



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis Hidráulico para el Rediseño de la Cámara de Bombeo de Aguas Residuales del Sector Galagarza, Ica – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Garrido Ccencho, Luis Eduardo (ORCID: 0000-0002-6778-5856)

Huaman Antonio, Fiorella Nathali (ORCID: 0000-0002-9002-2814)

ASESOR:

Mg. Requis Carbajal, Luis Villar (ORCID: 0000-0002-3816-7047)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

ATE - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A nuestros padres, sus sacrificios de arduo trabajo día tras día, son el motor y motivo para luchar constantemente, no padecer y lograr nuestros propósitos con perseverancia y humildad.

A nuestros abuelos, sus canas sinónimas de sabiduría, son la fortaleza para valorarnos y enfrentarnos a cualquier reto que nos propongamos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos infinitamente a Dios, por su guía al brindarnos salud y conocimiento; a nuestra familia, quienes con su apoyo constante y desinteresado nos permitieron culminar con éxito nuestra carrera profesional.

También un agradecimiento inmenso a nuestro asesor Requis Carbajal Luis Villarmis por ser nuestra guía clave en la elaboración de nuestra tesis.

A la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, por darnos la oportunidad de poder realizar este trabajo, a mis maestros de casa de estudios SAN LUIS GONZAGA DE ICA, por los conocimientos brindados.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	16
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos.....	18
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS.....	20
4.1. Parámetros hidráulicos.....	20
4.1.1. Población beneficiaria.....	20
4.1.2. Dotación.....	23
4.1.3. Caudal de diseño.....	24
4.2. Análisis y diseño hidráulico del sistema.....	26
4.2.1. Dimensiones de la cámara de bombeo.....	28
4.2.2. Equipos de bombeo y accesorios.....	34

4.3. Costo de implementación	49
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS	57
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Periodos de diseño máximos para sistemas sanitarios.....	9
Tabla 2. Dotación de agua para poblaciones urbanas.....	11
Tabla 3. Valores guía de coeficientes.....	11
Tabla 4. Censo poblacional – San José de los Molinos.....	21
Tabla 5. Tasa de crecimiento poblacional	21
Tabla 6. Estimación de la población futura	22
Tabla 7. Caudal de diseño.....	25
Tabla 8. Escenarios para el diseño hidráulico	25
Tabla 9. Resultados de diseño con la ecuación cuadrática	27
Tabla 10. Volumen y caudal para las condiciones de estudio.....	28
Tabla 11. <i>Dimensiones de la cámara de bombeo</i>	30
Tabla 12. Valores de diseño de la cámara de bombeo.....	31
Tabla 13. Ciclos de funcionamiento de las bombas.....	33
Tabla 14. Coeficientes de fricción en la fórmula de Hazen -Williams.....	34
Tabla 15. Factor K_L de pérdidas de carga locales	35
Tabla 16. Parámetros de la tubería de descarga	36
Tabla 17. Pérdidas de carga en tuberías de 8”	37
Tabla 18. Pérdidas de carga por accesorios – tubería de acero.....	41
Tabla 19. Pérdidas de carga por accesorios – tubería de PVC	41
Tabla 20. Pérdidas de carga totales por tipo de tubería	42
Tabla 21. Carga dinámica del sistema	43
Tabla 22. Potencia de la bomba para distintos escenarios	44
Tabla 23. Características físicas y mecánicas de las tuberías.....	47
Tabla 24. Diseño de rejillas de limpieza manual.....	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. <i>Variación típica del consumo diario de agua</i>	12
Figura 2. <i>Curva característica de una bomba</i>	13
Figura 3. <i>Curva característica de instalación de una bomba</i>	14
Figura 4. <i>Curva característica de instalación de una bomba</i>	14
Figura 5. <i>Ubicación de la estación de bombeo</i>	20
Figura 6. <i>Proyección del crecimiento de la población</i>	23
Figura 7. <i>Clima en la zona de estudio</i>	24
Figura 8. <i>Esquema de la cámara de bombeo</i>	31
Figura 9. <i>Ficha técnica tubería de acero - diámetro</i>	38
Figura 10. <i>Ficha técnica tubería de PVC - diámetro</i>	39
Figura 11. <i>Pérdidas de carga acumulada para las tuberías analizadas</i>	43
Figura 12. <i>Grafica de desempeño de la bomba</i>	45
Figura 13. <i>Grafica de desempeño de la bomba (opción 2)</i>	45
Figura 14. <i>Efecto del Golpe de ariete en tuberías</i>	46
Figura 15. <i>Ficha técnica tubería – presión de trabajo</i>	48
Figura 16. <i>Esquema de la rejilla de limpieza</i>	49
Figura 17. <i>C.P. Trapiche</i>	67
Figura 18. <i>C.P. Trapiche</i>	67
Figura 19. <i>C.P. Hogar de Cristo</i>	68
Figura 20. <i>San Jose de los Molinos</i>	68
Figura 21. <i>Cercado San José de los Molinos</i>	69
Figura 22. <i>Localidad de Cerrillos</i>	69
Figura 23. <i>C.P. Galagarza</i>	70
Figura 24. <i>C.P. Chavalina</i>	70
Figura 25. <i>C.P. Pampa de la Isla</i>	71
Figura 26. <i>Tuberías eléctricas expuestas</i>	71
Figura 27. <i>Muros agrietados</i>	72
Figura 28. <i>Sistema de Limpieza Inadecuada</i>	72
Figura 29. <i>Línea de Impulsión sustituida por mangueras</i>	73
Figura 30. <i>Canal natural sin revestimiento</i>	74
Figura 31. <i>Cerco perimétrico inclinado</i>	74

Figura 32. <i>Accesorios de línea de impulsión en mal estado</i>	75
Figura 33. <i>Grupo electrógeno obsoleto</i>	75

RESUMEN

La presente investigación aborda el análisis hidráulico para el rediseño de una cámara de bombeo de aguas residuales ubicada en el sector Galagarza, Ica, cuya capacidad se encuentra mermada debido al alcance de su vida útil y a daños ocasionados por el fenómeno del Niño Costero. La investigación es no experimental, transeccional, de nivel descriptivo, teniendo como población al número de personas que hacen uso del sistema de aguas residuales. Tal población fue proyectada a futuro de acuerdo al periodo de diseño de las instalaciones, siguiendo los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones en cuanto a dotación de agua y consideraciones del funcionamiento de la cámara. Para el cálculo de dimensiones y selección de los elementos del sistema se realizaron comparaciones de diversos escenarios críticos, a fin de observar el comportamiento para cada caso y seleccionar el más eficiente. Se obtuvo una cámara de 8.86 m³, de sección circular, para tratar un caudal mínimo de 8.14 l/s y un caudal máximo de 40.68 l/s, para lo cual se hace necesario emplear una bomba con potencia aproximada de 50 Hp que pueda impulsar un caudal de 53.81 l/s. El costo de implementación se estimó en S/ 1,590,776.09.

Palabras claves: *Cámara de bombeo, aguas residuales, dotación de agua, caudal de bombeo.*

ABSTRACT

This research addresses the hydraulic analysis for the redesign of a wastewater pumping chamber located in the Galagarza sector, Ica, whose capacity is reduced due to the scope of its useful life and damage caused by the phenomenon of El Niño Costero. The research is non-experimental, cross-sectional, descriptive level, having as population the number of people who use the wastewater system. This population was projected into the future according to the design period of the facilities, following the guidelines of the National Building Regulations in terms of water supply and considerations of the chamber's operation. For the calculation of dimensions and the selection of elements parts of the system, comparisons of various critical scenarios were made, in order to observe the behavior for each case and select the most efficient. A chamber of 8.86 m³, with a circular section, was obtained to treat a minimum flow of 8.14 l/s and a maximum flow of 40.68 l/s, for which it is necessary to use a pump with an approximate power of 50 Hp that can drive a flow rate of 53.81 l/s. The implementation cost was estimated at S/ 1,590,776.09.

Keywords: *Pumping chamber, wastewater, water supply, pumping flow.*

I. INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el agua es considerada un recurso esencial para el bienestar humano, es el epicentro del desarrollo sostenible, el crecimiento socioeconómico, y clave fundamental para la supervivencia humana (ONU, 2018, párr. 1). A pesar de ser esta la realidad, para el 2017, alrededor de 2.2 billones de personas carecían de acceso a un servicio seguro de agua potable, al tiempo que el doble de esa cantidad no hacía uso de sistemas apropiados para el manejo de aguas residuales (United Nations International Children's Emergency Fund [UNICEF], 2019, párr. 3). En relación a esto último, el 61% de los países del mundo cuentan con programas de desarrollo para infraestructuras sanitarias, sin embargo, se estima que la cobertura efectiva de los servicios cubre aproximadamente el 62% de las áreas urbanas, mientras que solo contempla el 44% de las áreas rurales, donde una cantidad alarmante de personas continúa haciendo sus necesidades al aire libre (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021, p. 9).

El consumo de agua no potable junto a los sistemas de saneamiento deficientes son los principales motivos de mortalidad infantil, así como la fuente de un gran número de afecciones a la salud, incluyendo malestares estomacales, enfermedades cutáneas y afecciones respiratorias (Cabezas, 2018, p. 310). La diarrea infantil, asociada a la escasez de agua, saneamientos inadecuados, aguas contaminadas con agente patógenos de enfermedades infecciosas y la falta de higiene, causa la muerte a 1,5 millones de niños al año, la mayoría de ellos en países en vías de desarrollo (ONU, 2018, párr. 13; Boelee, Geerling, van der Zaan, Blauw, Dick, 2019, párr. 2). Por tal motivo, el desarrollo e implementación de los sistemas de alcantarillado han repercutido enormemente en el desarrollo de las poblaciones, aliviando la transmisión de enfermedades relacionadas a la exposición de agentes contaminantes provenientes de las aguas residuales (Rodríguez, García, García, 2016, p. 744; Novillo, 2019, pp. 12).

Por su parte, en el Perú, la red pública de saneamiento ha llegado a estar al alcance del 76.2% de la población, porcentaje del cual se calcula que el 66% de las viviendas poseen conexión a un sistema de alcantarillado, un 18% utiliza soluciones tipo letrina con tratamiento, pozo séptico o biogestor, mientras que un

17% de las viviendas no posees acceso a servicios sanitarios, eliminan las excretas en pozos ciegos o en ríos, acequia, campo abierto o al aire libre (Ministerio de Salud [MINSA], 2019, p. 31). Sin embargo, estos números se ha visto afectados por eventos de fuerza mayor, tal es el caso de los daños generados por el fenómeno del Niño Costero, cuyos daños al sector de infraestructuras asciende a los 2 mil millones de soles (Agencia Peruana de Noticias, 2017, párr. 7).

Tal es el caso de la cámara de bombeo de aguas residuales ubicada en el sector Galagarza, Ica, cuyo periodo de vida útil, aunado a los daños producidos por el fenómeno de El Niño Costero y al aumento poblacional de los últimos años ha ocasionado la merma de su capacidad de funcionamiento (Tenorio, 2018, pp. 1). Entre las consecuencias manifestadas, se ha evidenciado que el volumen de aguas servidas que provienen de las diferentes zonas del Distrito de San José de los Molinos hacia la cámara es capaz de producir el rebose de las instalaciones al verse superada la capacidad, cuyo desbordamiento ocasiona aniegos de aguas residuales, generando focos de contaminación con virus y bacterias, así como afecciones respiratorias y el afloramiento de olores putrefactos. Asimismo, se ha observado que los equipos electromecánicos existentes, así como las tuberías y demás accesorios se encuentran deteriorados, lo que perjudica el funcionamiento de la estación, todo lo cual pesa sobre la calidad de vida de la población circundante.

Debido a lo anterior expuesto, surge la necesidad de dotar a la población de Galagarza de las instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento de a la red sanitaria, razón por la cual, se pretende realizar el análisis hidráulico necesario que conduzca al rediseño de la cámara de bombeo en cuestión. Por esta razón, se formula el siguiente **problema general**: ¿Cuál es el análisis hidráulico para el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza, Ica – 2021?, para la cual, se plantean los siguientes problemas específicos: ¿Qué parámetros hidráulicos son necesarios para realizar el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza? ¿Qué elementos conforman el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza? Y finalmente, ¿Cuál es el costo asociado a la implementación del rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza?

Con base en ello, la presente investigación adquiere una **justificación Práctica**, pues está orientada a proporcionar una solución a una problemática real que aqueja a la comunidad, relacionada con el rebose de las aguas servidas. Así mismo, esta provista de una **justificación Social** por cuanto la aplicación de los resultados tiene como fin la satisfacción de las necesidades de la población circundante beneficiaria, con miras de elevar su calidad de vida.

Para ello, se plantea el siguiente **objetivo general**: Realizar el análisis hidráulico para el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza, Ica – 2021. Para tal fin, se plantean los siguientes **objetivos específicos**: Determinar los parámetros hidráulicos necesarios para realizar el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza; Establecer los elementos que conforman el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza; Y finalmente, Estimar el costo asociado a la implementación del rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza.

II. MARCO TEÓRICO

Durante la elaboración de la presente investigación, se han consultado antecedentes de trabajos similares, mediante lo cual se analiza el estado del arte sobre el análisis hidráulico para el diseño de cámaras de bombeo. En el **contexto internacional**, Tian, Cheng, Gong, Tian (2018) realizaron el trabajo titulado “*Optimization of municipal pressure pumping station layout and sewage pipe network design*”, una investigación aplicada con el objetivo de proponer un método de análisis y diseño optimizado para la red de drenaje de aguas servidas, incluyendo lo referente a las estaciones de bombeo necesarias, teniendo de como contexto la gran explosión demográfica ocurrida en la ciudad de Taizhou, China, además de fortalecer el uso eficiente de los recursos implicados. En este sentido, propusieron un algoritmo de análisis donde se relacionaba las bombas empleadas, los caudales de bombeo, y los costos asociados al funcionamiento de las estaciones, con lo cual llegaron a determinar que es posible reducir los costos anuales mediante el análisis detallado de los ciclos de funcionamiento, llegando a discernir entre esquemas de bombeo alternado o continuo, lo cual guarda relación con la capacidad de la cámara de bombeo y los tiempos de retención. En el caso de estudio, determinaron que el rediseño del funcionamiento de la red de drenaje llegaba a representar un ahorro del 18% de los costos anuales.

Rinas, Tränckner, Koegst (2019), condujeron la investigación “*Sedimentation of Raw Sewage: Investigations For a Pumping Station in Northern Germany under Energy-Efficient Pump Control*”, un estudio experimental en el que tuvieron como objetivo determinar la efectividad de un modelo de operación de la estación de bombeo de aguas residuales basado en la eficiencia energética, teniendo como parametro de control los ciclos de bombeo y la formación de sedimentos, lo cual ha demostrado ser uno de los factores que encarecen las tareas de mantenimiento en las tuberías de drenaje en el largo plazo. El caso de estudio fue una estación de bombeo en la ciudad de Rostock, Alemania, en la que se abocaron al desarrollo de una estrategia de operaciones “basada en reglas”, teniendo como indicadores el monitoreo del caudal de bombeo (l/s), la altura del agua en la cámara de bombeo (m), la frecuencia de la bomba (Hz), el voltaje (V) y consumo eléctrico (kW), cuyas mediciones fueron tomadas por un lapso de dos años, un con el sistema

convencional y uno con la implementación del plan desarrollado. Como resultado de su aplicación, encontraron una disminución de costos por consumo eléctrico que rondaban el 12%, mientras que las implicaciones de ciclos de trabajos alternados dan a lugar a costos de operación y mantenimiento menores a largo plazo, tanto para la limpieza de sedimentos acumulados como en la vida útil de los equipos de bombeo.

Cimorelli, Covelli, Molino, Pianese (2020), realizaron la investigación *“Optimal regulation of pumping station in water distribution networks using constant and variable speed pumps: a technical and economical comparison”*, en la que tuvieron como objetivo realizar una comparación técnica y económica entre un sistema de bombeo operando a velocidad constante o variable. Para lograr tal objetivo, analizaron la programación de bombeo en estas dos modalidades, tras lo cual calcularon los costos asociados a la operación y mantenimiento, con lo que se puede determinar la viabilidad económica de la implementación de cada sistema, considerando que, en el caso de la operación con velocidad variable, el ahorro debe justificar la compra de los reguladores de velocidad. Tras la experiencia, encontraron que el uso de un sistema de bombeo con velocidad de operación variable ayuda a reducir los costos de operación, entre ellos, el consumo de energía, mantenimiento y reparaciones, todo lo cual permite disminuir la demanda energética y reduce la huella de carbono por emisión de gases a la atmósfera, sin embargo, introduce un costo asociado al uso de los variadores de velocidad, lo cual debe ser analizado en cada contexto en particular. En tal sentido, recomendaron la incorporación de dichos elementos en dos casos particulares, siendo estos, cuando el sistema de bombeo existe y utiliza componentes de gran potencia (hp), o cuando se trate de un diseño de proyecto orientado a la máxima eficiencia energética, donde los costos de implementación quedan en segundo lugar comparado a los beneficios ambientales y de sostenibilidad.

Por su parte, en el **contexto nacional**, Navarro (2017) publicó su investigación *“Mejora del funcionamiento de la cámara de bombeo de aguas servidas mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a la estación San Martín- EPS Grau Piura”*, una investigación experimental cuyo objetivo fue implementar un plan de mantenimiento preventivo para las bombas de la estación de bombeo, tomando en consideración que por cada vez que se

suspende el servicio de bombeo se corre el riesgo de colapso y desbordamiento de las aguas de desagua hacia la superficie, siendo un foco memorable de contaminación ambiental y sanitaria, además de perjudicar el estado de las instalaciones. Utilizando la observación directa, se dedicó a monitorear los niveles medios de las aguas servidas dentro de la cámara húmeda de la estación de bombeo, antes y después de la implementación del plan de mantenimiento. Como conclusión, encontró una disminución del 86.28% en el número de veces que el nivel de agua era elevado, lo que da a lugar a una mayor confiabilidad del funcionamiento de la estación y evitando la probabilidad de derrame de las aguas servidas. Así mismo, tal mejora vino influenciada por las tareas de limpieza dentro de la cámara húmeda, lo cual mejoro el volumen útil de almacenamiento de las aguas que llegan a la estación de bombeo, el cual es un parámetro íntimamente relacionado con la operación de las bombas.

Totocayo (2021) desarrollo trabajo “Análisis y diseño, de la cámara de bombeo para la evacuación de las aguas residuales, residencial Perlas del Altiplano Juliaca - 2021”, cuyo objetivo fue mejorar la infraestructura responsable de la evacuación de las aguas residuales, motivado a fallas en el sistema que desembocaban en el colapso y derramamiento de las aguas. En tal sentido, mediante una investigación aplicada de diseño descriptivo, se abocó a la recolección de los datos de campo necesarios para establecer los parámetros de diseño hidráulico de la cámara de bombeo y con ello realizar la selección de los componentes ideales para la implementación. En tal sentido, dicha investigación es relevante para el presente trabajo por cuanto coincide con la realidad problemática planteada, además de ilustrar el proceso de análisis de datos de campos y análisis hidráulico dentro del contexto nacional.

Campos (2014) desarrolló la investigación titulada “Diseño de un sistema de bombeo para el aprovechamiento de aguas servidas tratadas con fines de riego, cultivo de Tara (*Caesalpinia spinosa*). Ayacucho – 2760 msnm”, una investigación explicativa no experimental cuyo objetivo fue realizar el diseño de las estructuras hidráulicas necesarias para el sistema de impulsión de aguas servidas. Partiendo de la recolección de datos de campo, procedió con el análisis metodológico de las condiciones hidráulicas del sistema, considerando los requisitos de diseño, además de ahondar en el funcionamiento de la estación tras un proceso iterativo que simula

la operación real de la caseta de bombeo. Como resultado, llego a considerar la implementación de 5 bombas trifásicas dispuestas en serie. Por su parte, las cámaras de impulsión fueron diseñadas para soportar el máximo tiempo de retención permisible, lo cual condiciona los ciclos de accionado de las bombas.

En cuanto a las **bases teóricas** de la investigación, se tiene que las **estaciones de bombeo** son instalaciones que tienen como fin la recepción temporal de las aguas residuales provenientes de una red de alcantarillado, en donde, mediante el uso de equipos electromecánicos, son bombeadas hasta su punto de destino final, sin embargo, su concepción dentro de los proyectos de instalaciones sanitarias está reservada a aquellos casos donde la topografía del terreno no permite el flujo de las aguas de manera natural, por gravedad (Totocayo, 2021, p. 8; Stauffer y Spuhler, 2019, pp. 2). El diseño de las estaciones de bombeo está supeditado a las disposiciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) OS.080 “Estaciones de bombeo de aguas residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Considerando que las estaciones de bombeo cumplen el rol de proveer un servicio, estas deben considerar para su funcionamiento un periodo de diseño en función del cual se establecen los parámetros hidráulicos necesarios para su implementación, entre los cuales la OS.080 menciona:

- Su función debe planificarse en base a un periodo de diseño establecido, para lo cual se considerarán los caudales máximos y mínimos de contribución.
- El volumen de almacenamiento temporal permitirá un tiempo de retención máximo de 30 minutos
- Se debe contar con un sistema de rebose que facilite la eliminación de las aguas residuales que ingresan a la planta en caso de una falla en el suministro eléctrico. Cuando esto no sea posible, se debe proyectar un grupo electrógeno de emergencia.
- Se debe considerar 1 bomba de reserva, como mínimo.
- Se debe contar con dispositivos de control automático para medir las condiciones de operación, incluyendo sistemas de control de los niveles mínimos y máximos, alarmas de alto y bajo nivel, y un tablero de control eléctrico con sistema automático para el arranque y parada de las bombas.

De lo anterior se desprende que el parámetro principal para realizar el diseño hidráulico del sistema es el caudal de aguas residuales que ingresan a la estación de bombeo, de lo cual, Navarro (2017) menciona que este depende del horizonte de funcionamiento de las instalaciones (periodo de diseño), el tamaño de la población a servir (proyección de la población futura), y los hábitos de consumo del agua potable (variaciones del gasto diario) (p. 14). Así mismo, el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) recomienda que el volumen de la cámara sea el mínimo posible, siempre que sea compatible con la estrategia de operación y considerando los costos de construcción, todo lo cual se relaciona con los tiempos de retención y los ciclos de operación (SIAPA, 2018, p. 9)

A partir de ello, y considerando al periodo de retención como el tiempo en que se cumple un ciclo de llenado y vaciado de la cámara, se pueden establecer las siguientes expresiones:

t min = caudal de bombeo versus Qmax de aguas residuales

t max = caudal de bombeo versus Qmin de aguas residuales

$$t \text{ min llenado} = \frac{V}{Q_{max}}$$

$$t \text{ min vaciado} = \frac{V}{Q_b - Q_{min}}$$

$$t \text{ max llenado} = \frac{V}{Q_{min}}$$

$$t \text{ max vaciado} = \frac{V}{Q_b - Q_{max}}$$

Considerando que un ciclo de operaciones se cumple después de que ocurra el llenado y el vaciado de la cámara, se tiene entonces:

$$t = \frac{V}{KQ} + \frac{V}{(K_1Q) - Q} = \frac{V}{KQ} + \frac{V}{Q(K_1 - 1)}$$

$$t_1 = \frac{V}{Q} + \frac{V}{K_1Q - KQ} = \frac{V}{Q} + \frac{V}{Q(K_1 - K)}$$

Dónde:

Qmin = Q

$$Q_{\max} = KQ$$

$$Q_b = K_1Q$$

V = Volumen útil

Resolviendo para el Volumen e igualando las expresiones, queda:

$$V = \frac{tQK(K_1 - 1)}{K_1 + K - 1} = \frac{t_1Q((K_1 - K))}{K_1 + 1 - K} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Luego, considerando $a = t_1/t$, se obtiene la expresión:

$$K_1^2(K - a) + K_1(a - K^2) + K(K - 1)(1 + a) = 0 \quad (\text{Ecuación 2})$$

La cual es una expresión que tiene la forma de una ecuación cuadrática, donde:

$$A = (K - a)$$

$$B = (a - K^2)$$

$$C = K(K - 1)(1 + a)$$

En relación al **periodo de diseño**, la “Guía de Diseños Estandarizados para infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el ámbito Urbano”, publicada en la Resolución Ministerial RM-013-2019-VIVIENDA, establece las consideraciones mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Periodos de diseño máximos para sistemas sanitarios

Componente	Años
Fuente de abastecimientos	20
Obras de captación	20
Pozos	20
Plantas de tratamiento de agua	20
Reservorios	20
Tuberías de impulsión y distribución	20
Estación de bombeo de agua	20
Equipo de bombeo	10
Estación de bombeo aguas residuales	20
Colectores, emisores e interceptores	20
Plantas de tratamiento	20

Fuente: *tomado del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p. 5.*

De lo anterior se desprende que los parámetros de diseño hidráulico para la estación y cámara de bombeo deben cubrir el horizonte próximo de 20 años, mientras que los equipos deben proyectarse para 10 años, sin embargo, respecto a estos últimos, se debe tomar en consideración las indicaciones del fabricante.

Por su parte, la **población de diseño** se define como el número de habitantes que se espera sea beneficiario del sistema a implementar, por lo cual, la población actual debe ser proyectada hacia el futuro en una cantidad igual al periodo de diseño elegido, tomando en consideración las características de la región, factores históricos, socioeconómicos, tendencia de desarrollo u otros factores relevantes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p. 4). Tal crecimiento poblacional se ve representado en tres casos típicos, los cuales Parra, Gordillo, Pinzón (2019) definen como:

- **Modelo aritmético:** supone que la población tiene un comportamiento lineal, y como tal, la razón de incremento resulta constante, es decir, la población se ve incrementada en cantidades iguales para iguales intervalos de tiempo. En este supuesto, la tasa de crecimiento se calcula por medio de la ecuación 2.

$$r = \frac{N^f - N^i}{k * N^i} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

- **Modelo geométrico:** establece que el crecimiento es desigual, pudiendo variar la cantidad total para iguales periodos de tiempo, por lo que la tasa de crecimiento se calcula como muestra la ecuación 3.

$$r = \left(\frac{N^f}{N^i} \right)^{\frac{1}{k}} - 1 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

- **Modelo exponencial:** en el cual se supone que la población pasa por un crecimiento continuo, y no cada unidad de tiempo, por lo que la tasa de crecimiento se obtiene como muestra la ecuación 4.

$$r = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{N^f}{N^i} \right) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Una vez obtenido el número de personas que se benefician de la implementación del proyecto, se debe calcular el consumo de agua que ejercen las mismas sobre el sistema de abastecimiento local, a lo cual, en el régimen urbano,

la norma técnica OS.100 “Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria” establece los parámetros de la tabla 2.

Tabla 2. Dotación de agua para poblaciones urbanas

Población	Clima frío	Clima cálido
Viviendas con lotes de 90m ² o menos	120 l/hab/día	150 l/hab/día
Viviendas con lotes mayores a 90m ²	180 l/hab/día	220 l/hab/día

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006, p. 114.

De esta forma, el caudal medio resulta en:

$$Q_{med} = dotacion * poblacion \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Entre tanto, la dotación de agua, y, por lo tanto, el gasto realizado por la población, se relaciona con el aporte per cápita de agua residual al sistema de alcantarillado, según lo cual, el diseño hidráulico debe realizarse con el caudal máximo horario, el cual corresponde a aquel a la hora de máxima descarga (Tamayo, de la Rosa, Alain, 2021, pp. 10; Sorrell, 2018, p. 2). En este sentido, el caudal máximo horario resulta de multiplicar el gasto diario por un factor k, el cual las normas técnicas establecen como sigue en la tabla 3.

Tabla 3. Valores guía de coeficientes

Tipo de caudal	Coeficiente de variación k
Caudal máximo horario	1.8 – 2.5
Caudal mínimo horario	0.5

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006, p 114.

Los coeficientes “k” representan las variaciones que puede llegar a tener el consumo de aguas durante las diferentes horas del día, lo cual se relaciona con los hábitos cotidianos de la población a determinados momentos del día, (Bergel, Szelag, Woyciechowska, 2017, p. 2) lo cual se ve reflejado en la figura 1.

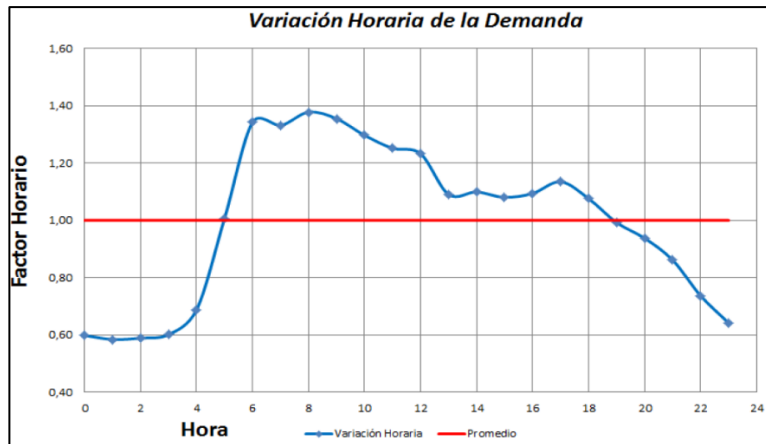


Figura 1. Variación típica del consumo diario de agua
 Nota: Tomado de Gonzales y Bejarano, 2019, p. 19.

Por lo tanto, el caudal de diseño se calcula como:

$$Q_h = Q_m * k \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Así mismo, lo que respecta al diseño de los **equipos de bombeo**, para seleccionar la potencia del equipo se utiliza la ecuación 4, la cual relaciona el caudal de bombeo con las pérdidas de cargas del sistema.

$$HP \text{ bomba} = \frac{\gamma * Q_b * HDT}{75 * n} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

γ = peso específico del agua (kg/m^3)

Q_b = caudal de bombeo

HDT = pérdida total de carga (m)

n = eficiencia de la bomba

Respecto a la eficiencia de la bomba, esta se refiere a la relación entre la potencia consumida por el equipo y la cantidad de energía suministrada al agua, lo que a su vez refleja la altura máxima a la que puede ser bombeado el fluido (Hibbeler, 2021, p. 818). Según un documento técnico redactado por el SIAPA, esta puede variar entre un 30% a 70% (SIAPA, 2018, p. 2), pudiendo tomar los siguientes rangos:

- Bombas chicas, con succión de ¾" a 2" = 30% - 50% de eficiencia
- Bombas medianas, con succión de 2" a 6" = 50% - 75% de eficiencia
- Bombas grandes, con succión de 6" a más = 75% - 80% de eficiencia

El propósito de esta acotación, explican, se debe a que mientras más cercana se encuentre el funcionamiento de la bomba a su punto de operación ideal, habrá un menor desperdicio de energía consumida respecto a la operación solicitada al equipo de bombeo, estando esto relacionado con los costos de operación del equipo, pues a medida que se incrementa la potencia de una bomba, mayor es su consumo eléctrico (Pallares, 2018, p. 75).

Aunado a lo anterior, se debe considerar un factor de corrección para la potencia de la bomba, lo cual se logra multiplicando la expresión anterior por un factor igual a 1.20 (Totocayo, 2021, p.42). Por su parte, es de práctica común conocer la curva característica de la bomba, la cual muestra la relación entre la altura impulsada por la bomba para un determinado caudal (Pallarés, 2018, p. 14). Así mismo, la curva característica de una bomba proporciona información sobre la capacidad de una bomba al operar en diferentes combinaciones de caudal y diámetros de tubería (Nuevo, 2018, pp. 16). Dicha curva es usualmente proporcionada por los fabricantes, y se corresponden con la imagen de la figura 2.

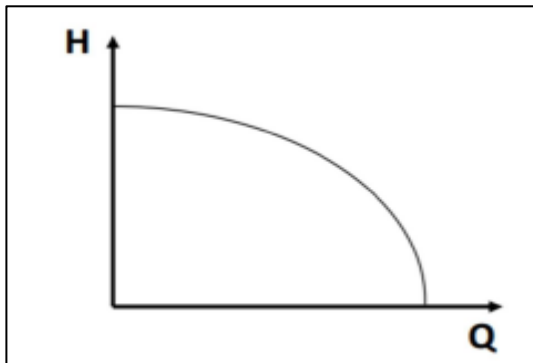


Figura 2. Curva característica de una bomba

Nota: tomado de Pallarés, 2018, p. 15.

De la misma manera, otra de las curvas características de una bomba es aquella que relaciona el rendimiento del equipo con el caudal, correspondiéndose con la imagen de la figura 3.

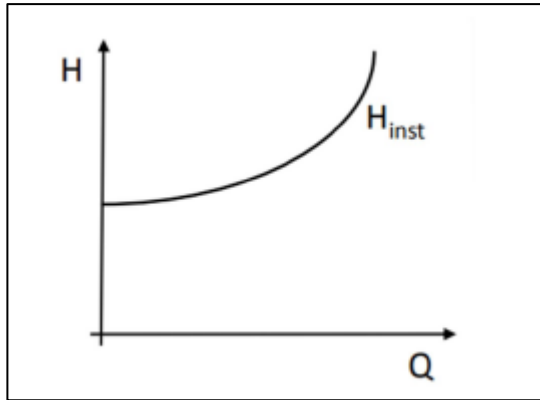


Figura 3. Curva característica de instalación de una bomba

Fuente: Pallarés, 2018, p. 16.

Con ambas gráficas, es posible encontrar un punto en común de corte, en el cual se afirma que, si el rendimiento de la bomba es máximo, la bomba estará en un punto óptimo de funcionamiento, como muestra la figura 4, en la cual, el punto de trabajo de la bomba instalada es aquel en el que el equipo impulsa un caudal Q_1 y una altura H_1 (Pallarés, 2018, p. 18).

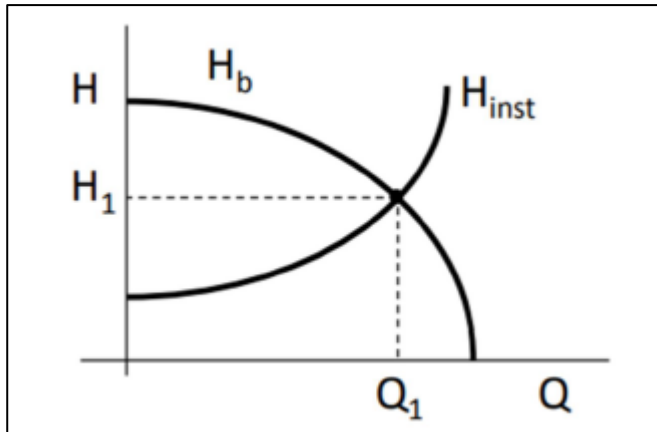


Figura 4. Curva característica de instalación de una bomba

Fuente: Pallarés, 2018, p. 18.

Finalmente, para el diseño de la cámara de bombeo, se debe considerar el volumen de la cámara de retención, el cual se fija en función del ciclo de funcionamiento de la bomba, es decir, del tiempo de funcionamiento o el número de encendidos al día, cumpliendo en todo caso las disposiciones normativas sobre los tiempos máximos de retención (Totocayo, 2021). En referencia a esto, autores como Cimorelli et al. (2020), Ruff (2019) y Pallarés (2018) apuntan a la selección

del regimen de funcionamiento de la bomba considerando ademas del analisis hidraulico las implicaciones de la operación de la estacion de bombeo, por lo que se incluye los costos asociados al suministro de los equipos, enmarcado en los planes de desarrollo sostenible, los cuales incluyen:

- El costo por suministro de los componentes
- El consumo electrico
- Las jornadas de mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de la estacion

En este sentido, un diseño optimo se refiere a aquel que proporciona la maxima eficiencia de funcionamiento a un menor consumo de recursos (Cimorelli et al., 2020, párr. 4).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se considera de tipo aplicada, dado que está enfocada al estudio de situaciones y problemas específicos y la concepción de métodos de resolución aplicables, mas no a la formación de teorías (Tamayo, 2003, p. 43). Como tal, la investigación se encarga de analizar las condiciones hidráulicas que rodean la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza, Ica, y las consideraciones para su mejoramiento.

En cuanto al diseño, este es no experimental transeccional, donde las variables independientes carecen de manipulación por parte del investigador, ni se posee un grupo de control (Carrasco, 2017, p. 71).

Por su parte, posee un nivel descriptivo, al describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan (Hernández, Fernández, Baptista, 2014, p. 92), enfocado en este caso a las variables hidráulicas que influyen en el comportamiento de la cámara de bombeo de aguas residuales.

Finalmente, utiliza un enfoque cuantitativo, donde los datos recolectados se utilizan como evidencia respecto al tema de investigación, partiendo de la medición numérica de indicadores y el análisis estadístico (Hernández, et al., 2014, p. 4).

3.2. Variables y operacionalización

- **Variable independiente:** Análisis hidráulico

Indicadores:

- Periodo de diseño
- Población beneficiaria
- Dotación
- Caudal de diseño

- **Variable dependiente:** Rediseño de la cámara de bombeo

Indicadores:

- Volumen de la cámara de bombeo
- Tiempo de retención
- Tipo y cantidad de bombas
- Secuencias de operación de las bombas

La operacionalización de variables se muestra en el anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población se encuentra representada por los habitantes del Distrito de San José de los Molinos Galagarza, los cuales conforman el universo de estudio.

Muestra

Como muestra, se tiene a los habitantes de los centros poblados de Trapiche, Hogar de Cristo, Cercado Los Molinos, Cerrillos, Chavalina, Santa Rosa, Pampa de La Isla y Galagarza, cuya descarga de aguas residuales se ubica en la red de drenaje que alimenta a la estación y cámara de bombeo protagonista de la investigación.

Muestreo

El muestro se presenta de tipo no probabilístico por conveniencia, por lo que su elección es a juicio del autor según los intereses de la investigación, sin el empleo de métodos de selección estadísticos (Hernández et al., 2014, p. 176). En este sentido, se emplea el total de la población que hace uso de la red de drenaje que alimenta a la cámara de bombeo de la estación de Galagarza. Esta población es proyectada para un periodo de diseño de 20 años, de acuerdo a las ecuaciones 1, 2, y 3, eligiendo la que arroje el mayor resultado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Como técnica de recolección de datos se emplea el análisis documental, mediante el cual se obtienen las características de la población de estudio y los parámetros que intervienen en el análisis hidráulico a realizar. Entre las fuentes a consultar se encuentran:

- Datos poblacionales del Censo Nacional 2017 – Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).
- Dotación de agua – Norma técnica OS.100 “Consideraciones básicas de diseño de infraestructura Sanitaria”

- Consideraciones de diseño de estaciones de bombeo - Norma técnica OS.080 “Estaciones de bombeo de aguas residuales”

Así mismo, se realizó una visita de campo a la zona de estudio a razón de percibir y contrastar los datos obtenidos con la realidad problemática, sirviendo así de base a los criterios a utilizar en el desarrollo de las mejoras a proponer.

Instrumentos

Considerando los instrumentos como herramientas que permiten la recolección de datos de manera uniforme y sistemática, ofreciendo una visión clara y objetiva de los hechos (Tamayo, 2003, p. 172), la presente investigación utiliza como instrumento de recolección de datos una ficha de registro (anexo 3) donde se depositan los parámetros relativos a la población a emplear en el análisis hidráulico para el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales.

3.5. Procedimientos

El desarrollo de la presente investigación se divide en dos fases:

- Fase de recolección de datos: en la que se recaba la información relativa a la población y que es necesaria para comprender el comportamiento hidráulico del sistema de drenaje de aguas residuales y la estación de bombeo. Estos datos son recolectados con el instrumento del anexo 3.
- Fase de gabinete: en la cual se desarrolla el análisis del comportamiento hidráulico del sistema a partir de los datos encontrados en la fase anterior.

En este sentido, se ahonda en la precisión de los siguientes datos:

- Periodo de diseño del sistema
- Proyección de la población futura
- Caudal de diseño
- Dimensiones de la cámara de bombeo
- Características de los equipos de bombeo y su funcionamiento
- Costo asociado a la implementación de los componentes seleccionados
- Discusión y elaboración de conclusiones de los resultados obtenidos

En esta fase, se analizará el comportamiento de los diferentes elementos que conforman la estación de bombeo (caudal, cámara de bombeo, equipos

de bombeo y tuberías), pasando a detallar diversas condiciones de operación con el fin de seleccionar el que resulte más apropiado para el caso de estudio.

3.6. Método de análisis de datos

Se utiliza principalmente la estadística descriptiva, apoyada con las ecuaciones y procedimientos de cálculos descritos en el marco teórico. Así mismo, se utilizan las consideraciones de diseño contenidas en las normas técnicas correspondientes del Reglamento Nacional de Edificaciones. El procesamiento de los datos se realizará por medio de tablas, gráficas y hojas de cálculo desarrolladas en el programa Excel.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación hace uso de datos proveniente de instituciones públicas, cuya información se utiliza con la adecuada referencia de los autores que sirvieron de sustento. Para la visita de campo, se contemplaron todas las medidas de protección adecuadas, tomando en cuenta la situación actual por la pandemia por coronavirus.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros hidráulicos

4.1.1. Población beneficiaria

Como primer paso para abordar una solución a la problemática presente, se debe tener una estimación de la población beneficiaria del sistema de bombeo, pues de ello depende el caudal de aguas residuales que ingresarán a la cámara de bombeo. Se tiene como dato que la cámara de bombeo en cuestión recibe las descargas de las aguas residuales de todo el distrito de San José de Los Molinos, estando ubicada en las inmediaciones de las estaciones de bombeo de Pampa la Isla y Santa Rosa, quienes descargan sus aguas en la estación de bombeo de Galarza, como se puede observar en la figura 5.

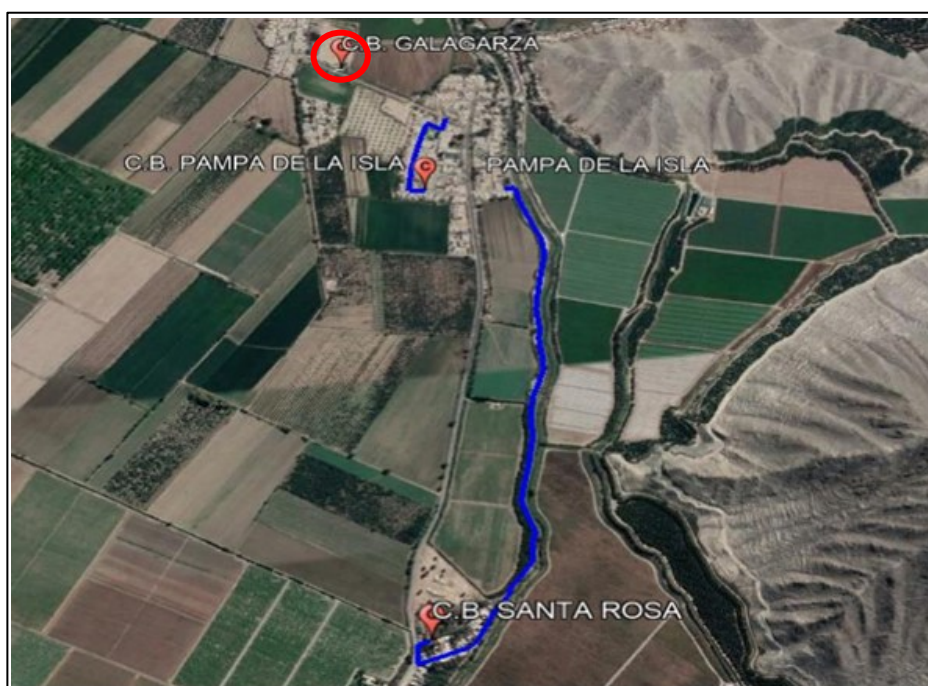


Figura 5. Ubicación de la estación de bombeo

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se debe calcular la población beneficiaria a partir del registro de población actual, más una proyección a futuro considerando el periodo de diseño de la instalación y la tasa de crecimiento poblacional. Para tal fin, se utiliza como referencia los datos de los últimos censos efectuado por el INEI, lo cual se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Censo poblacional – San José de los Molinos

Año	Población
1,981	4,451
1,993	5,453
2,007	6,070
2,017	6,987

Fuente: INEI, 2018, p. 92.

En base a lo anterior, se procede a calcular la tasa de crecimiento poblacional, para lo cual se toma como verdadero al mayor valor obtenido por los métodos aritmético, geométrico y exponencial, cuyos resultados se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Tasa de crecimiento poblacional

Periodo		Aritmético	Geométrico	Exponencial
1981	1993	1.88%	1.71%	1.69%
1981	2007	1.40%	1.20%	1.19%
1981	2017	1.58%	1.26%	1.25%
1993	2007	0.81%	0.77%	0.77%
1993	2017	1.17%	1.04%	1.03%
2007	2017	1.51%	1.42%	1.41%
Promedio		1.39%	1.23%	1.22%

Fuente: Elaboración propia

A partir de ello, se procede a calcular la población futura. Para el caso de estudio, se toma un periodo de diseño de 20 años, de acuerdo a los valores de la tabla 1, contando a partir de la fecha actual, y con ello se construye la tabla 6. Los resultados muestran que a pesar de que, de manera directa, la tasa aritmética de crecimiento es la mayor calculada, con un valor de 1.39%, superior a 1.23% y 1.22% de los métodos geométricos y exponencial, respectivamente, al realizar la proyección de la población para el 2041 el modelo geométrico resulta con un valor mayor.

Tabla 6. Estimación de la población futura

Año	Población		
	Aritmético	Geométrico	Exponencial
2017	6,987	6,987	6,987
2018	7,084	7,073	7,073
2019	7,181	7,160	7,160
2020	7,278	7,248	7,247
2021	7,375	7,337	7,336
2022	7,473	7,427	7,426
2023	7,570	7,519	7,518
2024	7,667	7,611	7,610
2025	7,764	7,705	7,703
2026	7,861	7,800	7,798
2027	7,958	7,896	7,894
2028	8,055	7,993	7,990
2029	8,152	8,091	8,089
2030	8,250	8,191	8,188
2031	8,347	8,291	8,288
2032	8,444	8,393	8,390
2033	8,541	8,496	8,493
2034	8,638	8,601	8,597
2035	8,735	8,707	8,703
2036	8,832	8,814	8,810
2037	8,929	8,922	8,918
2038	9,027	9,032	9,027
2039	9,124	9,143	9,138
2040	9,221	9,256	9,250
2041	9,318	9,369	9,364

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 6, el modelo de crecimiento aritmético obtuvo una población futura de 9,318 habitantes, el modelo geométrico obtuvo 9,369 habitantes y el modelo exponencial obtuvo 9,364 habitantes. Seguidamente, los valores son graficados en la figura 6.

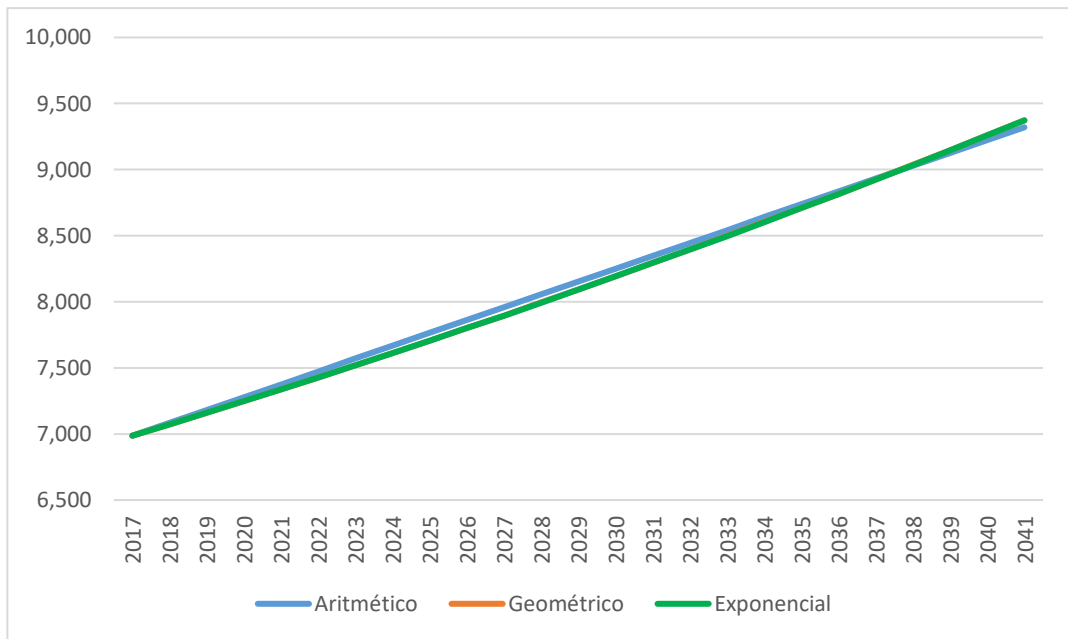


Figura 6. *Proyección del crecimiento de la población*

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene entonces que, para el análisis hidráulico del sistema, se toma como población futura el valor de 9,369 habitantes, obtenida mediante la proyección geométrica.

4.1.2. Dotación

El volumen de aguas residuales producido por la población está directamente relacionado con el consumo de agua que realiza dicha población, por lo tanto, se debe establecer la dotación prevista. Para el caso de la población de estudio, que se ubica en el departamento de Ica, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) establece que dicha localidad forma parte de la región costera del Perú (figura 7), donde predomina un clima árido y templado, en la cual la temperatura puede alcanzar hasta los 31°C (SENAMHI, 2021, p. 1). Con tal motivo, siguiendo los lineamientos de las normas del reglamento nacional de edificaciones, asignamos una dotación de 150 l/hab/día, según la norma OS.100 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006, p. 114.).

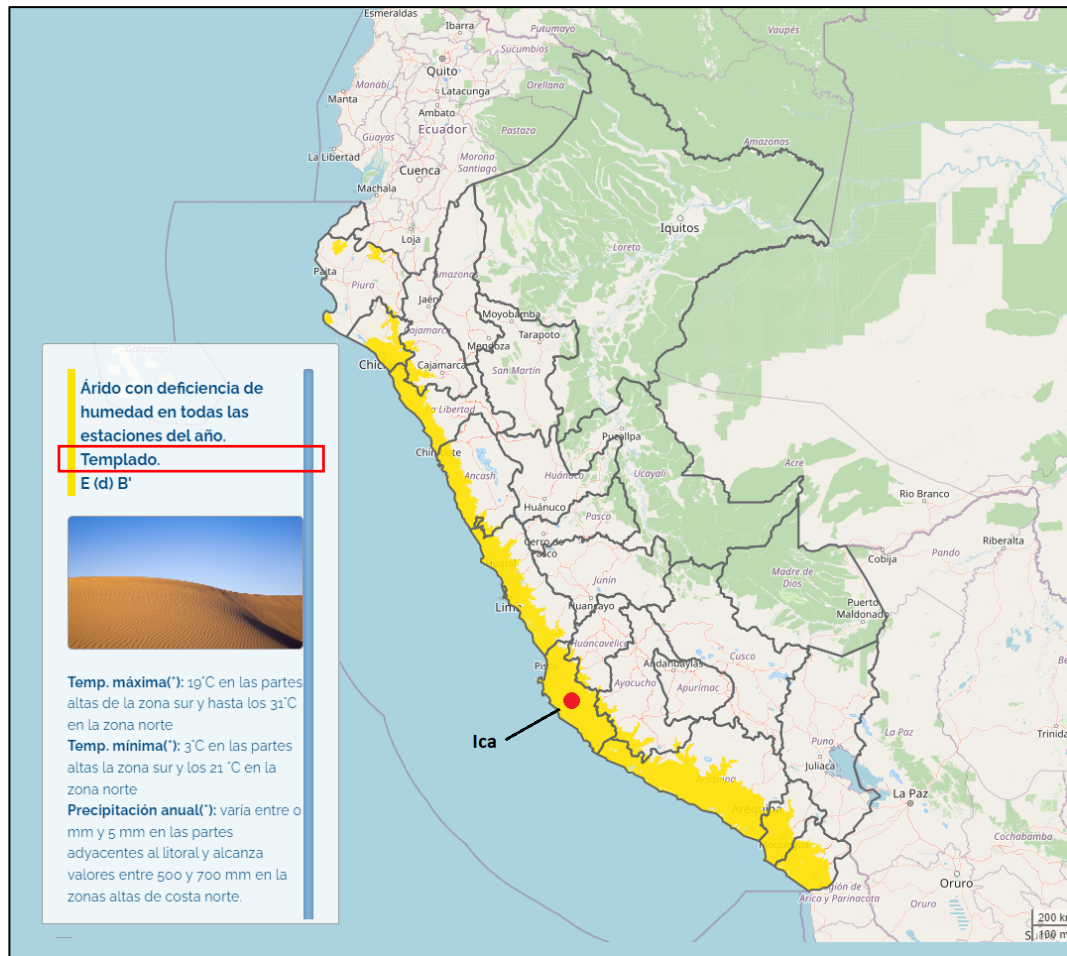


Figura 7. Clima en la zona de estudio

Fuente: adaptado de SENAMHI, 2021, p. 1.

4.1.3. Caudal de diseño

El primer paso consiste en determinar el consumo promedio de agua que realiza la población, utilizando la ecuación 6:

$$\begin{aligned}
 Q_{med} &= \text{dotacion} * \text{poblacion} \\
 Q_{med} &= 150\text{l/hab/dia} * 9,369\text{hab} \\
 Q_{med} &= 1,405,350 \text{ l/dia} \\
 Q_{med} &= 1,405,350 \frac{\text{l}}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \\
 Q_{med} &= 16.27 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

Por su parte, el diseño hidráulico debe realizarse con el caudal máximo horario, el cual corresponde a aquel que resulta de multiplicar el gasto medio por un factor de variación de consumo “k” (tabla 7).

Tabla 7. Caudal de diseño

Indicador	Valor
Caudal medio	16.27 l/s
Coefficiente máximo de variación diaria <i>k</i>	2.5
Coefficiente mínimo de variación diaria <i>k</i>	0.5

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, los caudales mínimos y máximos (ecuación 7) resultan:

$$Q_h = Q_{med} * k$$

$$Q_{max} = 16.27 \text{ l/s} * 2.5 = 40.64 \text{ l/s}$$

$$Q_{min} = 16.27 \text{ l/s} * 0.5 = 8.14 \text{ l/s}$$

Estos caudales representan el consumo de agua potable por parte de la población. Sin embargo, la cantidad de agua que ingresa a la red de alcantarillado resulta menor pues una parte de esta es utilizada para diversas actividades cotidianas, por ejemplo, el riego de áreas verdes o labores de limpieza. Para tomar en cuenta este comportamiento, la norma OS.070 Redes de Agua Residuales establece un coeficiente de retorno del 80% del consumo de agua. Sin embargo, también se debe tomar en cuenta la posibilidad de infiltraciones por conexiones herradas, así como la intromisión de agua de lluvia al sistema de alcantarillado. Por estas razones, procedemos a realizar los cálculos considerando dos escenarios, según indica la norma con el 80% del caudal, y una condición crítica con el 100% del caudal para emular la infiltración del agua de lluvias en el sistema de alcantarillado, como muestra la tabla 8.

Tabla 8. Escenarios para el diseño hidráulico

Condición	Qmin	Qmax
80% del consumo	6.51 l/s	32.54 l/s
100% del consumo	8.14 l/s	40.68 l/s

Fuente: Elaboración propia

4.2. Análisis y diseño hidráulico del sistema

Habiendo obtenido el caudal del sistema, se procede a realizar el diseño hidráulico de los componentes de la cámara de bombeo. Primeramente, se calcula las dimensiones que debe tener la cámara, tomando en consideración los tiempos de retención permitidos, siendo estos un tiempo mínimo (t) de 7 minutos, y 30 minutos como máximo (t_1). Para obtener el volumen de la cámara de bombeo aplicamos la ecuación 2, obteniendo los siguientes valores:

$$K_1^2(K - a) + K_1(a - K^2) + K(K - 1)(1 + a) = 0$$

Donde:

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$$

$$K = \frac{40.68 \text{ l/s}}{8.14 \text{ l/s}} = 5.00$$

$$a = \frac{t_1}{t}$$

$$a = \frac{30 \text{ min}}{7 \text{ min}} = 4.29$$

$$K_1^2(5.00 - 4.29) + K_1(4.29 - 5.00^2) + 5.00(5.00 - 1)(1 + 4.29) = 0$$

$$K_1^2(0.71) - K_1(20.71) + 105.80 = 0$$

$$K_1 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$K_1 = \frac{20.71 \pm 11.33}{1.42}$$

$$K_{1-1} = 22.56$$

$$K_{1-2} = 6.61$$

Con estos valores, se procede a calcular el volumen de la cámara de bombeo, utilizando la ecuación 1. Así, para el caudal mínimo del caso 1 (80% del consumo), se obtiene:

$$V = \frac{tQK(K_1 - 1)}{K_1 + K - 1}$$

$$V = \frac{(7 \text{ min} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}) * (6.51 \frac{\text{l}}{\text{s}}) * 5 * (22.56 - 1)}{(22.56 + 5 - 1)}$$

$$V = 11,097.4 \text{ l} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 11.10 \text{ m}^3$$

$$Q_b = Q_{min} * K_1$$

$$Qb = 6.51 \frac{l}{s} * 22.56 = 146.87 \frac{l}{s}$$

La operación se repite para el caudal del caso crítico (100% del consumo) y variando los coeficientes obtenidos de la ecuación cuadrática. Los resultados son presentados en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de diseño con la ecuación cuadrática

Condición	Qmin	Vol (k1-1)	Vol (k1-2)	Qb (k1-1)	Qb (k1-2)
80% del consumo	6.51 l/s	11.10 m ³	7.23 m ³	146.87 l/s	43.03 l/s
100% del consumo	8.14 l/s	13.88 m ³	9.04 m ³	183.64 l/s	53.81 l/s

Fuente: elaboración propia.

Estos valores cumplen con la hipótesis planteada con la ecuación cuadrática, es decir, son los valores de volumen y caudal que cumplen con los tiempos de retención establecidos. En base a ello se desprenden las siguientes conclusiones:

- De los resultados de la ecuación cuadrática, k_{1-1} y k_{1-2} , los resultados de volumen calculados con k_{1-1} resultan mayores que los calculados con el coeficiente k_{1-2} , mientras que los resultados del caudal de bombeo resultan menores que los calculados con k_{1-2} , respectivamente.
- Para no exceder el tiempo de retención fijado en 30 minutos, el volumen de la cámara de bombeo para un caudal mínimo de 43.03 l/s es de 7.23 m³.
- Por su parte, incrementar el volumen de la cámara a 13.88 m³ requiere un caudal de bombeo de 183.64 l/s para cumplir con el tiempo de retención de 30 minutos máximo.
- A mayor volumen de la cámara, mayor es el caudal de bombeo requerido para cumplir con el tiempo de retención.
- A mayor volumen de la cámara, también es mayor el costo de construcción. Considerando que esta es una estructura subterránea, a mayor volumen requerido, mayor es la excavación en el terreno y mayor la cantidad de materiales para la construcción de muros y las losas de fondo y techo.
- En la medida que se incrementa el volumen de agua a bombear en 30 minutos máximos, se requiere un caudal de bombeo mayor, lo que implica el uso de equipos de bombeo más potentes o un mayor número

de bombas en funcionamiento simultaneo, pues la ecuación 8 muestra que la potencia requerida por el equipo de bombeo es directamente proporcional al caudal que se desea bombear.

- Entre ambas opciones calculadas con los coeficientes k_{1-1} y k_{1-2} , la razón del volumen de la cámara resulta aproximadamente el doble, mientras que el caudal resulta más de 4 veces mayor.

En base a lo anterior, se escoge utilizar los valores calculados con k_{1-2} , como muestra la tabla 10. Esta opción permite optimizar el uso de recursos tanto en la construcción de la cámara como en el uso de equipos de bombeo.

Tabla 10. Volumen y caudal para las condiciones de estudio

Condición	Volumen	Caudal de bombeo
80% del consumo	7.23 m ³	43.03 l/s
100% del consumo	9.04 m ³	53.81 l/s

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Dimensiones de la cámara de bombeo

Con los valores obtenidos de la tabla 10, se procede a determinar las dimensiones necesarias para construir la cámara de bombeo. Primeramente, se debe seleccionar la forma que tendrá la cámara, pudiendo ser de sección rectangular o circular.

Las secciones rectangulares son ampliamente utilizadas para la construcción de tanques tipo cisterna para el almacenamiento de agua o combustibles, instalaciones para el tratamiento de aguas, obras de conducción, entre otras, pero limitados a volúmenes y dimensiones que permitan el empleo de espesores de paredes relativamente delgados y económicos (Orihuela y Sánchez, 2016, p. 2), mientras que los circulares suelen ser más eficientes estructuralmente, pues la repartición de esfuerzos en las paredes se distribuye mejor que en secciones rectangulares (Guillen y Rojas, 2017, p. 37). Por lo tanto, construir las instalaciones con este tipo de secciones resulta generalmente en la opción más económica en cuanto a los materiales para su edificación, pues ofrece una relación

más eficiente de área y perímetro para grandes volúmenes de almacenamiento (Pérez, 2018, pp. 19).

Además de lo anterior, se debe tener presente que la profundidad de la cámara de bombeo depende no solo del volumen de almacenamiento, sino también de la cota de llegada de la tubería a la red de alcantarillado. La norma OS.070 establece que las tuberías que conforman la red de aguas residuales están ubicadas a una profundidad por lo menos de 1.00 metro entre la superficie del terreno y la parte superior de la tubería, y esta última debe tener pendiente mínima para facilitar la autolimpieza de la tubería. Aunado a lo anterior, la estación de bombeo se ubica al final de la red de aguas residuales, por lo cual, la cota de llegada de la tubería a la cámara de bombeo suele ubicarse a profundidades considerables. Para el caso de estudio, la cota de llegada está ubicada a 4.65 m de profundidad en relación a la superficie del terreno.

Por estas razones, se prefiere el uso de secciones circulares. Este tipo de sección es también el utilizado en la construcción de las cámaras de inspección de la red de alcantarillado. Habiendo definido el tipo de sección, se procede a determinar las dimensiones de la cámara de bombeo, a partir de la expresión de volumen de un cilindro:

$$\text{Volumen(cilindro)} = \text{area.circulo} * \text{altura}$$

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h$$

$$h = \frac{4 * V}{\pi * d^2}$$

Así, por ejemplo, para un diámetro de 2.00 m y un volumen de 7.23 m³, la altura requerida sería:

$$h = \frac{4 * 7.23 \text{ m}^3}{\pi * (2.00)^2} = 2.30 \text{ m}$$

La tabla 11 muestra las alturas calculadas para diferentes medidas de diámetro de la cámara, empleando los volúmenes para las condiciones del 80% y 100% del caudal de agua residual.

Tabla 11. Dimensiones de la cámara de bombeo

Diámetro	Altura (h)						Diferencia de altura
	V = 7.23 m ³		V = 9.04 m ³				
2.00	m	2.30	m	2.88	m	0.58 m	
2.25	m	1.82	m	2.27	m	0.45 m	
2.50	m	1.47	m	1.84	m	0.37 m	
2.75	m	1.22	m	1.52	m	0.30 m	
3.00	m	1.02	m	1.28	m	0.26 m	
3.25	m	0.87	m	1.09	m	0.22 m	
3.50	m	0.75	m	0.94	m	0.19 m	
3.75	m	0.65	m	0.82	m	0.17 m	
4.00	m	0.58	m	0.72	m	0.14 m	
4.25	m	0.51	m	0.64	m	0.13 m	
4.50	m	0.45	m	0.57	m	0.12 m	
4.75	m	0.41	m	0.51	m	0.10 m	
5.00	m	0.37	m	0.46	m	0.09 m	

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la tabla 11 se observan las siguientes conclusiones:

- Por la profundidad a la que llega la tubería de aguas residuales, resulta conveniente emplear la menor altura posible para facilitar el proceso constructivo, resultando en una menor profundidad de excavación. De manera similar, una menor profundidad menor resulta en menores esfuerzos a la estructura.
- A medida que se incrementa el diámetro, la diferencia entre las alturas requerida por cada caudal (80% y 100% del consumo de agua potable) tiende a converger. Así, por ejemplo, para un diámetro de 4.75 m, la diferencia de alturas de la cámara para cada caudal es de 10 cm.
- Considerando la realidad problemática del caso de estudio, en el cual existen antecedentes de desbordes y el afloramiento de las aguas residuales, el empleo del 100% del consumo de agua potable resulta una mejor opción de diseño, siendo este el caso más crítico para el funcionamiento de la cámara de bombeo.

Con lo anterior expuesto, se opta por utilizar el volumen resultante del 100% del consumo de agua potable. Se comprueba que para un diámetro de 4.75 m la diferencia de alturas es de 10 cm, por lo que, sumado a las ventajas de utilizar la

condición más crítica para el funcionamiento de la cámara de bombeo versus posibles casos de desbordamiento, se justifica técnica y económicamente el empleo de esta condición de análisis. Por lo tanto, los valores de diseño seleccionados se resumen en la tabla 12, en la cual se han ajustado las dimensiones en múltiplos que resultan más convenientes para su construcción.

Tabla 12. Valores de diseño de la cámara de bombeo

Indicador	Valor
Condición crítica de diseño	100% del consumo de agua potable
Caudal mínimo	8.14 l/s
Caudal máximo	40.68 l/s
Caudal de bombeo	53.81 l/s
Volumen la cámara (teórico)	9.04 m ³
Tipo de sección	Circular
Diámetro de la cámara	4.75 m
Altura útil	0.50 m
Volumen real	8.86 m ³

Fuente: Elaboración propia

Un esquema de la cámara de bombeo con las dimensiones previamente calculadas puede verse en la figura 8.

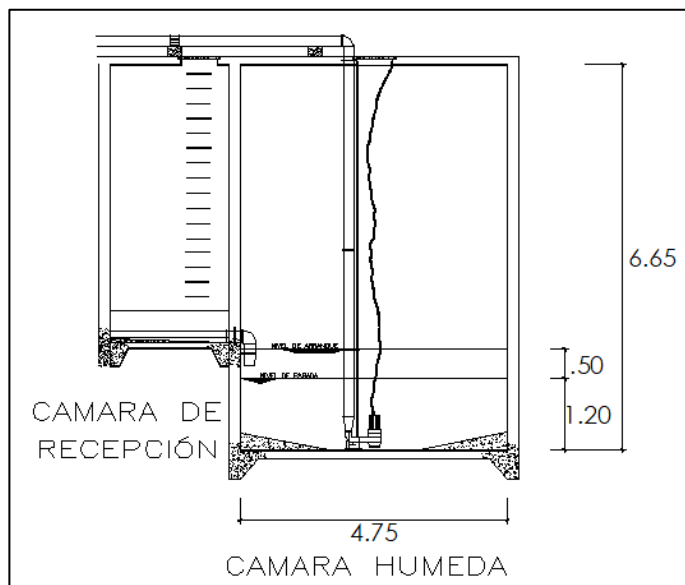


Figura 8. Esquema de la cámara de bombeo

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se comprueban los tiempos de retención para cada condición posible de caudal de aguas residuales que ingresa a la cámara de bombeo, empleando las siguientes expresiones:

- Tiempo de llenado de la cámara con la bomba apagada:

$$t. \text{llenado} = \frac{V}{Q}$$

- Tiempo de vaciado de la cámara:

$$t. \text{vaciado} = \frac{V}{Q_b - Q}$$

- Ciclo de funcionamiento de la cámara de bombeo:

$$t. \text{ciclo} = t. \text{llenado} + t. \text{vaciado}$$

De esta manera, se presentan 4 posibles casos en el funcionamiento de la estación de bombeo, cuyos resultados se resumen en la tabla 13.

- Tiempo de llenado cuando ingresa el caudal mínimo:

$$t. \text{llenado} = \frac{8.86 \text{ m}^3}{8.14 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{l}}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 18.14 \text{ min}$$

- Tiempo de llenado cuando ingresa el caudal máximo:

$$t. \text{llenado} = \frac{8.86 \text{ m}^3}{40.68 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{l}}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3.63 \text{ min}$$

- Tiempo de vaciado cuando ingresa el caudal mínimo:

$$t. \text{vaciado} = \frac{8.86 \text{ m}^3}{\left(53.81 \frac{\text{l}}{\text{s}} - 8.14 \frac{\text{l}}{\text{s}}\right) * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{l}}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3.23 \text{ min}$$

- Tiempo de vaciado cuando ingresa el caudal máximo:

$$t. \text{vaciado} = \frac{8.86 \text{ m}^3}{\left(53.81 \frac{\text{l}}{\text{s}} - 40.68 \frac{\text{l}}{\text{s}}\right) * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{l}}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 11.25 \text{ min}$$

Tabla 13. Ciclos de funcionamiento de las bombas

Condición	Llenado	Vaciado	Ciclo
Q min solamente	18.14 min	3.23 min	21.37 min
Q min llenado + Q max vaciado	18.14 min	11.25 min	29.39 min
Q max solamente	3.63 min	11.25 min	14.88 min
Q max llenado + Q min vaciado	3.63 min	3.23 min	6.86 min

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de la tabla 13, se comprueba que se cumplen los tiempos de estipulados, esto es, no más de 30 minutos ni menos de 5 minutos. Con esta información es posible determinar el número de veces que la bomba se enciende en cada condición de operación. El número máximo de arranques de la bomba en un periodo de una hora es establecido por el fabricante, y depende del tipo y modelo de cada bomba, sin embargo, se recomienda que los arranques no superen las 8 veces por hora (Hidrostral, 2017, p. 8). Se comprueba que:

$$n^{\circ} \text{ arranques} = \frac{\text{periodo}}{t. \text{ ciclo}}$$

- Mínimo número de arranques en 1 hora:

$$n^{\circ} \text{ arranques} = \frac{60 \text{ min}}{29.39 \text{ min}} \approx 2 \text{ arranques por hora}$$

- Máximo número de arranques:

$$n^{\circ} \text{ arranques} = \frac{60 \text{ min}}{6.86 \text{ min}} \approx 8 \text{ arranques por hora}$$

Si bien el funcionamiento de la bomba está dentro de los valores recomendables, el funcionamiento óptimo del sistema de bombeo deberá disminuir el número de veces que enciende la bomba, pues esto afecta el tiempo de vida del equipo, y con ello, los costos de mantenimiento o sustitución (Pallares, 2018, p. 75). Al respecto, Navarro (2017) plantea que, al haber por norma dos bombas en toda estación de bombeo como mínimo (según la norma OS.080 Estaciones de bombeo de aguas residuales), es posible configurar los equipos con un conmutador, de manera que las bombas funcionen de manera alternada, y reducir de esta manera el número de arranques en 1 hora de cada equipo (p. 56). De esta manera, para el caso de estudio, se tendría mínimo 1 arranque por hora, y máximo 4 arranques por hora por cada bomba.

4.2.2. Equipos de bombeo y accesorios

Para la selección final del equipo de bombeo se debe tomar en cuenta las pérdidas de carga que ha de sufrir el sistema. Al respecto, el RNE establece en la norma OS.010 que para el cálculo de sistemas de tuberías que trabajan a presión, deberán aplicarse formulas racionales, pudiéndose aplicar la fórmula de Hazen – Willians. Esta fórmula resulta practica para este tipo de sistemas pues relaciona directamente el caudal de agua, el diámetro de la tubería y el tipo de material de la misma, para así obtener el coeficiente de perdida por fricción por unidad de longitud (Reyes, 2018, p. 1; Hibbeler, p. 528), en forma de:

$$S = \frac{10.679 * Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.87}}$$

Donde:

Q = Caudal de bombeo (m³/seg)

C = Coeficiente de Hazen – Willians por material

D = Diámetro interior (m)

S = Coeficiente de perdida por fricción por unidad de longitud (m/m)

El coeficiente C se relaciona con la rugosidad de cada material, y adopta los valores típicos dados en la tabla 14.

Tabla 14. Coeficientes de fricción en la fórmula de Hazen -Willians

Tipo de tubería	C
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno, abasto cemento	140
PVC	150

Fuente: OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano

Sin embargo, con el paso del tiempo las tuberías cambian su rugosidad interna por efectos de desgaste de las paredes o acumulación de sedimentos, lo que resulta en una disminución del coeficiente de rugosidad hasta en un 30% (Alegret y Martínez, 2019, p. 4). Algunos valores de referencia comúnmente aceptados son (CENTER, 2018, p. 6):

- Acero en servicio: C = 90
- PEAD en servicio: C = 140
- PVC en servicio: C = 140
- Concreto en servicio: C = 110

Adicionalmente se deben calcular las pérdidas de carga local producida por los accesorios que incluye la tubería. Dichas perdidas pueden ser calculadas como (Hibbeler, 2021, p. 535):

$$h_L = K_L * \frac{V^2}{2g} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde K_L es un coeficiente que depende de la pieza que produzca la pérdida, adoptando los valores de la tabla 15.

Tabla 15. Factor K_L de pérdidas de carga locales

Accesorio	K_L
Válvula de compuerta	0.19
Válvula de retención	2
Válvula de globo	10
Codo de 90°	0.9
Codo de 45°	0.4
Tee sin cambio de dirección	0.4
Tee con cambio de dirección	1.8

Fuente: Hibbeler (2021).

Respecto al sistema de tuberías a emplear en el diseño, se tienen los datos mostrados en la tabla 16.

Tabla 16. Parámetros de la tubería de descarga

Parámetro	Valor
Caudal	53.81 l/s
Longitud tubería de impulsión de desagüe	1530 m
Diámetro de la tubería	8 pulgadas
Accesorios	
Válvula compuerta	2
Válvula retención	2
Tee 8"	1
Codo 90° 8"	1
Codo 45° 8"	1

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se pueden elaborar 3 posibles escenarios para el análisis del sistema:

- Emplear la tubería de acero de 8" de diámetro actualmente instalada (C = 90)
- Rehabilitar el sistema de tuberías con una del mismo material en estado nuevo (C=120)
- Emplear una tubería nueva de 8" de diámetro de material PVC (C=150).

Primeramente, calculamos las pérdidas globales debido a la fricción que se genera en la tubería, considerando los 3 casos planteados. Los diámetros de las tuberías se muestran en las figuras 9 y 10. Los resultados se resumen en la tabla 17.

- Tubería de acero actual (C=90)

$$h_L = \frac{10.679 * Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.87}} * L$$
$$h_L = \frac{10.679 * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l}\right)^{1.852}}{(90)^{1.852} * \left(210.92 mm * \frac{1 m}{1000 mm}\right)^{4.87}} * 1530m$$
$$h_L = 34.28 m$$

- Tubería de acero nuevo (C=120)

$$h_L = \frac{10.679 * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l}\right)^{1.852}}{(120)^{1.852} * \left(210.92 mm * \frac{1 m}{1000 mm}\right)^{4.87}} * 1530m$$

$$h_L = 20.12 m$$

- Tubería de PVC nueva (C=150)

$$h_L = \frac{10.679 * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l}\right)^{1.852}}{(150)^{1.852} * \left(180.80 mm * \frac{1 m}{1000 mm}\right)^{4.87}} * 1530m$$

$$h_L = 28.19 m$$

- Tubería de PVC viejo (C=140)

$$h_L = \frac{10.679 * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l}\right)^{1.852}}{(140)^{1.852} * \left(180.80 mm * \frac{1 m}{1000 mm}\right)^{4.87}} * 1530m$$

$$h_L = 32.03 m$$

Tabla 17. Pérdidas de carga en tuberías de 8"

Tubería	C	Q	D. interno	Longitud	h _L
8" acero viejo	90	53.81 l/s	210.92 mm	1530 m	34.28 m
8" acero nuevo	120	53.81 l/s	210.92 mm	1530 m	20.12 m
8" PVC nuevo	150	53.81 l/s	180.80 mm	1530 m	28.19 m
8" PVC viejo	140	53.81 l/s	180.80 mm	1530 m	32.03 m

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente se calculan las pérdidas producidas por accesorios utilizando la ecuación 9 y los coeficientes de la tabla 15. Primero calculamos las velocidades de flujo en las tuberías adyacentes a los accesorios, las cuales dependen del diámetro interno. Los resultados se resumen en las tablas 18 y 19.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

- Velocidad de flujo en tubería de acero:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l}\right)}{\pi * \left(210.92 mm * \frac{1 m}{1000 mm}\right)^2} = 1.54 \frac{m}{s}$$



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 1 1/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados¹.

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD		SCH-40		XS		SCH-80		SCH-160	
		Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso
1/4	13.7	2.24	0.63	2.24	0.63	3.02	0.80	3.02	0.80	-	-
3/8	17.1	2.31	0.84	2.31	0.84	3.20	1.10	3.20	1.10	-	-
1/2	21.3	2.77	1.27	2.77	1.27	3.73	1.62	3.73	1.62	4.78	1.95
3/4	26.7	2.87	1.69	2.87	1.69	3.91	2.20	3.91	2.20	5.56	2.90
1	33.4	3.38	2.50	3.38	2.50	4.55	3.24	4.55	3.24	6.35	4.24
1 1/4	42.2	3.56	3.39	3.56	3.39	4.85	4.47	4.85	4.47	6.35	5.61
1 1/2	48.3	3.68	4.05	3.68	4.05	5.08	5.41	5.08	5.41	7.14	7.25
2	60.3	3.91	5.44	3.91	5.44	5.54	7.48	5.54	7.48	8.74	11.11
2 1/2	73.0	5.16	8.63	5.16	8.63	7.01	11.41	7.01	11.41	9.53	14.92
3	88.9	5.49	11.29	5.49	11.29	7.62	15.27	7.62	15.27	11.13	21.35
4	114.3	6.02	16.07	6.02	16.07	8.56	22.32	8.56	22.32	13.49	33.54
5	141.3	6.55	21.77	6.55	21.77	9.53	30.97	9.53	30.97	15.88	49.12
6	168.3	7.11	28.26	7.11	28.26	10.97	42.56	10.97	42.56	18.26	67.57
8	219.1	8.18	42.55	8.18	42.55	12.70	64.64	12.70	64.64	23.01	111.27
10	273.0	9.27	60.29	9.27	60.29	12.70	81.55	15.09	95.98	28.58	172.27

Figura 9. Ficha técnica tubería de acero - diámetro

Fuente: Fiorella Representaciones – Ficha técnica, 2021, p.1.



TUBOS PVC-U

para agua, drenaje y alcantarillado enterrado o aéreo con presión NTP ISO 1452

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Agua potable
- Riego tecnificado
- Instalaciones industriales
- Norma de fabricación: NTP-ISO 1452
- Gama de diámetros: de 63mm a 630mm
- Sistema de empalme: Unión Flexible (UF)
- El estabilizante utilizado en nuestras formulaciones para las tuberías de PVC-U es de Calcio- Zinc (Ca-Zn) la misma que es considerado del tipo ecológico.
- Color: Gris

PROPIEDADES FÍSICAS

- Peso específico 1,44 g/cm³ a 25°C
- Resistencia al impacto 0,09
- Absorción de agua: <40 g/m²
- Estabilidad dimensional a 150°C < 5%
- Coeficiente de fricción:
n=0,009 Manning
c=150 hazen-Williams
- Punto Vicat >80°C
- Resistencia a ácidos: Excelente
- Resistencia a álcalis: Excelente
- Resistencia al H₂SO₄: Excelente

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Tensión de diseño: 100 kgf/cm²
- Resistencia a la tracción: 560 kgf/cm²
- Resistencia a la flexión: 750-780 kgf/cm²
- Resistencia a compresión: 610-650 kgf/cm²
- Módulo de elasticidad: 30,000 kg/cm²

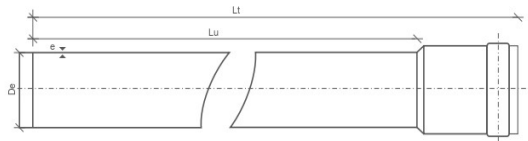
CERTIFICACIONES E ISOS

- Contamos con el **Sello A** de Calidad de Sedapal.
- Sistema de Gestión de Calidad **ISO 9001**.
- Sistema de Gestión Medioambiental **ISO 14001**.
- Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo **OHSAS 18001**.

SISTEMA PRESIÓN NTP-ISO 1452



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



Diámetro Nominal (mm)	Lt (m)	Lu (m)	e (mm)	D int. (mm)	Peso Neto Aprox (Kg)	Diámetro Nominal (mm)	Lt (m)	Lu (m)	e (mm)	D int. (mm)	Peso Neto Aprox (Kg)
PN 5 (S 20; SDR 41)						PN 7,5 bar (S 13,3; SDR 28)					
63	6,00	5,88	1,60	59,80	2,876	63	6,00	5,88	2,30	58,40	3,898
75	6,00	5,87	1,90	71,20	3,897	75	6,00	5,87	2,80	69,40	5,520
90	6,00	5,86	2,20	85,60	5,458	90	6,00	5,86	3,30	83,40	7,809
110	6,00	5,85	2,70	104,60	8,037	110	6,00	5,85	4,00	102,00	11,576
140	6,00	5,84	3,50	133,00	13,171	140	6,00	5,84	5,10	129,80	18,782
160	6,00	5,83	4,00	152,00	17,226	160	6,00	5,83	5,80	148,40	24,411
200	6,00	5,81	4,90	190,20	26,119	200	6,00	5,81	7,30	185,40	38,391
250	6,00	5,78	6,20	237,60	41,300	250	6,00	5,78	9,10	231,80	59,835
315	6,00	5,76	7,70	299,60	64,654	315	6,00	5,76	11,40	292,20	94,468
355	6,00	5,75	8,70	337,60	82,317	355	6,00	5,75	12,90	329,20	120,448
400	6,00	5,73	9,80	380,40	104,474	400	6,00	5,73	14,50	371,00	152,556
450	6,00	5,70	11,00	428,00	126,602	450	6,00	5,70	16,30	417,40	184,678
500	6,00	5,65	12,30	475,40	163,890	500	6,00	5,65	18,10	463,80	238,005
630	6,00	5,62	15,40	599,20	247,519	630	6,00	5,62	22,80	584,40	361,059

PN 10 bar (S 10; SDR 21)					
63	6,00	5,88	3,00	57,00	5,044
75	6,00	5,87	3,60	67,80	7,059
90	6,00	5,86	4,30	81,40	10,099
110	6,00	5,85	5,30	99,40	15,133
140	6,00	5,84	6,70	126,60	24,356
160	6,00	5,83	7,70	144,60	31,972
200	6,00	5,81	9,60	180,80	49,832
250	6,00	5,78	11,90	226,20	77,257
315	6,00	5,76	15,00	285,00	122,698
355	6,00	5,75	16,90	321,20	155,790
400	6,00	5,73	19,10	361,80	198,346
450	6,00	5,70	21,50	407,00	240,165
500	6,00	5,65	23,90	452,20	299,367
630	6,00	5,62	30,00	570,00	468,659

PN 15 bar (S 6,6; SDR 14,2)					
63	6,00	5,88	4,4	54,2	
75	6,00	5,87	5,3	64,4	
90	6,00	5,86	6,3	77,4	
110	6,00	5,85	7,7	94,6	
140	6,00	5,84	9,8	120,4	
160	6,00	5,83	11,2	137,6	
200	6,00	5,81	14,0	172,0	
250	6,00	5,78	17,5	215,0	
315	6,00	5,76	22,0	271,0	

FACTOR DE SEGURIDAD F=2,5

SE RESERVA TODOS LOS DERECHOS DE AUTOR - NICOLL 7-2018-7002791

Nicoll Perú S.A.

an OAliaxis company

LIMA

Ca. Venancio Ávila 1990, Urb. Chacra Ríos Lima 01
Central Telefónica: (01) 219-4500

HUANCAYO

Calle Real Nro. 1595 Azapampa - Chilca

LURÍN

Carretera Panamericana Sur Km. 31

LAMBAYEQUE

Carretera Panamericana Norte Km. 779

AREQUIPA

Variante de Uchumayo, Km 1.5 - Distrito de Sachaca

www.nicoll.com.pe

ventas@aliaxis-la.com

Síguenos en: Nicoll Perú Oficial

Figura 10. Ficha técnica tubería de PVC - diámetro
Fuente: Nicoll Perú – Ficha técnica, 2021, p.1.

- Velocidad de flujo en tubería de PVC

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000 l}\right)}{\pi * \left(180.80 mm * \frac{1m}{1000 mm}\right)^2} = 2.10 \frac{m}{s}$$

- Perdidas en válvula de compuerta (tubería de acero):

$$h_L = 0.19 * \frac{\left(1.54 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.02 m$$

- Perdidas en válvula de compuerta (tubería de PVC):

$$h_L = 0.19 * \frac{\left(2.10 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.04 m$$

- Perdidas en válvula de retención (tubería de acero):

$$h_L = 2 * \frac{\left(1.54 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.24 m$$

- Perdidas en válvula de retención (tubería de PVC):

$$h_L = 2 * \frac{\left(2.10 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.45 m$$

- Perdidas en Tee (tubería de acero):

$$h_L = 1.80 * \frac{\left(1.54 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.22 m$$

- Perdidas en Tee (tubería de PVC):

$$h_L = 1.80 * \frac{\left(2.10 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.40 m$$

- Perdidas en codo 90° (tubería de acero):

$$h_L = 0.90 * \frac{\left(1.54 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.11 m$$

- Perdidas en codo 90° (tubería de PVC):

$$h_L = 0.90 * \frac{\left(2.10 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.20 m$$

- Perdidas en codo 45° (tubería de acero):

$$h_L = 0.40 * \frac{\left(1.54 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.05 m$$

- Perdidas en codo 45° (tubería de PVC):

$$h_L = 0.40 * \frac{\left(2.10 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.09 m$$

Tabla 18. Perdidas de carga por accesorios – tubería de acero

Accesorio	Cantidad	h_L	Sub total
Válvula compuerta	2	0.02 m	0.04 m
Válvula retención	2	0.24 m	0.48 m
Tee 8"	1	0.22 m	0.22 m
Codo 90° 8"	1	0.11 m	0.11 m
Codo 45° 8"	1	0.05 m	0.05 m
Total			0.90 m

Fuente: elaboración propia

Tabla 19. Perdidas de carga por accesorios – tubería de PVC

Accesorio	Cantidad	h_L	Sub total
Válvula compuerta	2	0.04 m	0.08 m
Válvula retención	2	0.45 m	0.90 m
Tee 8"	1	0.40 m	0.40 m
Codo 90° 8"	1	0.20 m	0.20 m
Codo 45° 8"	1	0.09 m	0.09 m
Total			1.67 m

Fuente: elaboración propia

Finalmente, las pérdidas totales para cada tipo de tubería se reflejan en la tabla 20.

Tabla 20. Pérdidas de carga totales por tipo de tubería

Tubería	Pérdidas en la tubería	Pérdidas por accesorios	Pérdida total
8" Acero viejo	34.28 m	0.90 m	35.18 m
8" Acero nuevo	20.12 m	0.90 m	21.02 m
8" PVC nuevo	28.19 m	1.67 m	29.86 m
8" PVC viejo	32.03 m	1.67 m	33.70 m

Elaboración propia

En relación a las pérdidas de carga, los resultados obtenidos se pueden resumir las siguientes conclusiones:

- Las pérdidas de carga por fricción dependen del diámetro interno de la tubería y del material que la compone, donde a mayor sea el coeficiente C, menor es la pérdida de carga resultante.
- A pesar de que el coeficiente C para las tuberías de PVC es mayor que para las tuberías de acero, esta tiene un diámetro interno menor, por lo que las pérdidas de carga son equiparables en ambos casos. Se obtuvo que, para una tubería en servicio, las pérdidas de carga en la tubería fueron de 34.28 m y 32.03 m para acero y PVC, respectivamente, lo cual no es una diferencia significativa.
- Para tuberías nuevas, las pérdidas de carga fueron de 20.12 m y 28.19 m para acero y PVC, respectivamente, lo cual sí marca una diferencia significativa (figura 11). Tal razón se debe a la pérdida de capacidad por parte de la tubería de acero, la cual pasa de tener un coeficiente $C=120$ a $C=90$, mientras que, para el PVC, la pérdida es relativamente menor, de $C=150$ a $C=140$.

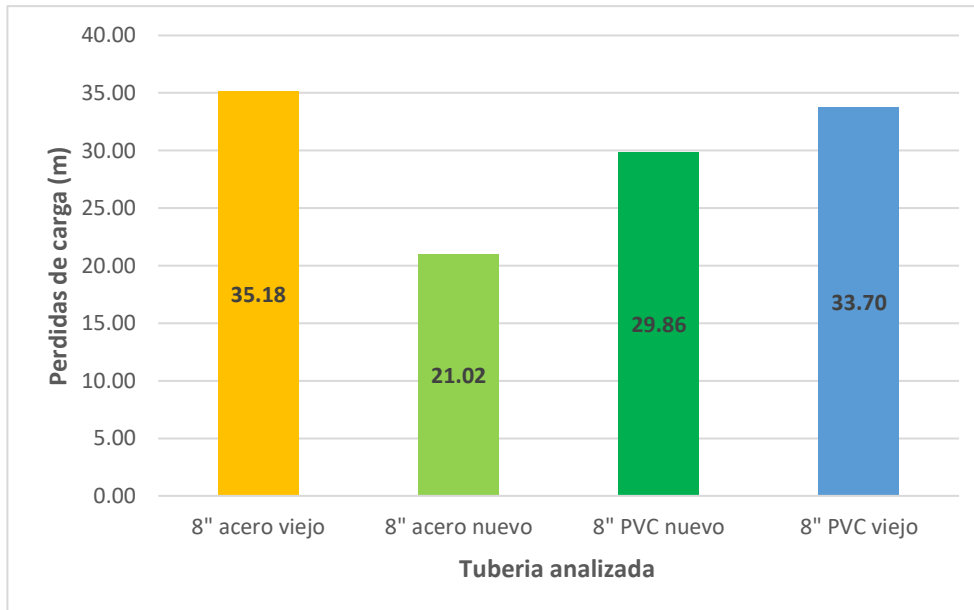


Figura 11. Pérdidas de carga acumulada para las tuberías analizadas
Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, se procede a estimar la potencia de la bomba utilizando la ecuación 5, como se muestra a continuación:

$$HP \text{ bomba} = 1.20 \frac{\gamma * Qb * HDT}{75 * n}$$

$$HDT = h_L + \Delta h + h_{min}$$

Los valores a utilizar en el cálculo representan las condiciones mostradas en la tabla 21, representando la situación actual y posibles escenarios futuros en la tubería.

Tabla 21. Carga dinámica del sistema

Escenario de la tubería	h_L	Altura geométrica	Presión mínima en la salida	HDT
Acero viejo (actual)	35.18 m	7.59 m	2.00 m	44.77 m
Acero nuevo (reemplazo)	21.02 m	7.59 m	2.00 m	30.61 m
PVC nuevo (reemplazo)	29.86 m	7.59 m	2.00 m	39.45 m
PVC viejo (reemplazo en servicio)	33.70 m	7.59 m	2.00 m	43.29 m

Fuente: elaboración propia

- Bomba para situación actual (tubería de acero en servicio):

$$HP = 1.20 \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l} \right) * 44.77 m}{75 * 75\%} = 51.39 HP$$

- Bomba si se reemplaza la tubería actual (acero nuevo):

$$HP (\text{reemplazo acero}) = 1.20 \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l} \right) * 30.61 m}{75 * 75\%} = 34.14 HP$$

- Bomba si se reemplaza la tubería actual (PVC nuevo):

$$HP (\text{reemplazo PVC}) = 1.20 \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l} \right) * 39.45 m}{75 * 75\%} = 45.29 HP$$

- Bomba si se reemplaza la tubería actual (PVC en servicio):

$$HP (\text{PVC en servicio}) = 1.20 \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * \left(53.81 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l} \right) * 43.29 m}{75 * 75\%} = 49.69 HP$$

Estos resultados se presentan en la tabla 22 para una mejor visualización.

Tabla 22. Potencia de la bomba para distintos escenarios

Tubería	HP bomba
8" acero viejo	51.39 HP
8" acero nuevo	35.14 HP
8" PVC nuevo	45.29 HP
8" PVC viejo	49.69 HP

Fuente: elaboración propia

Si bien se obtienen distintos resultados, debemos fijarnos en los requisitos de los equipos cuando las tuberías se encuentran en servicio, pues como se expuso anteriormente, el diseño de la estación de bombeo está prevista para un periodo de diseño de 20 años. Por esta razón, al comparar la potencia requerida por la bomba para tuberías de acero o de PVC en servicio, 51.39 HP versus 49.69 HP, esta diferencia es prácticamente despreciable. De esto se concluye que cambiar la tubería actual por una de PVC no trae consigo ninguna diferencia significativa en el desempeño del sistema.

Se escoge entonces una bomba de potencia aproximada a 50 Hp. Mediante una búsqueda de componentes en diversos fabricantes, se escoge como referencia una bomba sumergible marca "Gorman Rupp", cuya grafica de capacidad se muestra en la figura 12.

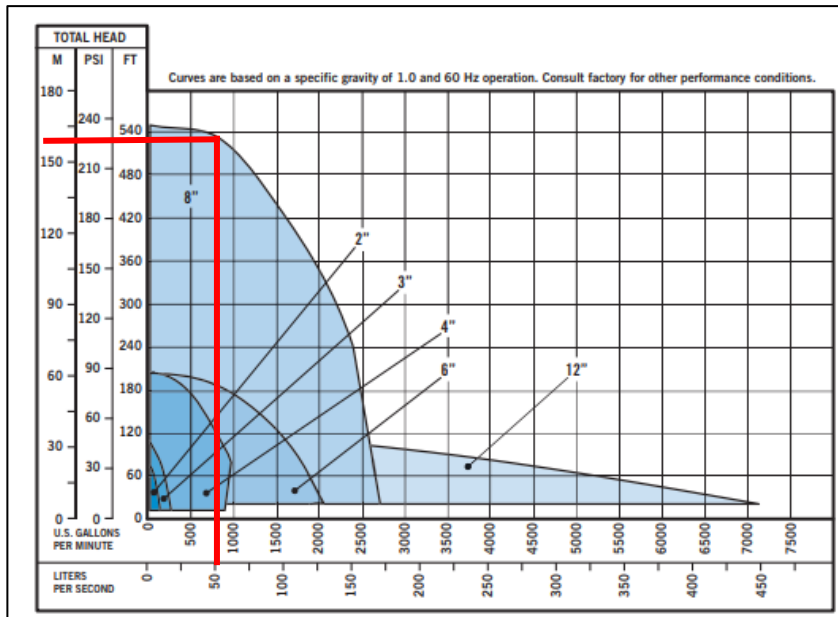


Figura 12. Grafica de desempeño de la bomba

Fuente: Gorman Rupp, 2020, p. 5.

De la figura 12 se puede observar que el modelo de bomba escogido como referencia tiene capacidad suficiente para operar en las condiciones del proyecto, pudiendo bombear los 53.81 l/s hasta una altura de operación mayor a los 150 m de altura dinámica mediante una tubería de 8", muy por encima al caso de estudio, por lo que su capacidad resulta apropiada. Otro fabricante, "Purity", provee la gráfica mostrada en la figura 13, de donde se observa que el equipo "200WQ400-30-55/4" es capaz de bombear el caudal requerido para el caso de estudio.

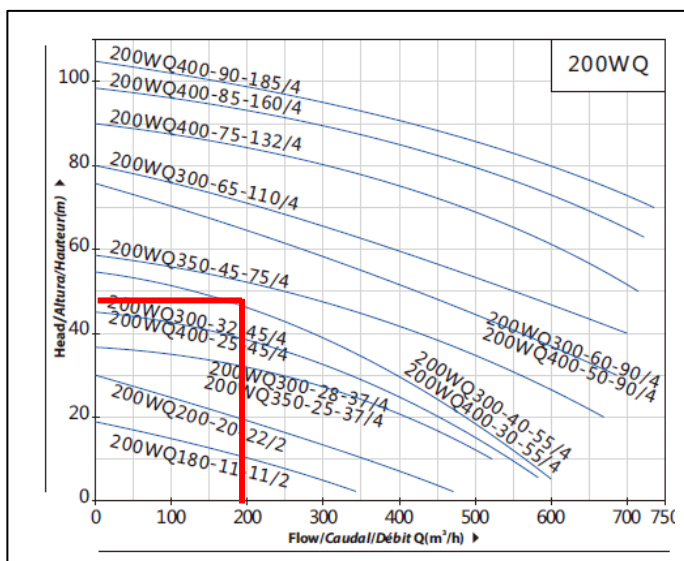


Figura 13. Grafica de desempeño de la bomba (opción 2)

Fuente: Purity, 2020, p. 55.

Seguidamente, se debe verificar que la tubería existente cumpla los requerimientos de sobrepresión del sistema, también conocido como golpe de ariete (Monge, 2017, p. 1). Este representa un aumento súbito de la presión interna cuando se cierra una válvula de control en la línea de la tubería, generalmente, en caso de emergencias (Hibbeler, 2021, p. 31), y que puede causar daños estructurales en la misma (figura 14). El efecto de sobrepresión causado por el golpe de ariete se puede calcular como:

$$\Delta H = \frac{C * V}{g}$$

$$C = \frac{9900}{\left(48.3 + Kc * \frac{D}{e}\right)^{0.5}}$$

$$Kc = \frac{10^{10}}{E}$$

Donde:

ΔH = Presión máxima originada por el golpe de ariete (m)

C = Velocidad de onda (m/s)

V = Velocidad media del fluido (m/s)

g = Aceleración de gravedad (m/s²)

E = Modulo de elasticidad del material de la tubería

D = diámetro (m)

e = espesor de la tubería (m)



Figura 14. Efecto del Golpe de ariete en tuberías

Fuente: CENTER, 2018, p. 7.

Procedemos a calcular el efecto del golpe de ariete para ambos tipos de tubería que pudiera utilizar el sistema estudiado con los datos de la tabla 22.

Tabla 23. Características físicas y mecánicas de las tuberías

Tubería	D. interno	Espesor	Modulo elasticidad	Velocidad de flujo
PVC 8"	180.8 mm	9.60 mm	300,000,000 kg/m ²	2.10 m/s
Acero 8"	210.92 mm	8.18 mm	21,000,000,000 kg/m ²	1.54 m/s

Fuente: Adaptado de Nicoll Perú – Ficha técnica, 2021, p.1; Fiorella Representaciones – Ficha técnica, 2021, p.1, CENTER, 2018, p. 7.

- Para la tubería de PVC:

$$Kc = \frac{10^{10}}{300,000,000 \frac{kg}{m^2}} = 33.33$$

$$C = \frac{9900}{\left(48.3 + 33.33 * \frac{\left(180.80mm * \frac{1m}{1000mm}\right)}{9.50mm * \frac{1m}{1000mm}}\right)^{0.5}} = 380.77 \frac{m}{s}$$

$$\Delta H = \frac{380.77 \frac{m}{s} * 2.10 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 81.51 m$$

- Para la tubería de Acero:

$$Kc = \frac{10^{10}}{21,000,000,000 \frac{kg}{m^2}} = 0.48$$

$$C = \frac{9900}{\left(48.3 + 0.48 * \frac{\left(210.92mm * \frac{1m}{1000mm}\right)}{8.18mm * \frac{1m}{1000mm}}\right)^{0.5}} = 1270.90 \frac{m}{s}$$

$$\Delta H = \frac{1270.90 \frac{m}{s} * 1.54 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 199.52 m$$

Si una presión de 1 metro de columna de agua es equivalente a 0.0098MPa, entonces una presión crítica de 199.52 + 44.77 = 244.29 metros de columna de

agua equivale a 2.40 MPa, muy por debajo de la presión resistente de la tubería de acero (figura 15), por lo que no tendría problemas para operar.

Por su parte, la tubería de PVC presenta una presión de 81.51 metros de columnas de agua, lo que equivale a 7.95 bares de presión. En la figura 10 podemos ver que las tuberías PVC de PN clase 10 (bar) reciben su nombre porque esta es la presión de diseño que pueden soportar hasta 101.97 m.c.a., por lo que para el caso de estudio tenemos una HDT (total) crítica de $43.29\text{m} + 81.51 = 124.8\text{m.c.a.}$ se recomienda usar tubería PVC de PN mayor o igual a clase 12.5 (bar).

Sin embargo, se observa que, para la condición de caudal estudiada, la tubería de PVC se encuentra más próxima a su punto límite de resistencia. Esto constituye una razón adicional para justificar la implementación de tuberías de un material sobre otro.

		Máxima Presión PSI									
Medida Nominal inch (mm)	Cédula	Espesor de pared (mm)	Temperature (°C)								
			-29 +38	205	260	350	370	400	430	450	
			Maximum Allowable Stress (MPa)								
			137.8	137.8	130.2	117.1	115.7	89.6	74.4	59.9	
6" (150)	STD	40	7.11	1530	1530	1440	1294	1279	990	779	663
	XS	80	10.97	2389	2389	2258	2032	2008	1553	1290	1039
		120	14.27	3154	3154	2981	2676	2649	2051	1704	1372
	XXS	160	18.26	4108	4108	3882	3492	3450	2670	2218	1787
8" (200)		20	6.35	1035	1035	978	879	869	673	559	450
		30	7.04	1149	1149	1086	976	965	747	621	500
	STD	40	8.18	1341	1341	1267	1139	1126	871	724	584
		60	10.31	1703	1703	1609	1447	1430	1106	919	740
	XS	80	12.7	2113	2113	1997	1797	1775	1374	1141	919
		100	15.09	2531	2531	2391	2151	2126	1645	1367	1101
8" (200)		120	18.26	3096	3096	2926	2632	2601	2013	1672	1347
		140	20.62	3526	3526	3332	2996	2961	2291	1904	1533
	XXS		22.23	3819	3819	3608	3247	3209	2482	2063	1662
		160	23.01	3965	3965	3747	3371	3331	2577	2141	1725

Figura 15. Ficha técnica tubería – presión de trabajo

Fuente: Fiorella Representaciones – Ficha técnica, 2021, p.2.

Adicionalmente, en cuanto a la fase de operación de la estación de bombeo de aguas residuales, se debe añadir una reja que permita interceptar los sólidos gruesos presentes en las aguas servidas, que según su tamaño podrían afectar el funcionamiento de las bombas. Comúnmente se fabrican con secciones tipo barras de acero. Para el presente proyecto se asumen las dimensiones de la tabla 24.

Tabla 24. Diseño de rejillas de limpieza manual

Parámetro	Valor
Ancho de la rejilla de entrada (b)	0.5 m
Alto de la rejilla de entrada (h)	0.5 m
Espesor de las barras (e)	1 Pulg
Separación entre las barras (s)	1 Pulg
Numero de barras $(b-s)/(e+s)$	10
Inclinación	45°

Fuente: Elaboración propia

Con la información de la tabla 24 puede verse un esquema de las rejillas de limpieza en la figura 11.

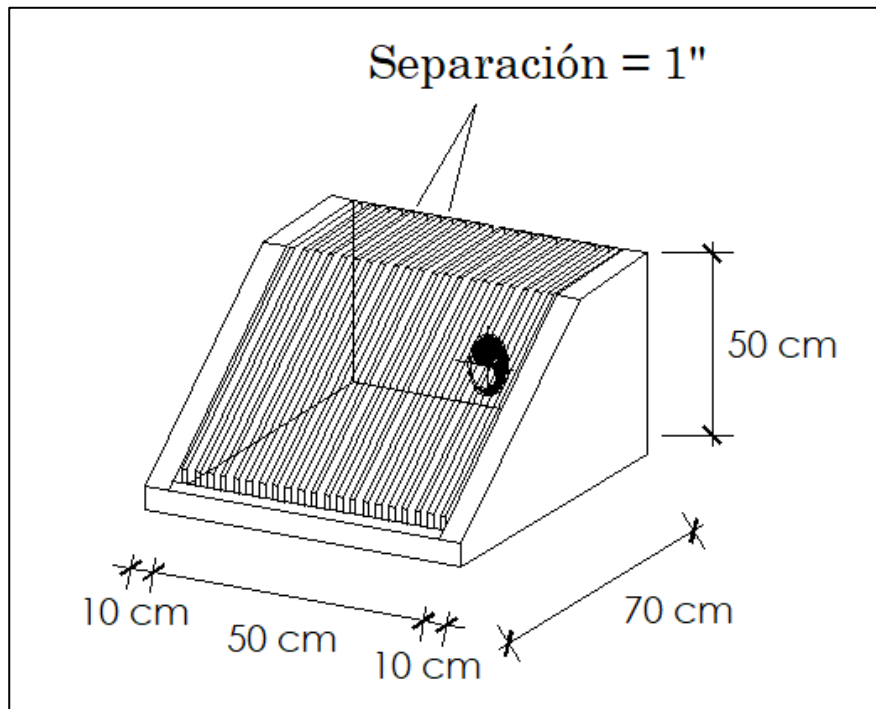


Figura 16. Esquema de la rejilla de limpieza

Fuente: Elaboración propia

4.3. Costo de implementación

La implementación de la solución escogida conlleva, además de los equipos de bombeo y accesorios hidráulicos, la rehabilitación de la caseta de bombeo, la cual actualmente se encuentra en un estado de deterioro significativo, por lo que se amerita una reconstrucción, debido a que, como se ha mencionado en la

descripción de la problemática, se ha producido el rebose de las instalaciones al verse superada la capacidad, cuyo desbordamiento ocasiona aniegos de aguas residuales, generando focos de contaminación con virus y bacterias, así como afecciones respiratorias y el afloramiento de olores putrefactos. En este sentido se realiza una estimación del costo de implementación de la solución propuesta, cuyo resumen se visualiza en la tabla 17. El desglose total se muestra en el anexo 4.

Tabla 17. Resumen del presupuesto

Ítem	Descripción	Parcial (s/)
01	Trabajos provisionales	21,572.29
02	Trabajos preliminares	69,633.08
03	Seguridad y salud laboral	19,129.95
04	Cámara húmeda y cámara de recepción	145,515.19
05	Caseta de bombeo	95,103.92
06	Caseta de guardianía y servicio higiénico	55,799.35
07	Cerco perimétrico	173,466.61
08	Equipamiento hidráulico y eléctrico	793,253.36
09	Tratamiento de aguas residuales	45,999.70
10	Línea de impulsión provisional	12,496.77
11	Mitigación ambiental	65,673.30
12	Canal revestido	49,569.53
13	Cámara de rejas	7,864.76
14	Prevención del covid-19	35,698.28
	Total	1,590,776.09

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

- La cámara de bombeo de la estación Galagarza se ocupa de recibir las aguas residuales del distrito de San José de los Molinos, y en este sentido, su funcionamiento es de vital importancia para el saneamiento adecuado de las aguas residuales. El diseño hidráulico ha tomado como parámetros determinantes los tiempos mínimos y máximos de retención, lo cual condiciona el volumen útil de la cámara de bombeo, además de regular el flujo de las aguas residuales a fin de minimizar la formación de sedimentos y malos olores. Se tiene que tal funcionamiento depende de la población total beneficiaria, por lo que se hizo necesario una proyección de la población futura mediante diferentes métodos de proyección, lo cual fue coincidente a la investigación realizada por Totocayo (2021), quien, de igual manera utilizó como referencia las disposiciones del Reglamento de Nacional de Edificaciones en cuanto a las dotaciones y coeficientes de variación de caudal.
- Las investigaciones realizadas por Tian et al. (2018) y Rinas et al. (2019) coinciden en que la variación de los parámetros hidráulicos de los sistemas de aguas servidas influye en los costos totales de implementación, donde, además, el ciclo de bombeo juega un factor importante. Dado que en la presente investigación se planteó un funcionamiento tipo arranque – parada – arranque, se estima que el costo asociado al consumo eléctrico es menor que el de una estación de bombeo continuo, como apuntan los autores mencionados. Así mismo, en cuanto a la investigación realizada por Navarro (2017), se tiene que un elemento importante a incorporar en el diseño de la cámara es la rejilla de limpieza, la cual permite disminuir la presencia de sólidos de gran tamaño que incidan en el funcionamiento de las bombas, pudiendo mitigar el costo de reparaciones por mal funcionamiento.
- Por su parte, en contraste a la investigación de Campos (2014), las condiciones actuales del sistema sanitario implican la existencia de la tubería de impulsión final de la cámara, por lo respecto a este parámetro, no fue posible discutir una optimización. Si bien, se tiene que este realizó un diseño para una población de 3,252 habitantes, obteniendo un caudal de 10,56 l/s

y un costo de 1,036,350.94 soles, mientras que en la presente investigación se tiene 9,373 habitantes con un caudal de 16.27 l/s y 1,590,776.09 soles, a lo que se observa que no hay una relación lineal entre la población beneficiaria y los costos de implementación, siendo cada caso de estudio una situación particular.

VI. CONCLUSIONES

- Para obtener la proyección de la población beneficiaria se hizo necesario modelar distintos casos de crecimiento, donde el modelo geométrico resultó en el caso más desfavorable, con una población estimada de 9,369 habitantes para el año 2041, la cual utilizaría una dotación de 150 l/hab/día, resultando en un caudal medio de 16.27 l/s. Dicho caudal se ve afectado por los coeficientes de variación diaria, por lo cual, el caudal máximo de diseño fue de 40.68 l/s y un caudal mínimo de 8.14 l/s.
- En cuanto al análisis y diseño hidráulico de la cámara de bombeo, las variaciones del consumo diario proporcionan una variación de caudal de entrada, el cual debe ser compensado por el caudal de bombeo. Si bien las normas sanitarias del RNE especifican un coeficiente de retorno del 80% del consumo de agua potable como caudal de aguas servidas, se ha analizado simultáneamente un escenario con el 100% del caudal, a fin de simular un caso crítico que involucre la intromisión de aguas de lluvia o infiltraciones en la tubería por conexiones erradas. Los resultados indican que no existen diferencias significantes entre ambos casos estudiados, por lo que, sopesando las ventajas y considerando que existe evidencia de la incapacidad de la estación de bombeo actual, se ha optado por trabajar con el 100% del caudal, de manera que la estación pueda estar en capacidad de manejar condiciones de operación críticas.
- El análisis realizado establece además los tiempos de retención mínimos y máximos permitidos, con fin de minimizar el asentamiento de sólidos dentro de la cámara de bombeo. Con todos estos parámetros, se hizo una estimación del volumen útil que debe tener la cámara, a partir de la ecuación cuadrática de diseño, en la cual se escogió el valor menor de las dos raíces obtenidas, a fin de minimizar en lo posible el tamaño final de la cámara. Se pudo establecer que el empleo de volúmenes mayores en la cámara de bombeo conlleva el uso de caudales de bombeo mayores, lo cual resulta antieconómico por la demanda de equipos más potentes o de un mayor número de equipos funcionando al mismo tiempo. Por esta razón, la

evidencia demuestra que es más eficiente mantener los volúmenes al mínimo.

- Se tiene que la cota de ubicación final depende también de la cota de llegada de la tubería a la estación de bombeo. Todos estos factores deben tomarse en cuenta a la hora de precisar el diseño final de la cámara. Se discutió sobre la forma de la sección que debe adquirir la cámara de bombeo, encontrando que un diseño circular es más eficiente que una sección cuadrada o rectangular.
- El resultado arrojó que se hace necesario una bomba sumergible de 50 Hp aproximadamente, llegando a discutir sobre el número de arranques. En este sentido, la evidencia apoya la implementación de la bomba de reserva mediante el uso de un conmutador, de manera que ambas bombas trabajen de manera alternada. De esta manera, se puede reducir el número de arranques en una hora a fin de cumplir con las recomendaciones del fabricante, pues esta medida índice en los costos de mantenimiento y vida útil del equipo. Se hizo una comparación con modelos comerciales, donde se verifica que bombas afines al diseño cuentan con la capacidad necesaria para impulsar el caudal de bombeo a través la tubería, tomando como referencia además la altura dinámica total a vencer.
- Se discutió además, sobre sobre el tipo de tuberías a emplear en la línea de impulsión de las aguas residuales hasta su lugar final de deposición, encontrando que para tuberías de acero o PVC, bajo las condiciones de diseño del caso de estudio (caudal de agua), no existen diferencias representativas en el uso de alguna de ellas. Habiendo verificado el fenómeno de golpe de ariete se encontró que ambas están en capacidad de soportar las condiciones de operación planteadas de acuerdo a su presión nominal. Así mismo, en función de su antigüedad y el efecto que esto produce en la rugosidad y las pérdidas de presión por fricción, se encontró que el panorama actual con una tubería de acero en servicio con rugosidad disminuida ofrece un comportamiento similar al de una tubería de PVC, esto por las diferencias de diámetro interno de la tubería. En este sentido, se concluye que sustituir la tubería actual en un corto plazo solo incrementaría

los costos de implementación pues no se obtienen mayores ventajas para el funcionamiento de la estación de bombeo.

- Los costos de implementación incluyeron el reacondicionamiento de la estación de bombeo, la cual actualmente se encuentra en un estado avanzado de deterioro y cuya capacidad ha mermado, por lo que suceden anegaciones de las aguas servidas en la superficie. Para tal fin, el costo de implementación de la solución escogida se estima en 1,590,776.09 soles.

VII. RECOMENDACIONES

- A la hora de realizar el diseño hidráulico del sistema se emplean valores de referencia contenidos en los códigos de diseño que regulan la materia. Sin embargo, estos valores son referenciales. En este sentido, se recomienda que en un futuro se haga una verificación del estado de funcionamiento real de la estación de bombeo versus las condiciones reales del consumo de agua por parte de la población, considerando que dicho servicio se ha proyectado para un horizonte de diseño de 20 años.
- Aunado a lo anterior, los cálculos realizados para determinar las pérdidas de carga en el sistema se basan en la variación que experimentan los coeficientes de rugosidad de las tuberías con el paso del tiempo. Siendo este un factor primordial para realizar los cálculos del funcionamiento hidráulico del sistema, se sugiere realizar investigaciones que arrojen nuevos datos sobre este panorama que permitan determinar de manera más acertada los posibles cambios de operación en el tiempo.
- Se tiene que antes de la entrada a la cámara de bombeo se prevé la colocación de una rejilla de limpieza, a lo cual se acumulará de manera progresiva una cantidad de desechos de materia orgánica. En vista de ello, se recomienda la realización de investigaciones que tomen como referencia el aprovechamiento de dichos desperdicios, lo cuales, por su naturaleza de origen, pudiesen ser reutilizados con fines de compostaje para la obtención de materias con uso agrícola.

REFERENCIAS

- AGUA (1 de octubre de 2018). Organización de Naciones Unidas. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021] Disponible en: <https://www.un.org/es/global-issues/water>.
- ANÁLISIS de situación de salud del Perú [en línea]. Ministerio de Salud. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.dge.gob.pe/portal/docs/asis/Asis_peru19.pdf
- BERGEL, Tomasz, SZELAĞ, Bartosz y WOYCIECHOWSKA, Olga. Influence of a season on hourly and daily variations in water demand patterns in a rural water supply line – case study. *Journal of Water and Land Development* [en línea]. 2017, 54, p. 59-64. [Fecha de consulta: 5 de octubre] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320846543_Influence_of_a_season_on_hourly_and_daily_variations_in_water_demand_patterns_in_a_rural_water_supply_line_-_Case_study
- BOELEEE, Eline, y otros. Water and health: From environmental pressures to integrated responses. *Acta Tropica* [en línea] Vol. 193, p. 217-226. [Fecha de consulta: 5 de octubre] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X18300883>
- BOTTA, Nestor. Longitud equivalente. [En línea] 18 de mayo de 2018. Fecha de consulta: 9 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.redproteger.com.ar/long_equivalente.htm
- CABEZAS, César. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* [En línea]. Abril 2018, Vol 35, No 2. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200020
- CAMPOS, Alex. Diseño de un sistema de bombeo para el aprovechamiento de aguas servidas tratadas con fines de riego, cultivo de Tara (*Caesalpinia spinosa*). Ayacucho – 2760 msnm. Tesis (Ingeniero civil). Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2014. Disponible en <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2012>

- CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. 1a ed. Lima: Editorial San Marcos, 2017. 474 pp. ISBN: 99721342425
- CIMORELLI Luigi y otros. Optimal regulation of pumping station in water distribution networks using constant and variable speed pumps: a technical and economical comparison. *Energies* [en línea] 26 de febrero de 2020, Vol 13. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/10/2530>
- CURVA característica de una bomba centrífuga [en línea]. Nuevo, David. 16 de febrero de 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.tecpa.es/curva-caracteristica-de-una-bomba-hidraulica/>
- ENFERMEDADES causadas por aguas contaminadas [en línea]. Novillo, Cristina. 15 de noviembre de 2019. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/enfermedades-causadas-por-aguas-contaminadas-2342.html>
- ESTACIONES de bombeo - Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades [en línea]. Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. México. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_13._estaciones_de_bombeo.pdf
- GUILLEN, Misael y ROJAS, Alex. Análisis del comportamiento dinámico del agua en tanques apoyados rectangulares y cilíndricos bajo acción sísmica. Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622103>
- GOLPE de ariete por cierre de válvula [En línea]. 31 de enero de 2017. Monge, Miguel [Fecha de consulta: 8 de octubre de 2021] Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/golpe-ariete-cierre-valvula>
- GONZÁLEZ, Esteban y BEJARANO, Esteban. Geographic information systems and hydraulic modeling of potable water supply networks: case studies in the province of Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central* [en línea]. 17 de junio de 2019, Vol. 2 n° 63. [Fecha de consulta: 5 de octubre

- de 2021]. Disponible en:
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/12004>
- GORMAN-RUPP. S Series Submersible, Dewatering Pumps. Mansfield: Gorman-Rupp Pumps, 2020. [Fecha de consulta: 9 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://assets.grpumps.com/documents/literature/AV-02268.pdf>
- GUÍA de Diseños Estandarizados para infraestructura Sanitaria Menor en Proyectos de Saneamiento en el ámbito Urbano [en línea]. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en:
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/287113/RM_-_013-2019-VIVIENDA.pdf
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. Sexta edición. México: McGraw-Hill, 2014. 600 pp. ISBN 9781456223960
- HIBBELER, R. Fluid Mechanics. Segunda edición. Londres: Pearson Education Limited, 2021. 923 pp. ISBN 13: 978-1-292-24739-7
- INDUSTRY Pumps. Catalogo general 2020 [en línea]. Purity. 2020. [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022]. Disponible en:
https://sam.cnpurity.com/clkn/https/www.linkjoint.cn/uploads/7_PURITY_50_HZ_PUMP_CATALOG_202003-2.pdf?gclid=Cj0KCQiA95aRBhCsARIsAC2xvfwmqcefusf72VXwIFV62LB8du3AaLI4CgHdn_4kcmb_4VjfnzHDddYaAng_EALw_wcB
- INFRAESTRUCTURA de saneamiento dañada por Niño costero demanda invertir S/ 2,041 millones. [En línea]. Agencia Peruana de Noticias. Perú. 12 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021] Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-infraestructura-saneamiento-danada-nino-costero-demanda-invertir-s-2041-millones-681783.aspx>.
- INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. 2018. Perú - Resultados definitivos [en línea] Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1544/00TOMO_01.pdf

- LA Reconstrucción con Cambios: a un año de El Niño Costero [en línea] Tenorio, Federico. 15 de febrero de 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://intercambio.pe/la-reconstruccion-cambios-ano-nino-costero/?print=print>
- MANUAL del usuario – Instalación, operación y mantenimiento [en línea]. Hidrostal, 2017 [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2022]. Disponible en: [http://www.hidrostal.com.pe/pdf/manuales/L3/MANUAL%20LINEA-3%2018%20BOMBA%20HELICOIDAL%20SUMERGIBLE%20E%20INMERSIBLE%20\(03-2015\).pdf](http://www.hidrostal.com.pe/pdf/manuales/L3/MANUAL%20LINEA-3%2018%20BOMBA%20HELICOIDAL%20SUMERGIBLE%20E%20INMERSIBLE%20(03-2015).pdf)
- MAPA Climático del Perú [en línea]. Ministerio del Ambiente [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?dp=lima&p=mapa-climatico-del-peru>
- NAVARRO, Ricardo. Mejora del funcionamiento de la cámara de bombeo de aguas servidas mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a la estación San Martín- EPS Grau Piura. Tesis (Ingeniero industrial). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26544>
- ORIHUELA, Jim y SANCHEZ, Natividad. Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones. Revista Ingenium [en línea] 2016, vol 1, 2. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://journals.continental.edu.pe/index.php/ingenium/article/view/440>
- OS.070 Redes de aguas residuales [en línea]. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2021]. Disponible en https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf
- OS.080 Estaciones de bombeo de aguas residuales [en línea]. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2021]. Disponible en https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf
- OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura Sanitaria [en línea]. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2021]. Disponible en

https://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf

- PALLARÉS, A. 2018. Optimización de la instalación de bombeo de Parque de Polvoranca. Tesis (Ingeniero Mecánico). Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2018. Disponible en <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/28492>
- PARRA, Enrique; GORDILLO, Wilson y PINZON, Wilson J. Modelos de Crecimiento Poblacional: Enseñanza-Aprendizaje desde las Ecuaciones Recursivas. Formación Universitaria [en línea]. 2019, vol.12, n.1, pp.25-34. ISSN: 0718-5006. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062019000100025
- PROGRESS on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene (12 de julio de 2021). Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://washdata.org/sites/default/files/2021-07/jmp-2021-wash-households.pdf>
- PUMPING Stations [En línea] Stauffer, Beat y Spuhler, Dorothee (14 de mayo de 2019). [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://sswm.info/sswm-university-course/module-2-centralised-and-decentralised-systems-water-and-sanitation-1/pumping-stations>
- PUMP System Optimization: The Key to Improving Plant Reliability [en línea] Patterson, Gary (24 de agosto de 2018). Disponible en <https://www.machinerylubrication.com/Read/31267/pump-system-optimization>
- RINAS, Martin, TRÄNCKNER, Jens y KOEGST, Thilo. Sedimentation of Raw Sewage: Investigations For a Pumping Station in Northern Germany under Energy-Efficient Pump Control. Water [en línea]. Vol 11, 2019. Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/40>
- RODRÍGUEZ, Juan, GARCÍA, César y GARCÍA, Juan. Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. Revista de Salud Pública [en línea]. Mayo 2016, Vol. 18. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en <https://scielosp.org/pdf/rsap/2016.v18n5/738-745/es#:~:text=En%20relaci%C3%B3n%20con%20la%20incidencia,Nacion>

al%20de%20Salud%20de%20Colombia%2C%20(.
10.15446/rsap.v18n5.54869

DOI:

- SISTEMAS Hidráulicos [en línea] Reyes, Álvaro (21 de agosto de 2018). [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://steemit.com/steemstem/@reyito/sistemas-hidraulicos-aplicacion-de-la-formula-de-hazen-williams-para-cuantificar-las-perdidas-de-carga-por-longitud-en-una>
- SORRELL, David. Sanitary sewer pump station design requirements and standard specifications [en línea] enero 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.como.gov/wp-content/uploads/sites/20/2016/09/Sanitary-Sewer-Pump-Station-Design-Requirements-and-Standard-Specifications-with-Details.pdf>
- STRATEGIES for Successful Pump System Optimization [en línea] Ruff, Jordan. 08 de junio de 2019. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.pumpsandsystems.com/3-strategies-successful-pump-system-optimization>
- TAMAYO, Ignacio, DE LA ROSA, Alain y ZAMORA, Yusimit. *Performance of the Centrifugal Pump of Double Suction using the Computational Fluid Dynamics Method*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea]. 2021, Vol. 30, 5. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93267412005>
- TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación Científica. México: Editorial Limusa S.A., 2003. 435 pp. ISBN 9681858727
- TANQUE de almacenamiento [en línea]. Pérez, Luis. 2 de diciembre de 2018 [Fecha de consulta el: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>
- TIAN, Jiandong, CHENG, Jilin y GONG, Yi. Optimization of municipal pressure pumping station layout and sewage pipe network design. Engineering Optimization [en línea]. Vol 50 n° 3, 2018, [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/0305215X.2017.1327580>

- TOTOCAYO, Elmer. Análisis y diseño, de la cámara de bombeo para la evacuación de las aguas residuales, residencial Perlas del Altiplano Juliaca - 2021. Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60437>
- TUBOS ASTM A53 [en línea]. Fiorella Representaciones. 2021 [Fecha de consulta el: 5 de octubre de 2021] Disponible en: <https://www.fiorellarepre.com.pe/FichaTecnica/804610.pdf>.
- TUBOS PVC-U [en línea]. Nicoll Perú. 2021 [Fecha de consulta el: 28 de febrero de 2022] Disponible en: <https://www.nicoll.com.pe/ftecnica/sistema-presion-ntp-1452.pdf>
- TUBERIAS de PVC-O [en línea] Centro Nacional de Tecnologías de Regadíos [CENTER]. 11 de Abril de 2018. [Fecha de consulta el: 28 de febrero de 2022] Disponible en: https://www.mapa.gob.es/images/es/pvc_o_tcm30-446549.pdf
- UNICEF. 2019. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene, 2000-2017. Unicef. [En línea] 21 de junio de 2019. [Fecha de consulta el: 5 de octubre de 2021.] Disponible en: <https://data.unicef.org/resources/progress-drinking-water-sanitation-hygiene-2019/>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable independiente:</p> <p>Análisis Hidráulico</p>	<p>Se refiere a la implementación de un método numérico para caracterizar el comportamiento de una red hidráulica y sus componentes (Totocayo, 2021)</p>	<p>El comportamiento hidráulico de una red de drenaje y sus componentes se basa en la conjugación de los elementos que utilizan la red y los factores históricos, socioeconómicos y la tendencia de desarrollo que pudieran tener (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006b)</p>	<p>Parámetros de diseño hidráulico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Periodo de diseño • Población beneficiaria • Dotación • Caudal de diseño 	<p>De razón</p>
<p>Variable dependiente:</p> <p>Rediseño de la cámara de bombeo</p>	<p>La estación o cámara de bombeo es la estructura encargada de impulsar las aguas residuales hasta su lugar de disposición final (Campos, 2014).</p>	<p>Los elementos principales de una estación de bombeo son la cámara de retención y los equipos de impulsión, cuyas características dependen del caudal de aguas residuales a desalojar (Campos, 2014)</p>	<p>Dimensiones y funcionamiento del sistema</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de la cámara de bombeo • Tiempo de retención • Tipo y cantidad de bombas • Secuencias de operación de las bombas 	<p>De razón</p>

Anexo 2

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología de la investigación
<p>Problema General: ¿Cuál es el análisis hidráulico para el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza, Ica – 2021?</p>	<p>Objetivo general: Realizar el análisis hidráulico para el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza, Ica – 2021</p>	Análisis Hidráulico	Parámetros de diseño hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Periodo de diseño • Población beneficiaria • Dotación • Caudal de diseño 	<p>Enfoque de la investigación: Cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de la investigación: Descriptiva</p> <p>Diseño: No experimental</p> <p>Técnicas: Revisión documental</p> <p>Instrumento: Ficha de recolección de datos</p>
<p>Problema específico 1: ¿Qué parámetros hidráulicos son necesarios para realizar el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza?</p>	<p>Objetivo específico 1: Determinar los parámetros hidráulicos necesarios para realizar el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza</p>				
<p>Problema específico 2: ¿Qué elementos conforman el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza?</p>	<p>Objetivo específico 2: Establecer los elementos que conforman el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza</p>		Dimensiones y funcionamiento del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de la cámara de bombeo • Tiempo de retención • Tipo y cantidad de bombas • Secuencias de operación de las bombas 	
<p>Problema específico 3: ¿Cuál es el costo asociado a la implementación del rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza?</p>	<p>Objetivo específico 3: Estimar el costo asociado a la implementación del rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza</p>				

Anexo 3

Ficha de recolección de datos

ANÁLISIS HIDRÁULICO PARA EL REDISEÑO DE LA CÁMARA DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GALAGARZA, ICA – 2021		
Ficha de recolección de datos		
Parámetro	Unidad	Valor
Periodo de diseño	Años	20
Población actual	Habitantes	6,987
Población futura	Habitantes	9,369
Tasa de crecimiento	Tasa geométrica	1.23%
Dotación	l/hab/día	150
Caudal medio	l/s	16.27
Coefficiente de variación de caudal k2	-	2.5
Coefficiente de variación de caudal k3	-	0.5
Caudal máximo horario	l/s	40.68
Caudal mínimo horario	l/s	8.14
Volumen de la cámara de retención	m ³	8.86
Tiempo de retención	Minutos	7 minutos / 30 minutos
Características de la bomba	Hp	50 Hp

Anexo 4

Panel fotográfico de las Localidades del Distrito San José de los Molinos.



Figura 17. C.P. Trapiche.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. C.P. Trapiche.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 19. *C.P. Hogar de Cristo.*

Fuente: Elaboración propia



Figura 20. *San Jose de los Molinos.*

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. *Cercado San José de los Molinos.*

Fuente: Elaboración propia



Figura 22. *Localidad de Cerrillos*

Fuente: Elaboración propia



Figura 23. *C.P. Galagarza*

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. *C.P. Chavalina*

Fuente: Elaboración propia



Figura 25. *C.P. Pampa de la Isla*

Fuente: Elaboración propia

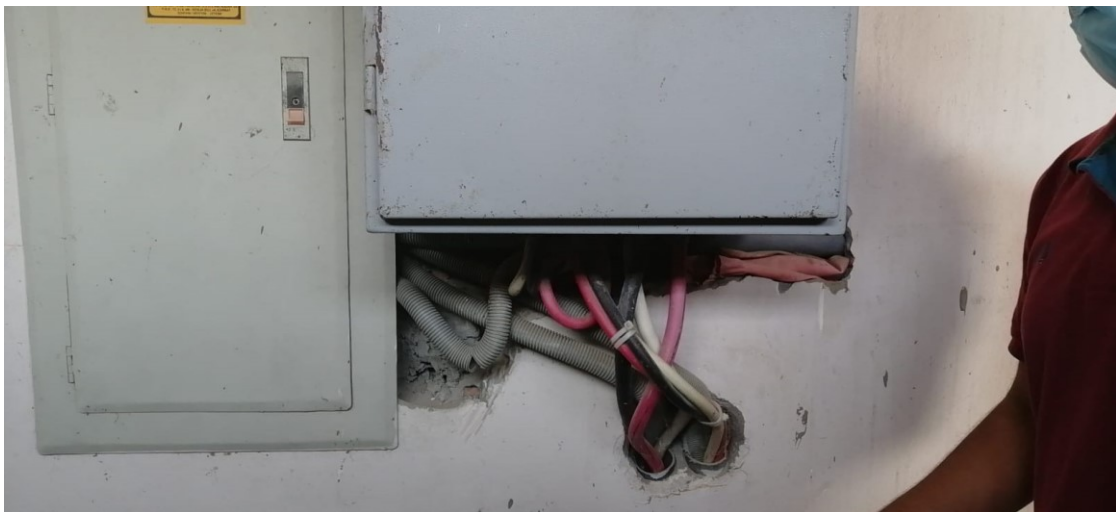


Figura 26. *Tuberías eléctricas expuestas*

Fuente: Elaboración propia



Figura 27. *Muros agrietados*

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. *Sistema de Limpieza Inadecuada*

Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Línea de Impulsión sustituida por mangueras

Fuente: Elaboración propia



Figura 30. *Canal natural sin revestimiento*

Fuente: Elaboración propia



Figura 31. *Cerco perimétrico inclinado*

Fuente: Elaboración propia



Figura 32. *Accesorios de línea de impulsión en mal estado*

Fuente: Elaboración propia



Figura 33. *Grupo electrógeno obsoleto*

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5

Solicitud de datos para el proyecto "Análisis Hidráulico para el Rediseño de la Cámara de Bombeo de Aguas Residuales del Sector Galagarza, Ica – 2021"

CARGO

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

SOLICITO: Estudio topográfico de la obra Estación de Bombeo del sector de Galagarza, San José de los Molinos.

SEÑOR: Luis Emilio Ramos Mendoza
Alcalde del Distrito San José de los Molinos

MUNIC. CALIDAD DISTRICTAL San José de los Molinos MESA DE PARTES 22 FEB 2022 HORA: 13:04 pr Exp. N° 548

Yo: Garrido Ccencho Luis Eduardo, identificado con DNI N° 70302638 , con domicilio en la CC.PP. el Rosedal B-19, Parcona. Egresado de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ante usted con el debido respeto me presento y expongo.

Que, deseando realizar el proyecto de investigación "Tesis" como parte de mi formación académica para optar el grado de titulación, se me es indispensable obtener el estudio topográfico de la Caseta de Bombeo de Aguas Residuales ubicada en el sector de Galagarza para la realización de mi trabajo de investigación planteado, es por esta razón que recorro a su despacho para solicitar su autorización de este documento.

Sin nada más que agregar me despido esperando con ahínco su aceptación de mi solicitud por ser de suma necesidad.

Ica, 22 de febrero de 2022



Luis Eduardo Garrido Ccencho

DNI: 70302638

Anexo 6

Respuesta de datos para el proyecto "Análisis Hidráulico para el Rediseño de la Cámara de Bombeo de Aguas Residuales del Sector Galagarza, Ica – 2021"



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE
SAN JOSE DE LOS MOLINOS - ICA**

Cuna de la Heroína Catalina Buendía de Pecho
CREADO EL 14 DE NOVIEMBRE DEL AÑO 1876



"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

ICA, 14 DE MARZO DEL 2022

CARTA N°031 – 2022- RDMA-GODU-MDSJM

A : Sr. GARRIDO CCENCHO LUIS EDUARDO, con DNI N°70302638 Domiciliado en el P.J. EL ROSEDAL B-19

ASUNTO : LO QUE INDICA

REFERENCIA : EXP. N°548

Es grato dirigirme a Ud. para hacerle llegar un cordial saludo, y a su vez informarle, que la GERENCIA DESARROLLO URBANO, de la Municipalidad distrital de San José de los Molinos, tiene a bien comunicarle que el Sr. GARRIDO CCENCHO LUIS EDUARDO con domicilio en P.J. EL ROSEDAL B-19, viene solicitando la validación de su proyecto de tesis, información referente "Análisis Hidráulico para el Rediseño de la Cámara de Bombeo de Aguas Residuales del Sector Galagarza, Ica – 2021", corresponde al expediente técnico del proyecto ejecutado en el C.P. GALAGARZA.

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE "SAN JOSE DE LOS MOLINOS"
DISTRITO SAN JOSE DE LOS MOLINOS - ICA
LITON HAYO MIRANDA ARONES
GERENTE DE DESARROLLO URBANO

Anexo 7

Autorización para la elección del proyecto de investigación de Ingeniería Civil.

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”.

Ica, 28 de enero de 2022

CARTA N. 001-2021/UCV-ATE/DG

Señor
CORONEL PNP. José Luis Alarcón Camacho
Gerente General
FONDO DE VIVIENDA POLICIAL
Jr. Chira 490 Rímac
Lima. -

Asunto: Autorizar para la ejecución del Proyecto de Investigación de Ingeniería Civil

De mi mayor consideración:

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente en nombre de la Universidad Cesar Vallejo Filial Ate y en el mío propio, deseándole la continuidad y éxitos en la gestión que viene desempeñando.

A su vez, la presente tiene como objetivo solicitar su autorización, a fin de que los Bach. Luis Eduardo Garrido CCencho y Bach. Fiorella Nathali Huamán Antonio del Programa de Titulación para universidades no licenciadas, Taller de Elaboración de Tesis de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, pueda ejecutar su investigación titulada: "Análisis Hidráulico para el Rediseño de la Cámara de Bombeo de Aguas Residuales del Sector Galagarza, Ica – 2021", en la institución que pertenece a su digna Dirección; agradeceré se le brinden las facilidades correspondientes.

Sin otro particular, me despido de Usted, no sin antes expresar los sentimientos de mi especial consideración personal.

Atentamente,

cc: Archivo PTUN

Anexo 8

Autorización para la toma de encuestas para la ejecución de proyecto de Investigación de Ingeniería Civil

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”.

Ica, 28 de enero de 2022

CARTA N. 002-2021/UCV-ATE/DG

Señor
CORONEL PNP. José Luis Alarcón Camacho
Gerente General
FONDO DE VIVIENDA POLICIAL
Jr. Chira 490 Rímac
Lima. -

Asunto: Autorizar la toma de encuestas para la ejecución del Proyecto de Investigación de Ingeniería Civil

De mi mayor consideración:

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente en nombre de la Universidad Cesar Vallejo Filial Ate y en el mío propio, desearle la continuidad y éxitos en la gestión que viene desempeñando.

A su vez, la presente tiene como objetivo solicitar su autorización, a fin de que los Bach. Luis Eduardo Garrido CCencho y Bach. Fiorella Nathali Huamán Antonio del Programa de Titulación para universidades no licenciadas, Taller de Elaboración de Tesis de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, pueda ejecutar su investigación titulada: "Análisis Hidráulico para el Rediseño de la Cámara de Bombeo de Aguas Residuales del Sector Galagarza, Ica – 2021", en la institución que pertenece a su digna Dirección; agradeceré se le brinden las facilidades correspondientes.

Sin otro particular, me despido de Usted, no sin antes expresar los sentimientos de mi especial consideración personal.

Atentamente,

cc: Archivo PTUN.