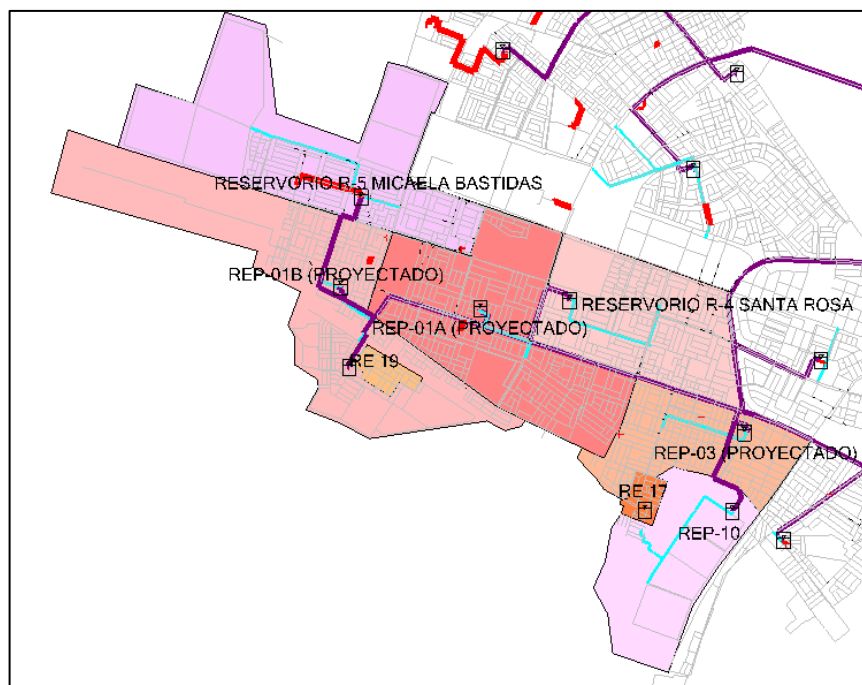


Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 01. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13*Reservorios Sector 01*

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de abastecimiento	
				Existente	Proyectada	Sub sectores	Distritos
Sector 01	RE-07	Pachitea	Existente	2,540		Pachitea	Piura
	RE-08	Buenos Aires	Existente	1,900		Buenos Aires	Piura y 26 de octubre
	RE-10	Parque Infantil	Existente	1,530		Parque Infantil	Piura
	RE-16	Upis	Existente	1,500		Upis	Piura
	RE-02	Los Titanes	Proyectado		3,200	Los Titanes	Piura

Nota. Lista de reservorios Sector 01 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

Figura 27*Representación gráfica Sector 02*

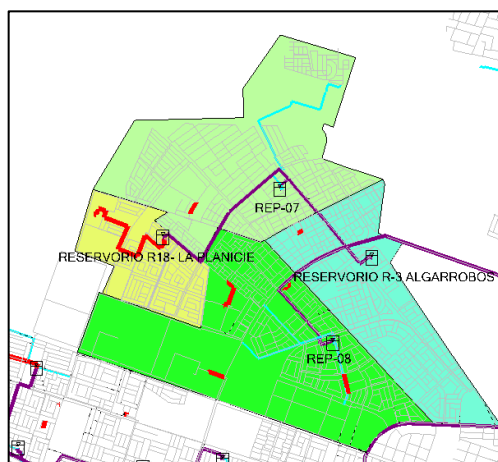
Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 02.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14*Reservorios Sector 02*

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de abastecimiento	
				Existente	Proyectada	Sub Sectores	Distritos
	RE-04	Santa Rosa	Existente	2,970		Santa Rosa	Piura y 26 de octubre
	RE-05	Micaela Bastidas	Existente	2,500		Micaela Bastidas	26 de octubre
	RE-17	Tupac Amaru	Existente	100		Tupac Amaru	26 de octubre
Sector 02	RE-19	Kurt Beer	Existente	570		Kurt Beer	26 de octubre
	REP-01A	San Martín	Proyectado		2,700	San Martín	26 de octubre
	REP-01B	L.A. Sánchez	Proyectado		1,200	L.A. Sánchez	26 de octubre
	REP-03	Ignacio Merino	Proyectado		2,300	Ignacio Merino	26 de octubre
	REP-10	Polvorines	Proyectado		1,500	Polvorines	26 de octubre

Nota. Lista de reservorios Sector 02 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

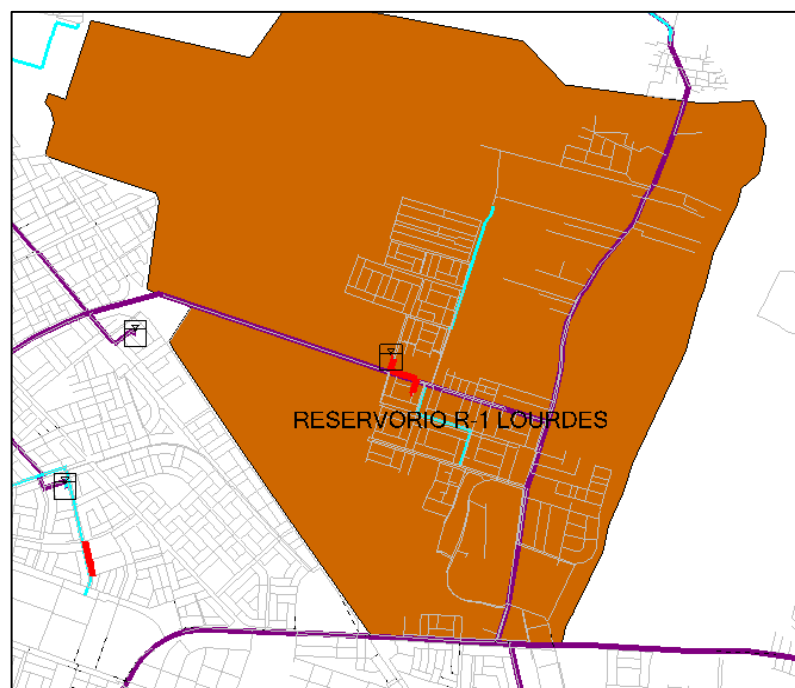
Figura 28*Representación gráfica Sector 03*

Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 03. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15*Reservorios Sector 03*

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de abastecimiento	
				Existente	Proyectada	Sub Sectores	Distritos
Sector 03	RE-03	Los Algarrobos	Existente	2,740		Los Algarrobos	Piura y 26 de octubre
	RE-18	Los Portales	Existente	1,500		Los Portales	26 de octubre
	RE-07	Los Ángeles	Proyectado		3,000	Los Ángeles	Piura y 26 de octubre
	RE-08	Néstor Martos	Proyectado		1,200	Néstor Martos	Piura y 26 de octubre

Nota. Lista de reservorios Sector 03 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

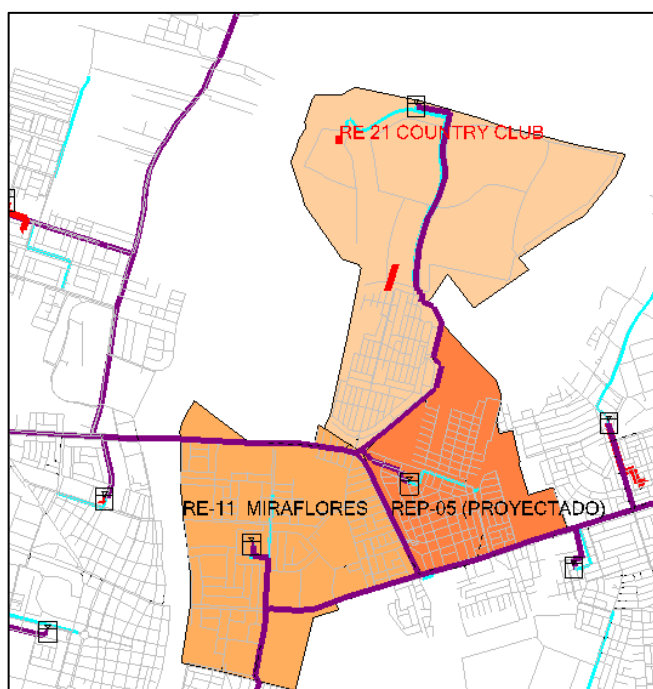
Figura 29*Representación gráfica Sector 04*

Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 04. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16*Reservorios Sector 04*

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de abastecimiento	
				Existente	Proye ctada	Sub Sectores	Distritos
Sector 04	RE-01	Lourdes	Existente	2,380		Lourdes	Piura

Nota. Lista de reservorios Sector 04 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

Figura 30*Representación gráfica Sector 05*

Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 05. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

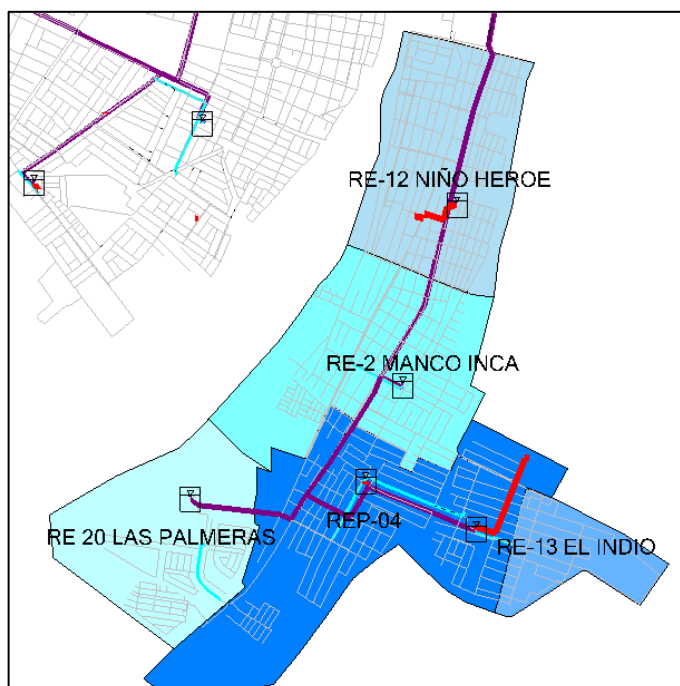
Reservorios Sector 05

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de abastecimiento	
				Existente	Proyectada	Sub sectores	Distritos
Sector 05	RE-11	Miraflores	Existente	700		Miraflores	Castilla
	RE-21	Country Club	Existente	3,000		Country Club	Castilla
	REP-05	Primavera	Proyectado		2,000	Primavera	Castilla

Nota. Lista de reservorios Sector 05 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

Figura 31

Representación gráfica Sector 06

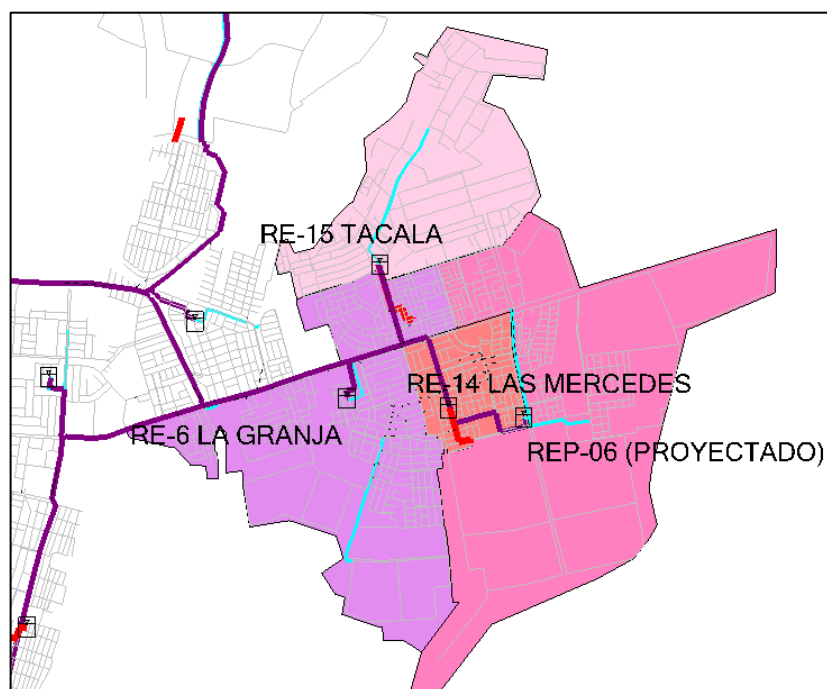


Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 06. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18*Reservorios Sector 06*

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de Abastecimiento	
				Existente	Proyectada	Sub sectores	Distritos
Sector 06	RE-02	El Cortijo	Existente	1,920		El Cortijo	Castilla
	RE-12	Grau	Existente	1,860		Grau	Castilla
	RE-13	El Indio	Existente	650		El Indio	Castilla
	RE-20	Las Palmeras	Existente	800		Las Palmeras	Castilla
	REP-04	San Bernardo	Proyectado		1,000	San Bernardo	Castilla

Nota. Lista de reservorios Sector 06 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

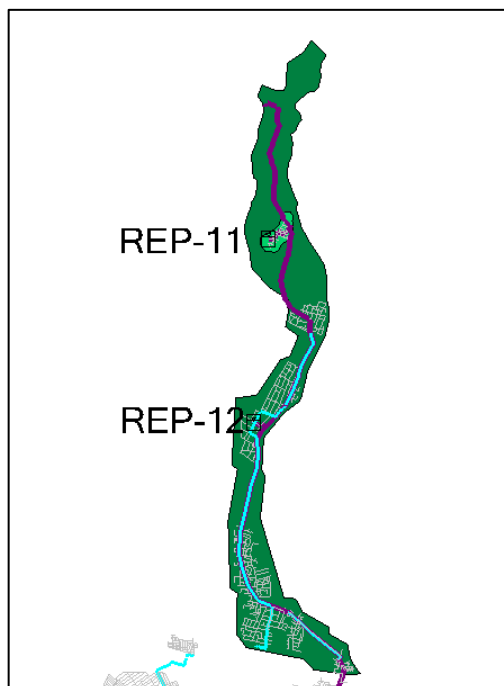
Figura 32*Representación gráfica Sector 07*

Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 07. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19*Reservorios Sector 07*

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de Abastecimiento	
				Existente	Proyectada	Sub sectores	Distritos
Sector 07	RE-06	El Granja	Existente	2,930		El Granja	Castilla
	RE-14	Las Mercedes	Existente	1,030		Las Mercedes	Castilla
	RE-15	Tacala	Existente	1,250		Tacala	Castilla
	REP-06	Ciudad del Niño	Proyectado		2,500	Ciudad del Niño	Castilla

Nota. Lista de reservorios Sector 07 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

Figura 33*Representación gráfica Sector 08*

Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica Sector 08. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20*Reservorios Sector 08*

Sector	Código	Nombre del reservorio	Situación	Volumen (m3)		Zona de Abastecimiento	
				Existente	Proyectada	Sub Sectores	Distritos
Sector 08	REP-11	El Cerezal	Proyectado		150	Cerezal, La Palma y Asentamientos	Piura
	REP-12	La Palma	Proyectado		900	Humanos Futuros	Piura

Nota. Lista de reservorios Sector 08 de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

3.5.2.10. Pozos

La ciudad de Piura cuenta con 34 pozos operativos los cuales aportan un caudal adicional que contribuye con el llenado de reservorios, la sumatoria de estos caudales de bombeo es de 1304, con un promedio de operación de 18 horas, de acuerdo a la tabla 21. Así mismo su representación gráfica se puede apreciar en la figura 34.

Tabla 21*Pozos operativos*

Nº	Nombre	Horas de funcionamiento por día	Caudal pozo (l/s)	Caudal promedio (l/s)
1	Micaela Bastidas	24	33	33
2	Santa Julia	15	50	31
3	Buenos Aires	24	24	24
4	Parque Infantil	24	35	35
5	Bancarios	17	51	36
6	Santa Margarita	13	30	16
7	Pachitea	24	16	16
8	San Pedro	24	34	34
9	Algarrobos	19	61	48
10	Alm.Grau	17	28	20
11	Fatima	24	44	44
12	Tallanes	24	38	38

13	Polvorines	12	35	18
14	Granja De Colores	8	32	11
15	Nuevo.Vicus	16	59	39
16	San Sebastian	24	23	23
17	Las Dalias	18	38	29
18	Nestor Martos	18	32	24
19	Sector N°06	13	44	24
20	San Martin	24	40	40
21	La Planicie	17	42	30
22	San Bernardo	21	34	30
23	Ciudad Del Niño	24	54	54
24	Grau	24	38	38
25	Cossio Del Pomar	24	67	67
26	Cortijo	24	72	72
27	El Indio	24	26	26
28	Country Club	14	32	19
29	Veranda	3	20	3
30	Centenario	4.5	35	7
31	N°16	24	40	40
32	N°17	16	53	35
33	Viduque	24	24	24
34	Upis Pueblo Libre	8	20	7
Total			570	1033

Nota. Lista de Pozos operativos de la ciudad de Piura. Fuente EPS GRAU S.A.

Figura 34

Representación gráfica de los pozos en el modelo



Nota. En la figura se muestra la Representación gráfica de los pozos en el modelo. Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.11. Demanda de agua

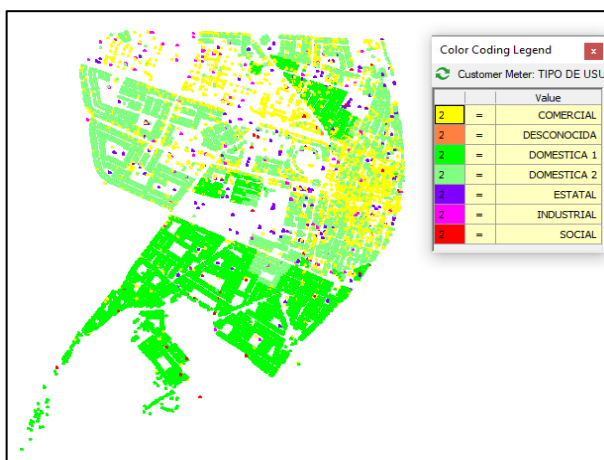
La demanda de agua se entiende como el volumen que los diferentes grupos de usuarios teóricamente requieren y están dispuestos a utilizar en condiciones de disponibilidad.

3.5.2.12. Determinación de la demanda para los escenarios 1 y 2

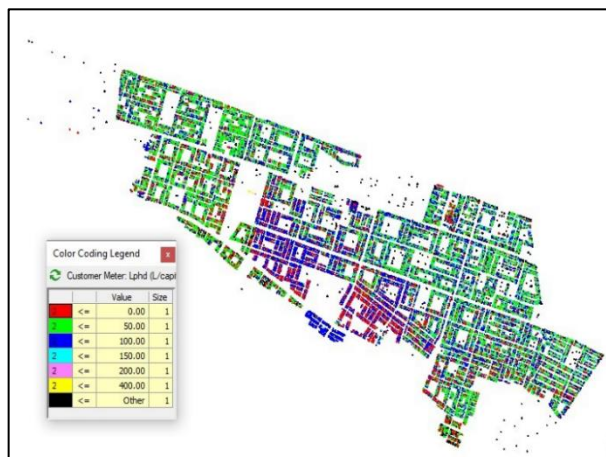
Para determinar la demanda de agua, se ha utilizado la base de datos de usuarios del sistema GISTECO, proporcionada por el catastro técnico de la EPS GRAU, actualizada al mes de enero 2021. Esta información contiene la información de los usuarios georreferenciada, diferenciada por categorías (domestico, comercial, industrial y social), y los datos de medición mensual en m³ en función del tipo de consumo (diferencia de lecturas, promedio, asignado y social), tal como se especifica en la figura 35 y 36.

Figura 35

Determinación de tipos de usuarios (Sector 01)



Nota. En la figura se muestra la Determinación de tipos de usuarios (Sector 01). Fuente: Elaboración propia.

Figura 36*Determinación de la dotación (Sector 02)*

Nota. En la figura se muestra la Determinación de la dotación (Sector 02). Fuente: Elaboración propia.

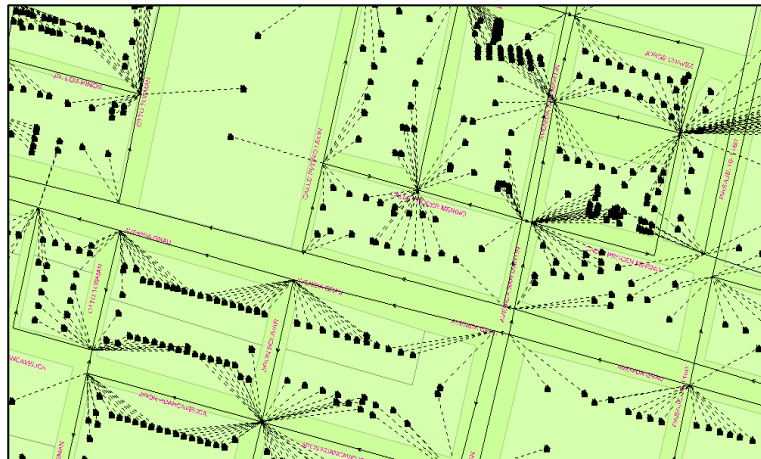
La demanda neta de los diferentes usuarios (domestico, comercial, social e industrial) se asigna a nodos y tramos de tunería de acuerdo con su localización dentro de los sectores operacionales identificados, los que se pueden apreciar en la figura 37 y 38.

Figura 37*Asignación de usuarios al modelo hidráulico*

Nota. En la figura se muestra la Asignación de usuarios al modelo hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

Figura 38

Asignación de usuarios a tuberías o nodos



Nota. En la figura se muestra la Asignación de usuarios a tuberías o nodos. Fuente: Elaboración propia.

La demanda bruta (volumen distribuido) se calcula para cada conexión domiciliaria usando los patrones de Agua no Facturada y continuidad de los respectivos sectores.

$$Vol. Distribuido = \frac{V. facturado}{1 - ANF} \quad (9)$$

Para los modelamientos de los escenarios 1 y 2 se utiliza la demanda correspondiente al año 2021, los cuales se puede apreciar en la tabla 22.

Tabla 22*Demanda de agua en los años 2019-2021*

	Sector 01	Sector 02	Sector 03	Sector 04	Sector 05	Sector 06	Sector 07	Sector 08	
Año	Cercado, Santa Ana, Quinta Julia	24 de Octubre	Ignacio Merino, Zona Industrial	Sector Piloto Sta. María Pinar, San Eduardo	Miraflores, Country Club	Cercado Castilla, Campo Polo, El Indio	Cossio, Primavera, Tacala, Pampas De Castilla	Caserios Línea Curumuy	Localidad Piura- Castilla (l/s)
2019	262,735	322,910	221,160	60,234	102,175	188,048	103,205	26,134	1286,600
2020	274,120	341,889	228,452	70,134	105,523	200,655	110,063	26,134	1356,970
2021	246,451	359,515	216,610	65,450	101,250	192,420	108,261	26,134	1316,091
	Promedio Ponderado								1319.887

Nota. Tabla de la demanda de agua en los años 2019-2021. Fuente EPS GRAU S.A.

Los valores principales de la demanda de agua actual se resumen en la tabla 23 siguiente.

Tabla 23*Valores principales demanda de agua actual*

Parámetro	Valor
Población	482,645
Consumo per cápita (l/pers/d)	157
% pérdidas	50 %
Demanda neta (l/s)	877
Demanda bruta (l/s)	1,316

Nota. Tabla de valores principales demanda de agua actual. Fuente EPS GRAU S.A.

3.5.2.13. Determinación de la demanda para los escenarios 3 y 4

Para la determinación de las demandas del sistema, se utilizó como fuente el “Informe del Diseño Hidráulico de la Red de Impulsión Proyectada Curumuy” preparado por el consorcio PTAP Curumuy a petición del Plan Nacional de Saneamiento urbano (PNSU) donde se estima el caudal promedio proyectado para

el año 20. El informe del PNSU contempla un porcentaje de cobertura y una tasa de micro medición del 100 %, de acuerdo a la tabla 24 proyección de la demanda de agua.

Tabla 24

Proyección de la demanda de agua para el año 20 (escenarios 3 y 4)

Subsector	Reservorio	Caudal promedio año 20 (l/s)
S1 S1	R 16 UPIS	65,02
S1 S4	R 7 Pachitea	96,43
S1 S5	R 8 Buenos Aires	88,55
S1 S3	R 10 Parque Infantil	163,44
S1 S2	R.E.P. 02	116,91
S2 S5	R 4 Santa Rosa	120,9
S2 S7	R 5 Micaela Bastidas	96,7
S2 S4	REP 1 A	134,5
S2 S6	REP 1 B	117,7
S2 S8	RE 19	11,3
S2 S2	REP 3	106,8
S2 S1	REP 10	66,2
S2 S3	RE 17	11,4
S3 S1	RE 18	29,4
S3 S4	RE 3 Algarrobos	134,6
S3 S3	REP 7	145,4
S3 S2	REP 8	101,4
S4	RE 1 Lourdes	93,7
S8 S1	REP 11	3,1
S8 S2	REP 12	25,8
S5 S1	RE 21 Country Club	76
S5 S2	RE 11 Miraflores	73,7
S6 S5	RE 2 Cortijo	95,7
S6 S4	RE 13 El Indio	20,5
S6 S1	RE 12 Niño Héroe	115,6
S6 S3	REP 4	103
S6 S2	RE 20	33,7
S7 S2	RE 6 La Granja	139,67
S7 S3	RE 14 Las Mercedes	54,87
S7 S1	RE 15 Tacala	36,55
S5 S3	REP 05	58,38
S7 S4	REP 06	92,5
	Total	2629,42

Nota. Tabla de proyección de la demanda de agua para el año 20 (escenarios 3 y 4).

Fuente EPS GRAU S.A.

En la tabla 25 se visualiza la demanda futura y se caracteriza por los parámetros generales siguientes:

Tabla 25

Valores principales demanda de agua año 20

Parámetro	Valor
Población	961,957
Consumo per cápita (l/pers/d)	157
% pérdidas	50 %
Demanda neta (l/s)	1,748
Demanda bruta (l/s)	2,622

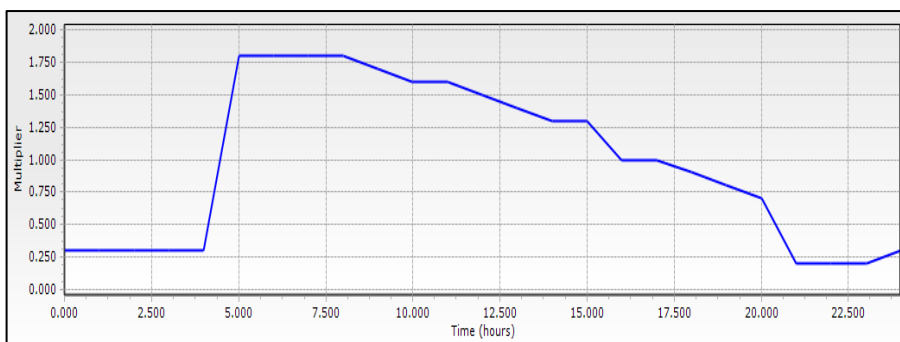
Nota. Tabla de valores principales demanda de agua año 20. Fuente EPS GRAU S.A.

3.5.2.14. Variación de la demanda a lo largo del día

El consumo de agua no es constante sino varía durante el transcurso del día según los patrones de consumo de los diferentes tipos de usuarios (doméstico, comerciales, industriales, etc.). Para representar este efecto se ha utilizado el concepto de coeficientes de variación horaria de la demanda (coeficiente pico o coeficiente punta), obteniendo así una curva de variación horaria de la demanda. El coeficiente de variación de la demanda expresa, para una tubería dada, la relación entre el caudal máximo y el caudal medio que conduce la tubería. En la figura 39 se puede apreciar la variación de la demanda a lo largo del día y su coeficiente de variación en la tabla 26.

Figura 39

Variación de la demanda a lo largo del día



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26*Multiplicador de la demanda a lo largo del día*

Hora	Coefficiente de variación f
1	0,3
2	0,3
3	0,3
4	0,3
5	1,8
6	1,8
7	1,8
8	1,8
9	1,7
10	1,6
11	1,6
12	1,5
13	1,4
14	1,3
15	1,3
16	1
17	1
18	0,9
19	0,8
20	0,7
21	0,2
22	0,2
23	0,2
24	0,3

Nota. Tabla de multiplicador de la demanda a lo largo del día. Fuente EPS GRAU S.A.

3.5.2.15. Calibración del modelo

Para poder obtener resultados fiables de un modelo hidráulico de un sistema de distribución es importante calibrar el modelo con datos reales. Este proceso consiste en comparar los resultados del modelo con datos reales de campo, identificar las áreas en las que el modelo y el campo discrepan y determinar las razones de dichas discrepancias, a fin de realizar los ajustes necesarios para calibrar el modelo.

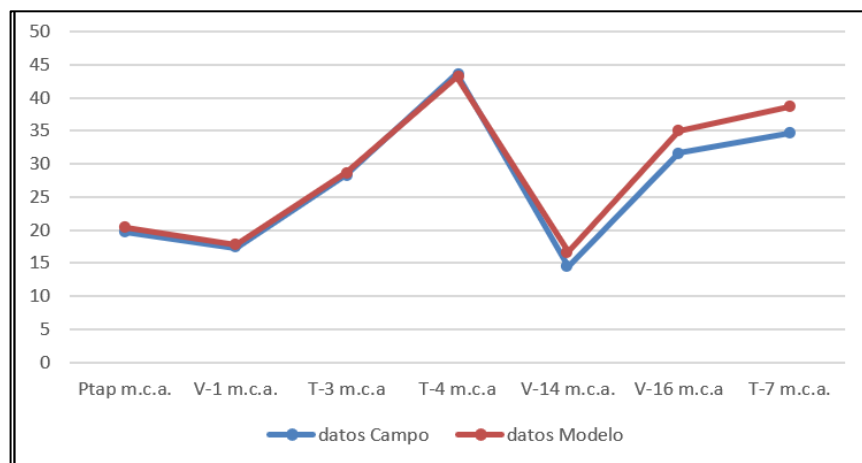
En la tabla 27 y la figura 40 se muestran los resultados de la calibración para el escenario 1a (sistema existente, PTAP funcionando al 100 %).

Tabla 27

Calibración del modelo hidráulico

Pto. Medido	Variables Obtenidas		
	Campo	Modelo	% Error
Ptap l/s	540,0	562	4 %
Ptap m.c.a.	19,7	20,4	4 %
V-1 m.c.a.	17,3	17,8	3 %
T-3 m.c.a.	28,3	28,8	2 %
T-4 m.c.a.	43,6	43,2	-1 %
V-14 m.c.a.	14,5	16,7	16 %
V-16 m.c.a.	31,7	34,9	10 %
T-7 m.c.a.	34,7	38,7	11 %

Nota. Tabla de valores principales demanda de agua año 20. Fuente EPS GRAU S.A.

Figura 40*Calibración del modelo hidráulico*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.16. Escenarios

En el estudio se analizan cuatro (4) configuraciones físicas del sistema:

1. PTAP existente (560 l/s), sistema de distribución existente, demanda actual
2. PTAP existente (560 l/s), sistema de distribución existente con algunas mejoras (creación de 8 sectores), demanda actual
3. Ampliación PTAP (61935 l/s) y nueva línea de cabecera, ampliación red de distribución (32 subsectores), demanda año 20
4. Ampliación PTAP (601935 l/s) y nueva línea de cabecera, ampliación red de distribución (32 subsectores), 8 reservorios adicionales, demanda año 20

En las configuraciones 1 y 2 se considera la demanda de agua actual del sistema, en las configuraciones 3 y 4 la demanda futura (año 20).

Para cada una de estas configuraciones se estudian tres (3) situaciones de funcionamiento de la PTAP, 100 % funcionamiento, 50 % funcionamiento y PTAP parada, de modo que se obtienen los siguientes escenarios de modelamiento, de acuerdo a la tabla 28.

Tabla 28*Escenarios considerados*

Nº	Configuración sistema	Funcionamiento PTAP Curumuy		
		100 %	50 %	Parada
1	PTAP existente (560l/s), sistema de distribución existente, demanda actual.	1a	1b	1c
2	PTAP existente (560 l/s), sistema de distribución existente con algunas mejoras (creación de 8 sectores), demanda actual.	2a	2b	2c
3	Ampliación PTAP (601935 l/s) y nueva línea de cabecera, ampliación red de distribución (32 subsectores), demanda año 20.	3a	3b	3c
4	Ampliación PTAP (601935 l/s) y nueva línea de cabecera, ampliación red de distribución (32 subsectores), 8 reservorios adicionales, demanda año 20.	4a	4b	4c

Nota. Tabla de escenarios considerados. Fuente EPS GRAU S.A.

La tabla 29 presenta con detalle las características técnicas e hidráulicas de los diferentes escenarios.

Tabla 29

Características técnicas e hidráulicas de los escenarios considerados

Modelamiento Hidráulico Sistema Piura - Escenarios				
Configuración sistema	Características hidráulicas y técnicas	Funcionamiento PTAP Curumuy		
		100 % de su capacidad de producción	50 % de su capacidad de producción	Parada producción
Sistema de Cabecera (Producción) y Distribución de Agua Potable existente, de acuerdo a la operación actual de la EPS Grau S.A.	Producción PTAP Curumuy actual (teórica) = 660 lps; modelo: 560 l/s Pozos Existentes Operativos = 34, 29 dentro del sistema y 5 en zonas aisladas Pozos Existentes Inoperativos = 3 Longitud Redes Existentes = 1,759.24 km., modelo =947.012 km Sectorización Existente = 0 % Almacenamiento = 17 Reservorios (Vt = 30,400 m3)	1a	1b	1c
Sistema de Cabecera (Producción) y Sistema de Distribución de Agua Potable existente, con medidas de Mejoramiento y Rehabilitación de Redes Troncales y Secundarias (incluye inserción de tapones y válvulas) para lograr la Optimización del Sistema de Distribución a nivel de sectores; compatibilizado con el Proyecto "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los AAHH del Distrito de Piura y Castilla" CUI N° 2302373 (SNIP N° 319830)	Producción PTAP Curumuy actual (teórica) = 660 lps; modelo: 560 l/s Pozos Existentes Operativos = 34 Pozos Existentes Inoperativos = 3 Longitud Redes Existentes = 1,759.24 km. modelo =947.012 km Almacenamiento Existente (20 Reservorios) = 34,370 m3 Optimización de Distribución a Nivel De Sectores Longitud Redes Ampliadas {Troncales (1.43 km) + Matrices	2a	2b	2c

	(0.00 km)} = 1.43 km.			
	Longitud Redes Renovadas = 63.71 km.			
	Inserción de Válvulas = 13 Unid.			
	Inserción de Tapones = 22 Unid.			
	Costo de Inversión (Inc IGV) : S/.			
	19,208,356 Soles			
	Costos Incrementales			
	Promedio Anual de Operación y Mantenimiento: S/.			
	14,278.80			
	Producción PTAP Curumuy actual (teórica) = (560 + 1800 lps) = 2,450 l/s			
	Longitud Redes Existentes = 1,759.24 km.			
	modelo =947.012 km			
	Almacenamiento Existente (20 Reservorios) = 30,400 m3			
	Sectorización y Sub sectorización			
	Longitud Redes Ampliadas	3a	3b	3c
	{Troncales (40,48 km) + Matrices (175,90 km)} = 216.38 km.			
	Longitud Redes Renovadas = 63.71 km.			
	Longitud Total = (1,759.24 + 216.38 - 63.71) = 1,911.91 km.			
	Sectorización (8) y Subsectorización (32) = 100 %			
	Línea de Cabecera			
	Línea de Impulsión			
	Principal (PTAP)			
Sistema de Cabecera (Producción) y Sistema de Distribución de Agua Potable; Mejorado y Ampliado, mediante la construcción de una nueva PTAP Curumuy complementaria a la existente rehabilitada, nuevas líneas de Impulsión, Aducción y Reservorios, así como mediante la Sectorización (08 Sectores y 32 Subsectores), compatibilizados con los Proyectos "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los AAHH del Distrito de Piura y Castilla" CUI N° 2302373 (SNIP N° 319830) y el Proyecto "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los AAHH del Distrito de Piura y Castilla" CUI N° 2302373 (SNIP N° 319830).				

<p>Sistema de Cabecera (Producción) y Sistema de Distribución de Agua Potable; Mejorado y Ampliado, mediante la construcción de una nueva PTAP Curumuy complementaria a la existente rehabilitada, nuevas líneas de Impulsión, Aducción y Reservorios, así como mediante la Sectorización (08 Sectores y 32 Subsectores), compatibilizados con los Proyectos "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los AAHH del Distrito de Piura y Castilla" CUI N° 2302373 (SNIP N° 319830) y el Proyecto "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los AAHH del Distrito de Piura y Castilla" CUI N° 2302373 (SNIP N° 319830) + Mejoras planteadas para Optimizar y Racionalizar la distribución del agua potable a la población de Piura y Castilla</p>	<p>Curumuy -) = 27.40 km. Líneas de Impulsión Secundarias = 23.80 km. Líneas de Aducción = 2.24 km. Almacenamiento Adicional Almacenamiento Adicional 9+1 Reservorios V= 29,750 m3 (Proyecto PTAP Curumuy) Producción PTAP Curumuy actual (teórica) = (560 + 1800 lps) = 2,450 lps; modelo: 1750 l/s Longitud Redes Existentes = 1,759.24 km. modelo =947.012 km Almacenamiento Existente (17Reservorios) = 30,400 m3 Sectorización y Sub sectorización Longitud Redes Ampliadas {Troncales (40,48 km) + Matrices (175,90 km)} = 216.38 km. + NUEVO TRAZO PARA RESERVORIOS EXISTENTES Longitud Redes Renovadas = 63.71 km. Longitud Total = (1,759.24 + 216.38 - 63.71) = 1,911.91 km. Sectorización (8) y Sub sectorización (32) = 100 % LINEA DE CABECERA Línea de Impulsión Principal (PTAP</p>	4a	4b	4c
---	---	----	----	----

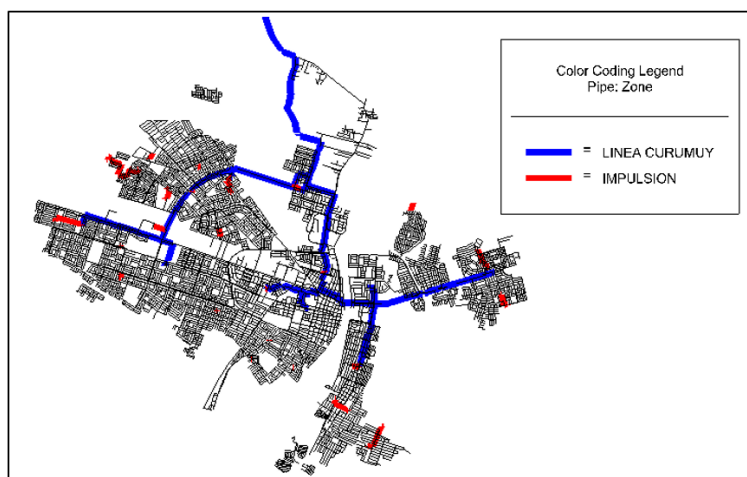
Curumuy) = 27.40
 km. + nuevo trazo
 Líneas de
 Impulsión
 Secundarias =
 23.80 km.
 Líneas de
 Aducción = 2.24
 km.
 Almacenamiento
 Adicional
 Almacenamiento
 Adicional 2
 Reservorios V=
 17,700 m³ REP
 11 Y REP 12
 Almacenamiento
 Adicional 9+1
 Reservorios V=
 20,600 m³
 (Proyecto PTAP
 Curumuy)

Nota. Características técnicas e hidráulicas de los escenarios considerados. Fuente EPS GRAU S.A.

En el escenario 1 el sistema es alimentado por la línea de cabecera existente de la PTAP Curumuy y las líneas de impulsión de los diferentes pozos, tal como se aprecia en la figura 41.

Figura 41

Escenario 1 - Línea Curumuy y líneas de impulsión



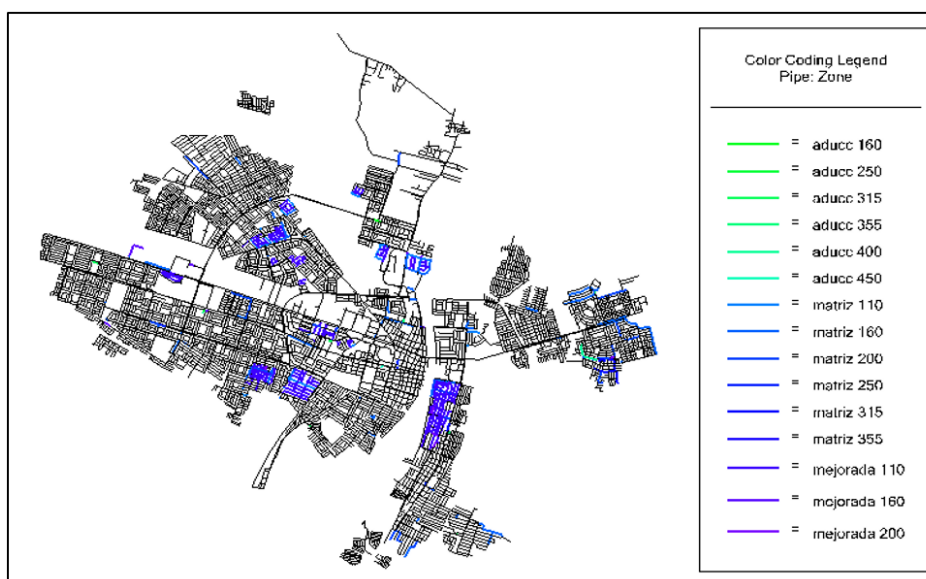
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

En el escenario 2 se renuevan varias tuberías a fin de eliminar tramos de diámetro insuficiente (cuellos de botella) y se establece una primera sectorización de la red (8 sectores).

En la figura 42 muestran las tuberías renovadas y la sectorización propuesta.

Figura 42

Escenario 2 - Tuberías renovadas



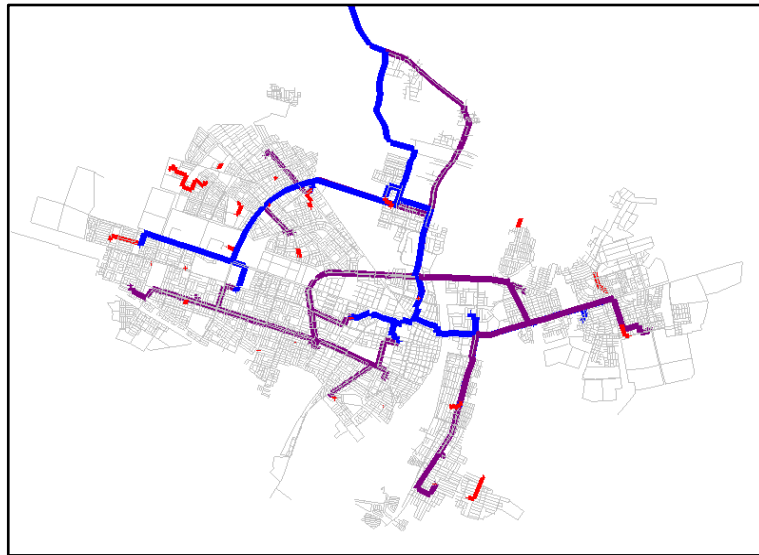
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

En los escenarios 3 y 4 se amplía la PTAP y la red de distribución. También se construye una segunda línea de cabecera. Las siguientes figuras representan la configuración de tuberías en los escenarios 3 y 4. En la figura 43 y 44 se puede apreciar la representación y su distribución de las tuberías.

Figura 43

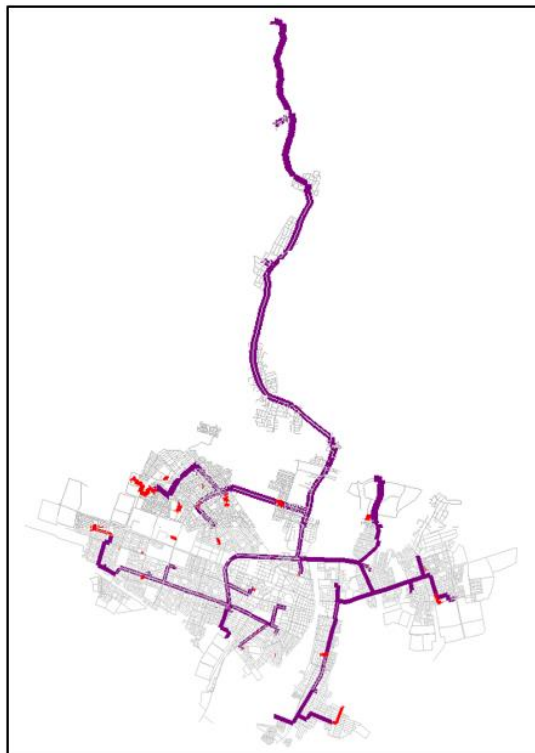
Representación de tuberías escenario 3



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

Figura 44

Representación de tuberías escenario 4

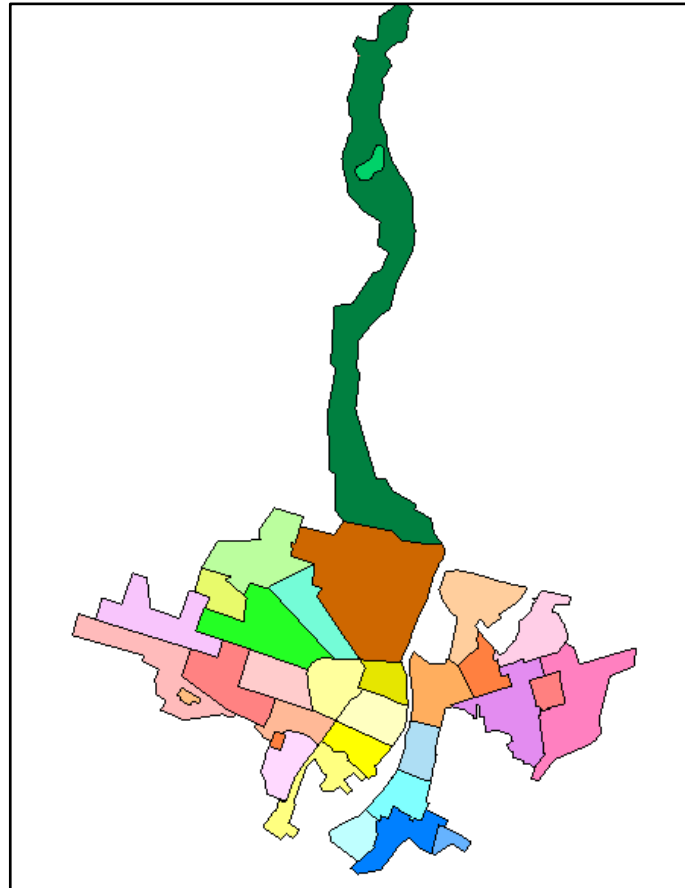


Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

En los escenarios 3 y 4 se propone además la creación de 32 subsectores, como detalla la siguiente figura 45.

Figura 45

Sectorización escenarios 3 y 4 (32 subsectores)



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En todos los escenarios se realizan simulaciones de 72 horas de duración, aplicando los coeficientes de variación de la demanda indicados en el apartado 0.

En la tabla 30 se presenta los valores promedio de demanda, producción y caudal suministrado (demanda satisfecha) correspondientes a cada escenario. Las diferencias entre producción y caudal suministrado son debidas a variaciones en el volumen almacenado.

Tabla 30

Demanda, producción y caudal suministrado

Escenario	Demanda teórica (l/s)	Demanda satisfecha (l/s)	Producción total (l/s)	Producción PTAP (l/s)
1a		1,179	1,214	560
1b		1,058	1,061	280
1c	1,316	832	835	0
2a		1,330	1,398	560
2b		1,106	1,140	280
2c		844	857	0
3a		2,347	2,371	1,935
3b		1,901	1,844	968
3c	2,622	1,098	1,059	0
4a		2,389	2,387	1,935
4b		1,908	1,843	968
4c		1,098	1,047	0

Nota. Tabla de la Demanda, producción y caudal suministrado. Fuente EPS GRAU S.A.

Las figuras mostradas en los apartados siguientes muestran la presión en los nodos durante las horas de máxima demanda (horas punta) que se produce entre las 5:00 y las 8:00 horas a.m.

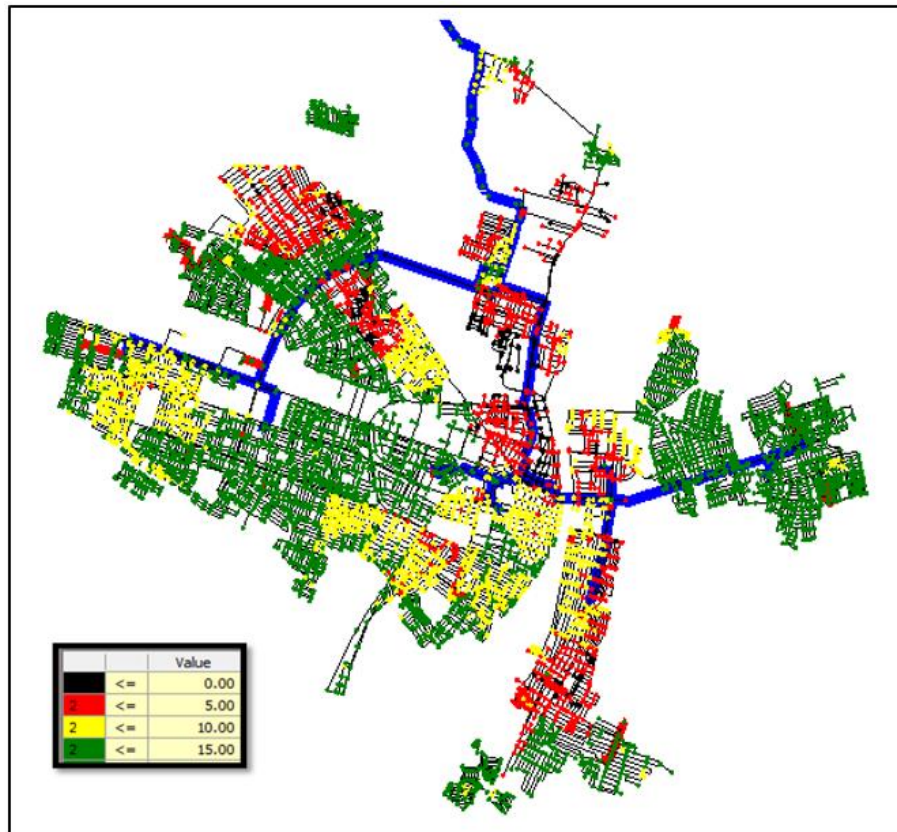
4.1. Escenario 1a: Sistema existente, PTAP 100 %

En el escenario 1 las presiones encontradas en los nodos durante la hora punta son bajas en algunos casos, no cumpliendo los estándares de calidad, como en el sector II donde la situación es crítica y se encuentran presiones menores a 5 mca en gran parte de los nodos.

Esto se debe a la alta demanda, la topografía plana de la ciudad, y las elevadas pérdidas de carga en las conducciones de salida de los reservorios debidas a la antigüedad y el material de las mismas (asbesto cemento) de las mismas. Tal como se muestra en la figura 46.

Figura 46

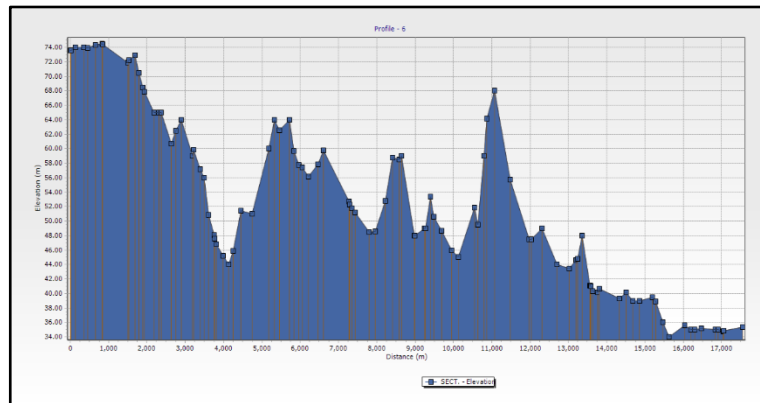
Escenario 1a - Presiones



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

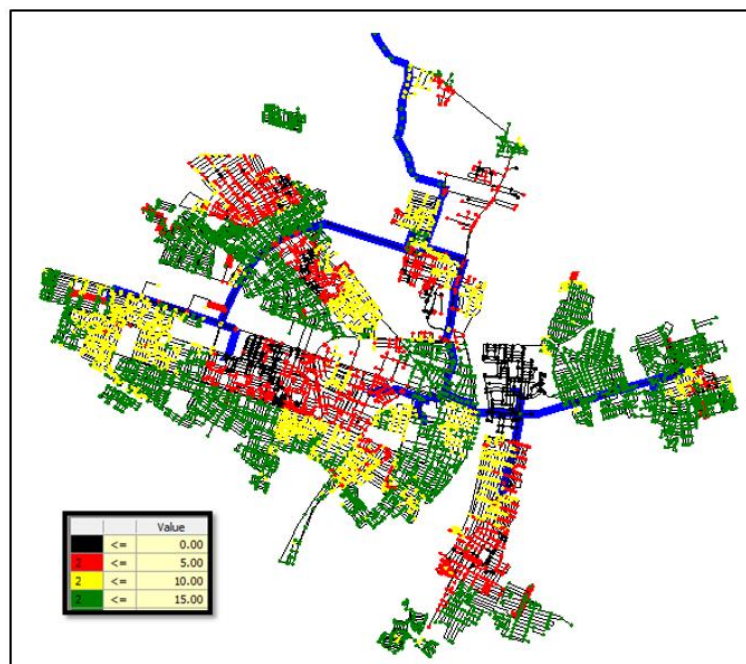
En la figura 47 se muestra la altura de presión a lo largo de la línea de cabecera de Curumuy a la ciudad. Se observa que la altura de presión (presión piezométrica) tiene valores aceptables (>34 mca) a lo largo de toda la conducción.

Figura 47*Perfil altura de presión línea Curumuy*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Escenario 1b: Sistema existente, PTAP 50 %

En este escenario la PTAP funciona sólo al 50 % de su capacidad. Se observa que aquellas partes de la ciudad que se abastecen desde reservorios que solo se alimentan de la línea Curumuy sufren desabastecimiento. Tal como se puede apreciar en la figura 48.

Figura 48*Escenario 1b - Presiones*

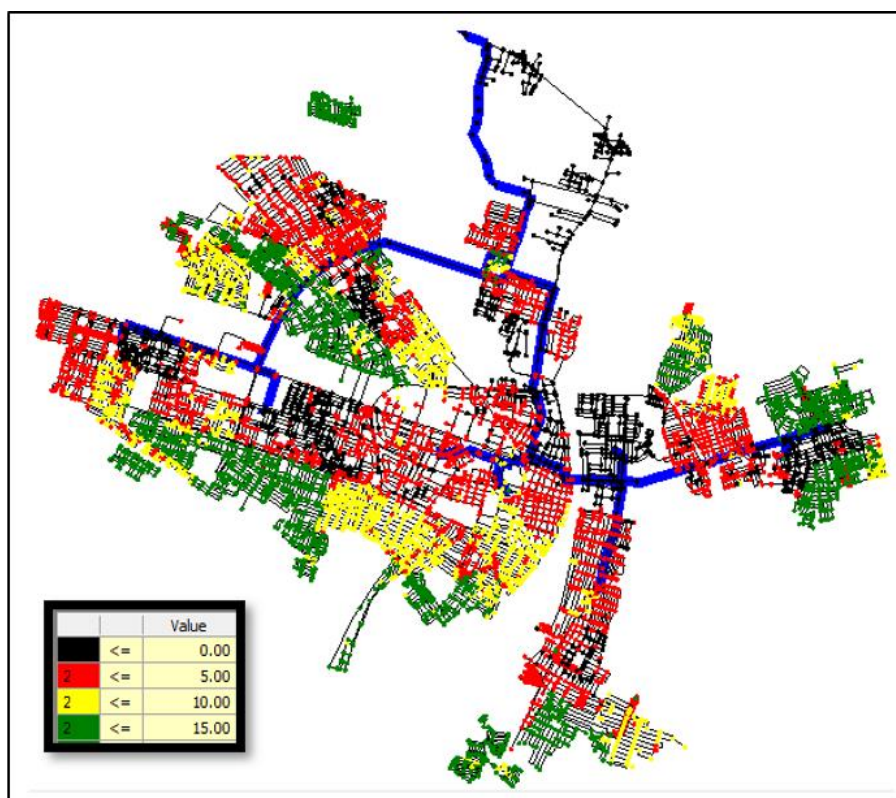
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Escenario 1c: Sistema existente, PTAP parada

En este escenario la PTAP está parada y la red recibe agua únicamente de los pozos. Por consiguiente, se quedan sin abastecimiento aquellas zonas que se alimentan de reservorios que tienen como única fuente la línea de Curumuy como por ejemplo el sector VIII y sector V, así mismo en un periodo dinámico se determinó que en el sector I y sector II las zonas abastecidas por los reservorios Buenos Aires y reservorio Santa Rosa presentarían deficiencias en el abastecimiento, ya que la demanda de estas zonas no podría ser cubierta con normalidad, por ser elevada. El poco caudal de abastecimiento del reservorio Buenos Aires se estaría compartiendo con la zona abastecida por el reservorio santa rosa. Tal como se puede apreciar en la figura 49.

Figura 49

Escenario 1c - Presiones



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

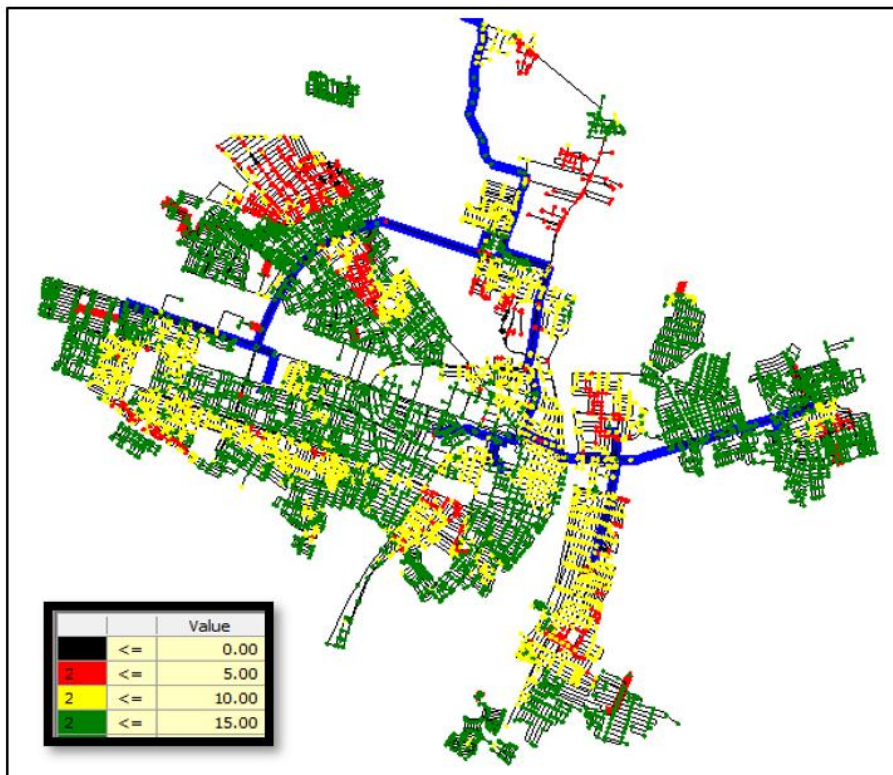
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Escenario 2a: Sistema existente, mejora red/sectorización, PTAP 100 %

En este escenario se aprecia un incremento de las presiones en los nodos con respecto al escenario 1a debido a la sectorización de la red y la renovación de tuberías. Tal como se puede apreciar en la figura 50.

Figura 50:

Escenario 2a - Presiones



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

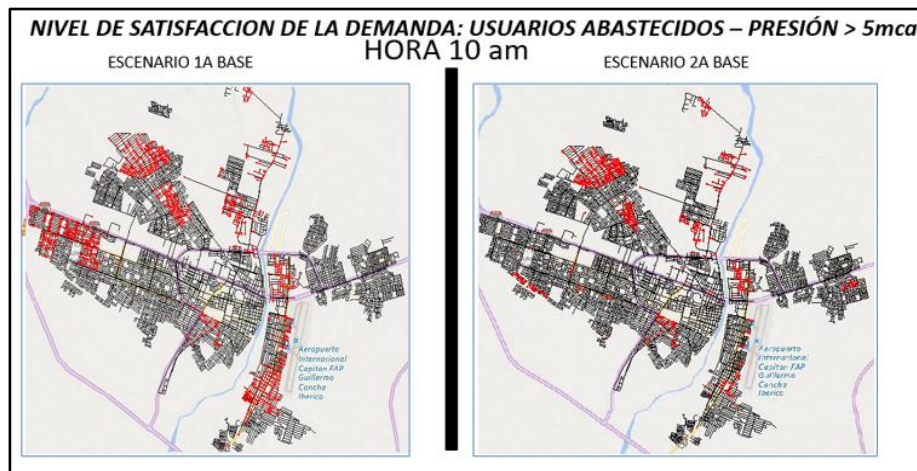
Fuente: Elaboración propia.

4.5. Sectorización

En la figura 51 mostrada a continuación, se presentan algunas evaluaciones en el modelamiento hidráulico con las cuales podemos determinar las mejoras ante una sectorización.

Figura 51

Mejora de la calidad del servicio Escenario 2a - Escenario 1a

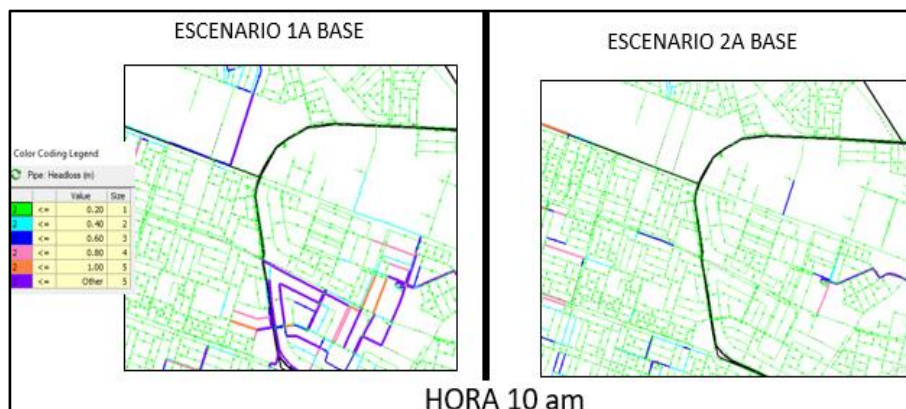


Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

En figura 51 se muestra cómo es que con una sectorización se puede incrementar la satisfacción de la demanda, en la figura se observa una codificación con presiones > 5m.c.a color rojo y mayores a 5 m.c.a color negro, se puede ver que el escenario 2A incrementa la cobertura con presiones mayores a 5 m.c.a, con lo cual verificamos que con una sectorización podemos mejorar la cobertura y la satisfacción de la demanda.

En la figura 52 se muestra como las pérdidas de carga elevadas que se detectan en algunos tramos del sistema existente (escenario 1a) se reducen con la nueva configuración de la red.

Figura 52*Escenario 2a - Disminución de la pérdida de carga*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 53 se puede apreciar la correcta delimitación de la zona alimentada por el reservorio Buenos Aires conforme a la sectorización propuesta.

Figura 53

Escenario 2a - Delimitación zona alimentada por el reservorio Buenos Aires



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

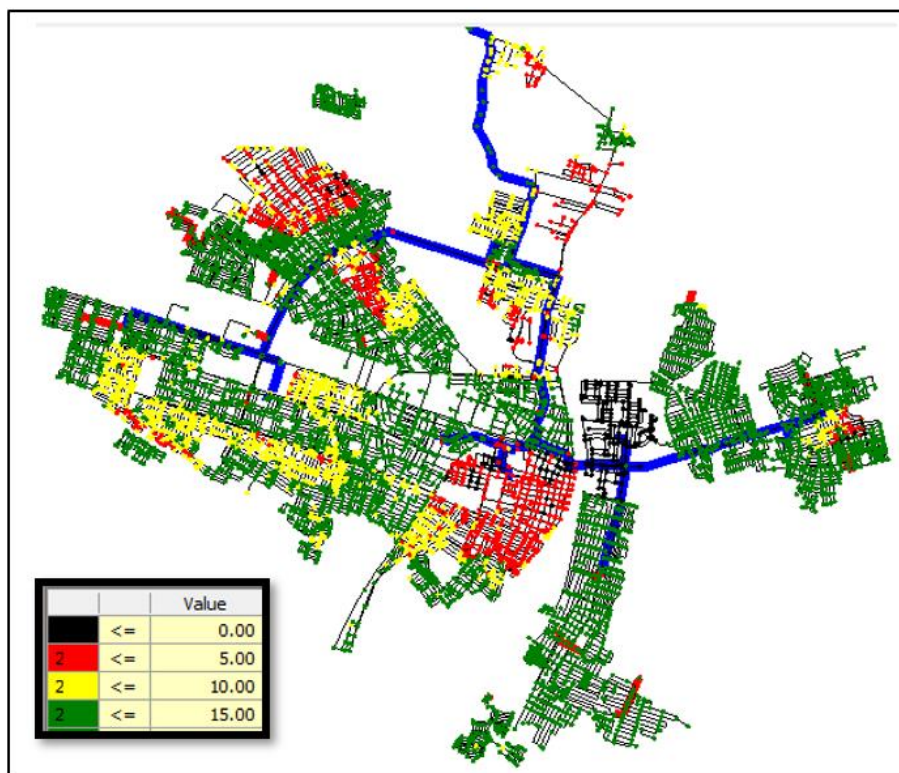
4.6. Escenario 2b: Sistema existente, mejora red/sectorización, PTAP 50 %

En el escenario 2b la configuración física del sistema es igual que en el escenario 2a.

Así mismo se presenta un suministro intermitente, debido a la reducción de la producción de la PTAP al 50 %, sin embargo, a pesar de la reducción de la producción, en este escenario es posible una mejor distribución del suministro, racionando por sectores. Sin embargo, el sector V, presentara deficiencias en su abastecimiento debido a su reducida capacidad de almacenamiento. Tal como se puede apreciar en la figura 54.

Figura 54

Escenario 2b – Presiones

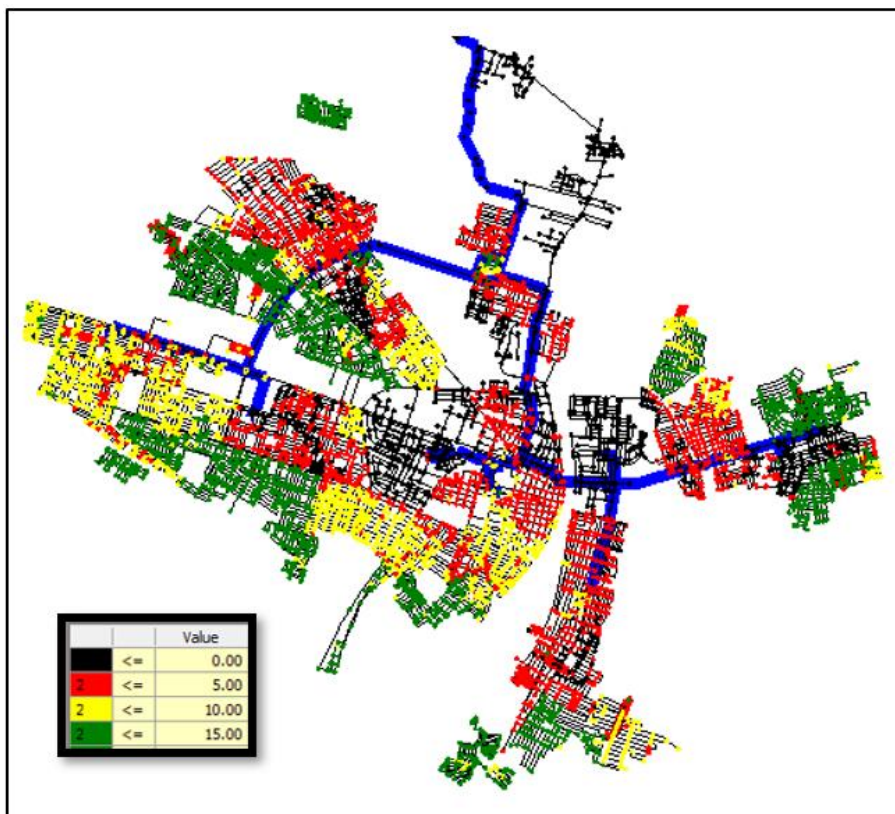


Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Escenario 2c: Sistema existente, mejora red/sectorización, PTAP parada

Con la PTAP parada de nuevo se quedan sin abastecimiento las zonas que tienen como única fuente la línea Curumuy, así como los sectores VII y VIII y las zonas alimentadas por los reservorios Santa Rosa y Miraflores. Tal como se puede apreciar en la figura 55.

Figura 55*Escenario 2c – Presiones*

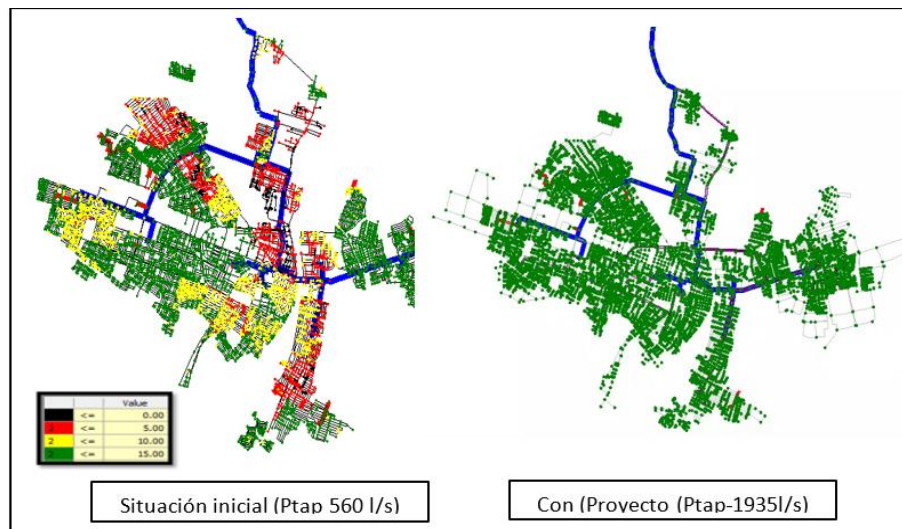
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

4.8. Escenario 3a: Ampliación PTAP, renovación red, PTAP 100 %

Es este escenario se considera la ampliación de la PTAP Curumuy, la construcción de una nueva línea de cabecera y una renovación general la red de distribución. El modelamiento se realiza para la demanda de agua futura (año 20). Se considera un periodo de simulación de 72 horas.

Se observa una mejora considerable de la presión en todos los nodos, debido al incremento de la oferta, la renovación de la red, el mallado de los sectores y la creación de subsectores. Tal como se puede apreciar en la figura 56.

Figura 56*Escenario 3a – Presiones*

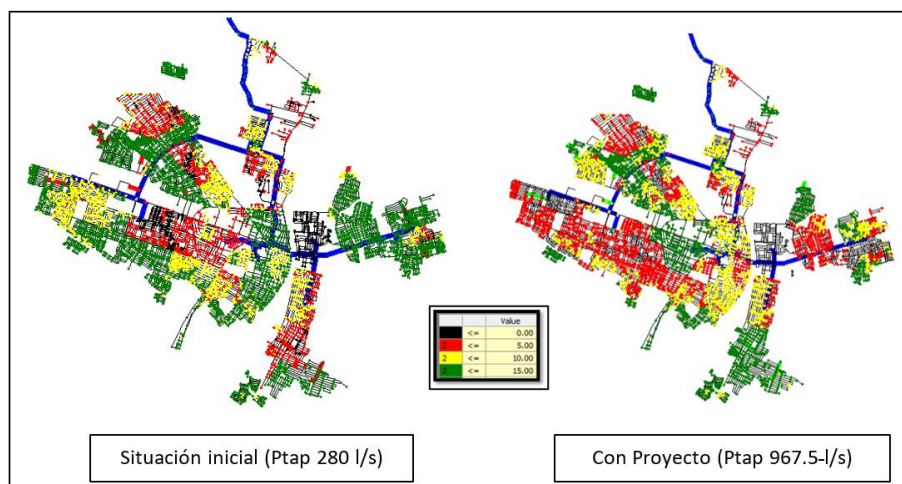
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

4.9. Escenario 3b: Ampliación PTAP, renovación red, PTAP 50 %

En este escenario la configuración física del sistema es la misma que antes, pero la PTAP funciona sólo al 50 % de su capacidad.

Debido a la falta de agua, las zonas que sólo se alimentan de la línea de Curumuy sufren desabastecimiento. Tal como se puede apreciar en la figura 57.

Figura 57*Escenario 3b – Presiones*

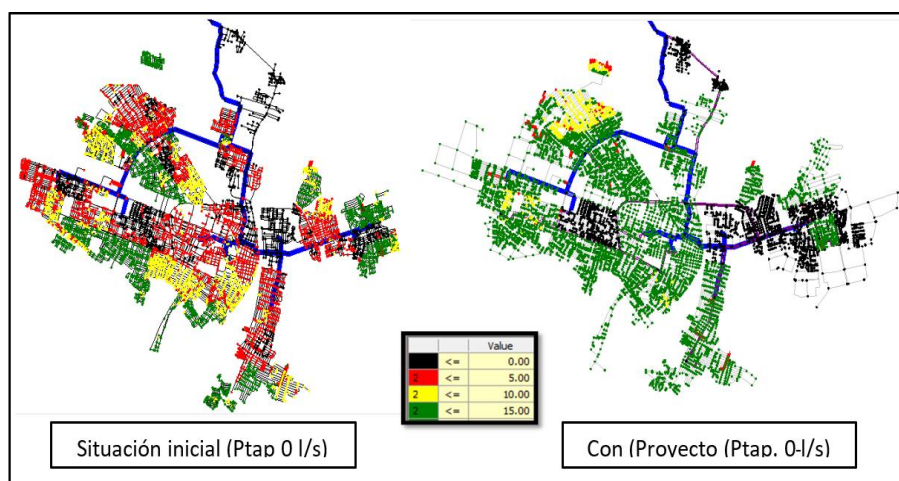
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.
Fuente: Elaboración propia.

4.10. Escenario 3c: Ampliación PTAP, renovación red, PTAP parada

En este escenario se quedan sin abastecimiento las zonas que tienen como única fuente de suministro la línea de Curumuy. En particular se van afectados los sectores I, V, VI, VII y VIII. Las otras zonas son abastecidas por los pozos existentes. Tal como se puede apreciar en la figura 58.

Figura 58

Escenario 3c - Presiones

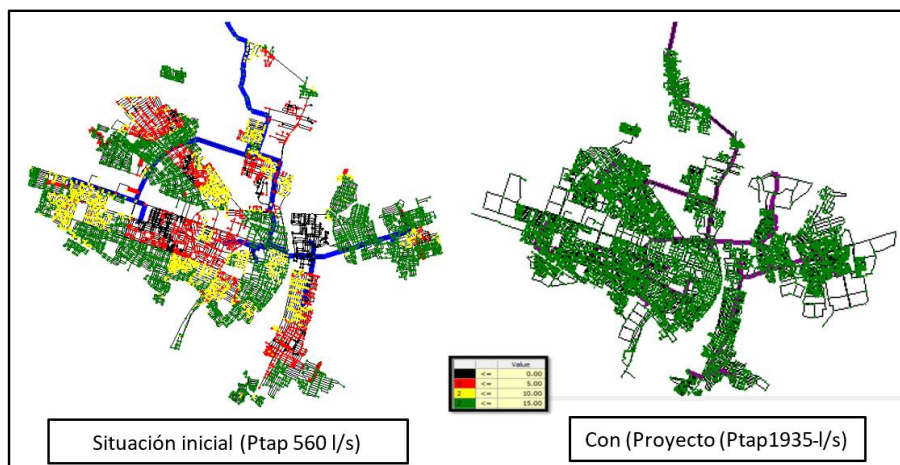


Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.
Fuente: Elaboración propia.

4.11. Escenario 4a: Ampliación PTAP, renovación red, reservorios, PTAP 100 %

En los escenarios 4 (a-c) la configuración física del sistema es parecida a los escenarios 3 (a-c), pero se complementa con varios reservorios adicionales para corregir las deficiencias detectadas en las simulaciones anteriores.

En el escenario 4a (funcionamiento de la PTAP al 100 %) el resultado es similar al escenario 3a, se registra una presión satisfactoria en todos los nodos. Tal como se puede apreciar en la figura 59.

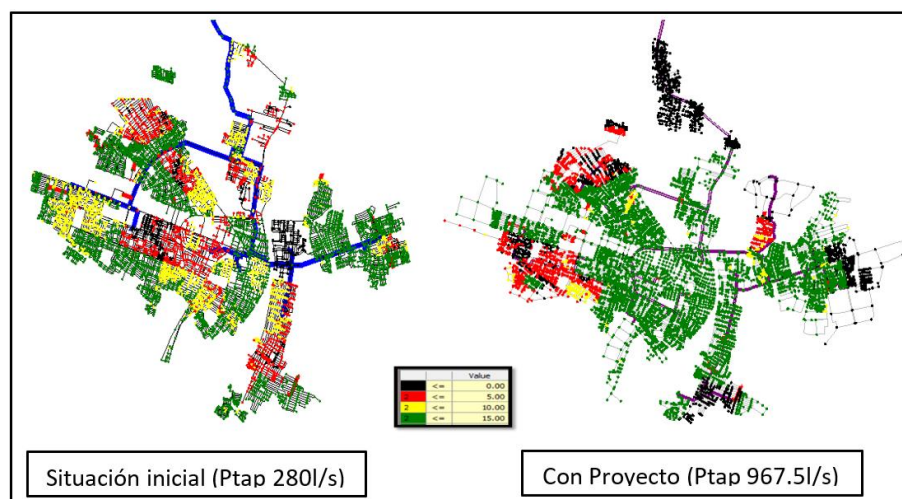
Figura 59*Escenario 4a - Presiones*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

4.12. Escenario 4b: Ampliación PTAP, renovación red, reservorios, PTAP 50 %

En el escenario 4b (funcionamiento de la PTAP al 50 %) se observa que, en una proyección a 20 años, ante una reducción del 50 % de la producción se presentarían zonas con desabastecimiento, siendo esta parte del sector VIII, VII y VI. Tal como se puede apreciar en la figura 60.

Figura 60*Escenario 4b – Presiones*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

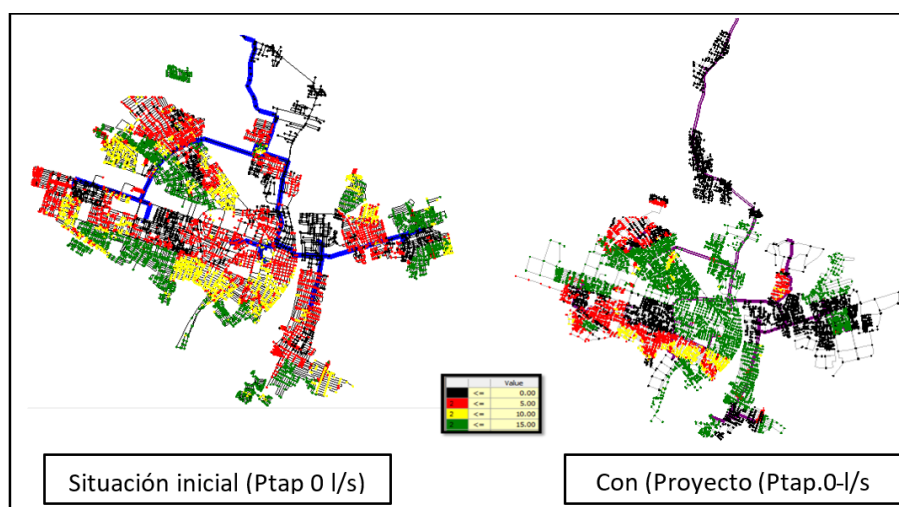
Fuente: Elaboración propia.

4.13. Escenario 4c: Ampliación PTAP, renovación red, reservorios, PTAP parada

En el caso de una parada completa de la PTAP de Curumuy en un horizonte de 20 años se tendría un desabastecimiento de poco más del 50 %. Siendo esto una situación crítica lo cual merecería considerar para plantear una alternativa de solución ante un posible suceso que conlleve a esta situación. Tal como se puede apreciar en la figura 61.

Figura 61

Escenario 4c – Presiones



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

4.14. Análisis e interpretación

Del modelamiento hidráulico se obtienen una serie de conclusiones.

4.15. Identificación de tramos con diámetro inadecuado

Identificación de tramos de tubería en la red de distribución con diámetro inadecuado (cuellos de botella) generando altas pérdidas de carga y, en consecuencia, la reducción de presiones y la fatiga de la infraestructura hidráulica (en anexo I)

4.16. Efecto de la sectorización

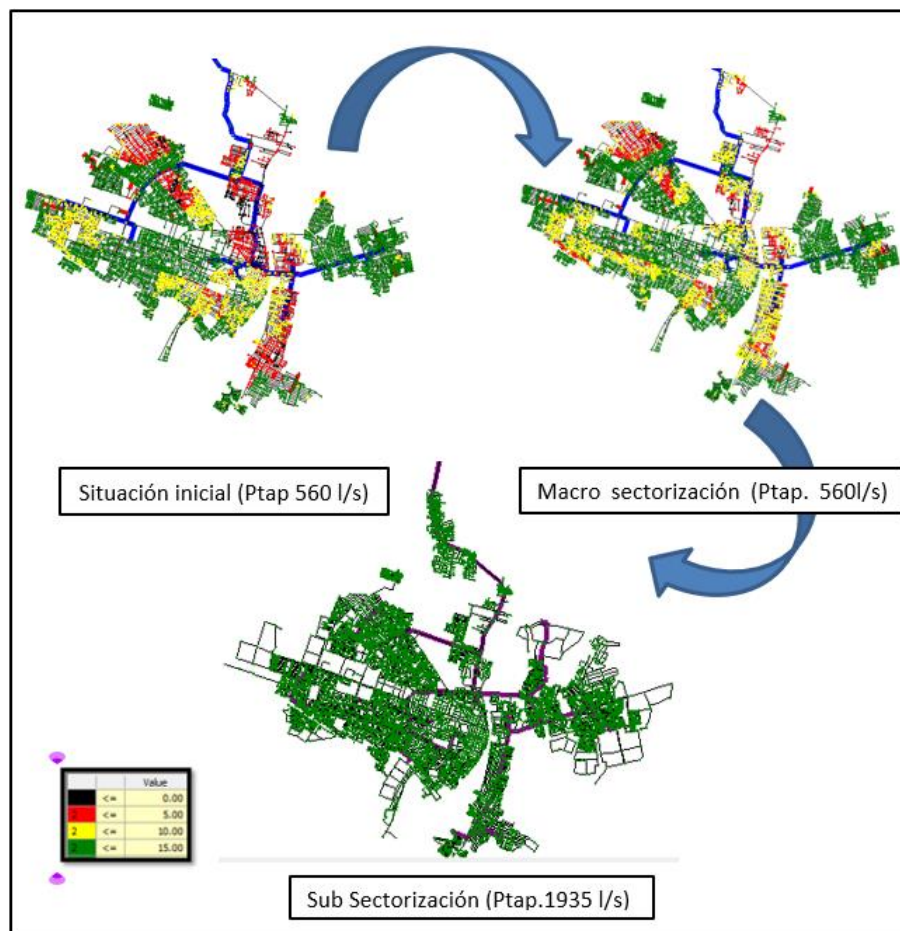
La sectorización de las Redes de Abastecimiento de Agua Potable se puede considera como una estrategia de gestión que implica la subdivisión de un sistema, en subgrupos homogéneos a fin de poder gestionar de mejor manera cada sub-área (sector) mediante el monitoreo permanente de los caudales que ingresan a cada sector.

El presente modelamiento hidráulico se realizó con el fin de corroborar la efectividad de una sectorización idealizada, sobre un sistema existente, la cual se dio en tres fases siendo estas consideradas en el escenario 01, escenario 02 y escenario 04.

En las siguientes figuras se muestra la resultante de esta evaluación partiendo desde la situación inicial hasta una sectorización idealizada. Tal como se puede apreciar en la figura 62.

Figura 62

Sectorización idealizada sobre un sistema existente



Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

4.17. Fase 01 Situación inicial (Ptap 560 l/s):

En la situación inicial se muestra un sistema interconectado, que además presenta una deficiencia en la configuración de redes de distribución, generando pérdidas de carga en distintos tramos del sistema.

4.18. Fase 02 Macro sectorización (Ptap. 560l/s):

En esta fase se muestra los efectos de realizar una sectorización a nivel macro, dividiendo 8 sectores operacionales, manteniendo la misma producción (560 l/s), además de la sectorización también se realizaron cambios de diámetro de tuberías en tramos donde se generaban pérdidas de carga considerables. Logrando esto incrementar el rango de presiones del sistema, y mejorando la operatividad a nivel de sectores.

4.19. Fase 03 Sub sectorización (Ptap.1935 l/s):

En esta fase se muestra una sectorización idealizada que se ejecuta a partir de un proyecto de "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los AAHH de los Distritos de Piura y Castilla, Provincia de Piura, Departamento de Piura ".

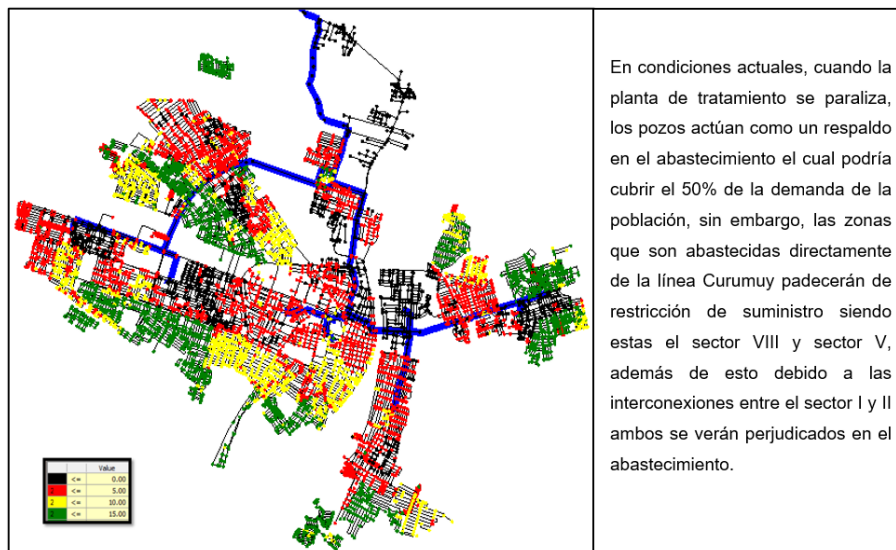
Dando como resultado un sistema sectorizado a nivel de sector y sub sectores operacionales, consiguiendo con esto una adecuada distribución de la producción, una mejora homogénea en presiones, y una mejor maniobrabilidad operacional que permite gestionar eficientemente el sistema.

4.20. Vulnerabilidad del sistema tras la ampliación

En los escenarios 1c,2c,3c y 4c, se evaluó el comportamiento del sistema ante situaciones críticas de una baja en la planta. Tal como se puede apreciar en la figura 63, 64 y 65.

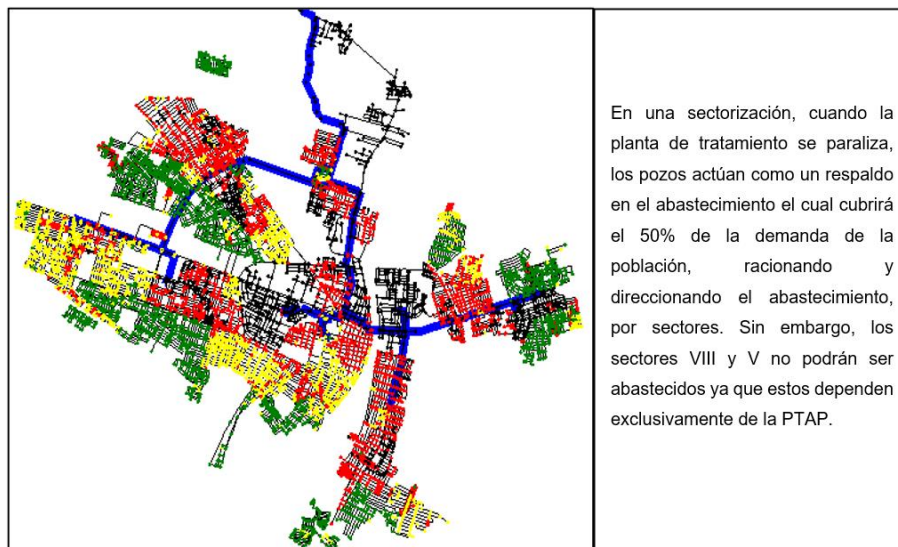
Figura 63

Sectorización idealizada sobre un sistema existente



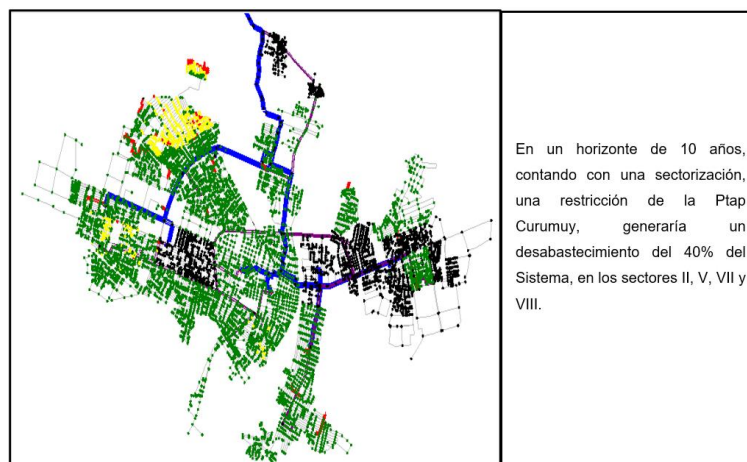
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

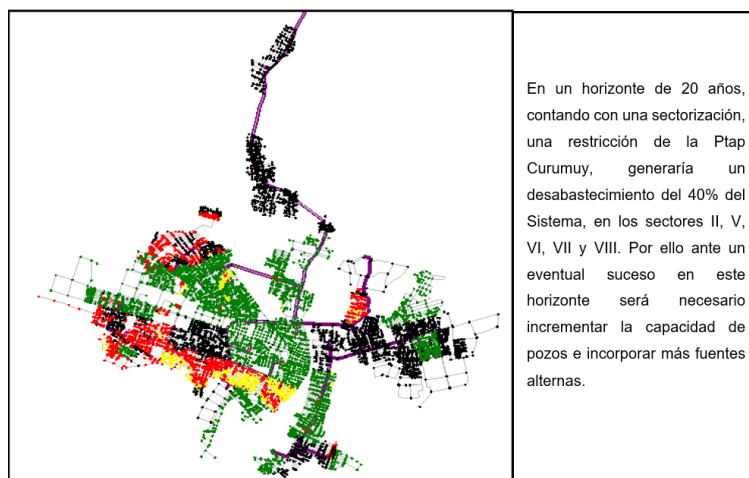
Figura 64*Sectorización idealizada sobre un sistema existente*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 65*Sectorización idealizada sobre un sistema existente*

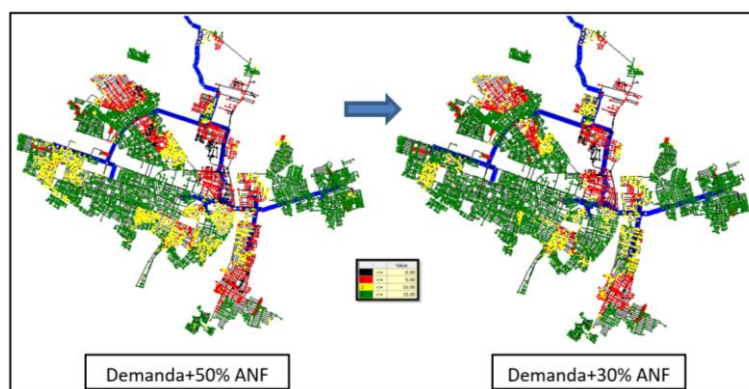
Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

Figura 66*Sectorización idealizada sobre un sistema existente*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

4.21. Análisis de pérdidas

El modelamiento contempla demandas reales + el 50 % de ANF, para realizar una evaluación del impacto de las pérdidas, se realiza un modelo alternativo al cual se le considera demandas reales + el 30 % de ANF. Tal como se puede apreciar en la figura 67.

Figura 67*Efecto de una reducción del ANF sobre la presión*

Nota. En la figura se muestra las Fases del Modelamiento Hidráulico. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 67 se puede ver que existe una mejora en el comportamiento del sistema ante una reducción del ANF, esta mejora es más notable en los sectores I, II

V y VI. Incrementando las presiones por medio de estas mejorando la calidad de abastecimiento a los usuarios. En la tabla 31 se puede observar el posible efecto de medidas de ahorro de agua.

Tabla 31

Posible efecto de medidas de ahorro de agua.

	Situación presente		Situación año 20	
	Condiciones actuales	Medidas ahorro de agua	Condiciones actuales	Medidas ahorro de agua
Población	482,645	482,645	961,957	961,957
Consumo per cápita (l/pers/d)	157	140	157	140
% pérdidas	50 %	30 %	50 %	30 %
Demanda neta (l/s)	877	782	1,748	1,559
Demanda bruta (l/s)	1,316	1,017	2,622	2,026
		-23 %		-23 %

Nota. Tabla de posible efecto de medidas de ahorro de agua. Fuente EPS GRAU S.A.

CAPITULO V: DISCUSION

Esta discusión examina los resultados obtenidos por el modelado hidráulico a una alta presión estática de 42 m.c.a. Esto tiene consecuencias físicas que afectan a las redes, más aun considerando su antigüedad y la presencia de fugas, así como la identificación de áreas que requieren intervención para soluciones óptimas.

Con respecto al precursor nacional No.1 para diseñar utilizando el método de cálculo WaterCAD, convergen en gran medida en los métodos de cálculo, la diferencia es que la unidad predecesora dio el diseño original con 346 lotes, y en nuestro proyecto incluimos 1481 lotes de diseño. para evaluación y optimización.

Después de optimizar el resultado final con WaterCAD, se puede observar que el valor medio de la presión es de 38,80 m3 at. y una velocidad de flujo promedio de 0,68 m/s, lo que indica que todo el nuevo sistema propuesto está configurado para funcionar bien hidráulicamente.

Esta discusión compara el uso del método de cálculo de Epanet y el caso de uso internacional 2. A diferencia de WaterCAD, el método de cálculo de EPANET no representa un algoritmo iterativo múltiple, por lo que se logra un diseño óptimo mediante iteración manual. y también hace referencia al Antecedente Internacional 2, que en su texto recomienda distinguir zonas con diferencias de altura significativas para mejores resultados, a las que se les ha aplicado esta recomendación y un valor de 40 ,29 m.s.a. obtenido a partir de los resultados medios en los nodos de presión. y el valor de la velocidad del flujo es 0,72 m/s. Las expresiones numéricas representan desviaciones de presión porcentuales del 3,92 % de los resultados de Watercad y del 11,91 % de la velocidad, que se consideran aceptables para fines estadísticos.

A pesar del hecho de que este es un método para calcular los cálculos hidráulicos en redes posteriores, no la misma propiedad de la reacción que las características del agua, se entiende que todavía está en proceso de desarrollo. Internacional a la derecha de 3 representa el método, muy casualmente con la frontera y la interacción de WATDI, porque la industria de la tubería está aislada, agregando un grifo para cumplir con las condiciones actuales y futuras de la población; Por lo tanto, WATDIS en la versión de construcción óptima muestra un toque adicional y este resultado es muy similar a los valores anteriores. Para el caudal

en las tuberías, este es un valor promedio de 0.74 m/s, correspondiente a un mínimo de 0.60 ms/s regla; Al igual que el valor de presión claro de 39.04 ms, esta es una propuesta que también se puede tener en cuenta.

CONCLUSIONES

Una simulación hidráulica definida puede determinar el impacto de la pérdida de agua potable en el sistema de distribución, así como mostrar el funcionamiento del sistema de suministro de agua potable en condiciones de funcionamiento típicas que dan como resultado un gran volumen de agua reducido a menos de 10 metros cúbicos. También se detectaron áreas desatendidas del sistema de distribución de Piura.

A través de la modelación hidráulica se reveló el impacto de la pérdida de agua en el sistema de distribución, mostrando que el índice actual de pérdida de agua (50 %) afecta las zonas escasas del sistema de distribución de la ciudad de Piura. En otras palabras, si se reduce esta cantidad de agua perdida, aumentará el suministro al sistema de distribución de Piura.

La modelación hidráulica tiene un impacto muy significativo en la eficiencia del sistema de distribución, ya que con esta herramienta podemos modelar el efecto de las pérdidas de agua en el sistema y sobre esa base evaluar el impacto de estas pérdidas en el sistema de distribución.

Se evaluó el comportamiento hidráulico del sistema de distribución de la ciudad de Piura, por un periodo de 72 horas, identificando el tiempo de carga y descarga de unidades de almacenamiento así como del sistema de distribución, así mismo se identificaron interconexiones entre sectores operacionales, lo cual causa deficiencias en el abastecimiento, incrementando la demanda entre sectores ocasionando esto cuellos de botella en las redes de distribución, por ello se planteó un escenario sectorizando el sistema de distribución de agua potable, con esto se logró reducir los cuellos de botella en el sistema.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la EPS GRAU S.A, implementar un programa de actualización de catastro técnico, así como un área específica que permita el monitoreo de parámetros del modelo hidráulico, a fin que este pueda tener la sostenibilidad necesaria a lo largo del tiempo, para los fines de control de pérdidas y gestión eficiente del sistema de agua potable de la ciudad de Piura.

Con base en la determinación del impacto de la pérdida de agua en el sistema de distribución de la ciudad de Piura, EPS GRAU S.A. Se recomienda implementar programas de identificación y reducción de pérdidas para reducir las pérdidas entre un 50 % y un 30 %, y se puede recargar una población más grande, así como continuar evaluando escenarios e implementar programas de control de pérdidas que pueden reducir esta pérdida hasta en un 30 % menos.

EPS GRAU S.A. Se recomienda el monitoreo continuo del sistema de suministro de agua potable, así como el modelado continuo con un modelo hidráulico para que pueda ver los efectos de las pérdidas de agua en el sistema de distribución de agua potable.

EPS GRAU S.A. Se deben crear modelos de un sistema de distribución de agua potable, sugiriendo sus diferentes modos de operación, para que pueda reaccionar rápidamente ante anomalías en la red e incentivar al ente de la industria. operación, para mejorar la distribución y gestión eficiente del sistema de distribución de agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avalos, C. y Flores, William. (2021). *Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna*. Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1702/Avalos-Bravo-Flores-Landa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bayona Pérez, J. E. (2015). *Renovación y sectorización de redes de agua potable de la ciudad Imperial provincia Cañete, departamento de Lima*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1615>
- Bayona, J. (2018). *Índice de agua no contabilizada en Perú: Mejora de servicio de agua potable de Paita y Talara con fondo externo dirigido por EPS Grau S.A.* Tesis de pregrado, Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3312>
- Castro, P.D.I. (2016). *Sobre la modelación hidráulica en obras de saneamiento básico*. Quito - Ecuador: Departamento de Ciencias del Agua.
- De Vellis, R. (1991). *Scale Development: Theory and Applications*. Newberry Park: Sage.
- EPS Tacna S.A. (2013-2043). *Plan Maestro Optimizado Actualizado 2013-2043*. Tacna: Empresa Prestadora de Servicios - EPS Tacna S.A.
- Espinoza Medina, J. y Pérez Rodríguez, D. (2006). *Evaluación y Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la localidad de El Sauce, departamento de León, Managua, Nicaragua, 2010*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua recinto universitario Rubén Darío. <https://repositorio.unan.edu.ni/4921/1/72449.pdf>
- Fallis, P., Hübschen K. y Oertlé, E. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. republic, Frankfurt am Main: Rohland&more, Offenbach/Alemania
- Gamboa, Bohórquez, J. S. (2020). *Elaboración del modelo hidráulico para la red de distribución*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Gómez Gómez, E. (2010). *Diseño del sistema de conducción de agua potable para el casco urbano y diseño de carretera hacia la aldea los Maldonado del municipio de Malacatancito, Huehuetenango, Guatemala, 2010*. Universidad de San Carlos de Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3093_C.pdf

- Gutierrez, E. M. (2019). *Modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software watercad en el diseño de las redes de distribución en la etapa I del proyecto San Antonio de Mala – Distrito de Mala. Lima*: Universidad San Martín de Porres.
- Hernández, T. E. y Corredor, B. C. (2017). *Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para potabilización de agua, se dispondrá en el laboratorio de aguas de la Universidad Católica de Colombia*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Martínez, B. R. (2010). *Diseño de la red de distribución de agua potable para la aldea yolwitz del municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Ministerio de Servicios y Obras Públicas. (2004). *Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable, Bolivia*: IBNORCA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria en OS.0100 (pág. OS.0100) Lima*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2006). *OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano*. Lima: ´
- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2006). *Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria (NORMA OS.100)*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *OS.0100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria. en C. Y. OS.0100 Ministerio de Vivienda, consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria (pág. OS.0100)*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Navarro Copa, E. y Gonzalo Gonzalo, S. (2021). *Mejoramiento del modelamiento hidráulico para la sectorización de redes de agua potable de la ciudad de Ilo, 2021*. Universidad Privada de Tacna. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1661>
- Narváez Pozo, W. (2011). *Rehabilitación del sistema de agua potable Sambache, Salcoto y diseño de la línea de impulsión al tanque de reserva Mushuñan, Ecuador, 2011*. Universidad Internacional del Ecuador. <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2047>
- Narváez, R. (2019). *Libro Abastecimiento de Agua, Ancash*: Obtenido de: <https://es.slideshare.net/freddyacunavilla/250603337libroabastecimientodea-guaricardonarvaez>
- OPS/CEPIS/05.145. (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en Lima*.

- Tecfluid. (2018). *Medidores electromagnéticos en línea y de inserción. Tecfluid the art of measuring*, <https://tecfluid.com/caudalímetros-electromagnéticos-en-línea-o-inserción/>
- Ulsen, M. A. (2017). *Reducción de pérdidas en sistemas*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Valenzuela, M. y Orrillo Cruz, G. A. (2019). *Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en la localidad de Paucartambo - Cusco*. Cusco: Universidad Privada Del Cuzco.
- Vogel, I. M. (2018). *Introducción a la gestión*. Lima: SUNASS.
- Wales, J. (13 de octubre de 2016). *Wikipedia enciclopedia libre*. Obtenido de *wikipedia enciclopedia libre*: <https://es.wikipedia.org/wiki/WaterCAD>

ANEXOS



1. Anexo 01

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
Problema Principal	objetivo general	hipotesis general	Variable Independiente
¿Cuál es el efecto de realizar un modelamiento hidráulico para el control de pérdidas y la gestión del sistema de agua potable ante situaciones de desabastecimiento?	“Determinar un modelamiento hidráulico, para el control de pérdidas y una gestión eficiente del sistema de agua potable ante situaciones críticas de desabastecimiento”.	la implementación del modelamiento hidráulico lograra controlar las pérdidas en la red, partiendo de una gestión eficiente de la infraestructura además de evaluar situaciones y proponer mejoras en el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Piura.	Modelamiento hidráulico
Problema Secundario	objetivo específico	hipotesis específica	Variable Dependiente
¿Cuál es el efecto de las perdidas en el sistema de agua potable de la ciudad de Piura	a) Evaluar el efecto de las perdidas de agua en el sistema de agua potable de la ciudad de Piura	a). Las pérdidas de agua potable, afectan una adecuada distribución del servicio,	perdidas de agua potable
¿Cuál es el efecto de realizar el modelamiento hidráulico para el control de pérdidas de agua potable?	b) Evaluar el efecto del modelamiento hidráulico para el control de pérdidas del sistema de agua potable de la ciudad de Piura.	b). Se controlarán las pérdidas de agua a partir de la evaluación hidráulica del sistema y las mejoras operativas en este.	Gestión del sistema de agua potable
¿Cuál es el efecto de gestionar el sistema de agua potable ante situaciones críticas de desabastecimiento?	c) Evaluar el efecto del comportamiento del sistema hidráulico de la ciudad de Piura, en un periodo ≈ 72 horas y plantear alternativas eficientes ante, situaciones críticas de desabastecimiento.	c). La gestión de la infraestructura hidráulica, y el planteamiento de respuestas efectivas ante eventos críticos de desabastecimiento, dan como resultado un sistema hidráulico eficiente y una mejora calidad de servicio.	perdidas de agua potable

Anexo 2

Certificación de Uso de Licencias Educativas

INICIE SESIÓN | BLOG | CONTÁCTENOS | EVENTOS | LEARN | SOPORTE | TIENDA |  | 



Productos

Gemelos Digitales

Industrias

Servicios

Suscripciones

03 mayo, 2021

Bentley Systems anuncia el nuevo programa de Bentley Education, que encamina a los estudiantes hacia las carreras en infraestructura

Estudiantes y educadores tienen derecho a licencias de aprendizaje sin costo alguno.

EXTON, Pensilvania - 3 de mayo de 2021: Bentley Systems, Incorporated, (Nasdaq: BSY), la empresa de *software de ingeniería de infraestructura*, anunció hoy el programa Bentley Education, que fomenta el desarrollo de futuros profesionales de infraestructura para las carreras de ingeniería, diseño y arquitectura. El programa Bentley Education está disponible inicialmente en el Reino Unido, Australia, Singapur, Irlanda y Lituania, y está previsto expandirlo a Estados Unidos, Canadá, México, América Latina e India a mediados del verano. Los derechos de los estudiantes y educadores del programa permiten obtener licencias de aprendizaje sin costo para las aplicaciones de ingeniería de infraestructuras de Bentley y aprendizajes probados en el nuevo portal de Bentley Education. Los estudiantes y educadores de todo el mundo pueden registrarse en el portal de Education y conectarse a organizaciones y recursos de infraestructuras para preparar y seleccionar carreras de ingeniería de infraestructuras. Bentley también anunció el *Desafío de estrellas de la infraestructura del futuro 2021*.

El portal de Bentley Education proporciona una única fuente para una experiencia a pedido, fluida y divertida para los estudiantes mientras construyen y mejoran sus habilidades de diseño digital. Los estudiantes y educadores tienen acceso a recursos muy completos, como:

- perspectivas de los principales profesionales de AEC, que comparten lo que tiene el sector para ofrecer a los estudiantes y cuáles son las habilidades de alta demanda;
- las últimas noticias y tendencias emergentes en arquitectura, ingeniería y construcción; y
- la perspectiva de primera mano de estudiantes de ingeniería actuales, mentores y mujeres en la ingeniería de infraestructuras.

El programa ofrece acceso completo a las licencias de aprendizaje de más de 40 de las aplicaciones más populares de Bentley utilizadas por los profesionales de infraestructuras de todo el mundo, como *ContextCapture*, *MicroStation*, *OpenRoads Designer*, *STAAD.Pro* y *SYNCHRO*. Se puede acceder al portal [aquí](#).

El programa Bentley Education está abierto a estudiantes y educadores de colegios comunitarios, institutos técnicos, politécnicos, universidades, escuelas secundarias y estudiantes educados en casa. El programa está diseñado para crear talentos de categoría mundial que puedan afrontar el desafío de mejorar la calidad de vida y cambiar positivamente el mundo utilizando el software de ingeniería de infraestructuras de Bentley, las aplicaciones y los aprendizajes probados. El programa de Bentley Education también ayudará a los estudiantes a desarrollar habilidades digitales, que son fundamentales para contar con una reserva de talento cualificado que apoye el crecimiento de las infraestructuras y la resiliencia en todo el mundo.

El programa Bentley Education utiliza un enfoque de aprendizaje basado en las funciones, lo que permite a los futuros profesionales de infraestructuras centrarse en las capacidades específicas necesarias para determinadas profesiones. Los estudiantes pueden ir más allá del simple dominio del producto y desarrollar una comprensión global de las habilidades necesarias para destacar en diversas funciones de la ingeniería de infraestructuras.

"Con muchos países e instituciones que se comprometen a llevar a cabo iniciativas de infraestructura y educación digital como prioridades principales para un mundo pospandémico, nos complace lanzar ahora este programa tan solicitado y con tanta capacidad de respuesta", afirmó Katriona Lord-Levins, directora de Éxito de Bentley Systems. "Queremos inspirar y animar a los estudiantes a informarse sobre la ingeniería de infraestructuras como una posible carrera profesional, y presentar a estas jóvenes mentes las enormes oportunidades que los esperan, con la digitalización de las infraestructuras".

Bentley Public Relations

Christine Byrne
Director, Media Relations
1-203-805-0432

[CONTACT BENTLEY PR](#)

Tweets por
[@BentleySystems](#)



Insertar

[Ver en Twitter](#)

El portal de Bentley Education también sirve como puerta de entrada para que estudiantes individuales o equipos de dos personas presenten sus conceptos innovadores para el *Desafío de estrellas de la infraestructura del futuro 2021* de Bentley. La competencia global está abierta a estudiantes de colegios comunitarios, institutos politécnicos y universidades. Los estudiantes que avancen en el Desafío, a partir de sus ideas que mejoren la calidad de vida, trabajarán en el modelado, la simulación y la visualización para desarrollar un modelo de diseño. El ganador del *Desafío de estrellas de la infraestructura del futuro* se anunciará durante los Premios *Going Digital* en la Conferencia *Year in Infrastructure 2021*.

La primera edición del *Desafío de estrellas de la infraestructura del futuro* se divide en la Etapa 1 (Conceptualización) y la Etapa 2 (Diseño y visualización). En la Etapa 1 (Conceptualización), se invita a los estudiantes a presentar sus ideas para "un próximo gran proyecto de infraestructura" en cualquiera de las siguientes categorías: carreteras y ferrocarriles, edificios e instalaciones, agua y aguas residuales, ciudades y cartografía, y generación de energía. Durante la conceptualización de su idea, los estudiantes se deben centrar en un desafío medioambiental que afecte o se vea afectado por el desarrollo de las infraestructuras, considerar la aplicación del Internet de las cosas y enfatizar la contribución del proyecto a la salud y el bienestar del mundo.

Los 20 proyectos mejor evaluados de la etapa 1 (conceptualización) ganarán USD 500 cada uno, y los 10 mejores pasarán a la etapa 2 (diseño y visualización). Aquí, cada uno de estos participantes puede aprovechar las oportunidades de trabajar con profesionales de la infraestructura o asistir a clases magistrales con expertos de Bentley, para dar vida a sus ideas utilizando las aplicaciones de Bentley. Además de anunciar y presentar en la Conferencia *Year in Infrastructure 2021*, el ganador del *Desafío de estrellas de la infraestructura del futuro 2021* recibirá un premio en efectivo de 5.000 dólares y un reconocimiento en el *2021 Infrastructure Yearbook* de Bentley.

Vinayak Trivedi, vicepresidente de Bentley Education, comentó: "Queremos que el portal de Bentley Education sea la plataforma en la que los estudiantes puedan aprender e inspirarse para hacer de la ingeniería de infraestructura su elección profesional. El objetivo del programa es ayudar a los estudiantes apasionados por la infraestructura a comenzar una carrera satisfactoria. El *Desafío de estrellas de la infraestructura del futuro 2021* les brinda la oportunidad de ser creativos e innovadores en el diseño de proyectos para mejorar la calidad de vida y cambiar positivamente el mundo".

Para obtener más información sobre el programa Bentley Education, e incluso sobre cómo registrar a estudiantes y organizaciones educativas, visite education.bentley.com.

Referencia: Bentley Systems anuncia el nuevo programa de Bentley Education, que encamina a los estudiantes hacia las carreras en infraestructura.