



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE
BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE
PUNO 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LUIS ALBERTO CONDORI MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2

AUTOR

LUIS ALBERTO CONDORI MAMANI

RECuento de palabras

37944 Words

RECuento de caracteres

183864 Characters

RECuento de páginas

169 Pages

Tamaño del archivo

2.5MB

Fecha de entrega

Sep 18, 2024 11:00 AM GMT-5

Fecha del informe

Sep 18, 2024 11:02 AM GMT-5

● **14% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



U.Sc. EDILBERTO VELARDE COAQUIRA
Director Unidad de Investigación
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNA - Puno



Ing. M.Sc. Arístides Herrer Calderón Montalvo
DOCENTE
CIP: 122022

Resumen



DEDICATORIA

A DIOS:

Por ser mi guía, por haberme enseñado el camino y permitido terminar la profesión de Ingeniería Agrícola, que derramo muchas bendiciones e ilumino mi razón para poder cumplir con las metas y objetivos cumplidos y por darme la salud y trabajo.

A MI MADRE (†):

A mi madre Elena Asunta Mamani Carcasi, mi eterno ángel del cielo; quien me da fuerzas y protege desde lo más alto de la gloria y el infinito, te dedico mi tesis con todo mi amor y gratitud. Tu apoyo incondicional y tus sabias palabras que siempre me han impulsado a superar mis límites. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A MI HIJA:

Aunque aún no lo sepas eres y serás lo más importante en mi vida, hoy he dado un paso más para servir de ejemplo a la persona que más amo en este mundo. Gracias a ti he decidido subir un escalón más y crecer como persona y profesional. Esperó que un día comprendas que te debo lo que soy ahora y que este logro sirva de herramienta para guiar cada uno de tus pasos. Gracias por existir, te amo.

A MI FAMILIA:

Gracias infinitas a mi familia, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanos, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme, y a mis abuelos, quienes supieron estar cuando más los necesitaba. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje académico.

Luis Alberto Condori Mamani - SLC



AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD:

Me gustaría agradecer a la Universidad Nacional del Altiplano por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional de Ingeniería Agrícola. Agradezco especialmente a mi facultad por su constante apoyo. Su fe en mis habilidades y su disposición para ayudarme han sido fundamentales para la finalización de esta tesis.

A MIS MIEMBROS DE JURADO:

Quisiera expresar mi gratitud a todos los miembros del jurado: Ph. D. Isidro Alberto Pilares Hualpa, Dr. Edilberto Huaquisto Ramos y M. Sc. Percy Arturo Ginez Choque; quienes contribuyeron con el desarrollo de mi investigación. Agradezco a todos los que me ayudaron a recopilar datos y que dedicaron su tiempo a revisar mi trabajo. Los comentarios de mejora, las sugerencias de bibliografía, las entrevistas y sendas conversaciones para revisar conceptos, propuestas y análisis son la base de estas páginas. Esta tesis no sería la que es sin sus recomendaciones.

A MI DIRECTOR DE TESIS:

Asimismo, quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi director de tesis, M. Sc. Alcides H. Calderón Montalico por su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación. Su guía constante y su fe inquebrantable en mis habilidades me han motivado a alcanzar alturas que nunca imaginé. No tengo palabras para expresar mi gratitud por su inmenso apoyo durante este viaje.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Un sincero agradecimiento a todos mis amigos y compañeros que estuvieron conmigo en los momentos de estrés y alegría durante este largo y retador camino. Su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluable. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi fortaleza y ánimo de una manera u otra. Gracias por ser mi punto de apoyo, mi equipo de aliento y, lo más importante, la familia que yo elegí.

Luis Alberto Condori Mamani - SLC



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1.1 Problema general	21
1.1.2 Problemas específicos.....	21
1.2 HIPÓTESIS DEL PROYECTO.....	22
1.2.1 Hipótesis general	22
1.2.2 Hipótesis específicas.....	22
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 Objetivo general	24
1.4.2 Objetivos específicos	24

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.1.1	Antecedentes internacionales-	25
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	30
2.1.3	Antecedentes locales.....	35
2.2	MARCO TEORICO.....	36
2.2.1	Estación de bombeo de aguas residuales.....	36
2.2.2	Tipos de estación de bombeo.....	37
2.2.3	Sistema de bombeo.....	42
2.2.4	Características de las estaciones de bombeo de aguas residuales	50
2.2.5	Consideraciones para la estación de bombeo	51
2.2.6	Componentes de un sistema de bombeo.....	53
2.2.7	Bombas hidráulicas	54
2.2.8	Clasificación de bombas hidráulicas	54
2.2.9	Bombas sumergibles.....	56
2.2.10	Bombas centrifugas verticales.....	60
2.2.11	Cavitación	61
2.2.12	Aguas residuales.....	64
2.2.13	Clasificación de aguas residuales.....	64
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	65

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	ZONA DE ESTUDIO	67
3.1.1	Delimitación de estudio.....	68
3.1.2	Vías de comunicación y accesibilidad.....	68
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	68



3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	70
3.3.1	Técnicas	70
3.3.2	Instrumentos	71
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	71
3.4.1	Población	71
3.4.2	Muestra	71
3.5	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	72
3.5.1	Determinar el estado situacional de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023	72
3.5.2	Analizar los parámetros hidráulicos de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023	75
3.5.3	Determinar la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023	87
4.1	DETERMINAR EL ESTADO SITUACIONAL DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE TIPO CONVENCIONALES HORIZONTALES Y VERTICALES SUMERGIBLES DE LAS AGUAS SERVIDAS.....	90
4.1.1	Información del sistema operativo de las estaciones existentes	90
4.1.2	Medición del sistema de bombeo del tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles	91
4.1.3	Diagnóstico del estado situacional de las estaciones de bombeo	93
4.1.4	Comparación de la vida útil.....	94



4.2 ANALIZAR LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE TIPO CONVENCIONALES HORIZONTALES Y VERTICALES SUMERGIBLES DE LAS AGUAS SERVIDAS.....	95
4.2.1 Comparación de caudales de bombeo	95
4.2.2 Comparación de volumen útil.....	96
4.2.3 Comparación del tiempo de retención.....	97
4.2.4 Comparación del tiempo operacional.....	98
4.2.5 Comparación de altura dinámica total.....	99
4.3 DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE TIPO CONVENCIONALES HORIZONTALES Y VERTICALES SUMERGIBLES	100
4.3.1 Comparación de la eficiencia teórica.....	100
4.3.2 Comparación de la potencia de bomba.....	101
4.3.3 Comparación de la eficiencia teórica del motor	102
4.3.4 Comparación de la potencia de motor	103
4.3.5 Comparación de tipo de bomba.....	104
4.3.6 Comparación de cantidad de bombas	105
4.3.7 Diseño de la prueba de hipótesis	106
V. CONCLUSIONES.....	110
VI. RECOMENDACIONES	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
ANEXOS.....	117
ÁREA: INGENIERIA DE INFRAESTRUCTURA RURAL	
TEMA: SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES	
FECHA DE SUSTENTACIÓN: 23 de setiembre del 2024.	



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación de las estaciones de bombeo	37
Tabla 2 Velocidades recomendadas en la tubería de succión y descarga	41
Tabla 3 Velocidades recomendadas en la impulsión	42
Tabla 4 Velocidades recomendadas en la impulsión	44
Tabla 5 Presión atmosférica de altura	62
Tabla 6 Presión de vapor y carga de presión de vapor de agua	63
Tabla 7 Vía de acceso para el proyecto de investigación.	68
Tabla 8 Datos generales de la EBAR.....	75
Tabla 9 Resumen de caudal de bombeo y volumen útil	77
Tabla 10 Resumen del periodo de retención de llenado y bombeo	78
Tabla 11 Consideraciones iniciales para el sistema de bombeo.	79
Tabla 12 Valor de velocidad según diámetro para tubería de descarga.....	79
Tabla 13 Valor de pérdidas de carga locales de accesorios en succión	81
Tabla 14 Valor de velocidad según diámetro para árbol de descarga.....	82
Tabla 15 Valor de pérdidas de carga locales de accesorios en árbol	83
Tabla 16 Valor de velocidad según diámetro para línea impulsión.....	84
Tabla 17 Valor de pérdidas de carga locales de accesorios en impulsión	85
Tabla 18 Información existente del sistema operativo del bombeo.....	90
Tabla 19 Datos de caudal de contribución y bombeo del sistema actual.....	91
Tabla 20 Datos de los parámetros eléctricos del sistema existente	92
Tabla 21 Datos de los parámetros del sistema de bombeo existente	93
Tabla 22 Tiempo de retención de las EBARs de la ciudad de Puno.....	97
Tabla 23 Altura dinámica total de las EBARs de la ciudad de Puno.....	99



Tabla 24	Eficiencia teórica de bo-mbas de las EBARs	100
Tabla 25	Potencia de bomba de las EBARs.....	101
Tabla 26	Eficiencia teórica de motor de las EBARs de la ciudad de Puno	102
Tabla 27	Comparación de potencia de motor existente y diseño EBARs	103
Tabla 28	Comparación de tipo de bomba de las EBARs.....	104
Tabla 29	Comparación de cantidad de bombas existentes y diseño EBARs.....	105
Tabla 30	Nivel de confianza para el intervalo	107
Tabla 31	Datos estadísticos descriptivos	108
Tabla 32	Prueba de análisis de varianza (ANOVA)	108



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Estación de bombeo convencional de aguas residuales	40
Figura 2 Esquema de tubería de aspiración y descarga.	41
Figura 3 Esquema de altura de elevación de una bomba.....	46
Figura 4 Curva Característica de una Bomba Centrifuga	49
Figura 5 Curva Característica de la Bomba y del Sistema	50
Figura 6 Equipo de bombeo de aguas residuales	54
Figura 7 Clasificación de bombas hidráulicas	55
Figura 8 Estación de bombeo sumergible.....	57
Figura 9 Bomba centrifuga sumergible	58
Figura 10 Bomba centrifuga vertical	61
Figura 11 Ubicación de la zona en estudio.....	67
Figura 12 Ubicación de la EBAR Jallihuaya.....	72
Figura 13 Ubicación de la EBAR Salcedo	73
Figura 14 Ubicación de la EBAR Floral.....	73
Figura 15 Representación gráfica de vida útil de las EBARs.....	94
Figura 16 Representación gráfica del caudal de bombeo de las EBARs.....	95
Figura 17 Representación gráfica de volumen útil de las EBARs.....	96
Figura 18 Representación gráfica del tiempo operacional de las EBARs	98

-



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Ficha técnica - Levantamiento de información	118
ANEXO 2 Ficha técnica - Levantamiento de información	123
ANEXO 3 Memoria de cálculo – Trabajo de gabinete	129
ANEXO 4 Panel fotográfico – Estaciones de bombeo.....	164
ANEXO 5 Declaración jurada de autenticidad de tesis	168
ANEXO 6 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.	169



ACRÓNIMOS

Q:	Caudal
Qp:	Caudal promedio
Qmd:	Caudal máximo diario
Qmh:	Caudal máximo horario
Qb:	Caudal de bombeo
Ø:	Diámetro
Pb:	Potencia de la bomba
Pmb:	Potencia de motor bomba
ADT:	Altura Hidrodinámica Total
v:	Velocidad
T:	Tiempo
D:	Diámetro
m. c. a.:	Metros de Columna de Agua
V:	Volumen de EBAR
EBAR:	Estación de bombeo de aguas residuales
EMSA:	Empresa Municipal de Saneamiento



RESUMEN

El presente estudio titulado estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023, tiene como fundamento la comprensión acerca de las estaciones de bombeo que administra EMSA Puno S.A, actualmente viene funcionando 05 estaciones de bombeo como son: Porteño, Floral, Cañete, Salcedo y Jallihuaya. La investigación tiene su objetivo general que es la estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno, nuestra hipótesis es que las estimaciones de la eficiencia de las estaciones de bombeo existentes son deficientes para las aguas servidas. La metodología de la investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se recopiló la base de datos, la población de estudio son las estaciones de bombeo de la ciudad de Puno y tiene una muestra de 05 unidades; en el cual se usa fichas técnicas para la recolección de datos; luego se realiza memorias de cálculos; para determinar el análisis de la eficiencia de las estaciones de bombeo con el que se comprende el comportamiento y como se presenta en su entorno natural, con un diseño de estudio no experimental. El resultado alcanzado fue el análisis de las condiciones iniciales sobre el funcionamiento y la eficiencia de las bombas, donde se identificó criterios acerca de la optimización del sistema de bombeo, así como también la eficiencia de las potencias de bombas y motores de las estaciones de bombeo, donde: P_b y P_{mb} existentes de las EBARs de Porteño, Floral, Cañete, Salcedo y Jallihuaya son de 25 HP, donde el P_b diseño resultaron: 8.43 HP, 6.89 HP, 38.31 HP, 20.36 HP y 19.94 HP respectivamente y el P_{mb} diseño resultaron: 9.36 HP, 7.65 HP, 42.57 HP, 22.63 HP y 21.16 HP respectivamente.

Palabras clave: Aguas servidas, Eficiencia, Estación de bombeo, Estimación.



ABSTRACT

The present study entitled estimation of the efficiency of the sewage pumping stations of the city of Puno 2023, is based on the understanding of the pumping stations managed by EMSA Puno S.A. Currently, 05 pumping stations are operating, such as: Porteño, Floral, Cañete, Salcedo and Jallihuaya. The general objective of the research is to estimate the efficiency of conventional horizontal and vertical submersible pumping stations for wastewater in the city of Puno. Our hypothesis is that the estimates of the efficiency of existing pumping stations They are deficient for wastewater. The research methodology has a quantitative approach since the database was compiled, the study population is the pumping stations of the city of Puno and has a sample of 05 units; in which technical sheets are used for data collection; then calculation reports are made; to determine the analysis of the efficiency of pumping stations with which the behavior is understood and how it occurs in its natural environment, with a non-experimental study design. The result achieved was the analysis of the initial conditions on the operation and efficiency of the pumps, where criteria were identified regarding the optimization of the pumping system, as well as the efficiency of the powers of pumps and motors of the pumping stations. , where: existing P_b and P_{mb} of the EBARs of Porteño, Floral, Cañete, Salcedo and Jallihuaya are 25 HP, where the design P_b resulted: 8.43 HP, 6.89 HP, 38.31 HP, 20.36 HP and 19.94 HP respectively and the design P_{mb} They resulted: 9.36 HP, 7.65 HP, 42.57 HP, 22.63 HP and 21.16 HP respectively.

Keywords: Wastewater, Efficiency, Pumping station, Estimation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario para la población es una necesidad de gran importancia que tiene un impacto positivo en el desarrollo social, económico y al medio Ambiente. Ante esta necesidad surgen los proyectos de abastecimiento de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas residuales que en su conjunto forman un componente de primordial de una sociedad y/o país.

La descarga de aguas residuales es producto de los procesos de uso de las personas, fábricas, comercios, industrias, etc., que requieren de un tratamiento antes de ser vertidos a su disposición final, ya que de encontrarse estancadas desprenden gases tóxicos productos de la putrefacción de materiales orgánicos, y en consecuencia producir enfermedades en la población.

Para realizar la conducción de las aguas residuales hacia una planta de tratamiento, se realizan mediante colectores que conducen grandes cantidades de agua residual de una determinada área de drenaje, pero conducir las implica un análisis de muchos factores, uno de ellos es cuando la disposición final de estas aguas se encuentra en un nivel topográfico superior al área de drenaje. Para solucionar este tipo de problemas, en sus inicios se construía colectores muy profundos que implicaban mayores costos en su ejecución. En la actualidad, se construyen estaciones de bombeo, que básicamente está constituido por equipos de bombeo que tiene la función de otorgar energía al fluido para impulsarlas a través de un sistema de tuberías hacia un punto de interés.



En la ciudad de Puno, en los últimos años, la red de alcantarillado en muchas áreas ya ha colapsado, lo que significa que muchos residentes de esas áreas están conectados al actual sistema de alcantarillado de la ciudad. Como resultado, estos residentes tienen el sistema ya en colapso continuo en épocas pluviales.

Con el fin de garantizar que estas personas puedan conectarse fácilmente a dicho sistema, se realizará el presente proyecto de análisis y diseño de una estación de bombeo de aguas residuales en la ciudad de Puno. Para el diseño de esta estación de bombeo, adquirimos el conocimiento de cada etapa y la proyección con la que se debe plantear las cámaras de bombeo.

Realizaremos la estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno; los objetivos específicos son: determinar el estado situacional de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas, analizar los parámetros hidráulicos de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas y determinar la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.

Para la actual tesis, se ha elegido cuatro capítulos, los cuales son los siguientes: El primer capítulo; tiene aspectos de la investigación, problema formulación, delimitación, objetivos, justificación, importancia y alcances de la investigación, limitaciones y justificación del problema general y específicos. El segundo capítulo; trata acerca del marco teórico que comprende antecedentes, bases teóricas científicas, definición de términos. El tercer capítulo; profundiza en la metodología de la investigación, la cual abarca los siguientes elementos: tipo de investigación, diseño de



la investigación, población y muestra, métodos de investigación, técnicas e instrumentos para la recolección de datos. En el cuarto capítulo, se presentan los resultados obtenidos en el estudio de caso in situ, junto con la validación del nuevo diseño óptimo de la bomba, los resultados de las pruebas y la discusión de los resultados. Las conclusiones, recomendaciones y bibliografía correspondientes se presentan para concluir la tesis.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, las estaciones de bombeo que administra la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno Sociedad Anónima, cuya ubicación de dicha empresa, se encuentra en el distrito de Puno, provincia de Puno, la cual viene funcionando diferentes sistemas de bombeo de aguas servidas. Las estaciones de bombeo, con las que cuenta son las siguientes: Floral, Echave, Cañete, Salcedo y Jallihuaya; las cuales cuentan con sus respectivas líneas de succión e impulsión, y vienen operando en la actualidad y forman parte del sistema de alcantarillado de la localidad de Puno; cuyo costo económico para realizar el mantenimiento de las estaciones de bombeo se realizan de forma elevada dichos costos.

Más aún en caso de presentarse fallas en el sistema generará que se realicen reparaciones del grupo electrógeno. Tal es el caso de las estaciones de bombeo de aguas servidas ubicadas en el sector Floral y Cañete, cuyo periodo de vida útil, aunado a los daños producidos por el nivel de aguas subterráneas a las paredes de las cámaras húmedas, las épocas de las precipitaciones pluviales y al aumento poblacional de los últimos años, están han ocasionado la merma de su capacidad de funcionamiento. Entre las consecuencias manifestadas, se ha evidenciado que el volumen de aguas servidas que provienen de las diferentes zonas del distrito de Puno; hacia las cámaras húmedas, donde es capaz de producir el rebose de las instalaciones al verse superada la capacidad, cuyo desbordamiento ocasiona aniegos de aguas servidas, 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 las estaciones de bombeo, el cual afectaría a la calidad de vida de la población circundante alrededor de dichas estaciones de bombeo. Debido a lo anterior expuesto, surge la necesidad de dotar a la población de la ciudad de Puno; acerca de las instalaciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado, razón por la cual, se pretende realizar el análisis hidráulico necesario que conduzca al rediseño de las estaciones de bombeo en cuestión.

Según Alarcón & Naucapoma (2020) mencionan que un sistema de abastecimiento tiene como parte fundamental el proceso de recolección de aguas servidas, por la que el entendimiento de su operación, diseño, mantenimiento y gestión es importante para las acciones de un buen funcionamiento y en situaciones de emergencia.

En Puno, acerca de la cobertura de alcantarillado de la ciudad este cubre el 73% de la población servida, esto quiere decir que aproximadamente el 27% de las aguas servidas domesticas tienen un destino final no conocido. El problema de las descargas clandestinas está directamente relacionado con la expansión urbana, acorde consecuentemente con las proyecciones de servicios de agua potable, alcantarillado y pluvial. El crecimiento urbano de la ciudad de Puno ha provocado que haya sectores de la ciudad que no estén incorporados al sistema de alcantarillado, lo que ha generado que nuevas urbanizaciones y/o edificaciones no cuenten con las autorizaciones correspondientes relacionadas con el sistema de alcantarillado o tratamiento de las aguas servidas, produciendo de esta manera descargas directas a la bahía interior de Puno.

Existe un serio problema de operación relacionado con el sistema de recolección de las aguas pluviales, puesto que dicho sistema se encuentra conectado a



la red de alcantarillado en diferentes puntos y en la medida que el sistema de alcantarillado se colmata por el arrojado de residuos sólidos en la red pluvial, provoca que se generen aniegos de aguas servidas en la temporada de fuertes lluvias entre los meses de diciembre a marzo con un promedio de 719 mm/año. De otro lado, cabe señalar que un problema severo en esta temporada de lluvias está relacionado con el comportamiento de la población usuaria, la cual utiliza el sistema de alcantarillado doméstico para evacuar sus residuos domésticos, lo que provoca atoramientos en el sistema con el consecuente aniego de las calles en diferentes tramos y por ende contaminación de las aguas de la bahía interior de Puno.

1.1.1 Problema general

¿Cuál será la estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Cómo es el estado situacional de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023?
- ¿Cómo son los parámetros hidráulicos de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles para las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023?
- ¿Cuál será la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023?



1.2 HIPÓTESIS DEL PROYECTO

1.2.1 Hipótesis general

La estimación de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles no son eficientes para las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.

1.2.2 Hipótesis específicas

- El estado situacional de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles son deficientes para las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.
- Los parámetros hidráulicos de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles son deficientes para las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.
- Las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles no son eficientes para las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Puno, Perú, actualmente cuenta con una red de alcantarillado administrada por EMSA Puno. No obstante, el rápido crecimiento de la población de la ciudad ha provocado el colapso de las redes secundarias en varias zonas urbanizadas; aumentándose dichas aguas servidas de manera proporcionada, y por lo que se diagnosticará y comparará la eficiencia de las cinco estaciones de bombeo con las que cuenta la ciudad de Puno las cuales son: Floral, Echave, Cañete, Salcedo y



Jallihuaya ya que se encuentran en el distrito y provincia de Puno, para que de esta manera se pueda impulsar adecuadamente las aguas servidas hacia los respectivos colectores principales, asegurando que todos los residentes de esta ciudad tengan acceso a los servicios esenciales ordenados por la constitución del país y que todos los hogares puedan drenar adecuadamente el agua que les suministra el alcantarillado del área de salud local.

La importancia y/o necesidad de la presente investigación se da porque hay tan pocos datos sobre la efectividad de las estaciones de bombeo, se espera que este estudio ayude a llenar algunos de los vacíos en nuestro conocimiento. Además, este estudio servirá para comparar con otros para extrapolar sus hallazgos y así aumentar los marcos teóricos. Es por esta razón que se indicara acerca del equipamiento acerca de las diferentes fallas, los elevados costos acerca del mantenimiento y la escasa confiabilidad, donde se necesita un estudio acerca de la confiabilidad en el cual se busca mejorar la operación de los equipos de bombeo de una manera óptima.

El principal objetivo será para realizar la estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno, luego de ello comparar las eficiencias de estas mismas, este proyecto conllevará a realizar un diagnóstico y comparación de las mismas para ver la eficiencia que presentan dichas estaciones de bombeo; donde se incluye las bombas del tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles. Este estudio está justificado debido a que sentará las bases para futuras investigaciones y definición de factores, además de proporcionar una herramienta útil para el análisis y la recopilación de datos relacionados acerca de la eficacia de las estaciones de bombeo, este estudio será una acción importante en el campo profesional de la ingeniería agrícola.



Según Arzuaga & Gutierrez (2021), nos indica que dada la importancia de la evacuación de aguas servidas en los sistemas de alcantarillado, asegurando el correcto funcionamiento de los equipos de bombeo, y analizando la estación en su conjunto, surgió la idea de este estudio de realizar un análisis de la confiabilidad de los equipos bombeo empleados para para la evacuación de aguas residuales de Santa Marta para la empresa metro agua, donde se basa en la alta tasa de fallas, el alto costo de mantenimiento, la baja confiabilidad de los equipos, el mantenimiento basado en la experiencia, el personal enfocado en el equipo en lugar de la funcionalidad del sistema.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar la estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el estado situacional de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.
- Analizar los parámetros hidráulicos de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.
- Determinar la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales

Quimis (2022), este estudio lleva por título “Propuesta de procedimiento para el diseño de estaciones de bombeo de aguas residuales” tiene como objetivo la investigación de cálculos de diseño y la sugerencia de procedimientos de diseño para una estación de bombeo. Pino concluye con una metodología de diseño que permite iteraciones de diseño conceptual más rápidas. Se propone el desarrollo de estaciones de bombeo de agua residual al mismo tiempo que el desarrollo de la eficiencia de las bombas de aguas residuales.

Arzuaga & Gutierrez (2021), este estudio lleva por título “Análisis de confiabilidad en los equipos de bombeo de aguas residuales”. Este análisis de investigación se realizó en la ciudad de Bucaramanga - Colombia en el año 2020. El objetivo central es para realizar un análisis de confiabilidad del equipo de bombeo de agua residual, con un enfoque en la estación norte desde donde se bombea toda el agua sobrante al emisario sumergido del puerto de Santa Marta. De tal manera. De acuerdo con el procedimiento, se debe realizar un estudio de confiabilidad en cualquier equipo que tenga una alta tasa de fallas, altos costos de mantenimiento y baja confiabilidad. Para determinar la mejor manera de hacer funcionar las máquinas con la máxima eficiencia. Desde una perspectiva matemática y estadística, La confiabilidad es un recurso invaluable



para los planes de mantenimiento porque puede usarse para complementar los historiales de fallas y reparaciones y servir como base para dirigir las actividades de mantenimiento. Los hallazgos de este estudio indican lo siguiente. Las bombas funcionan en una serie continua, y la confiabilidad de la estación debe ser del 98 %, frente al 36 % después de solo 30 días. El tiempo operativo típico de una bomba de estación es menos del 20% del de una bomba estándar. Cuando se compara la confiabilidad de la bomba en sus diversas partes, queda muy claro que después de sesenta (60) días de operación, la probabilidad de falla es mayor al veinte por ciento, lo que sugiere que no se debe realizar más mantenimiento más allá de este punto. Lograr una confiabilidad del 98 % requiere equipo de redundancia y hacer funcionar el sistema con el mínimo de bombas necesarias para satisfacer la demanda. Debido en gran parte al bajo rendimiento del sistema de pretratamiento, que actualmente carece de desarenadores para aumentar su confiabilidad, ocurren muchas fallas.

Jimenez (2021), en su investigación “Análisis y diseño de una estación de bombeo para aguas servidas en el sector cristo del consuelo cooperativa las ranas”, Este proyecto, que finalizó en 2017 en Quito, Ecuador, tuvo como objetivo en el sector Cristo del Consuelo Cooperativas las Ranas, el análisis y diseño de una estación de bombeo de aguas residuales; el enfoque del proyecto se centra principalmente en estudios socioeconómicos. Se utilizarán viajes de campo para recopilar los datos necesarios para el análisis y diseño de proyectos. Los hallazgos muestran que esta estación de bombardeo conducirá el agua del grifo de la población al sistema de tratamiento de aguas residuales. Durante el año 2037, se han hecho planes para ayudar en el mejoramiento general de las



condiciones de vida de las personas (el año del horizonte de planificación). Hemos propuesto las dimensiones, el caudal futuro y las opciones de mantenimiento preventivo para una vida útil más larga para la estación de bombeo de cámara húmeda propuesta. Estas bombas funcionarán alternativamente para caer sobre el caudal del diseño.

Alberto et al. (2018), este estudio lleva por título “Diseño e implementación de un sistema de bombeo de aguas residuales para una urbanización”, para dicho trabajo se realizó en Guayaquil Ecuador, que utiliza la teoría y la práctica de la mecánica de fluidos para diseñar e implementar un sistema de bombeo y seleccionar un equipo de bombeo para una ciudad, y que también tuvo en cuenta los factores que sustentan el diseño y selección del sistema de bombeo a través de cálculos teóricos y prácticos utilizando software comercial.

Cimorelli et al. (2020), plantearon la investigación “Optimal regulation of pumping station in water distribution networks using constant and variable speed pumps: a technical and economical comparison”, Esto tuvo como objetivo comparar los méritos técnicos y económicos de los sistemas de bombeo de velocidad constante y variable. Para lograr este objetivo, se analizó el programa de bombeo en ambos modos y se calcularon los costos de operación y mantenimiento asociados para determinar la viabilidad económica de implementar cada sistema. Esto se hizo con el entendimiento de que, en el caso de operación de velocidad variable, los ahorros deberían justificar la compra de los reguladores de velocidad. Siguiendo su experiencia, descubrieron que el uso de un sistema de bomba con velocidad de operación variable ayuda a reducir los costos de operación, como el consumo de energía,



el mantenimiento y las reparaciones, todo lo cual permite disminuir la demanda de energía y reducir la huella de carbono al emitir gases a la atmósfera, pero también agrega un costo asociado con el uso de los controladores de velocidad. Dichos elementos fueron recomendados para su uso en dos escenarios específicos: primero, cuando un sistema de desactivación de bombas existente está en su lugar y emplea componentes de alta potencia; segundo, en diseños de proyectos de eficiencia energética, donde los costos de implementación son secundarios a los beneficios ambientales y de sostenibilidad.

Albores (2019), este estudio lleva por título “Diagnostico energético de equipos de bombeo de agua en zonas rurales”. Este análisis de investigación evento que tuvo lugar en la ciudad de México en 2018. El objetivo principal era proponer una metodología para realizar evaluaciones de energía en bombas para pozos profundos. El procedimiento elegido fue realizar una inspección física ocular del conjunto e instalación para conocer el estado físico de la bomba y determinar dónde colocar el equipo de medición. Según los datos, sabemos que este equipo es una potencia se encontraba en malas condiciones físicas y de funcionamiento, por lo que se recomendó su sustitución. Cabe señalar que, como parte del proceso de evaluación energética local, se evaluaron siete bombas de pozo profundo con características comparables. Esta tesis solo cubre el proceso de evaluación de energía, punto de operación y cavitación para una de las siete bombas.

Rinas et al. (2018), con su título de investigación “Sedimentation of Raw Sewage: Investigations For a Pumping Station in Northern Germany under Energy-Efficient Pump Control”, uno de los factores que exacerba las tareas de mantenimiento en las tuberías de dragado a largo plazo fue



identificado en un estudio experimental que tuvo como objetivo determinar la eficacia de un modelo de operación basado en la eficiencia energética para la estación de bombeo de aguas residuales mediante el monitoreo de los ciclos de bombeo y la formación de sedimentos. El sitio de estudio fue una estación de bombeo en Rostock, Alemania; su objetivo era desarrollar una estrategia basada en reglas para las operaciones mediante el control de cosas como la tasa de flujo caudal (en litros por segundo), el nivel de agua en la cámara de la estación de bombas (en metros), la frecuencia de la bomba (en hercios), el voltaje (en kilovoltios), y el consumo eléctrico (en kilovatios hora). Además, las implicaciones de alternar los ciclos de trabajo conducen a menores costos de operación y mantenimiento a largo plazo, tanto para la limpieza de sedimentos acumulados como para la vida útil de los equipos de desactivación de bombas, lo que se traduce en un ahorro de costos de alrededor del 12%.

Rivera (2017), este estudio lleva por título “Proyecto de eficiencia energética para la estación de agua cruda Dolores”. Este análisis de investigación evento que tuvo lugar en la ciudad de Cartagena en 2018. El objetivo principal analizó la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Agua Cruda Dolores de la ciudad de Cartagena y se consideraron dos mejoras potenciales. Como resultado, con base en los hallazgos, la implementación de este tipo de alternativa para mejorar la eficiencia es adecuada en la medida en que se realicen análisis contextualizados y detallados sobre las variables relevantes, tales como: causalidad, nivel, presión de desaceleración manométrica, presión total desarrollada por la bomba, potencia registrada, potencia utilizable y eficiencia general de la bomba. Sugerencia tomada en



consideración, los costos operativos disminuirán y el medio ambiente se beneficiará.

Tian et al. (2018), con el artículo de investigación que titula “Optimization of municipal pressure pumping station layout and sewage pipe network design”, Describen un método para analizar y optimizar el diseño de un área de drenaje de aguas residuales, donde se evalúan estaciones de bombeo. El artículo concluye con la propuesta de un algoritmo basado en los costos operativos y la capacidad de bombardeo de las bombas seleccionadas, demostrando que se pueden lograr ahorros de costos anuales mediante un examen exhaustivo de los ciclos de trabajo de las bombas, ya sea en operación intermitente o constante. En este sentido, propusieron un algoritmo de análisis en el que el número de bombas utilizadas, el número de caucos de bombardeo y los costos asociados con el funcionamiento de las estaciones estaban relacionados entre sí. Esto les permitió concluir que los costos anuales se pueden reducir a través de un examen exhaustivo de los ciclos operativos de las estaciones, lo que les permitió diferenciar entre programas de bombardeo alternativos y continuos. En un estudio, los investigadores encontraron que actualizar la operación del sistema de drenaje resultó en un ahorro del 18 % en los gastos operativos anuales.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Inga (2022), en su investigación “Diseño hidráulico de cámara de bombeo de aguas residuales en el distrito de Chorrillos, Lima 2021”. En la ciudad de Lima – Perú, en el año 2022. El objetivo principal fue implementar el diseño hidráulico del visor de la bomba Desagüe teniendo en cuenta las



condiciones necesarias. Donde se determina que se ha terminado el refugio antiaéreo de diseño hidráulico, que incluye un refugio seco para la instalación de cuatro bombas sumergibles idénticas operando en paralelo, y un refugio húmedo con un volumen útil de 28.716 m³.

Garrido & Huaman (2022), en su investigación “Análisis Hidráulico para el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galagarza, Ica – 2021”. Específicamente, propone identificar los parámetros hidráulicos necesarios para rediseñar el sistema para abordar el cuello de botella actual en la sala de control de la mira de la bomba. La tesis concluye con un diseño basado en tiempos de retención mínimos y máximos, la operación alterna de dos bombas sumergibles para reducir las explosiones y una comparación del tubo de impulsión de acero existente y los materiales del tubo de PVC propuesto.

Dipas (2021), en su investigación “Mejoramiento de la cámara de bombeo sarita colonia mediante la instalación del rebose de emergencia, distrito del Callao, Lima”. En la ciudad del Callao – Perú, en el año 2021. El objetivo general fue mejorar la cámara de la estación de bomberos de Sarita Colonia mediante la instalación de una fuente de alimentación de respaldo de emergencia. Metodología de los estudios aplicados; etapa de diseño explicativo; falta de diseño experimental. Para el estudio se tomó en cuenta la población del sistema alcantarillado del distrito de Callao. Con base en los hallazgos de este estudio, podemos concluir que mejorar la cámara de vigilancia de la estación de bomberos de Sarita Colonia tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo en la prevención de incendios, medido por un Spearman Rho de 0.786.



Anton (2020), en su investigación “Análisis comparativo entre el sistema de alcantarillado al vacío y el sistema de alcantarillado por gravedad, y su aplicación en la ciudad de Piura” realizada en el año 2015 en la ciudad de Piura – Perú, como objetivo principal es comparar los componentes que intervienen en el uso de diferentes tipos de alcantarillado para transportar las aguas residuales hasta su disposición final y hacerlo en el mismo lugar. La metodología que opto es la explicación y diagnóstico del funcionamiento sobre el sistema de alcantarillado por vacío, haciendo énfasis en los detalles de cada proceso y componente. De igual manera en el sistema de alcantarillado por gravedad. Los resultados que alcanzo este estudio se demostraron que el sistema de alcantarillado por vacío puede ser utilizado de manera alterna dicho sistema en la conducción de aguas servidas. No permite el ingreso de las aguas pluviales debido a que sus cámaras de vacío son herméticas haciendo que el sistema trabaje bajo condiciones para cual fue diseñada a diferencia del sistema de alcantarillado por gravedad que siempre tiene problemas por colapsos. Finalmente, al construir las plantas de vacío se puede ver una diferencia importante en relación que necesitan poca profundidad porque el sistema siempre se mantiene a una profundidad de 1.2m a 1.50m en cuanto a la superficie del terreno, al contrario, con el sistema de alcantarillado por gravedad que cada vez va profundizándose para poder obtener la fuerza necesaria de la gravedad para transportar las aguas residuales.

Velasquez (2019), en su investigación “Modificación del sistema de bombeo para la reutilización de aguas residuales en la unidad minera Alpamarca ciudad de Pasco- 2018”. En el centro minero Alpamarca Callao – Perú, en el año 2019. En la Minera Chungar como unidad de análisis, se buscó



comprender cómo incide la reutilización del sistema de bombardeo en el reciclaje de aguas residuales de mina en Alpamarca en el año 2018. El cual emplea una metodología de orientación tecnológica con alcance relacional y explicativo. El objetivo de este estudio es modificar el procedimiento de bombardeo para que las aguas residuales de la mina puedan reutilizarse con fines científicos. Para lograr este objetivo, se realizaron pruebas sobre el procedimiento de bombardeo para establecer el volumen de líquido extraído. para reciclar agua de mina en la mina de investigación Alpamarca, donde se encontró que un aumento mensual en el volumen de agua reciclada de 2,525.3 litros mejoró la entrega de agua a la concentradora en un promedio de 45.57%.

Huamani (2018), en su investigación “Diseño e implementación de una estación de bombeo de aguas residuales para la urbanización sol de Huampaní V etapa - Chosica”. En la ciudad de Chosica – Perú, en el año 2015. El objetivo principal es diseñar y construir una estación de bombeo de agua para abastecer de agua a la PTAR de Carapongo desde la Urbanización Huampaní. Uso de la Metodología concluye sobre las aplicaciones teóricas y prácticas han permitido la selección de equipos para un sistema de bomba que impulsa aguas residuales hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de Carapongo, cumpliendo con los requisitos de estabilización de aguas, y ha sido integrado a la red interconectada de tratamiento de aguas residuales de Huampaní.

Barreda (2018), en su artículo de investigación titulado Método práctico de obtención de potencia y eficiencias de unidades de bombeo en operación, menciona que el método propuesto utiliza medidas de consumo de energía para calcular la potencia solicitada por la bomba y las eficiencias de la bomba y el motor en régimen de operación. El error en este cálculo es inferior al 5%. Es



un procedimiento no invasivo que permite realizar peritajes en unidades bomba sin tener que ponerlas fuera de servicio, gracias a su facilidad de uso, bajos requerimientos de recursos y precisión milimétrica.

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”, un estudio experimental con el objetivo de implementar un plan de mantenimiento preventivo de las bombas en la estación de bombeo, dado que cada vez que se suspende el servicio de bombeo, aumenta el riesgo de colapso y el desborde de agua de desagua en la superficie, lo que constituye una fuente notable de contaminación ambiental y sanitaria e impactando negativamente en el estado de las instalaciones. Se utilizó la observación directa para verificar los niveles promedio del agua que se suministra dentro de la cámara húmeda en el refugio antiaéreo antes y después de que se implementara el plan de mantenimiento. Se descubrió que la cantidad de veces que el nivel del agua era demasiado alto disminuyó en un 86.28 %, lo que llevó a una operación más confiable de la estación y menos probabilidades de que los clientes se rompan la tubería principal. Además, esta mejora estuvo influenciada por las tareas de limpieza dentro de la cámara húmeda, lo que condujo a una mayor capacidad de almacenamiento de agua entrante en la estación de bombardeo, un indicador clave del rendimiento de las bombas mismas.



2.1.3 Antecedentes locales

Totocayo (2021), esta investigación trata del “Análisis y diseño de la cámara de bombeo para la evacuación de las aguas residuales residenciales perlas del altiplano Juliaca - 2021”. En la ciudad de Juliaca - Perú, en el año 2021. El objetivo principal es analizar y mejorar la evacuación de agua restante de la zona residencial por parte de la cámara bombeo de Perlas del Altiplano de Juliaca. Aplicando una metodología de investigación cuantitativa, descriptiva y exploratoria, encontramos que Juliaca, incluyendo el barrio residencial Perlas del Altiplano, tiene una topografía plana que dificulta el bombeo de aguas residuales mediante un sistema basado en la gravedad. Esto se debe a que la ciudad y las tuberías de recolección primaria del vecindario tienen alturas de caída mínimas. Del mismo modo, un sistema de prestación de atención médica que funcione mal puede provocar el colapso de hospitales, lo que a su vez puede propagar enfermedades infecciosas.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Estación de bombeo de aguas residuales

Una estación de bombeo es una estructura hidráulica que almacena agua para luego ser trasladada a un nivel superior mediante equipos de bombeo estacionarios o sumergibles a través de tuberías. Consta de un conjunto de bombas y equipos auxiliares imprescindibles para el bombeo de agua, ya sea de escorrentía o residual (Cafaggi, 2021).

Las estaciones bombeo son estructuras que están hechas para impulsar aguas residuales domésticas crudas, aguas de lluvia y otros cuerpos de agua, aguas residuales industriales, aguas residuales de uso doméstico, lodos producidos en plantas de tratamiento, efluentes tratados en plantas de tratamiento. Estas estaciones de bombeo son necesarias además de las instalaciones típicas de las plantas de tratamiento cuando la elevación de la zona a servir es demasiado baja para que sus aguas residuales puedan ser alimentadas por gravedad a los colectores existentes, o cuando es necesario dar servicio a zonas situadas fuera de la cuenca de drenaje pero dentro del área a sanear, o cuando la omisión del bombeo resulte en costos excesivos de construcción debido a la necesidad de grandes excavaciones para construir el alcantarillado que da servicio al área (Jimenez, 2021).

Las estaciones de bombeo son estructuras diseñadas para elevar un fluido desde un nivel de energía inicial a un nivel de energía superior. Su uso es ampliamente frecuente en diversos campos de la ingeniería. Se emplea para transportar aguas residuales cuando la gravedad ya no es viable. Una estación de bombeo se compone de múltiples bombas. En conclusión, las estaciones de

bombeo emergen como instalaciones obligatorias en sistemas de alcantarillado de comunidades o zonas con baja pendiente aparente. Las aguas residuales se bombean con el fin de elevar el agua de un nivel inferior y uno superior, utilizando equipos de bombeo en instalaciones y equipos adecuados (Corredor, 2019).

2.2.2 Tipos de estación de bombeo

Existen diversas formas de clasificación de las estaciones, una de ellas es la que se muestra en la tabla 1, el cual se clasifica según el método constructivo y capacidad.

Tabla 1

Clasificación de las estaciones de bombeo

Clase/Tipo	Intervalo de capacidad, m³/s
Eyectores neumáticos	< 0.02
Prefabricado	
Cámara de aspiración	0.006 - 0.03
Cámara seca	0.006 - >0.10
Convencional	
Pequeña	0.2 - 0.09
Mediana	0.06 - 0.65
Grande	>0.65

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales, Redes de alcantarillado y bombeo (Metcalf & Eddy, 1995).



a. La cámara de húmeda o de aspiración

Es la estructura donde se almacena las aguas residuales antes del bombeo. Para Metcalf & Eddy (1966) las funciones de la cámara de aspiración son: contener el volumen suficiente para evitar ciclos muy cortos de funcionamiento de la bomba, disponer de la sumergencia necesaria para evitar la formación de vórtices en la tubería de aspiración.

b. Volumen útil de cámara húmeda

Según Metcalf & Eddy (1995), el cálculo del caudal de bombeo y volumen útil de la cámara húmeda se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$(K - a) k_1^2 + (a - K^2) k_1 + K (K - 1) (1 + a) = 0 \text{ (Ec. 1)}$$

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

$$a = \frac{t_1}{t} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

$$V_{util} = t_{min} * Q * \left(\frac{k_1 - 1}{k_1 + K - 1} \right) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$Q_b = k_1 * Q_{min} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

V_{util}: Volumen útil, l.

Q_b: Caudal de bombeo, l/s.

Q_{max}: Caudal máximo de contribución de desagüe, l/s.

Q_{min}: Caudal mínimo de contribución de desagüe, l/s.



t1: Tiempo de retención máximo, minutos.

t: Tiempo de retención mínimo, minutos.

c. Volumen útil necesario de cámara húmeda

Según Metcalf & Eddy (1995), para el caso cuando una bomba opera con un caudal de ingreso variable, el tiempo de ciclo mínimo ocurrirá cuando el caudal de ingreso es igual a la mitad de la capacidad de bombeo, dando como resultado un volumen útil mínimo, el cálculo del volumen útil necesario para una bomba por la siguiente ecuación:

$$V_{util} = \left(\frac{0.90 \cdot Q_b}{N} \right) \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

V_{util}: Volumen útil, l.

Q_b: Caudal de bombeo, l/s.

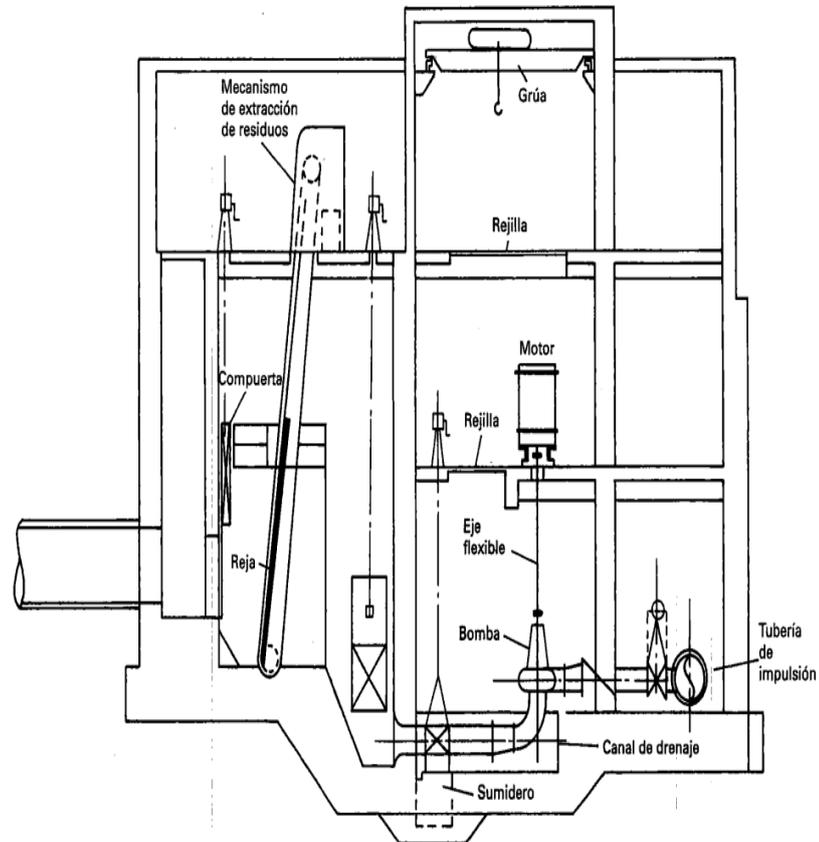
N: Número de arranques por hora.

d. Cámara seca

Según Metcalf & Eddy (1995), es la estructura adyacente a la cámara de aspiración en las estaciones de bombeo convencional, donde se ubica las bombas, tuberías de aspiración, descarga e impulsión, válvulas, bomba de drenaje para la recolección de las pérdidas que se produzcan y para la limpieza de la cámara seca, escalera de ingreso así y otros componentes como se muestran en la figura 1.

Figura 1

Estación de bombeo convencional de aguas residuales



Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

e. Tuberías de aspiración y descarga

Para Metcalf & Eddy (1995), como se observa en la tabla 2, en la aspiración el valor de las velocidades está en el rango de 1,2 a 1,8 m/s, para lo cual se recomienda instalar un reductor excéntrico en la conexión con la boquilla de aspiración. Y en la descarga el valor de las velocidades está en el rango de 1,8 a 2,4 m/s para el caudal máximo, lo cual se recomienda instalar un cono de ampliación concéntrico como se presenta en la figura 2.

Tabla 2

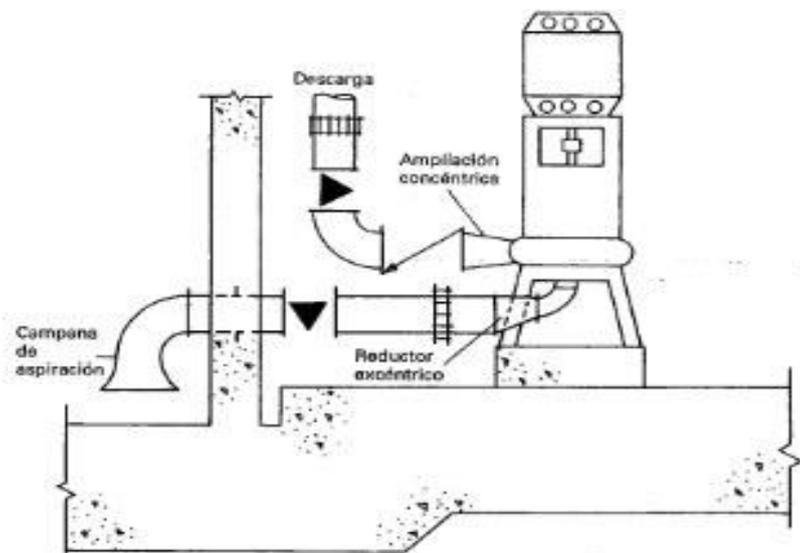
Velocidades recomendadas en la tubería de succión y descarga

Tubería	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima (m/s)
Aspiración	1.2	1.8
Descarga	1.8	2.4

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

Figura 2

Esquema de tubería de aspiración y descarga.



Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

f. Línea de impulsión

Para Metcalf & Eddy (1995), en el caso de alcantarillado sanitario, se define como impulsión a la tubería que recibe las aguas residuales evacuadas por la estación de bombeo para ser transportadas por presión hacia una red colectora o planta de tratamiento.

g. Diámetro de la tubería de impulsión

Para Metcalf & Eddy (1995), el diámetro de la tubería de impulsión se restringe a mantener velocidades mayor o igual a 0.6 m/s que eviten la sedimentación de sólidos para un caudal mínimo y a la vez una velocidad mayor o igual a 1.1 m/s que pueda generar el arrastre suficiente de los sólidos depositados. En la tabla 3 se muestran velocidades recomendadas para estaciones de mayor tamaño.

Tabla 3

Velocidades recomendadas en la impulsión

Tubería	Orden de velocidades		
2 bombas + 1 reserva	0.9	1.5	-
3 bombas + 1 reserva	0.7	1.2	1.7

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales, Redes de alcantarillado y bombeo (Metcalf & Eddy, 1995).

2.2.3 Sistema de bombeo

El fundamento es la acumulación de elementos, que permite el transporte de aguas a través de tuberías y la acumulación temporal de fluidos desde el interior de la mina hacia el exterior, de tal manera que se cumplan las especificaciones de caudal y requerimientos de presión de los múltiples métodos y procesos. se cumplan (Pedraza, 2018).

A continuación, se describen los términos mencionados y en la figura 3 se grafican estos términos.



a. Altura geométrica total (H_g)

Para Metcalf & Eddy (1995), es la diferencia entre la altura geométrica de descarga y de succión ($h_d - h_s$), respecto a un plano de referencia como el eje la bomba.

b. Pérdidas primarias (h_f)

Para Metcalf & Eddy (1995), es la pérdida de altura o carga debido a la fricción entre el flujo del líquido y las paredes de la tubería de succión (h_{fs}) y tubería descarga (h_{fd}). La ecuación de Hazen y Williams se aplica para calcular las pérdidas primarias.

$$h_f = 10.648 \left(\frac{1}{C}\right)^{1.852} \left(\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}\right) * L \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

h_f : Pérdida de altura o carga debido a fricción, m .

C: Coeficiente de Hazen - Williams

Q: Caudal en la tubería, m^3/s .

D: Diámetro interior de la tubería, m .

L: Longitud de tubería, m .

c. Pérdidas secundarias (h_l)

Para Metcalf & Eddy (1995), es la pérdida de altura o carga debido a la fricción del flujo con los accesorios instalados en la tubería de succión (h_{ls}) y de descarga (h_{ld}). La ecuación de Hazen y Williams se aplica para calcular las pérdidas secundarias.

$$h_l = K * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 8})$$



Donde:

hl : Pérdida de altura o carga secundaria, m .

K : Coeficiente de pérdida de carga de accesorio.

v : Velocidad dentro de la tubería, m/s .

g : Aceleración de la gravedad, m/s^2 .

En la tabla 4 se muestran los valores de pérdida de carga para distintos accesorios.

Tabla 4

Velocidades recomendadas en la impulsión

Accesorio	K
Ampliación gradual	0.3
Boquilla	2.75
Compuerta abierta	1
Controlador de caudal	0.9
Codo 90°	0.9
Codo 45°	0.4
Rejilla	0.75
Curva 90°	0.4
Curva 45°	0.2
Entrada normal (tubo)	0.2
Entrada de borde	1
Medidor de Venturi	2.5
Reducción gradual	0.15
Válvula de compuerta abierto	0.2
Válvula de globo abierto	10
Salida de tubo	1
T pase directo	0.3
T salida de lado	1.3
T salida bilateral	1.8
Válvula de retención (check)	2.5
Válvula de pie	1.75

Fuente: Manual de Hidráulica, Redes de alcantarillado y bombeo (Azevedo, 2005).



d. Altura de velocidad (h_v)

Para Metcalf & Eddy (1995), definida como la energía cinética del fluido bombeado en cualquier punto del sistema y se calcula con la siguiente ecuación:

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

h_v : Pérdida de carga por velocidad, *m*.

v : Velocidad dentro de la tubería, *m/s*.

g : Aceleración de la gravedad, *m/s²*.

e. Altura manométrica total (H_t)

Para Metcalf & Eddy (1995), la altura manométrica total o también llamada como altura dinámica total (ADT) es la suma de la altura geométrica de succión y descarga, pérdidas primarias, pérdidas secundarias y altura de velocidad.

$$ADT = H_g + H_f + h_v \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

ADT: Altura dinámica total, *m*.

H_g : Altura geométrica, *m*.

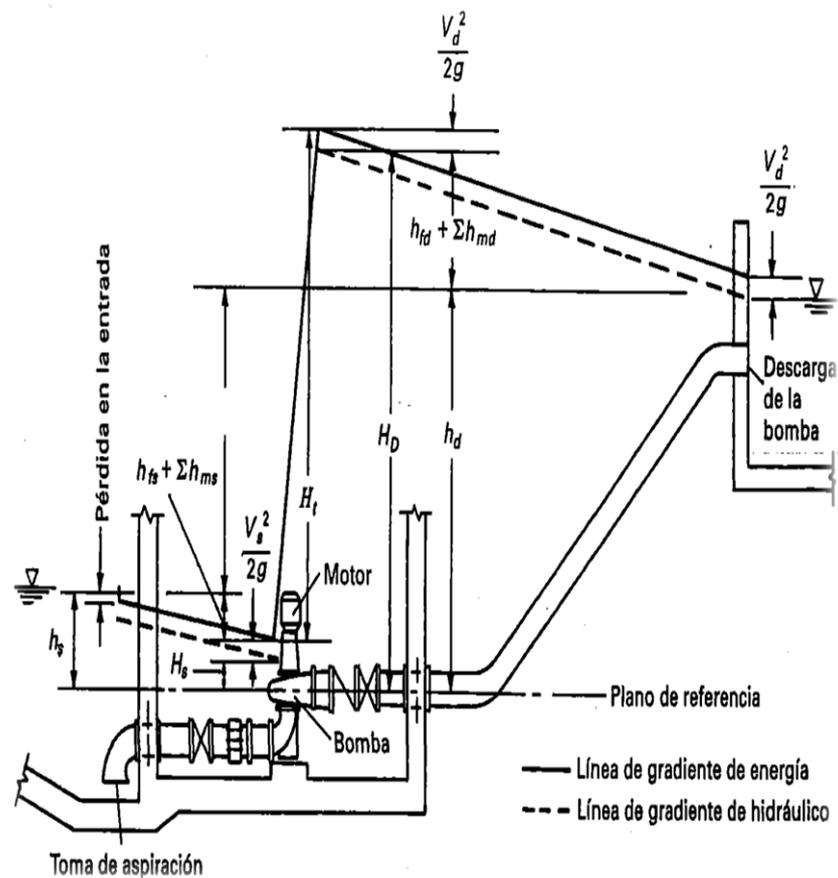
H_f : Pérdida de carga por fricción, *m*.

h_v : Pérdida de carga por velocidad, *m*.

La bomba durante su funcionamiento trabaja con la altura manométrica total, es decir es la altura que necesita otorgar al sistema para vencer las pérdidas del sistema.

Figura 3

Esquema de altura de elevación de una bomba



Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

f. Potencia hidráulica

Según KSB Chile S.A. (2001), la potencia hidráulica es la energía entregada al fluido y se calcula por la siguiente ecuación:

$$P = ADT * \rho * g * Qb \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:



P: Potencia hidráulica, W.

ρ : Densidad del líquido, kg/m.

g: Gravedad, 9.81 m/s².

Q_b: Caudal de bombeo, m³/s.

ADT: Altura dinámica total, m.

g. Potencia de consumo

Para Metcalf & Eddy (1995), es la energía, que requiere la bomba para su normal funcionamiento, es conocida como potencia de Consumo (P_c), que es la energía entregada por la bomba al agua, la cual es calculada mediante la siguiente expresión:

$$P_C = \frac{100 \cdot Q_b \cdot ADT}{75 \cdot \eta_b} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

P_c: Potencia de consumo W.

Q_b: Caudal de bombeo, m³/s.

ADT: Altura dinámica total, m.

η_b : Eficiencia teórica de la bomba, %.

h. Potencia instalada

Para Metcalf & Eddy (1995), el motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia instalada (P_i), la cual es calculada mediante la siguiente expresión.



$$P_i = \frac{100 * Q_b * ADT}{75 * \eta_c} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

P_i : Potencia de consumo, W.

Q_b : Caudal de bombeo, m³/s.

ADT: Altura dinámica total, m.

η_c : Eficiencia del sistema en conjunto bomba - motor, %.

$$\eta_c = \eta_b * \eta_m \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

η_m : Eficiencia teórica del motor, %.

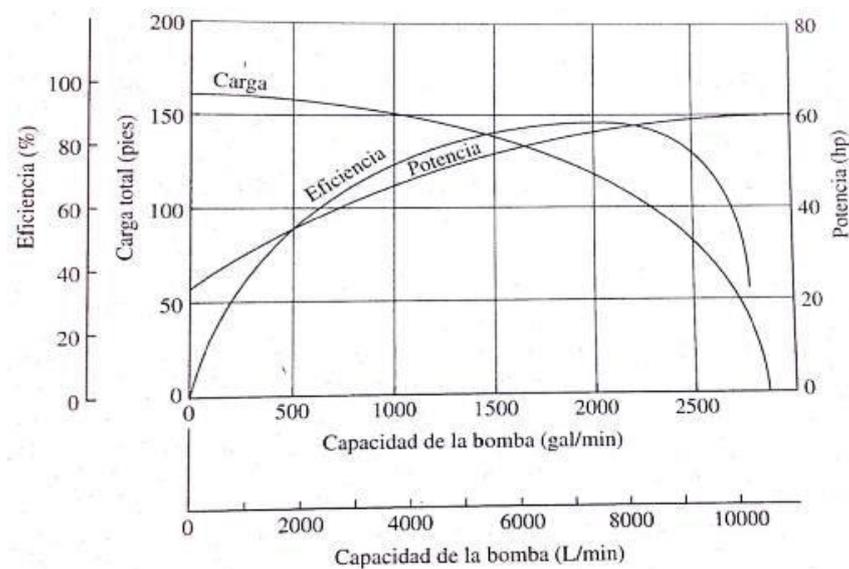
η_b : Eficiencia teórica de la bomba, %.

i. Curva característica de la bomba

Para Metcalf & Eddy (1995), la curva característica de una bomba es una representación gráfica de la altura manométrica a distintos caudales, como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Curva Característica de una Bomba Centrífuga



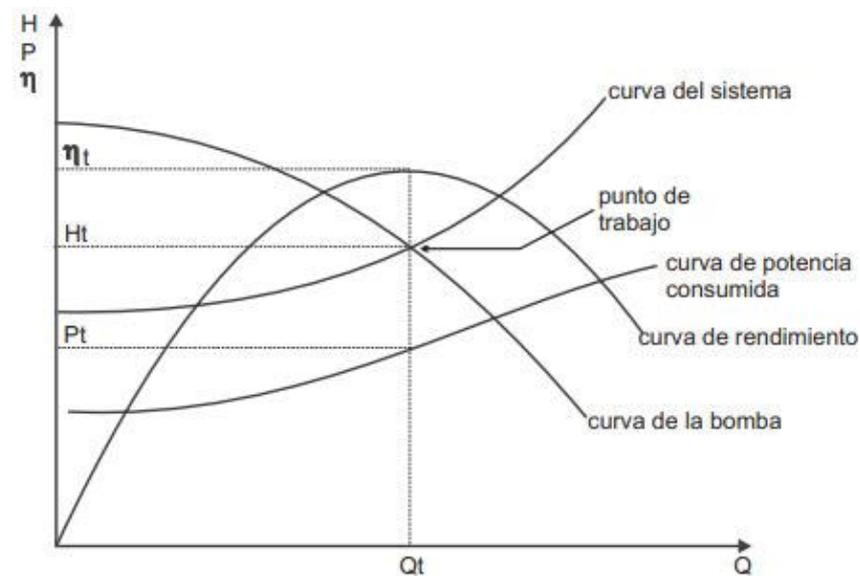
Fuente: Mecánica de fluidos aplicada (Mott, 2006).

j. Curva característica del sistema

Para Metcalf & Eddy (1995), la curva característica del sistema es la representación gráfica de los distintos puntos de altura manométrica total en función de distintos caudales del sistema. La intersección de la curva característica del sistema y de la bomba, como se observa en la figura 5, determinará el punto de trabajo de una bomba en el sistema.

Figura 5

Curva Característica de la Bomba y del Sistema



Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales (Metcalf & Eddy, 1995).

2.2.4 Características de las estaciones de bombeo de aguas residuales

Es necesario estar familiarizado con los conceptos descritos para las condiciones hidráulicas para poder determinar las dimensiones de un sistema de bombeo de agua. El producto de la carga dinámica total (CDT) y el volumen necesario diario están relacionados con la dimensión del sistema. La diferencia entre carga estática (CE) y carga dinámica (CD) es la misma que la adición de CDT. La carga estática se determina mediante mediciones directas y se define como el área vertical; el agua se mueve desde el fondo del pozo hasta la altura donde se libera (Sánchez, 2020).

Cuando el agua está siendo bombardeada, la cantidad total de pozos se confirma por el fenómeno de la absorción, que es el espacio que baja el nivel del agua debido a la constante extracción de pozos. La carga estática se forma por mecanismos hidráulicos. La carga dinámica es el aumento de presión



causado por la resistencia al flujo de agua debido a la rugosidad de las tuberías y sus accesorios, como codos y válvulas. La rugosidad depende del material utilizado en la construcción de las tuberías; las tuberías de acero tienen más fricción que las tuberías de PVC. Además, el diámetro de las tuberías afecta la fricción, lo que significa que las tuberías más estrechas dan como resultado una mayor resistencia (Pedraza, 2018).

El objetivo principal de una estación de bombeo es impulsar las aguas residuales que no pueden ser evacuadas por gravedad hasta los colectores existentes o el emisario submarino. Por esta razón, una estación de bombeo incluye bombas, tanques de almacenamiento, equipos auxiliares, paneles de control, subestaciones eléctricas, plantas de generación de energía alternativa y para asegurar que el agua bombeada no contenga partículas grandes, se debe pretratar con al menos agua primaria. sistemas de tratamiento como rejillas, desarenadores y filtros percoladores. Las características de diseño de las estaciones de bombeo varían dependiendo de las capacidades y métodos de construcción a emplear (Steven, 2018).

2.2.5 Consideraciones para la estación de bombeo

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, estas son las consideraciones a tener en cuenta (Belon, 2022):

- Se debe planificar cada estación teniendo en cuenta el período de diseño.
- Se debe tener en cuenta tanto los flujos máximos como los flujos mínimos de contribución, tal como se especifica en los objetivos del proyecto.



- El volumen de almacenamiento permitirá un tiempo máximo de retención de las aguas residuales de 30 minutos.
- Se deben considerar soluciones inmediatas y adecuadas siempre que el nivel de ruido supere los valores máximos permisibles y/o cause malestar a la población.
- Es necesario que la sala de máquinas cuente con un sistema de drenaje.
- Se requiere una ventilación forzada de al menos 20 renovaciones por hora en todo momento.
- Al diseñar la estación es necesario incluir las acciones necesarias para facilitar el montaje y/o desmontaje de los equipos.
- Es recomendable que la estación disponga de instalaciones sanitarias para el uso del operador.
- El fondo de la cámara húmeda debe estar inclinado hacia la succión de la bomba.
- Si se dispone de una cámara seca, se debe tomar precaución para evitar que se inunde.
- Antes de ingresar a la cámara húmeda, debe haber una cámara de rejilla de fácil acceso y operación en la línea de meta para evitar la entrada de materiales que puedan dañar las bombas.
- Al detener los equipos, es necesario permitir que el agua residual que llega a la estación se elimine mediante desbordamiento. Si no es factible, se debe instalar un generador de emergencia.

Las bombas se eligen con el objetivo de lograr una mayor eficiencia, y para ello se toman en cuenta diversos factores según (Cafaggi, 2021):



- Caracterización de las propiedades y componentes del agua residual.
- Caudales de bombeo (régimen de bombeo).
- Altura dinámica total.
- Tipo de energía a utilizar.
- Categoría de la bomba.
- Número de unidades. (Cada estación debe contar con al menos una bomba de respaldo).
- El diámetro de la tubería de succión debe ser mayor que el diámetro de una tubería de impulsión de tamaño estándar.
- Idealmente, una estación debería contar con dispositivos de amortiguación para prevenir el golpe de ariete.

2.2.6 Componentes de un sistema de bombeo

A pesar de las tuberías que conectan los puntos de origen y destino, el transporte requiere de bombas, instalaciones de almacenamiento y embalses, además de otros elementos reguladores y válvulas medidoras según (Anton, 2020).

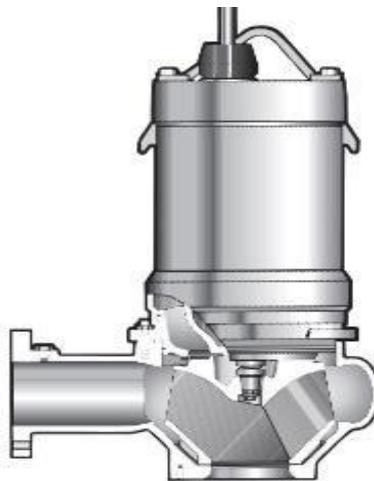
- Cisterna de Bombeo o Tanque enterrado.
- Grupo Generador de Energía y Fuerza motriz.
- Equipo de Bombeo.
- Bombas.
- Tubería de Impulsión.
- Tubería de Succión.
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- Válvulas de regulación y control.

2.2.7 Bombas hidráulicas

Según Almandoz et. al (2007), las bombas son máquinas hidráulicas que convierten la energía mecánica en energía hidráulica con la finalidad de transportar un fluido. En la figura 6 se muestra una bomba típica de aguas residuales.

Figura 6

Equipo de bombeo de aguas residuales



Fuente: Manual de Bombeo de Aguas Residuales (Velasquez, 2019).

2.2.8 Clasificación de bombas hidráulicas

Según Metcalf & Eddy (1995), de acuerdo con Hydraulic Institute, todas las bombas pueden clasificarse en dos grupos básico, las de energía cinética y las de desplazamiento positivo. En la figura 7 se muestra la clasificación de bombas hidráulicas.

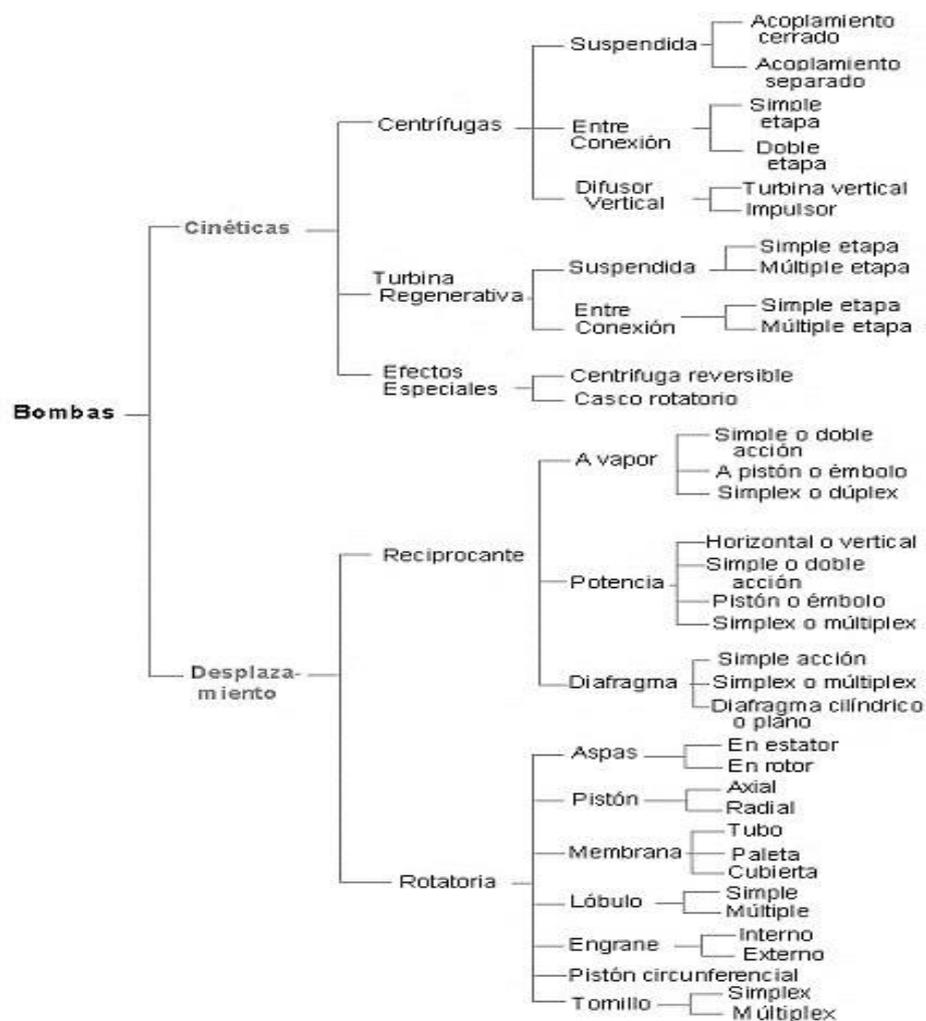
Según Mott (2006), las bombas de tipo cinéticas son aquellas que transfieren energía al fluido a través de la energía mecánica de rotación por

medio de un impulsor. Además, menciona que el tipo de bomba cinética más común es la centrífuga de flujo radial.

Según Zubicaray (2002), el transporte del fluido en las bombas de tipo de desplazamiento positivo, a diferencia de las bombas cinéticas en las que el fluido es impulsado, es encauzado por toda la trayectoria. Además, aclara que el fluido siempre estará confinado entre el impulsor (aspa, diente de engranaje, embolo, etc.) y la carcasa durante su transporte.

Figura 7

Clasificación de bombas hidráulicas



Fuente: Bombas, compresores y ventiladores, (Velasquez, 2019).



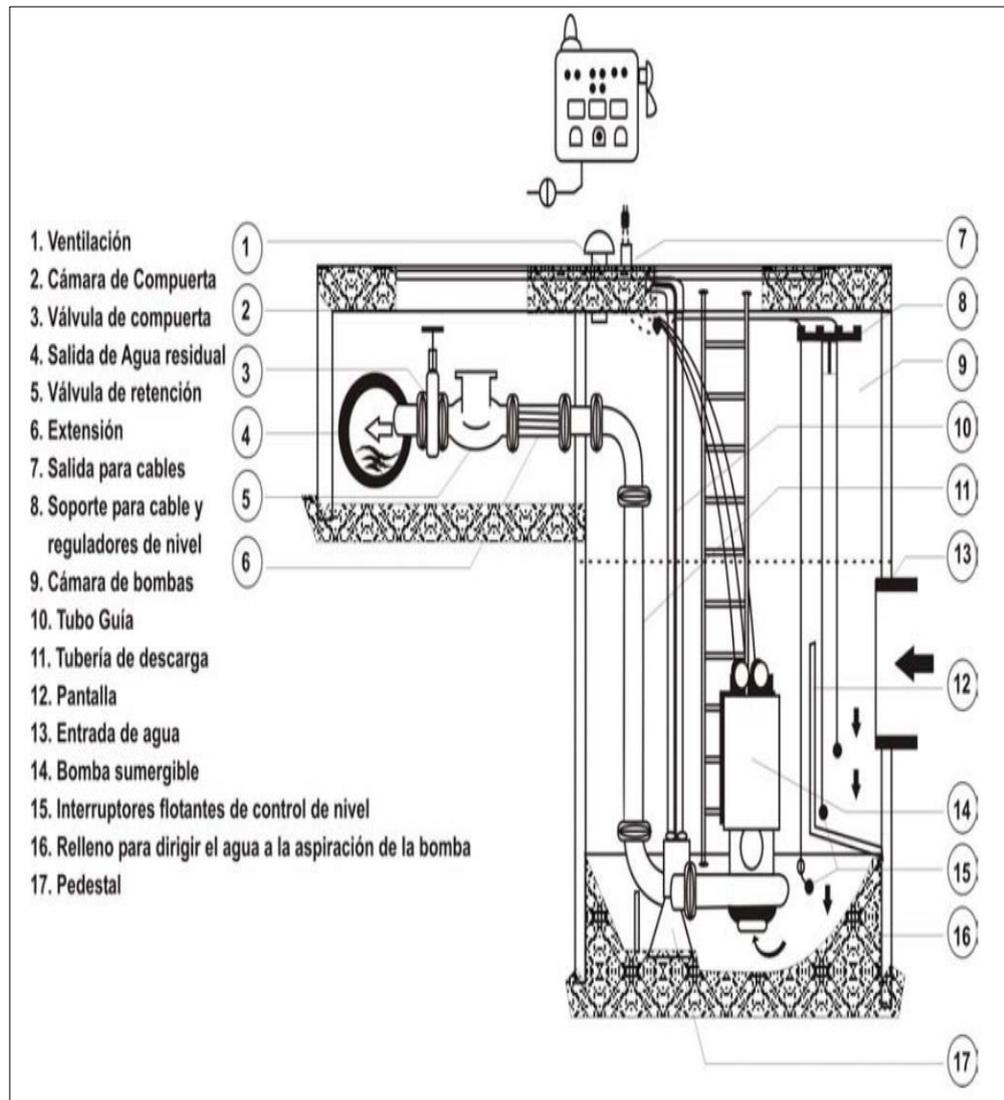
2.2.9 Bombas sumergibles

Estas máquinas tienen la bomba y el motor acoplados de forma compacta, de modo que ambos trabajan sumergidos en el punto de aspiración. En la figura 8 se puede observar que se utilizan principalmente en pozos profundos, donde tienen una ventaja sobre el uso de bombas de eje vertical. Estos últimos tienen la desventaja de una eficiencia relativamente baja, por lo que, aunque el costo es relativamente bajo, el costo de operación es alto debido a su alto consumo energético. Un inconveniente surge del hecho de que, debido al carácter sumergido del motor y de la bomba, no es posible acceder a ninguno de ellos mientras están instalados. Por lo tanto, no se puede realizar el mantenimiento sin detener el proceso de bombeo. Además, los motores sumergibles están diseñados para funcionar a altas velocidades y son máquinas muy duraderas, lo que hace imposible realizar ajustes de velocidad durante el funcionamiento (Huamani, 2018).

Las bombas sumergibles existen en el mercado desde hace muchos años, aunque su uso en redes de alcantarillado se ha visto limitado por los problemas de mantenimiento que conllevan. Sin embargo, este tipo de bombas está equipada con un sistema de sujeción que permite su extracción sin afectar el tubo de descarga, mediante guías por las que se desliza la bomba (Velasquez, 2019).

Figura 8

Estación de bombeo sumergible



Fuente: (Velasquez, 2019)

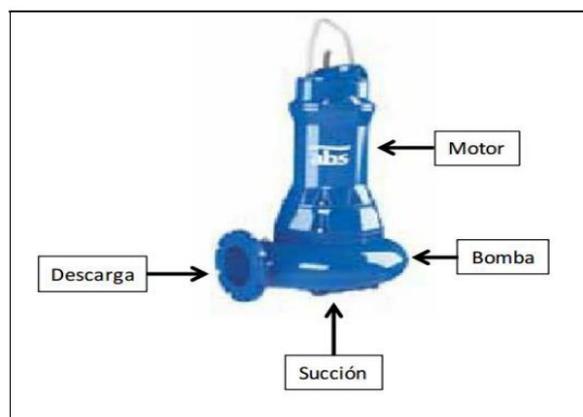
Las bombas sumergibles están diseñadas para funcionar bajo el agua, por lo que requieren que la carcasa de la bomba (donde se encuentra el impulsor) esté sumergida en el fluido para poder bombear. Este tipo de bombas tienen un nivel mínimo sugerido que se debe tener en cuenta en el diseño. Si la cubierta superior está por encima del nivel del líquido, se introduce aire en la

bomba, lo que provoca problemas operativos. Como se muestra en la figura 9, estas bombas cuentan con varios tipos de impulsores, que les permiten generar una amplia gama de rendimiento según el tipo de agua que se bombea y las especificaciones de bombeo. Dado que la bomba se instala en un pozo húmedo, no se requiere una cámara seca, lo que reduce los costos de construcción de la estación de bombeo (Inga, 2022).

Muchos tipos de bombas están disponibles en las estaciones de bombeo, como se mencionó anteriormente. Normalmente, las estaciones de bombeo pequeñas y prefabricadas emplean bombas sumergibles verticales. Es importante considerar en el diseño de las estaciones de bombeo que siempre se debe incluir una bomba de respaldo, normalmente seleccionando bombas idénticas para su funcionamiento. Por tanto, para estaciones de bombeo pequeñas en las que sólo se necesita una bomba, siempre es necesario disponer de dos bombas de idénticas características. Además, en las estaciones en las que se requiera más de una bomba, todas ellas deberán ser idénticas y se deberá mantener una de reserva (Medina, 2017).

Figura 9

Bomba centrífuga sumergible





Fuente: (Medina, 2017).

Se recomienda operar las bombas secuencialmente y cambiar sus modelos de funcionamiento en cada ciclo para que la primera bomba no tenga que trabajar tanto y, en consecuencia, necesite más reparaciones y mantenimiento (Ortega, 2020).

a. Ventajas de la bomba sumergible

- Es posible diseñar grandes estaciones con muchas bombas sumergibles porque hay una gran disponibilidad de estas bombas.
- Una amplia gama de tamaños y características de una bomba de hélice vertical.
- En pozo seco, se puede proteger de inundaciones.
- Reparaciones y mantenimientos se realizan con fácil extracción.
- La superficie de los ejes de transmisión que se requieren.
- Inundaciones naturales provocadas por la entrada de agua.
- Recuperación en tiempos menores.

b. Desventajas de la bomba sumergible

- Tamaños de motor disponibles limitados.
- Mayores costos de adquisición.
- Necesidad de operar con condiciones de sugerencias para la refrigeración.
- Potencial necesidad de un pozo húmedo más amplio y espaciamiento para la bomba.

2.2.10 Bombas centrífugas verticales

En lugar de una voluta, las bombas verticales tienen un difusor axial. Al igual que los tipos anteriores, este tipo de bomba centrífuga también necesita una parte sumergida donde se aspira el líquido y la descarga se conecta directamente a la bomba. A diferencia de versiones anteriores, para su instalación no se necesita cámara seca, lo que reduce los costes de construcción en la estación de bombeo. La figura 10 muestra las partes más importantes de la bomba centrífuga vertical (Totocayo, 2021).

a. Ventajas de la bomba vertical

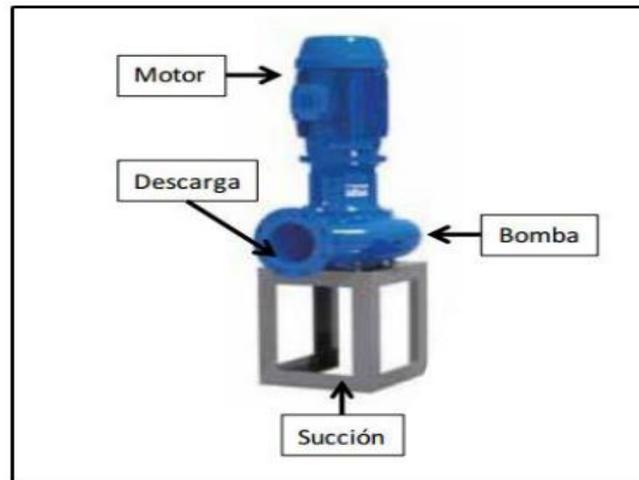
- Bajos requisitos de mantenimiento.
- Accesibilidad cómoda al motor.
- Utilización de ejes motrices de longitud máxima de 12 metros.
- Los rodamientos pueden ser limpiados con agua dulce en lugar de ser lubricados.
- Se necesita un área reducida que sea adecuada para instalar la bomba axial.

b. Desventajas de la bomba vertical

- Rentabilidad incierta de la lubricación con agua.
- Se solicita recomendación sobre la bomba a utilizar en el líquido.
- Se requiere la instalación de dos codos adicionales en el tipo vertical, uno en la entrada y otro en la salida.
- Para acceder a la bomba de manera limitada, es necesario extraer por completo el conjunto de la bomba de la estación.
- El nivel de ruido suele ser superior al de las bombas sumergibles.

Figura 10

Bomba centrífuga vertical



Fuente: (Medina, 2017).

2.2.11 Cavitación

La cavitación ocurre cuando la presión absoluta en la entrada del impulsor cae por debajo de la presión de vapor del fluido bombeado. Como resultado, se forman burbujas de vapor en la entrada del impulsor y luego colapsan mediante implosiones a medida que el fluido se transporta a áreas de mayor presión, pasando a través de las palas del impulsor (Jimenez, 2021).

a. Net Positive Suction Head

NPSH es la sigla de Net Positive Suction Head (Altura de aspiración neta positiva). El NPSH, es un parámetro importante en el diseño de un circuito de bombeo que ayuda a conocer la cercanía de la instalación a la cavitación. Si la presión en algún punto del circuito es menor que la presión de vapor del líquido, este entrará en cavitación. Este fenómeno, similar a la vaporización, puede dificultar o impedir la circulación del líquido, y causar daños en los elementos del circuito (Mott, 2006).



b. Net Positive Suction Head disponible

El NPSH disponible indica la presión disponible para la aspiración de la bomba durante las condiciones predominantes. Esto puede llamarse NPSH de la estación de bombeo. Es una medida de cómo de está el fluido de la cavitación (Mott, 2006).

$$NPSH_{disp} = (H_{atm} - H_{vap}) + H_a - h_a \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

H_{atm} : Altura de presión atmosférica, m.

H_{vap} : Altura de presión de vapor, m.

H_a : Altura de aspiración o carga, m.

h_a : Pérdidas de carga en succión, m.

Tabla 5

Presión atmosférica de altura

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica (Pa)	
m	ft	m	Pa
0	0	10.33	14.69
250	820	10.03	14.26
500	1640	9.73	13.83
750	2640	9.43	13.41
1000	3280	9.13	12.98
1250	4101	8.83	12.55
1500	4291	8.53	12.13
1750	5741	8.25	11.73
2000	6561	8.00	11.38
2250	7381	7.75	11.02
2500	8202	7.57	10.68
2750	9022	7.28	10.35
3000	9842	7.05	10.02
3250	10662	6.83	9.71
3500	11483	6.62	9.42
3750	12303	6.41	9.12
4000	13123	6.2	8.82
4250	13943	5.98	8.52
4500	14764	5.78	8.22

Fuente: Mecánica de fluidos. (Mott, 2006).

Tabla 6

Presión de vapor y carga de presión de vapor de agua

Temperatura °C	Presión de vapor Kpa	Peso específico (kN/m ³)	Carga de presión de valor (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.008894
10	1.228	9.804	0.1253
20	2.338	9.789	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.758
50	12.33	9.69	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.25
80	47.34	9.53	4.967
90	70.1	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

Fuente: Mecánica de fluidos. (Mott, 2006).

c. Net Positive Suction Head requerido

Esto se llama también el valor NPSH de la bomba. Es independiente de la temperatura y del tipo de líquido bombeado. El fabricante debe indicar el NPSH como un valor numérico o una curva (Mott, 2006).

Valor límite requerido, en cierto punto de la instalación, para evitar que el fluido entre en cavitación (Mott, 2006).



2.2.12 Aguas residuales

El agua residual se refiere a la mezcla de desechos y residuos provenientes de instituciones públicas, establecimientos industriales, comerciales y residencias, a los que ocasionalmente se pueden añadir aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Steven, 2018).

2.2.13 Clasificación de aguas residuales

a. Aguas residuales servidas

Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (Belon, 2022).

b. Aguas residuales municipales

Son aguas residuales domésticas que pueden mezclarse con aguas pluviales o con aguas residuales industriales previamente tratadas, para ser aceptadas en sistemas de alcantarillado combinados (Cafaggi, 2021).

c. Aguas residuales industriales

Son los productos que surgen del desarrollo de un proceso productivo, incluidos los derivados de la minería, la agricultura, la energía, la agroindustria, entre otros (Cafaggi, 2021).



2.3 MARCO CONCEPTUAL

Bomba: Dispositivo para aumentar, extraer o comprimir líquidos o gases y propulsarlos en la dirección específica (Jimenez, 2021).

Caudal: El caudal es la cantidad de fluido que fluye a través de un conducto in un intervalo de tiempo dado. También se refiere al flujo volumétrico que atraviesa un área específica en un depósito durante un período de time determinado (Corredor, 2019).

Sistema de bombeo: Se refiere a los componentes que permiten el transporte y almacenamiento de líquidos a través de tuberías, desde el interior de una mina hacia el exterior, con el objetivo de satisfacer la demanda de volumen requerida (Sánchez, 2020).

Potencia: Es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema (Alvarez, 2018).

Aguas residuales: Las aguas residuales están aquellas aguas que han sufrido un deterioro en su calidad debido a la influencia humana. Las aguas residuales consisten en aguas domésticas y urbanas utilizadas, así como en residuos líquidos industriales o mineros desechados, o en aguas que se han mezclado con las mencionadas anteriormente (como aguas pluviales o naturales) (Sánchez, 2020).

Bomba centrífuga: Una bomba centrífuga consta de dos componentes principales: un elemento giratorio que imparte un movimiento de rotación al



líquido y una carcasa que dirige el líquido hacia el impulsor y la salida (Corredor, 2019).

Estación de bombeo: Las estaciones de bombeo son estructuras diseñadas para elevar un fluido desde un nivel de energía inicial a un nivel de energía superior. La finalidad de una estación de bombeo es elevar agua, por lo tanto, dentro de una estación se incluyen tanto las bombas como sus equipos auxiliares (Steven, 2018).

Sistema de Bombeo: Las estaciones de bombeo con bomba sumergible llevan muchos años disponibles en el mercado, sufriendo importantes mejoras al incorporar un sistema de fijación que permite su extracción sin afectar al tubo de impulsión, a través de guías por las que se desliza la bomba (Jimenez, 2021).

Tubería de impulsión: Para alturas manométricas de 30 m o más, se requieren bombas con velocidades de descarga que excedan los valores indicados. Se sugiere que el diámetro de la tubería de aspiración sea de una o dos veces el diámetro de la boquilla de aspiración de la bomba, y que el conducto de descarga sea al menos el doble del diámetro de la boquilla de descarga de la bomba (Steven, 2018).

CAPÍTULO III

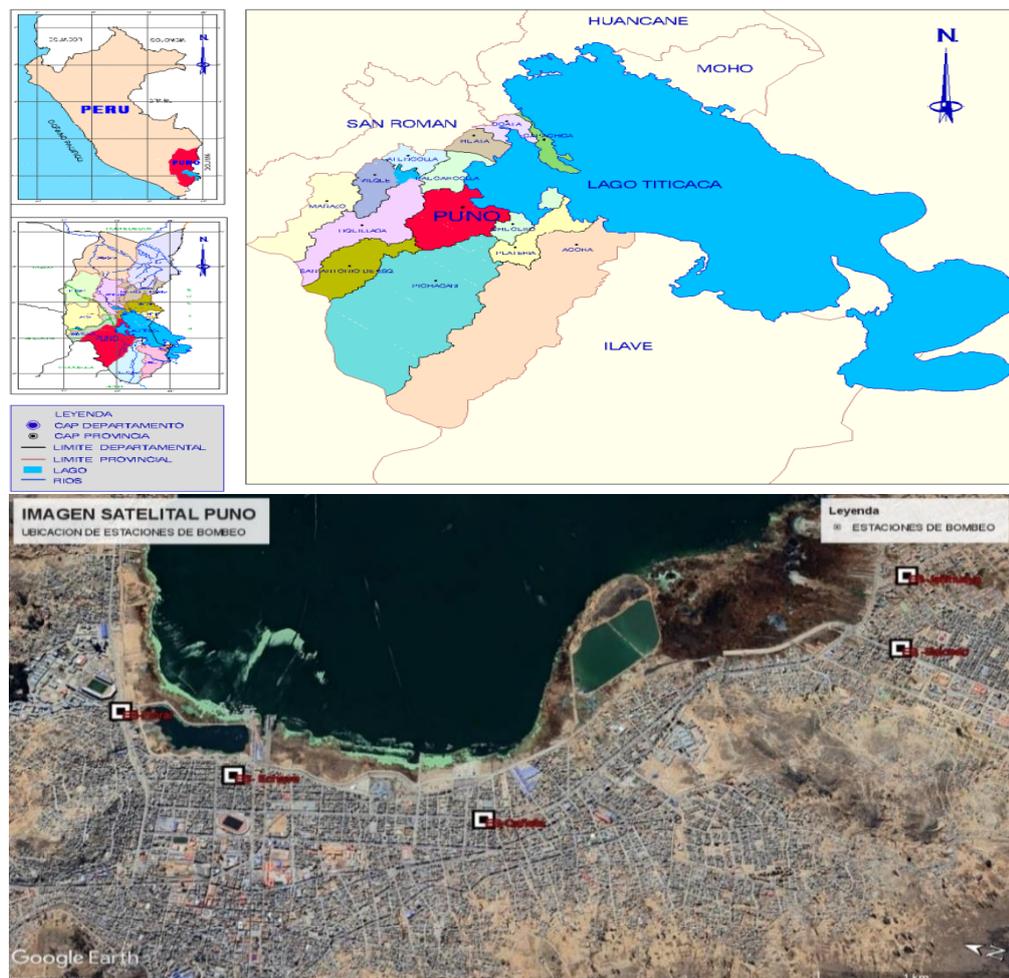
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se efectuó en la ciudad de Puno; está ubicado en el distrito, provincia y departamento de Puno, y se asienta a orillas del lago Titicaca, el lago navegable más alto del mundo a una altitud de 3827 msnm. (Gonzales, 2019).

Figura 11

Ubicación de la zona en estudio



Fuente: Elaboración propia.

3.1.1 Delimitación de estudio

Según Jimenez (2021), este proyecto de investigación examinará el desempeño de las cinco estaciones de bombeos ubicadas dentro del centro de Puno: La estación de bombeo Floral, la estación de bombeo Echave, la estación de bombeo Cañete, la estación de bombeo Jallihuaya y la estación de bombeo Salcedo. A todas las áreas se les ha dado un conjunto de coordenadas y la investigación irá de lo general a lo específico para sintetizar datos y obtener información sobre el funcionamiento de los equipos de bombeo.

3.1.2 Vías de comunicación y accesibilidad

Tabla 7

Vía de acceso para el proyecto de investigación

Vía Terrestre	Vía Aérea	Vía Férrea
Distancia Terrestre: 1,324 km desde Lima a Arequipa a Juliaca a Puno. Se realiza 18 horas en automóvil	Hay vuelos frecuentes a Juliaca tanto desde Lima (una hora y 45 minutos). Y desde Arequipa (a través de una escala intermedia) (25 minutos).	Distancia del recorrido de: 384 km desde Cusco – Puno. Se realiza en 10 horas.

Fuente: (Jimenez, 2021).

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio sigue un diseño no experimental porque simplemente observa el fenómeno tal como ocurre en su entorno natural. Los estudios en el diseño de la investigación no experimental son aquellos en los que los fenómenos se observan y analizan en su entorno natural, sin ninguna manipulación deliberada de los factores. Quienes realizan la investigación toman nota de las condiciones preexistentes en lugar de provocarlas deliberadamente. No hay forma de controlar o manipular las variables



independientes en la investigación no experimental porque ocurren de forma natural; los investigadores carecen de control directo sobre tales variables y no pueden influir en ellas porque los eventos que las originaron ya han ocurrido (Villanueva, 2014).

Las formaciones explicativas pretenden establecer las causas de los hechos y fenómenos objeto de estudio, yendo más allá de las simples explicaciones para establecer vínculos causales entre ideas. Esto significa que están orientados a dar respuesta a interrogantes sobre el origen de los fenómenos sociales y físicos. Su enfoque, como su nombre lo indica, está en iluminar las razones detrás de un fenómeno y las condiciones en las que se expresa o vincula (Sampieri, 2018).

Crear relaciones de causa y efecto requiere registrar las razones detrás de los eventos. Las aplicaciones explicativas de este conocimiento pueden enfocarse en identificar y analizar causas potenciales (investigación post-tacto) o identificar y analizar resultados potenciales (investigación experimental) usando el método de prueba de hipótesis, que establecen la más amplia base de conocimientos (Arias, 2018).

El estudio actual adopta un enfoque cuantitativo ya que recopila datos como un caudal a lo largo del tiempo para ser analizados y, como resultado, calcula un análisis de eficiencia de las estaciones de bombeo. Este tipo de pensamiento implica sacar conclusiones amplias para reducir las explicaciones específicas. Para aplicarlos a soluciones o eventos específicos, la metodología primero realiza un análisis de postulados, teorías, leyes, principios, etc. universalmente aplicables y validados empíricamente (Torres, 2014).

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.3.1 Técnicas

Las principales técnicas utilizadas para recolectar información en esta investigación fueron fichas técnicas elaboradas. Estas herramientas se utilizaron para recopilar datos sobre las estaciones de bombeo, que sirvieron de base para este estudio. Además, se empleó la técnica de la observación durante las visitas a las instalaciones de las estaciones de bombeo, permitiendo recolectar datos sobre equipos y materiales, funcionalidad y disposición de los establecimientos. El proceso y análisis de datos comenzó con la estructuración, que implicó organizar y transcribir la información. Luego se inició el análisis de la información, para la creación de una base de datos y su análisis.

Para el procesamiento y análisis de los datos recopilados sobre los caudales de las estaciones de bombeo de aguas residuales, se emplearon dispositivos para obtener dichos caudales de bombeo. Además, se examinará la información recopilada para evaluar su autenticidad y nivel de confiabilidad, junto con otros datos esenciales para llevar a cabo este estudio. Otra técnica utilizada es la revisión bibliográfica de tesis, artículos científicos, libros y páginas en línea, entre otros recursos.

Las técnicas de recolección de datos utilizadas en la investigación fueron las empleadas por el método de estadística descriptiva, a saber:

- Observación para procedimiento de campo.
- Recolección de datos de campo.
- La clasificación de la información según fichas técnicas.



- Análisis de datos y medición.
- Evaluación y discusión de los resultados.

3.3.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la recolección de la información de la investigación, fueron los siguientes:

- Computadora Portátil.
- Celular Portátil.
- Flujómetro (medición de caudales).
- Pinza Amperimétrica (parámetros eléctricos).
- Hojas de fichas técnicas.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

La población de estudio está constituida por las estaciones de bombeo operativas administradas por EMSA Puno en el distrito, provincia y departamento de Puno.

3.4.2 Muestra

La muestra de estudio está compuesta por 05 estaciones de bombeo; sin embargo, se ha utilizado un método de muestreo no probabilístico de conveniencia. Por lo tanto, la muestra representa la misma población especificada, en este caso, dentro del distrito de Puno, provincia de Puno, en el departamento de Puno.

3.5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.5.1 Determinar el estado situacional de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023

a) Procedimiento de campo

Actividad 1: Información recolectada en campo sobre las estaciones de bombeo

- **Acción 1:** Se recopiló información de campo de las estaciones de bombeo administradas por el EMSA Puno, mediante fichas técnicas. Ver anexo 1.

Actividad 2: Inspecciones visuales y levantamiento de información de las estaciones de bombeo

- **Acción 1:** Se realizó visitas técnicas a las instalaciones; donde se tomará la información técnica de las estaciones de bombeo. Generando un inventario de bienes. Ver anexo 1.

Figura 12

Ubicación de la EBAR Jallihuaya



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13

Ubicación de la EBAR Salcedo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14

Ubicación de la EBAR Floral



Fuente: Elaboración propia.

- **Acción 2:** Se levanto información acerca del contexto operativo actual del sistema de bombeo. Ver anexo 2.



Actividad 3: Medición del sistema de bombeo del tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles.

- **Acción 1:** Se midió el caudal de bombeo con un equipo flujómetro, a todas las estaciones de bombeo. La toma de datos de información se realizó en fichas técnicas. Ver anexo 2.
- **Acción 2:** Se midió los parámetros eléctricos con un equipo de pinza amperimétrica, a las estaciones de bombeo. La toma de datos de información se realizó en fichas técnicas. Ver anexo 2.

b) Procedimiento de gabinete

Actividad 1: Revisión de bibliografía y manuales acerca de estaciones de bombeo

Se verifica la literatura que se considerará para la referencia bibliográfica respecto a estaciones de bombeo y demás; los que se desarrolló en el capítulo del marco teórico, en la presente investigación.

Actividad 2: Diagnóstico del estado situacional de las estaciones de bombeo

Se realizó el diagnóstico de los principales parámetros del sistema de bombeo existente. Y se concluye que el estado situacional de las estaciones de bombeo administradas por EMSA Puno, por la vida útil ya la mayoría ya cumplió su etapa, por ende, el volumen útil de estas ya es insuficientes, el tiempo de retención son prolongados, por diversos factores técnicos.

3.5.2 Analizar los parámetros hidráulicos de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023

a) Procedimiento de campo:

Primera etapa: Información sobre las estaciones de bombeo.

Los datos generales corresponden a la EBAR Porteño

Tabla 8

Datos generales de la EBAR

1. Datos generales:			
Contribución promedio de desagüe	Qpd	21.307	[L/s]
Coefficiente de Variación Horaria (mínima)	Kmin	0.5000	
Coefficiente de Variación Horaria (según CASO)	K2	1.8872	
Contribución máximo horario o contribución máxima	Qmh	40.211	[L/s]
Contribución mínima de desagüe	Qmin	10.654	[L/s]
Periodo de retención mínimo	^t RetMin	5.00	[min]
Periodo de retención máximo	^t RetMax	30.00	[min]

Fuente: Elaboración propia

b) Procedimiento de gabinete:

Primera etapa: Se calcula el caudal de bombeo y volumen útil.

- **Primer paso:** Calcular relación de caudales empleando.

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$K = \frac{40.211 \text{ (l/s)}}{10.654 \text{ (l/s)}} = 3.77$$

- **Segundo paso:** Calcular coeficiente de cálculo usando.

$$a = \frac{t_1}{t} \quad (\text{Ecuación 3})$$



$$a = \frac{30}{5} = 6.00$$

- **Tercer paso:** Planteando la ecuación cuadrática.

$$(K - a) k_1^2 + (a - K^2) k_1 + K (K - 1) (1 + a) = 0 \quad (\text{Ec.1})$$

- **Cuarto paso:** Se cumple la desigualdad.

$$(a - k^2)^2 > 4(K - a)k(k - 1)(1 + a)$$

$$(6.00 - 3.77^2)^2 > 4(3.77 - 6.00) * 3.77 * (3.77 - 1)(1 + 6.00)$$

$$68.00 > -652.56$$

- **Quinto paso:** Coeficientes del polinomio.

$$\text{Coef 1: } (K - a)k_1^2 = (3.77 - 6.00)k_1^2$$

$$\text{Coef 1: } (K - a)k_1^2 = -2.23k_1^2$$

$$\text{Coef 2: } (a - K^2) k_1 = (6.00 - 3.77^2) k_1$$

$$\text{Coef 2: } (a - K^2)k_1 = -8.25 k_1$$

$$\text{Coef 3: } K (K - 1) (1 + a) = 3.77 (3.77 - 1) (1 + 6.00)$$

$$\text{Coef 3: } K (K - 1) (1 + a) = 73.30$$

- **Sexto paso:** Raíces del polinomio.

$$k_1 = 4.18 \quad \text{y} \quad k_1 = -7.88$$

- **Séptimo paso:** Coeficiente K1 seleccionado.

$$k_1 = 4.18$$

- **Octavo paso:** Caudal de bombeo.

$$Q_b = k_1 * Q_{min} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Q_b = 4.18 * 10.654 = 44.51 \text{ (l/s)}$$

- **Noveno paso:** Volumen útil de la cámara de bombeo.

$$V_{util} = t_{min} * Q * \left(\frac{k_1 - 1}{k_1 + K - 1} \right) \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$V_{util} = 5.00 \text{ (min)} * 44.51 \text{ (l/s)} * \left(\frac{4.18 - 1}{4.18 + 3.77 - 1} \right)$$

$$V_{util} = 5,514.19 \text{ (l)} = 5.51 \text{ (m}^3\text{)}$$

Tabla 9*Resumen de caudal de bombeo y volumen útil*

Resumen de caudales y volumen útil	
Volumen útil máximo:	V _{útil} = 5.51 [m ³]
Caudal de Bombeo calculado:	Q _b = 44.51 [L/s]

Fuente: Elaboración propia.

Segunda etapa: Verificación del periodo de retención.

- **Primer paso:** Tiempo mínimo de llenado.

$$t_{MinLle} = \left(\frac{V_{útil}}{Q_{mh}} \right) \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$t_{MinLle} = \frac{5,514.19 (l)}{40.211 (l/s)} = 137.13 (s) = 2.29 (min)$$

- **Segundo paso:** Tiempo máximo de llenado.

$$t_{MaxLle} = \left(\frac{V_{útil}}{Q_{min}} \right) \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$t_{MaxLle} = \frac{5,514.19 (l)}{10.654 (l/s)} = 517.59 (s) = 8.63 (min)$$

- **Tercer paso:** Tiempo mínimo de bombeo.

$$t_{MinBom} = \left(\frac{V_{útil}}{Q - Q_{min}} \right) \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$t_{MinBom} = \frac{5,514.19 (l)}{44.51 (l/s) - 10.654 (l/s)} = 162.87 (s) = 2.71 (min)$$

- **Cuarto paso:** Tiempo máximo de bombeo.

$$t_{MaxBom} = \left(\frac{V_{útil}}{Q - Q_{mh}} \right) \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$t_{MaxBom} = \frac{5,514.19 (l)}{44.51 (l/s) - 40.211 (l/s)} = 1,282.54 (s) = 21.38 (min)$$

- **Quinto paso:** Periodo de retención mínimo.

$$t_{RetMin} = t_{MinLle} + t_{MinBom} \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$t_{RetMin} = 2.29 (min) + 2.71 (min) = 5.00 (min)$$

- **Sexto paso:** Periodo de retención máximo.

$$tRetMax = tMaxLle + tMaxBom \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$tRetMax = 8.63 \text{ (min)} + 21.38(\text{min}) = 30.00 \text{ (min)}$$

- **Séptimo paso:** Tiempo mínimo entre paradas del sistema.

$$tParada_min = tMaxLle + tMinBom \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$tParada_min = 8.63 \text{ (min)} + 2.71(\text{min}) = 11.00 \text{ (min)}$$

- **Octavo paso:** Tiempo máximo entre paradas del sistema.

$$tParada_max = tMinLle + tMaxBom \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$tParada_max = 2.29 \text{ (min)} + 21.38(\text{min}) = 24.00 \text{ (min)}$$

- **Noveno paso:** Número mínimo de arranques por hora.

$$Narr_min = \frac{60}{tParada_max} \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$Narr_min = \frac{60}{24} = 3 \text{ (veces/hora)}$$

- **Decimo paso:** Número máximo de arranques por hora.

$$Narr_max = \frac{60}{tParada_min} \quad (\text{Ecuación 25})$$

$$Narr_max = \frac{60}{11} = 5 \text{ (veces/hora)}$$

Tabla 10

Resumen del periodo de retención de llenado y bombeo

Resumen del periodo de retención			
Tiempo Mínimo de Arranque:	tmin	=	5.00 [min]
(periodo de retención mínimo)	tiempo mínimo de llenado	=	2.29 [min]
	tiempo mínimo de bombeo	=	2.71 [min]
Tiempo Máximo de Arranque:	tmax	=	30.00 [min]
(periodo de retención máximo)	tiempo máximo de llenado	=	8.63 [min]
	tiempo máximo de bombeo	=	21.38 [min]

Fuente: Elaboración propia.

Tercera etapa: Dimensionamiento de los elementos hidráulicos.

- **Primer paso:** Tener en cuenta las condiciones del sistema de bombeo.

Tabla 11

Consideraciones iniciales para el sistema de bombeo

Consideraciones iniciales	
Tipo de bomba	Sumergible
Caudal de bombeo total	44.51 [L/s]
Nº de equipos en operación (en paralelo)	1
Q bombeo / equipo	44.51 [L/s]

Fuente: Elaboración propia.

Cuarta etapa: Dimensionamiento de Succión y Descarga inicial.

- **Primer paso:** Selección del diámetro de la línea de succión y descarga inicial. La descarga se realizará por una línea de material: Hierro dúctil ISO 2531 Clase de tubería K9.

Tabla 12

Valor de velocidad según diámetro para tubería de descarga

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)
100	118	6.10	105.80	5.06
125	144	6.00	132.00	3.25
150	170	6.30	157.40	2.29
200	222	6.40	209.20	1.29
250	274	6.80	260.40	0.84
300	326	7.20	311.60	0.58

Fuente: Elaboración propia.

- **Segundo paso:** En la línea de descarga se ha optado tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s. Por lo consiguiente se



considera las siguientes características:

Coeficiente de Hazen - Williams	C= 120.00
Diámetro interno en descarga inicial	Di.desc= 157.40[mm]
Longitud de descarga inicial	L.desc= 4.65 [m]
Caudal	Qsuc.desc=44.51 [L/s]
Velocidad en succión	Vsuc= 0.00 [m/s]
Velocidad en descarga inicial	Vdesc= 2.29 [m/s]

- **Tercer paso:** Cálculo de las pérdidas de carga por fricción según la siguiente ecuación:

$$hf = 10.648 \left(\frac{1}{C}\right)^{1.852} \left(\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}\right) * L \quad (\text{Ecuación 6})$$

- **Cuarto paso:** Cálculo de las pérdidas de carga en la succión

$$hfd1 = 10.648 \left(\frac{1}{C}\right)^{1.852} \left(\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}\right) * L$$

$$hfd1 = 10.648 \left(\frac{1}{120}\right)^{1.852} \left(\frac{44.51^{1.852}}{0.00^{4.871}}\right) * 0.00 = 0.00$$

- **Quinto paso:** Cálculo de las pérdidas de carga en la descarga

$$hfd2 = 10.648 \left(\frac{1}{C}\right)^{1.852} \left(\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}\right) * L$$

$$hfd2 = 10.648 \left(\frac{1}{120}\right)^{1.852} \left(\frac{44.51^{1.852}}{157.40^{4.871}}\right) * 4.65 = 0.18 (m)$$

- **Sexto paso:** Considerar valores de las pérdidas de carga locales en la succión y descarga de accesorios.

Tabla 13

Valor de pérdidas de carga locales de accesorios en succión

Pérdidas de carga locales (hLd)		Succión		Descarga inicial	
Accesorios	K	Cantidad	Sub Total	Cantidad	Sub Total
Reducción	0.15	0	0.00	1	0.15
Codo 45°	0.20	0	0.00	0	0.00
Codo 90°	0.40	0	0.00	2	0.80
Tee de paso directo	0.40	0	0.00	0	0.00
Válvula compuerta abierta	0.20	0	0.00	1	0.20
Yee (paso desvío)	1.80	0	0.00	0	0.00
Válvula Check	2.50	0	0.00	1	2.50
Total coeficiente de pérdida		Ksuc =	0.00	Kdesc =	3.65
Total pérdida de carga local (hLd) [mca]		Ksuc(V ² /2g) =	0.00	Kdesc(V ² /2g) =	0.98

Fuente: Elaboración propia.

- **Séptimo paso:** Cálculo de las pérdidas de carga locales en la succión y descarga.

$$h_l = K * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$h_{lds} = K_{suc} * \frac{V_{suc}^2}{2g} = 0.00 * \frac{0.00^2}{2g} = 0.00$$

$$h_{ldd} = K_{desc} * \frac{V_{des}^2}{2g} = 3.65 * \frac{2.29^2}{2(9.81)} = 0.98m$$

- **Octavo paso:** Cálculo de las pérdidas de carga en la succión y descarga inicial

$$hd = hfd1 + hfd2 + hLds + hLdd \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$hd = 0.00 + 0.18 + 0 + 0.98 = 1.16 m$$

Quinta etapa: Dimensionamiento de árbol de descarga.

- **Primer paso:** Selección diámetro del árbol de descarga. La descarga con material: Hierro dúctil ISO 2531 Clase de tubería K9.

Tabla 14*Valor de velocidad según diámetro para árbol de descarga*

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)
150	170.0	6.3	157.4	2.29
200	222.0	6.4	209.2	1.29
250	274.0	6.8	260.4	0.84
300	326.0	7.2	311.6	0.58
350	378.0	7.7	362.6	0.43
400	429.0	8.1	412.8	0.33

Fuente: Elaboración propia.

- **Segundo paso:** En la línea de árbol de descarga se ha optado tener una velocidad 1.50m/s. Por lo consiguiente se considera:

Coeficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro	Di=	209.20 [mm]
Longitud	L=	8.60 [m]
Caudal	Qb=	44.51 [L/s]
Velocidad en árbol	Varb=	1.29 [m/s]

- **Tercer paso:** Cálculo de las pérdidas de carga en árbol de descarga

$$h_{farb} = 10.648 \left(\frac{1}{C}\right)^{1.852} \left(\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}\right) * L$$

$$h_{farb} = 10.648 \left(\frac{1}{120}\right)^{1.852} \left(\frac{44.51^{1.852}}{209.20^{4.871}}\right) * 8.60 = 0.08 (m)$$

- **Cuarto paso:** Considerar valores de las pérdidas de carga locales en el árbol de descarga de accesorios.

Tabla 15

Valor de pérdidas de carga locales de accesorios en árbol

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Yee (paso desvío)	1.80	1	1.80
Tee (Válv. Aire o paso)	0.40	3	1.20
Válv. Comp. abierta	0.20	2	0.40
Codo 45°	0.40	0	0.00
Válvula Check	2.00	1	2.00
Reducción	0.30	1	0.30
Caudalímetro	0.20	1	0.20
Total coeficiente de pérdida		K=	5.90
Total de pérdida de carga local (hLarb)		$K(V^2/2g) =$	0.50

Fuente: Elaboración propia.

- **Quinto paso:** Cálculo de las pérdidas de carga locales en árbol descarga.

$$h_{larb} = K_{arb} * \frac{V_{arb}^2}{2g} = 5.90 * \frac{1.29^2}{2(9.81)} = 0.50 \text{ m}$$

- **Sexto paso:** Cálculo de las pérdidas de carga en árbol principal.

$$h_{arb} = h_{farb} + h_{Larb} \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$h_{arb} = 0.08 + 0.50 = 0.58 \text{ m}$$

Sexta etapa: Dimensionamiento de la Línea de Impulsión.

- **Primer paso:** Consideraciones para el dimensionamiento:

Nivel de salida (de la tubería) CINI 3,951.35[msnm]

Nivel máximo de descarga (de tubería) CLL 3,953.25[msnm]

Longitud de la Línea de Impulsión Limp 250.00 [m]

Material de la tubería a usar PEAD



Caudal de Bombeo Qb 44.51 [L/s]

Tiempo de bombeo X 18 horas

- **Segundo paso:** Selección del diámetro según fórmula de BRESSE.

$$D_{com} = R \left(\frac{X}{24} \right)^{0.25} * Q_b^{0.50} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Donde:

R: Coeficiente de (0.7 - 1.6) recomendable R=1.3

X: Número de horas de bombeo (horas)

Qb=Caudal de bombeo, l/s

$$D_{com} = 1.3 * \left(\frac{18}{24} \right)^{0.25} * 44.51^{0.50} = 255.23 \text{ (mm)}$$

- **Tercer paso:** Selección del diámetro de impulsión. La impulsión se realizará por una línea de material: PEAD Clase de tubería PN-12.50. En este paso se evaluarán los diámetros con el criterio de velocidades en un rango de <0.60 - 3.00> m/s

Tabla 16

Valor de velocidad según diámetro para línea impulsión

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)
160	160	11.80	136.40	3.05
200	200	14.17	171.66	1.92
250	250	18.40	213.20	1.25
280*	280*	20.60	-	-
315	315	23.20	268.60	0.79
355	355	26.10	302.80	0.62

Fuente: Elaboración propia.

- **Cuarto paso:** En la línea de impulsión; se utilizará el diámetro más cercano a lo calculado. Por lo consiguiente se considera las siguientes características:

Coefficiente de Hazen - Williams	C= 130.00
Diámetro	D _{imp} = 213.20 [mm]
Longitud	L _{imp} = 250.00 [m]
Caudal	Q _b = 44.51 [L/s]
Velocidad en impulsión	V _{imp} = 1.25 [m/s]

- **Quinto paso:** Cálculo de las pérdidas de carga en árbol de descarga

$$hf_{Tub} = 10.648 \left(\frac{1}{C} \right)^{1.852} \left(\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} \right) * L$$

$$hf_{Tub} = 10.648 \left(\frac{1}{130} \right)^{1.852} \left(\frac{44.51^{1.852}}{213.20^{4.871}} \right) * 250.00 = 1.89 \text{ (m)}$$

- **Sexto paso:** Considerar valores de las pérdidas de carga locales en el árbol de descarga de accesorios.

Tabla 17

Valor de pérdidas de carga locales de accesorios en impulsión

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Codo 90°	0.90	0	0.00
Codo 45°	0.40	3	1.20
Codo 30°	0.30	7	2.10
Válvula de alivio	2.50	0	0.00
Tee (Válv. Aire o paso)	0.40	4	1.60
Total de coeficiente de pérdida		K=	4.90
Total de pérdida de carga local (hLTub)		K(V ² /2g) =	0.39

Fuente: Elaboración propia.

- **Octavo paso:** Cálculo de las pérdidas de carga locales en árbol descarga.



$$h_{LTub} = K_{Ltub} * \frac{V_{LTub}^2}{2g} = 4.90 * \frac{1.25^2}{2(9.81)} = 0.39 \text{ m}$$

- **Noveno paso:** Cálculo de las pérdidas de carga en árbol principal.

$$h_{Tub} = h_{fTub} + h_{LTub} \quad (\text{Ecuación 29})$$

$$h_{arb} = 1.89 + 0.39 = 2.28 \text{ m}$$

Octava etapa: Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT).

- **Primer paso:** Consideraciones para el dimensionamiento:

Nivel de terreno de la EBAR	CTEBAR	3,952.65[msnm]
Profundidad EBAR	HEBAR	4.80 [m]
Nivel de Fondo EBAR	CFEBAR	3,947.85[msnm]
Nivel de succión	Nsuc	3,948.75[msnm]
Altura geométrica	HLimp	4.50 [m]
Carga de entrega	Ps	0.00 [m]
Nivel mínimo de succión		3,948.75[msnm]
Cota de descarga		3,953.25[msnm]
Diferencia de alturas geométricas	Hg	4.50 [m]

- **Segundo paso:** Resumen de pérdidas de carga (H)

Pérdida de carga en succión y descarga inicial (Hd)

$$\text{Pérdida por fricción} \quad h_{fd} = 0.18 \quad [\text{m}]$$

$$\text{Perdida de carga por accesorio} \quad h_{Ld} = 0.98 \quad [\text{m}]$$

$$\text{Perdida de carga total en árbol principal} \quad H_d = 1.16 \quad [\text{m}]$$

Pérdida de carga en árbol principal (Harb)

$$\text{Pérdida por fricción} \quad h_{farb} = 0.08 \quad [\text{m}]$$

$$\text{Perdida de carga por accesorio} \quad h_{Larb} = 0.50 \quad [\text{m}]$$

$$\text{Perdida de carga total en árbol principal} \quad H_{arb} = 0.58 \quad [\text{m}]$$

Pérdida de carga en la línea de impulsión (HTub)



Pérdida por fricción $hf_{Tub} = 1.89$ [m]

Perdida de carga por accesorio $hL_{Tub} = 0.39$ [m]

Perdida de carga total en línea de impulsión $H_{tub} = 2.28$ [m]

- **Tercer paso:** Cálculo de perdidas cargas totales (H)

$$H = H_d + H_{arb} + H_{tub} \quad (\text{Ecuación 30})$$

$$H = 1.16 + 0.58 + 2.28 = 4.02 \text{ (m)}$$

- **Cuarto paso:** Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT)

$$ADT = H + P_s + H_g \quad (\text{Ecuación 31})$$

$$ADT = 4.02 + 0.00 + 4.50 = 8.52 \text{ (m)}$$

3.5.3 Determinar la eficiencia de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles de las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023

a) Procedimiento de campo:

Primera etapa: Se recopila información del sistema existente.

- **Primer paso:** Se recopila información sobre las bombas hidráulicas de trabajo, mediante las fichas técnicas en el anexo 1.
- **Segundo paso:** Información de la placa del motor eléctrico, mediante fichas técnicas en el anexo 2.

Segunda etapa: Se determina la ADT y Q diseño de las EBARs.

- **Primer paso:** Se recopila los cálculos realizados de ADT de todas las estaciones.
- **Segundo paso:** Se recopila información de las eficiencias. Y los cálculos realizados para el caudal de bombeo.

b) Procedimiento de gabinete:

Primera etapa: Dimensionamiento del equipo de bombeo.

- **Primer paso:** Consideraciones para el dimensionamiento:

Altura geométrica $H_g = 4.50$ [m]

Altura dinámica total $ADT = 8.52$ [m]

Número de grupos de bombeo (en paralelo) $N_{op} = 1$

Número de equipos en operación (en serie) $N_{ops} = 1$

Número de grupos en reserva (en paralelo) $N_{res} = 1$

Número total de equipos de bombeo $N_{eq} = 2$

Caudal de Bombeo Total (en la estación) $Q_{bt} = 44.51$ [L/s]

Caudal de Bombeo Unitario (por cada bomba) $Q_{bu} = 44.51$ [L/s]

- **Segundo paso:** Se determino la potencia teórica por la bomba.

$$P = ADT * \rho * g * Q_b \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$P = 8.52 * 998.7 * 9.81 * 44.51 = 3,715.36 \text{ W}$$

$$P = \frac{26106.44 \text{ W}}{745} = 4.99 \text{ HP}$$

- **Tercer paso:** Se determina la potencia de consumo de una bomba.

La eficiencia teoría de la bomba a considerar será de 60 %.

$$P_b = \frac{100 * Q_b * ADT}{75 * \eta_b} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$P_b = \frac{100 * 44.51 * 8.52}{75 * 60} = 8.43 \text{ HP}$$

- **Cuarto paso:** Se determina la potencia instalada del motor. La eficiencia teoría del motor a considerar será de 90 %.

$$\eta_c = \eta_b * \eta_m \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$\eta_c = 60 \% * 90 \% = 45\%$$



$$P_{mb} = \frac{100 \cdot Q_b \cdot ADT}{75 \cdot n_c} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$P_{mb} = \frac{100 \cdot 44.51 \cdot 8.52}{75 \cdot 45} = 9.36 \text{ HP}$$

Segunda etapa: Verificación por cavitación.

- **Primer paso:** Consideraciones para la verificación:

Altura de eje de bomba	Heje= 1.00	[m]
Altura de eje de bomba	Ceje= 3,947.85	[msnm]
Cota de carga mínima	Cmin = 3,947.75	[msnm]
Cota de carga máxima	Cmax = 3,948.49	[msnm]
Temperatura	Temp = 12	[°C]
Densidad	$\rho = 998.70$	[kg/m ³]

- **Segundo paso:** La NPSH disponible se consigue con la siguiente ecuación:

$$NPSH_{disp} = (H_{atm} - H_{vap}) + H_a - h_a \quad (\text{Ecuación 15})$$

- **Tercer paso:** Se calcula la altura de presión atmosférica (H_{atm}). Este valor se halla con los valores; según la tabla 5. Si se considera una altura de 3,952.65 msnm y se tiene un valor de 5.94 m.
- **Cuarto paso:** Se calcula la altura de presión de vapor (H_{vap}). Este valor se halla con los valores; según la tabla 6. Si se considera una temperatura de 12°C y se tiene un valor de 0.179 m.
- **Quinto paso:** Se reemplaza los valores para calcular la NPSH disponible.

$$NPSH_{disp} = (5.94 - 0.179) + (-0.100) - 0.00$$

$$NPSH_{disp} = 5.661 \text{ m}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DETERMINAR EL ESTADO SITUACIONAL DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE TIPO CONVENCIONALES HORIZONTALES Y VERTICALES SUMERGIBLES DE LAS AGUAS SERVIDAS

4.1.1 Información del sistema operativo de las estaciones existentes

Tabla 18

Información existente del sistema operativo del bombeo

Nº	Estación de bombeo	Descripción de las bombas existentes	Nº de equipos	Marca de equipo	Potencia (HP)	Horas promedio Operación (h/día)	Voltaje (v)
1	PORTEÑO	Bomba Centrifuga/ Motor Eléctrico	2	HIDROSTAL/ WEG	25	17.63	220
2	FLORAL	Bomba Sumergible	2	HIDROSTAL	25	13.17	220
3	CAÑETE	Bomba Centrifuga/ Motor Eléctrico	2	HIDROSTAL/ WEG	25	23.62	220
4	SALCEDO	Bomba Centrifuga/ Motor Eléctrico	2	HIDROSTAL/ WEG	30	19.45	440
5	JALLIHUAYA	Bomba Centrifuga/ Motor Eléctrico	2	HIDROSTAL/ WEG	30	12.07	460

Fuente: Elaboración propia.

En la presente tabla 18, se puede apreciar que las 05 EBARs cuentan con 2 equipos de bombas alternas; también se aprecia que 04 de las EBARs cuentan con bombas centrifugas y 01 EBAR cuenta con bomba sumergible.

4.1.2 Medición del sistema de bombeo del tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles

Tabla 19

Datos de caudal de contribución y bombeo del sistema actual

Nº	Estación de bombeo	Funcionalidad de las estaciones de bombeo	Contribución promedio de desagüe (l/s)	Caudal de bombeo existente (l/s)	Antigüedad (Años)
1	PORTEÑO	Operativo con reparaciones	21.307	40.13	30
2	FLORAL	Operativo	14.768	27.13	22
3	CAÑETE	Operativo con reparaciones	78.163	89.88	30
4	SALCEDO	Operativo	42.302	28.92	30
5	JALLIHUAYA	Operativo	33.06	27.83	22

Fuente: Elaboración propia.

En la presente tabla 19, se puede apreciar que 02 de las EBARs ya tienen una antigüedad de 22 años y 03 EBARs con una antigüedad de 30 años; donde también se menciona que los caudales de bombeo oscilan entre 27.13 l/s como mínimo en la EBAR Floral y existe un caudal de bombeo máximo de 89.88 l/s en la EBAR Cañete.

Tabla 20

Datos de los parámetros eléctricos del sistema existente

Nº	Estación de bombeo	Nº de equipos	Marca de equipo	Potencia (HP)	Voltaje (v)
1	PORTEÑO	2	HIDROSTAL/WEG	25	220
2	FLORAL	2	HIDROSTAL	25	220
3	CAÑETE	2	HIDROSTAL/WEG	25	220
4	SALCEDO	2	HIDROSTAL/WEG	30	440
5	JALLIHUAYA	2	HIDROSTAL/WEG	30	460

Fuente: Elaboración propia.

En la presente tabla 20, se puede apreciar que 03 de las EBARs son de 25 HP y 02 EBARs son de 30 HP y los equipos de bombeo trabajan desde 220 v hasta los 460v respectivamente

4.1.3 Diagnóstico del estado situacional de las estaciones de bombeo

Tabla 21

Datos de los parámetros del sistema de bombeo existente

Nº	Estación de bombeo	Vida Útil (años)	Volumen EBAR (m3)	Tiempo retención EBAR (min)	Tiempo Operacional de bombeo (min)	Altura Dinámica Total ADT - (m)
1	PORTEÑO	30	2.96	90	44.06	5
2	FLORAL	22	2.46	60	19.29	6
3	CAÑETE	30	17.24	90	59.02	10
4	SALCEDO	30	8.48	90	48.6	16
5	JALLIHUAYA	22	6.84	90	30.16	20

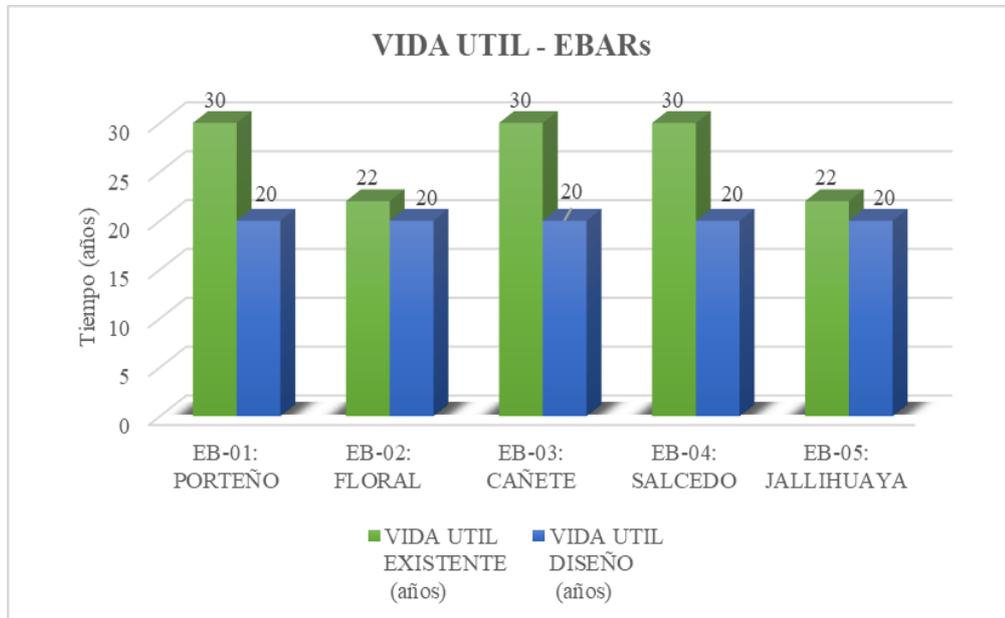
Fuente: Elaboración propia.

En la presente tabla 21, se puede apreciar que 04 de las EBARs tiene un tiempo de retención de 90 min y 01 EBAR de 60 min y los tiempos de operación de bombeo oscilan entre 19.29 a 59.02 min

4.1.4 Comparación de la vida útil

Figura 15

Representación gráfica de vida útil de las EBARs



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 15, se observa que la EBAR 04: Salcedo; donde ya viene sobre pasando el valor máximo de vida útil, donde se establecieron las disposiciones según el RNE para el diseño de aguas residuales teniendo como dato 20 años. Los resultados de la vida útil para el proyecto de la EPS-EMSA Puno, encontrándose como resultado de más de 22 años; donde superan el valor permitido por el RNE que es de 20 años.

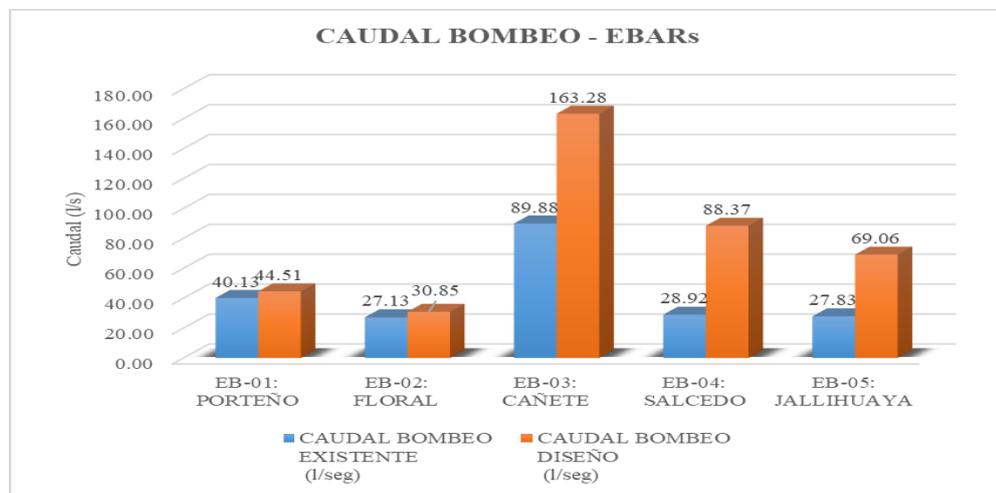
Con respecto al estudio realizado Jiménez & Pin (2017), presenta la característica para el diseño de la estación de bombeo; donde la considero la vida útil de 20 años; en la presente tesis también se considera la vida útil de diseño en todos las EBARs de la ciudad de Puno será también de 20 años.

4.2 ANALIZAR LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE TIPO CONVENCIONALES HORIZONTALES Y VERTICALES SUMERGIBLES DE LAS AGUAS SERVIDAS

4.2.1 Comparación de caudales de bombeo

Figura 16

Representación gráfica del caudal de bombeo de las EBARs



Fuente: Elaboración propia.

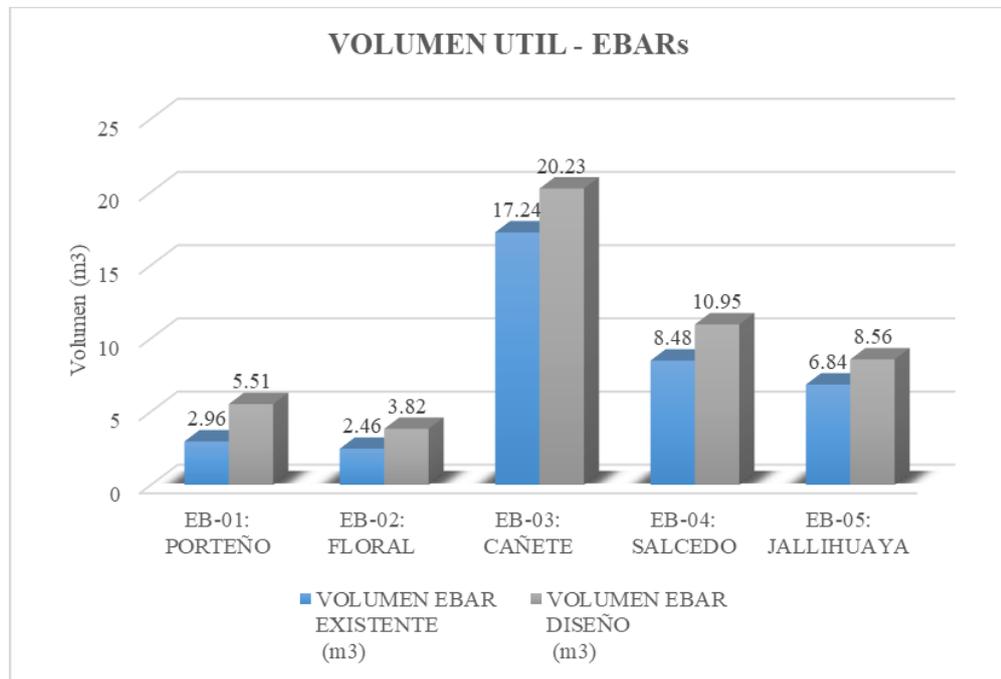
En la figura 16, se observa que la EBAR 03: Cañete; donde el valor de caudal de bombeo existente es de 89.88 l/seg; ya que este valor es insuficiente al caudal de bombeo de diseño que es 163.28 l/seg.

De la misma forma al estudio realizado por Dipas (2021); donde se ha considerado un caudal de bombeo de 21.12 l/seg; para la presente tesis de investigación, en la figura 16 se aprecia que se considera como caudal de bombeo de diseño en la EBAR Floral un dato de 30.85 l/seg como mínimo y en la EBAR Cañete se tiene un valor de 163.28 l/seg como máximo.

4.2.2 Comparación de volumen útil

Figura 17

Representación gráfica de volumen útil de las EBARs



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17, se observa que la EBAR 01: Porteño; donde el volumen útil de diseño, viene incrementándose al valor de volumen útil existente, los cuales fueron calculados según las disposiciones del RNE para el diseño de aguas residuales teniendo como dato 20 años proyectados; este incremento de volumen se da para las cinco estaciones de bombeo de la ciudad de Puno.

De la misma forma al estudio realizado por Quimis (2022), donde se ha considerado un volumen del caisson de bombeo de 3.00 m³; en la presente tesis también se considera como volumen útil lo siguiente para la EBAR Floral alcanza 3.82 m³ como mínimo valor y para la EBAR Cañete se tiene un volumen útil de 20.23 m³ como diseño.

4.2.3 Comparación del tiempo de retención

Tabla 22

Tiempo de retención de las EBARs de la ciudad de Puno

EBAR: UBICACIÓN	TIEMPO	TIEMPO
	RETENCION EBAR EXISTENTE (min)	RETENCION EBAR DISEÑO (min)
EB-01: PORTEÑO	90.00	30.00
EB-02: FLORAL	60.00	30.00
EB-03: CAÑETE	90.00	30.00
EB-04: SALCEDO	90.00	30.00
EB-05: JALLIHUAYA	90.00	30.00

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla 22; donde el tiempo de retención para el diseño de las EBARs para la EPS-EMSA Puno, encontrándose como resultado un valor de 30 min; donde dicho valor permitido por el RNE, sin embargo, el tiempo de retención de las EBARs existentes, no cumplen con este valor, generando mal funcionamiento de las bombas existentes. Así mismo; se realizó la comparación con todas las estaciones de bombeo de agua residual estando todas ellas, ya no cumplen con lo establecido con las normas peruanas; por lo que se pretende realizar mejoras en la operatividad y mantenimiento de las bombas.

Estos resultados con respecto a Quimis (2022), presentan características; donde el tiempo de permanencia fue de 11.36 minutos; para la presente tesis el valor del tiempo de retención a considerar para todas las EBARs de la ciudad de Puno será de 30 minutos.

4.2.4 Comparación del tiempo operacional

Figura 18

Representación gráfica del tiempo operacional de las EBARs



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18 se observa que los resultados obtenidos del tiempo operacional para el diseño de las EBARs para la ciudad; encontrándose como resultado un valor de 21.38 minutos; sin embargo, el tiempo operacional de las EBARs existentes, no cumplen con este valor, generando mal funcionamiento de las bombas existentes. Y no cumplen con lo establecido RNE.

El estudio realizado por Garrido & Huamán (2022); donde se calculó que el tiempo de llenado de 18.14 min para un caudal de mínimo; tiempo de llenado de 3.63 min para un caudal de máximo; tiempo de vaciado de 3.23 min para un caudal de mínimo; tiempo de vaciado de 11.25 min para un caudal de máximo; para la presente tesis el valor del tiempo operacional para todas las EBARs de la ciudad de Puno será de 21.38 min.

4.2.5 Comparación de altura dinámica total

Tabla 23

Altura dinámica total de las EBARs de la ciudad de Puno

EBAR: UBICACIÓN	ALTURA	ALTURA
	DINAMICA TOTAL	DINAMICA TOTAL
	EXISTENTE	DISEÑO
	ADT - (m)	ADT - (m)
EB-01: PORTEÑO	5.00	8.520
EB-02: FLORAL	6.00	10.04
EB-03: CAÑETE	10.00	21.12
EB-04: SALCEDO	16.00	20.74
EB-05: JALLIHUAYA	20.00	25.99

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la tabla 23 respecto a la altura dinámica total, para el sistema de aguas residuales para la EPS-EMSA Puno, donde las alturas dinámicas total de diseño han sido elaboradas en una memoria de cálculo hidráulico; encontrándose en el anexo 3.

Estos resultados con respecto a Quimis (2022), presentan características; donde la carga dinámica total es de 12.60m, en la presente tesis también se considera como altura dinámica total diseño para la EBAR de Jallihuaya con un valor máximo alcanzable de 25.99 m.

4.3 DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE TIPO CONVENCIONALES HORIZONTALES Y VERTICALES SUMERGIBLES

4.3.1 Comparación de la eficiencia teórica

Tabla 24

Eficiencia teórica de bombas de las EBARs

EBAR: UBICACIÓN	EFICIENCIA TEORICA DE BOMBA EXISTENTE nb - (%)	EFICIENCIA TEORICA DE BOMBA DISEÑO nb - (%)
EB-01: PORTEÑO	60.00	60.00
EB-02: FLORAL	60.00	60.00
EB-03: CAÑETE	60.00	60.00
EB-04: SALCEDO	60.00	60.00
EB-05: JALLIHUAYA	60.00	60.00

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos apreciados en la tabla 24 acerca de la eficiencia teórica de bomba, para el sistema de aguas residuales para la EPS-EMSA Puno, apreciándose en campo en el sistema existente y de diseño este valor será de 60 % como resultado para la eficiencia teórica de las bombas, para todas las estaciones de bombeo de Puno.

Estos resultados con respecto a Quimis (2022); donde la eficiencia de la bomba de 75%, en la presente tesis también se considera como eficiencia teórica de bomba diseño para toda las EBARs de la ciudad de Puno se va considerar un 60%, esto según OS-O80.

4.3.2 Comparación de la potencia de bomba

Tabla 25

Potencia de bomba de las EBARs

EBAR: UBICACIÓN	POTENCIA DE BOMBA EXISTENTE Pb - (HP)	POTENCIA DE BOMBA DISEÑO Pb - (HP)
EB-01: PORTEÑO	25.00	8.43
EB-02: FLORAL	25.00	6.89
EB-03: CAÑETE	25.00	38.31
EB-04: SALCEDO	30.00	20.36
EB-05: JALLIHUAYA	30.00	19.94

Fuente: Elaboración propia.

Para el sistema de bombeo de las estaciones de aguas residuales por la EPS-EMSA Puno, se han encontrado valores donde las potencias de bombas existentes son de 25 HP; pero sin embargo donde se realizará mejoras al sistema es por tratarse de más de 20 años, sin embargo, al no cumplir este valor se realizará la adecuada potencia de bomba según diseño.

Estos resultados con respecto a Quimis (2022), presentan características que no son similares al presente trabajo de investigación; donde la potencia de motor es de 8.50 kw. Y en la presente tesis en la tabla 25; también se considera como potencia de bombea de diseño se tiene 8.43 HP para la EBAR Porteño y 38.31 HP para la EBAR Cañete.

4.3.3 Comparación de la eficiencia teórica del motor

Tabla 26

Eficiencia teórica de motor de las EBARs de la ciudad de Puno

EBAR: UBICACIÓN	EFICIENCIA	EFICIENCIA
	TEORICA DE	TEORICA DE
	MOTOR	MOTOR
	EXISTENTE	DISEÑO
	nm - (%)	nm - (%)
EB-01: PORTEÑO	85.00	90.00
EB-02: FLORAL	85.00	90.00
EB-03: CAÑETE	85.00	90.00
EB-04: SALCEDO	85.00	90.00
EB-05: JALLIHUAYA	85.00	90.00

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para el sistema de bombeo de aguas residuales para la EPS-EMSA Puno, encontrándose que la eficiencia teórica del motor existente es de 85% en todas las estaciones de bombeo. Planteándose una eficiencia del motor según diseño para un 90%

Estos resultados con respecto a Quimis (2022); donde la eficiencia teórica del motor es de 90%, en la presente tesis también se considera como eficiencia teórica de motor diseño para toda las EBARs de la ciudad de Puno considerar 90%.

4.3.4 Comparación de la potencia de motor

Tabla 27

Comparación de potencia de motor existente y diseño EBARs

EBAR: UBICACIÓN	POTENCIA DEL MOTOR EXISTENTE Pmb - (HP)	POTENCIA DEL MOTOR DISEÑO Pmb - (HP)
EB-01: PORTEÑO	25.00	9.36
EB-02: FLORAL	25.00	7.65
EB-03: CAÑETE	25.00	42.57
EB-04: SALCEDO	30.00	22.63
EB-05: JALLIHUAYA	30.00	22.16

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de eficiencia teórica de motor, para el sistema de aguas residuales para la EPS-EMSA Puno, encontrándose que potencia del motor en todas las estaciones de bombeo es de 25 HP. Planteándose una mejora a las diferentes estaciones según diseño.

De la misma forma al estudio realizado por Garrido & Huamán (2022), donde se ha encontrado 51.39 HP para las bombas; en la presente tesis también se considera como caudal de bombeo de diseño en la EBAR Porteño alcanzo 9.36 HP como valor mínimo y para la EBAR Cañete se tiene una potencia de motor de 42.57 HP como valor máximo.

4.3.5 Comparación de tipo de bomba

Tabla 28

Comparación de tipo de bomba de las EBARs

EBAR: UBICACIÓN	TIPO DE BOMBA EXISTENTE	TIPO DE BOMBA DISEÑO
EB-01: PORTEÑO	Convencional horizontal	Sumergible seco
EB-02: FLORAL	Vertical sumergible	Sumergible seco
EB-03: CAÑETE	Convencional horizontal	Sumergible seco
EB-04: SALCEDO	Convencional horizontal	Sumergible seco
EB-05: JALLIHUAYA	Convencional horizontal	Sumergible seco

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados encontrados para el sistema de bombeo de aguas residuales de la EPS-EMSA Puno, encontrándose bombas convencionales horizontales y se pretende plantear bombas del tipo sumergibles secos.

De la misma forma al estudio realizado por Dipas (2021); donde se contempló el tipo de bombas sumergibles; en la presente tesis también se considera como tipo de bomba de diseño, para todas las EBARs de la ciudad de Puno; las del tipo de sumergible seco.

4.3.6 Comparación de cantidad de bombas

Tabla 29

Comparación de cantidad de bombas existentes y diseño EBARs

EBAR: UBICACIÓN	NUMERO DE BOMBAS EXISTENTE	NUMERO DE BOMBAS DISEÑO
EB-01: PORTEÑO	2	2
EB-02: FLORAL	2	2
EB-03: CAÑETE	2	3
EB-04: SALCEDO	2	3
EB-05: JALLIHUAYA	2	3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para la cantidad de números de bombas existentes, para el sistema de bombeo de aguas residuales de la EPS-EMSA Puno, la mayoría son de dos bombas existentes. Así mismo se realizó la comparación con todas las estaciones de bombeo de agua residual estando todas ellas ya cumplieron su vida útil desde 1990 y necesitan ser renovadas.

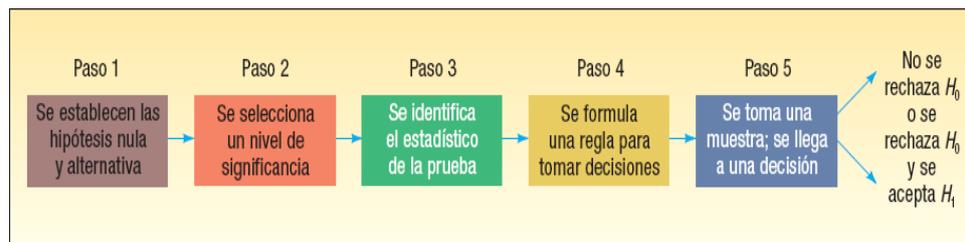
De la misma forma al estudio realizado por Totocayo (2021); donde se está considerando 02 bombas sumergibles; en la presente tesis también se considera como numero de bombas de diseño en la EBAR Floral y Porteño se tiene para 2 unidades de bombas como mínimo valor y para la EBARs de Cañete, Salcedo y Jallihuaya se tiene un numero de 03 unidades de bombas.

4.3.7 Diseño de la prueba de hipótesis

a) Prueba de hipótesis

Procedimiento basado en evidencia de la muestra y la teoría de la probabilidad para determinar si la hipótesis es una afirmación razonable.

b) Pasos para probar una hipótesis



Se establecen la hipótesis nula (H_0) y la alterna (H_1)

Hipótesis Nula (H_0)

- La estimación de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles son eficientes para las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.

Hipótesis Alterna (H_1)

- La estimación de las estaciones de bombeo de tipo convencionales horizontales y verticales sumergibles no son eficientes para las aguas servidas de la ciudad de Puno 2023.

c) Nivel de significancia

Probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera.

Se selecciona un nivel de significancia ($\alpha=1\%,5\%,10\%$)

Nivel de confianza: $95\% = 0.95$

Nivel de significancia: $5\% = 0.05$

Tabla 30

Nivel de confianza para el intervalo

	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	NIVEL DE CONFIANZA
	0.01	99%
Nivel de significancia para una prueba de hipótesis	0.05	95%
	0.1	90%

Fuente: Mario, (2018).

d) Estadístico de prueba

El estadístico de prueba para el Análisis de Varianza es el estadístico de prueba F de Fisher (F) para determinar si se rechaza la hipótesis nula.

La distribución de probabilidad que se emplea es F, la cual se debe a Ronald Fisher, uno de los pioneros de la estadística la comparación de varias medias poblacionales se denomina análisis de varianza ANOVA

e) Regla de decisión

Valor P: Probabilidad de observar un valor muestra tan extremo o más que el valor observado, si la hipótesis nula es verdadera.

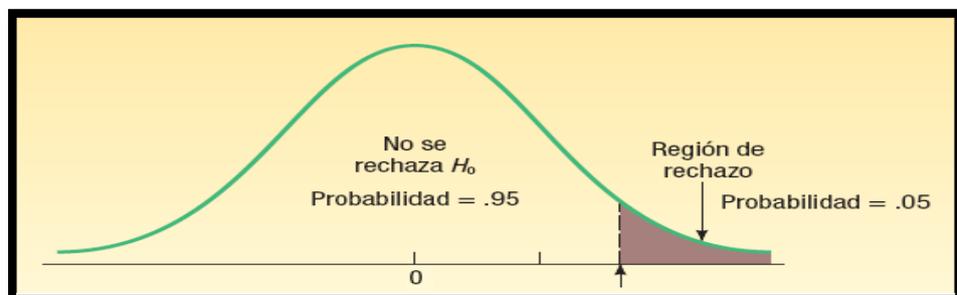


Tabla 31

Datos estadísticos descriptivos

		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Diseño	EB-01	2	8.8950	0.65761	0.46500	2.9866	14.8034	8.43	9.36
	EB-02	2	7.2700	0.53740	0.38000	2.4416	12.0984	6.89	7.65
	EB-03	2	40.4400	3.01227	2.13000	13.3758	67.5042	38.31	42.57
	EB-04	2	21.4950	1.60513	1.13500	7.0735	35.9165	20.36	22.63
	EB-05	2	21.0500	1.56978	1.11000	6.9461	35.1539	19.94	22.16
	Total	10	19.8300	12.59434	3.98268	10.8206	28.8394	6.89	42.57
Existente	EB-01	2	25.0000	0.00000	0.00000	25.0000	25.0000	25.00	25.00
	EB-02	2	25.0000	0.00000	0.00000	25.0000	25.0000	25.00	25.00
	EB-03	2	25.0000	0.00000	0.00000	25.0000	25.0000	25.00	25.00
	EB-04	2	30.0000	0.00000	0.00000	30.0000	30.0000	30.00	30.00
	EB-05	2	30.0000	0.00000	0.00000	30.0000	30.0000	30.00	30.00
	Total	10	27.0000	2.58199	0.81650	25.1530	28.8470	25.00	30.00

Fuente: Elaboración propia – Software SPSS.

Tabla 32

Prueba de análisis de varianza (ANOVA)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diseño	Entre grupos	1412.721	4	353.180	119.031	0.0000382
	Dentro de grupos	14.836	5	2.967		
	Total	1427.557	9			
Existente	Entre grupos	60.000	4	15.000		
	Dentro de grupos	0.000	5	0.000		
	Total	60.000	9			

Fuente: Elaboración propia – Software SPSS.



Interpretación:

De acuerdo a la tabla 32, mediante el análisis estadístico de análisis de varianza (ANOVA). Se determinó la prueba del análisis al diseño de la potencia de bomba y motor del sistema planteado; que fue estadísticamente eficiente, $F = 119.031$, la probabilidad de $P = 0.0000382$ es menor al nivel de significancia ($p < \alpha$; $0.0000382 < 0.05$), donde nos muestra la eficiencia estaciones de bombeo diseñadas; por lo tanto, concluimos que se acepta la hipótesis nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_1 .



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: La conclusión general de que la estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo existente es deficiente respecto a las estaciones de bombeo diseñadas porque se han realizado una memoria de cálculo, según ecuaciones básicas adoptadas, encontrándose que: Q_b , $V_{\text{útil}}$, t_{RetMax} , t_{MaxBom} , ADT, eficiencia teórica de bomba y motor, potencia de bomba y motor; dan valores a considerar para mejorar las alternativas de solución para los diversos sistemas de bombeo de aguas servidas en las cinco estaciones: Porteño, Floral, Cañete, Salcedo y Jallihuaya.

SEGUNDA: El estado situacional de las estaciones de bombeo se realizó con fichas técnicas, donde se llevó a cabo el registro de bienes e inventario de accesorios, acerca de las condiciones encontradas de todas las estaciones de bombeo; ya que se ha empleado para comparar con los cálculos y estudios que darán soporte para ejecutar este proyecto de tesis; dando información precisa, actual y confiable para la memoria de cálculo, que permite proporcionar información hidráulica para el diseño de las estaciones de bombeo de aguas servidas.

TERCERA: Los parámetros hidráulicos encontrados para las diferentes las estaciones de bombeo nos muestran datos de Q_b , $V_{\text{útil}}$, t_{RetMax} , t_{MaxBom} , los dimensionamientos de succión, descarga inicial y árbol de descarga, línea de impulsión y la ADT del sistema de diseño de bombeo; respecto al sistema existentes la altura dinámica total de las EBARs de Porteño, Floral, Cañete, Salcedo y Jallihuaya son: 5.00m,



6.00m, 10.00m, 16.00m y 20.00m respectivamente, sin embargo la altura dinámica total diseño resulto: de 8.52m, 10.04m, 21.12m, 20.74m y 25.99m respectivamente, estos valores son estimaciones para la buena operatividad de las estaciones de bombeo.

CUARTA: La determinación de la eficiencia de las estaciones de bombeo respecto al sistema existente y el diseño fueron deficientes, ya que el nuevo diseño alcanzó valores de la potencia de bomba y motor valores óptimos y para buen funcionamiento; porque las estaciones existentes tienen potencia de bomba y motor elevados. Las potencias de bombas y motores de las estaciones de bombeo, donde: P_b y P_{mb} existentes de las EBARs de Porteño, Floral, Cañete, Salcedo y Jallihuaya son de 25 HP, donde el P_b diseño resultaron: 8.43 HP, 6.89 HP, 38.31 HP, 20.36 HP y 19.94 HP respectivamente y el P_{mb} diseño resultaron: 9.36 HP, 7.65 HP, 42.57 HP, 22.63 HP y 21.16 HP respectivamente. Acertar con una buena selección permite que el proyecto se desarrolle de manera óptima, de modo que las EBARs puedan ejercer de manera eficiente.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** La recomendación general para la estimación de la eficiencia de las estaciones de bombeo es importante contar con la información siguiente: Q_b , $V_{\text{útil}}$, t_{RetMax} , t_{MaxBom} , ADT, eficiencia teórica de bomba y motor, potencia de bomba y motor; y así alcanzar los valores óptimos y proponer las alternativas de solución para las diversas estaciones de bombeo de aguas servidas. Con los datos de diseño se debe tomar gran atención, dado que un cálculo inexacto resultaría en una selección de bombas inadecuada y asimismo se debe asegurar que los equipos estén óptimos.
- SEGUNDA:** Con el estado situacional de las estaciones de bombeo que se realizaron con fichas técnicas, nos ayudara a saber sobre las condiciones y situaciones encontradas de todas las estaciones de bombeo; para que la empresa EMSA Puno pueda considerar las mejoras a su sistema de bombeo. Esta información recabada del inventario de las EBAR de Puno nos permitirá predecir el funcionamiento de las bombas, para así garantizar la confiabilidad y durabilidad del diseño.
- TERCERA:** Con la información de los parámetros hidráulicos encontrados para las diferentes las estaciones de bombeo nos muestran los dimensionamientos de succión, descarga inicial y árbol de descarga, así como el dimensionamiento de línea de impulsión y la ADT del sistema impulsión; se podrá tomar en cuenta para verificar según al tipo de material que se plantea utilizar respecto al existente.



CUARTA: Con la determinación de la eficiencia de las estaciones de bombeo respecto al diseño para la selección de la potencia de bomba y motor; se recomienda una inspección preventiva de las actividades de mantenimiento, incluyendo el tiempo dedicado a las reparaciones, posibles fallas y daños presentados, debe ser parte de la conservación del equipo bomba. Es necesario realizar un mantenimiento de rutina en la estructura del equipo cada 2 años para garantizar una vida útil más larga.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, E., Barzola, M., Navarrete, C. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de bombeo de aguas residuales para una urbanización*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Albores, E. (2019). *Diagnostico energético de equipos de bombeo de agua en zonas rurales*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Alvarez, A. (2018). *Rediseño de estación de bombeo de refuerzo*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Anton, L. (2020). *Análisis comparativo entre el sistema de alcantarillado al vacío y el sistema de alcantarillado por gravedad, y su aplicación en la ciudad de Piura*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Arzuaga, J. & Gutiérrez, L. (2021). *Análisis de confiabilidad en los equipos de bombeo de aguas residuales*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Barreda, A. (1 de octubre de 2018). *Método práctico de obtención de potencia y eficiencias de unidades de bombeo en operación*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v33n3/riha07312.pdf>.
- Belon, E. (2022). *Análisis de riesgo por inundaciones y propuesta de mejora en infraestructura de protección en el Centro Poblado de Jallihuaya, Puno - 2021*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (3ª ed.). Pearson Educación de Colombia Ltda.
- Cafaggi, A. (2021). *Sistema de bombeo* (1ª ed.). Universidad Autónoma de Mexico.
- Cimorelli, L., Covelli, C., Molino, B., & Pianese, D. (2020). *Optimal regulation of pumping station in water distribution networks using constant and variable speed pumps: A technical and economical comparison*. Obtenido en <https://doi.org/10.3390/en13102530>
- Corredor, J. (2019). *Hoja de cálculo programada para el diseño de una estación de bombeo de agua residual con base de datos de bombas sumergibles*. (3ª ed., Vol.



4). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- Dipas, W. (2021). *Mejoramiento de la cámara de bombeo de sarita colonia mediante la instalación del rebose de emergencia, distrito del Callao, Lima*. Lima: Universidad Peruana Los Andes.
- Garrido, L., & Huamán, A. (2022). *Análisis hidráulico para el rediseño de la cámara de bombeo de aguas residuales del sector Galgarza, Ica -2021*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Gerardo, F. (2012). *El proyecto de investigación* (6ª ed.). Editorial episteme, C.A.
- Hernández, S. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A.
- Huamani, A. (2017). *Diseño e implementación de una estación de bombeo de aguas residuales para la urbanización sol de Huampaní V etapa - Chosica*. Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Inga, J. (2022). *Diseño hidráulico de cámara de bombeo de aguas residuales en el distrito de Chorrillos, Lima 2021*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Jimenez, W. (2021). *Análisis y diseño de una estación de bombeo para aguas servidas en el sector cristo del Consuelo cooperativa las Ranas*. Lima: Universidad de Guayaquil.
- Medina, G. (2017). *Optimización de la eficiencia hidráulica en un sistema de bombeo para abastecimiento de agua*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Navarro, N. (2017). *Mejora del funcionamiento de la cámara de bombeo de aguas servidas en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a la estación San Martín - EPS Grau Piura*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Ortega, V. (2020). *Diseño y selección de equipos de bombeo para agua accionados por motores eléctricos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Pedraza, J. (2018). *Manual para un proyecto de eficiencia energética e hidráulica*



- integral en un sistema de agua y saneamiento.* Obtenido de https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MBZH.pdf.
- Quimis D. M. (2022). *Propuesta de procedimiento para el diseño de estaciones de bombeo de aguas residuales.* Jipijapa: Universidad estatal del sur de Manabi.
- Rinas, M., Tränckner, J., & Koegst, T. (2018). *Sedimentation of raw sewage: Investigations for a pumping station in northern Germany under energy-efficient pump control.* Water (Switzerland). Obtenido en https://www.researchgate.net/publication/329931491_Sedimentation_of_Raw_Sewage_Investigations_For_a_Pumping_Station_in_Northern_Germany_under_Energy-Efficient_Pump_Control.
- Rivera, N. (2017). *Proyecto de eficiencia energética para la estación de agua crudas dolores.* Colombia: Universidad de Cartagena.
- Sánchez, D. (2020). *Metodología para el diseño de estaciones de bombeo basado en el método AHP.* 2014–2015. Universidad Politécnica de Valencia.
- Steven, G. (2018). *Manual de optimización de sistemas de bombeo.* Eficiencia Energética Industrial en Colombia.
- Tian, J., Cheng, J., & Gong, Y. (2018). *Optimization of municipal pressure pumping station layout and sewage pipe network design.* Obtenido en <https://doi.org/10.1080/0305215X.2017.1327580>
- Totocayo, E. (2021). *Análisis y diseño, de la cámara de bombeo para la evacuación de las aguas residuales, residencial Perlas del Altiplano Juliaca - 2021.* Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Velasquez, W. (2019). *Modificación del sistema de bombeo para la reutilización de aguas residuales en la unidad minera Alpamarca - 2018.* Lima: Universidad Alas Peruanas.
- Villanueva, L. (2011). *Diseño del Proyecto e Informe de Investigación.* Lima: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.



ANEXOS



ANEXO 1. Ficha técnica - Levantamiento de información

TESIS DE INVESTIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023									
FICHA TECNICA - LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)									
Localidad : PUNO			Provincia : PUNO			Realizado por: LACM			
Fecha: JULIO 2023			Distrito : PUNO						
1. CAMARA DE BOMBEO - PORTEÑO - EBAR N° 01									
UBICACIÓN : Jr. Victor Echave									
1.1 Obras civiles - estructuras									
DESCRIPCION	Profundidad/Altura (m)	Longitud (m)	Ancho/Diámetro (m)	Área total (m2)	Perímetro (m)	Estado	Material de Construcción	Antigüedad (Años)	Observaciones
Cámara húmeda	6.27		5.60	12.32	14.4	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Cámara seca	8.22		5.60	12.32	14.4	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	30 años	
Nivel N°1: Área de bombas y Maniobras	5.27		5.60	12.32	14.4	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Nivel N°2: Área de Tableros	2.75		5.60	12.32	14.4	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	30 años	
Caseta de grupo electrogeno	2.75			13.3	14.98	Inoperativo	Ladrillo y tarrajeo	30 años	
Caseta de Guardiania + SSHH									No tiene
Terreno de la CBAR	2.5			193.43	58.57		Ladrillo y tarrajeo	30 años	
2. CAMARA SECA									
2.1. Instalaciones Electromecánicas									
DESCRIPCION	N° de equipos	Marca	Voltaje (V)	Potencia (HP)	Velocidad (RPM)	Frecuencia	Situación	Antigüedad (Años)	Observaciones
Bomba Centrífuga	2	HIDROSTAL		25 HP			Operativo	30 años	
Motor Electrico (bomba centrífuga)	2	WEG	220 v	25 HP		60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero electronico de potencia y control	1		220 v	30 HP		60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero de transferencia automatica	1		220 v			60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero general	1		220 v			60 Hz	Operativo	30 años	
Pararrayos Franklin	1							30 años	
Transformador eléctrico	1							30 años	
Grupo Electrogeno	1	PERKIS	72.5 KVA				Inoperativo	30 años	
Pozo de Puesta a Tierra									No se observa
2.2 Equipamiento Hidraulico									
DESCRIPCION	N° de accesorios	Diámetro de accesorio	Material de accesorio	Años de Antigüedad		Situación	Observaciones		
NIVEL 1 : AREA DE BOMBAS (Arbol de succion e impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Válvula Check									
ACCESORIOS									
Niple con union dresser	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Reduccion excéntrica	2	8" A 6"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Reduccion concéntrica	2	8" A 6"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
TUBERIAS									
Tubería de impulsión	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Tubería de succión	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
NIVEL 1 : AREA DE MANIOBRAS (Árbol de impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Válvula Check	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
ACCESORIOS									
Union dresser									
Reduccion									
Codo 90°	4	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Codo 45°									
Niple con union dresser	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			



TESIS DE INVESTIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023									
FICHA TECNICA - LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSA PUNO S.A.)									
Localidad : PUNO			Provincia : PUNO			Realizado por: LACM			
Fecha: JULIO 2023			Distrito : PUNO						
1. CAMARA DE BOMBEO - FLORAL - EBAR N° 02									
UBICACIÓN : Av. La Floral									
1.1 Obras civiles - estructuras									
DESCRIPCION	Profundidad/Altura (m)	Longitud (m)	Ancho/Diámetro (m)	Área total (m2)	Perímetro (m)	Estado	Material de Construcción	Antigüedad (Años)	Observaciones
Cámara húmeda	5.8		5.60	24.63	17.59	Operativo	Concreto Armado	22 años	
Cámara seca	2.9		5.60	24.63	17.59	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	22 años	
Nivel N°1: Área de bombas y Maniobras	8.53		5.60	24.63	17.59	Operativo	Concreto Armado	22 años	
Nivel N°2: Área de Tableros	2.9		5.60	24.63	17.59	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	22 años	
Caseta de grupo electrogeno	3.2	4.7	4.3	20.21	18	Operativo	Ladrillo y Tarrajeo	22 años	
Caseta de Guardiania + SSHH									No tiene
Terreno de la CBAR	2.4			121.12	44.85		Rejas Metalicas	22 años	
2. CAMARA SECA									
2.1. Instalaciones Electromecánicas									
DESCRIPCION	N° de equipos	Marca	Voltaje (V)	Potencia (HP)	Velocidad (RPM)	Frecuencia	Situación	Antigüedad (Años)	Observaciones
Bomba Centrífuga sumergible	2	HIDROSTAL		25 HP			Operativo	22 años	
Motor Electrico (bomba centrífuga)									No Visible
Tablero de distribucion	1		220 v			60 Hz	Inoperativo	22 años	
Tablero de transferencia automatica	1		220 v			60 Hz	Inoperativo	22 años	
Tablero de potencia y control	2		220 v	25 HP		60 Hz	Operativo	22 años	
Tablero general	1		220 v			60 Hz	Operativo	22 años	
Pararrayos Franklin	1						Operativo	22 años	
Transformador eléctrico	1		50 KVA				Operativo	22 años	
Grupo Electrógeno	1	PERKIS	69 KVA		1800		Inoperativo	22 años	
Pozo Puesta a Tierra	3						Operativo	22 años	
2.2 Equipamiento Hidraulico									
DESCRIPCION	N° de accesorios	Diámetro de accesorio	Material de accesorio	Años de Antigüedad		Situación	Observaciones		
NIVEL 1 : AREA DE BOMBAS (Arbol de succion e impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta									
Válvula Check									
ACCESORIOS									
Reducción excéntrica									
Reducción concéntrica	2	6" A 8"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
Codo 90°	2	6"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
TUBERIAS									
Tubería de impulsión	2	8"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
Tubería de succión									
NIVEL 1 : AREA DE MANIOBRAS (Árbol de impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	8"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
Válvula Check	2	8"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
Válvula aire	1	2"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
ACCESORIOS									
Union dresser	2	8"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
Reducción									
Codo 90°	4	8"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
Niple con union dresser									
Tee	1	8"	Hierro Fundido	22 años		Operativo			
Yee									



TESIS DE INVESTIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023									
FICHA TECNICA - LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)									
Localidad : PUNO			Provincia : PUNO			Realizado por: LACM			
Fecha: JULIO 2023			Distrito : PUNO						
1. CAMARA DE BOMBEO - CAÑETE - EBAR N° 03									
UBICACIÓN : Jr. Cañete									
1.1 Obras civiles - estructuras									
DESCRIPCION	Profundidad/Altura (m)	Longitud (m)	Ancho/Diámetro (m)	Área total (m2)	Perímetro (m)	Estado	Material de Construcción	Antigüedad (Años)	Observaciones
Cámara húmeda	6.2		5.60	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Cámara seca	8.22		5.60	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	30 años	
Nivel N°1: Área de bombas y Maniobras	5.27		5.60	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Nivel N°2: Área de Tableros	2.75		5.60	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	30 años	
Caseta de Guardianía + SSHH	3			14.72	18.28		Ladrillo y tarrajeo	30 años	
Terreno de la CBAR	2.5			155.81	49.95		Ladrillo y tarrajeo	30 años	
2. CAMARA SECA									
2.1. Instalaciones Electromecánicas									
DESCRIPCION	N° de equipos	Marca	Voltaje (V)	Potencia (HP)	Velocidad (RPM)	Frecuencia	Situación	Antigüedad (Años)	Observaciones
Bomba Centrífuga	2	HIDROSTAL		25 HP			Operativo	30 años	
Motor Eléctrico (bomba centrífuga)	2	WEG	220 v	25 HP		60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero General	1		220 v			60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero de transferencia automática	1		220 v			60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero de arranque suave con variador de velocidad	1			25 HP		60 Hz	Operativo	30 años	
Pararrayos Franklin									No se observa
Transformador eléctrico	1		50 KVA				Operativo	30 años	
Grupo Electrógeno	1		76 KVA				Inoperativo	30 años	
Pozo de Puesta a Tierra									No se observa
2.2 Equipamiento Hidráulico									
DESCRIPCION	N° de accesorios	Diámetro de accesorio	Material de accesorio	Años de Antigüedad		Situación	Observaciones		
NIVEL 1 : AREA DE BOMBAS (Arbol de succión e impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Válvula Check									
ACCESORIOS									
Niple con union dresser	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Reduccion excéntrica	2	8" A 6"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Reduccion concéntrica	2	8" A 6"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
TUBERIAS									
Tubería de impulsión	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Tubería de succión	2	8"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
NIVEL 1 : AREA DE MANIOBRAS (Árbol de impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	3	10"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Válvula Check	2	10"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
ACCESORIOS									
Union dresser	2	10"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Reduccion									
Codo 90°	2	10"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			
Codo 45°									
Niple con union dresser									
Niple									
Tee	1	10"	Hierro Fundido	30 años		Operativo			



<p style="text-align: center;">TESIS DE INVESTIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023</p> <p style="text-align: center;">FICHA TECNICA - LEVANTAMIENTO DE INFORMACION</p> <p style="text-align: center;">ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)</p>									
Localidad : PUNO			Provincia : PUNO			Realizado por: LACM			
Fecha: JULIO 2023			Distrito : PUNO						
1. CAMARA DE BOMBEO - SALCEDO - EBAR N° 04									
UBICACIÓN : Av. Estudiante									
1.1 Obras civiles - estructuras									
DESCRIPCION	Profundidad/Altura (m)	Longitud (m)	Ancho/Diámetro (m)	Área total (m2)	Perímetro (m)	Estado	Material de Construcción	Antigüedad (Años)	Observaciones
Cámara húmeda	6.2		6.00	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Cámara seca	8.3		6.00	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Nivel N°1: Área de bombas y Maniobras	5.27		6.00	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Nivel N°2: Área de Tableros	2.83		6.00	14.14	15.42	Operativo	Concreto Armado	30 años	
Caseta de Guardiana + SSHH	5			20.49	19.65		Ladrillo y Tarrajeo	30 años	
Terreno de la CBAR	2.3			468.9	93.35		Muro de ladrillo tarrajado	30 años	
2. CAMARA SECA									
2.1. Instalaciones Electromecánicas									
DESCRIPCION	N° de equipos	Marca	Voltaje (V)	Potencia (HP)	Velocidad (RPM)	Frecuencia	Situación	Antigüedad (Años)	Observaciones
Bomba Centrífuga	3	HIDROSTAL					Operativo	30 años	
Motor Eléctrico (bomba centrífuga)	3	WEG	440 v	30 HP	1765	60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero de potencia	1	SCHNEIDER	440 v	30 HP		60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero electrónico de potencia y control	1	EMOTRON	220 v	30 HP		60 Hz	Operativo	30 años	
Tablero arrancador adosado	1	HIDROSTAL	220 v			60 Hz	Operativo	30 años	
Pararrayos Franklin	2						Operativo	30 años	
Transformador eléctrico	1		50 KVA				Operativo	30 años	
Grupo Electrógeno									No tiene
Pozo de Puesta a Tierra	12						Operativo	30 años	
2.2 Equipamiento Hidráulico									
DESCRIPCION	N° de accesorios	Diámetro de accesorio	Material de accesorio	Años de Antigüedad		Situación	Observaciones		
NIVEL 1 : AREA DE BOMBAS (Árbol de succión e impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
Válvula Check									
ACCESORIOS									
Niple con union dresser	2	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
Reduccion excéntrica	2	6" A 10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
Reduccion concéntrica	2	8" A 10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
TUBERIAS									
Tubería de impulsión	2	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
Tubería de succión	2	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
NIVEL 1 : AREA DE MANIOBRAS (Árbol de impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
Válvula Check	2	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
ACCESORIOS									
Union dresser									
Reduccion									
Codo 90°	4	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
Codo 45°									
Niple con union dresser	2	10"	Hierro Fundido	10 años		Operativo			
Niple									
Tee									



TESIS DE INVESTIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023									
FICHA TECNICA - LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)									
Localidad : PUNO			Provincia : PUNO			Realizado por: LACM			
Fecha: JULIO 2023			Distrito : PUNO						
1. CAMARA DE BOMBEO - JALLIHUAYA - EBAR N° 05									
UBICACIÓN : Av. Orgullo Aymara									
1.1 Obras civiles - estructuras									
DESCRIPCION	Profundidad/Altura (m)	Longitud (m)	Ancho/Diámetro (m)	Área total (m2)	Perímetro (m)	Estado	Material de Construcción	Antigüedad (Años)	Observaciones
Cámara húmeda	6.1		6.60	19.24	17.99	Operativo	Concreto Armado	22 años	
Cámara seca	8.22		7.00	19.24	17.99	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	22 años	
Nivel N°1: Área de bombas y Maniobras	5.27		7.00	19.24	17.99	Operativo	Concreto Armado	22 años	
Nivel N°2: Área de Tableros	2.75		7.00	19.24	17.99	Operativo	Concreto Armado ladrillo y tarrajeo	22 años	
Caseta de Guardiania + SSHH	2.4			17.57	18.99		Ladrillo y Tarrajeo	22 años	
Terreno de la CBAR	2.55			330.65	75.31		Muro de ladrillo tarrajeado	22 años	
2. CAMARA SECA									
2.1. Instalaciones Electromecánicas									
DESCRIPCION	N° de equipos	Marca	Voltaje (V)	Potencia (HP)	Velocidad (RPM)	Frecuencia	Situación	Antigüedad (Años)	Observaciones
Bomba Centrífuga	2	HIDROSTAL		30 HP			Operativo	22 años	
Motor Electrico (bomba centrífuga)	2	WEG		30 HP	1765	60 Hz	Operativo	22 años	
Tablero general de sistemas	1	ABB	460 v			60 Hz	Operativo	22 años	
Tablero de equipos	1	CAMSCO	440 v	30 HP		60 Hz	Operativo	22 años	
Tablero general	1		440 v			60 Hz	Operativo	22 años	
Pararrayos Franklin	2						Operativo	22 años	
Transformador eléctrico	1		50 KVA				Operativo	22 años	
Grupo Electrógeno									No tiene
Pozo de Puesta a Tierra	10						Operativo	22 años	
2.2 Equipamiento Hidraulico									
DESCRIPCION	N° de accesorios	Diámetro de accesorio	Material de accesorio	Años de Antigüedad		Situación	Observaciones		
NIVEL 1 : AREA DE BOMBAS (Árbol de succión e impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
Válvula Check									
ACCESORIOS									
Niple con union dresser	2	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
Reduccion excéntrica	2	6" A 10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
Reduccion concéntrica	2	8" A 10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
TUBERIAS									
Tubería de impulsión	2	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
Tubería de succión	2	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
NIVEL 1 : AREA DE MANIOBRAS (Árbol de impulsión)									
VALVULAS									
Válvula Compuerta	2	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
Válvula Check	2	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
ACCESORIOS									
Union dresser									
Reduccion									
Codo 90°	4	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
Codo 45°									
Niple con union dresser	2	10"	Hierro Fundido	20 años		Operativo			
Niple									
Tee									



ANEXO 2. Ficha técnica - Levantamiento de información

TESIS DE INVESTIGACIÓN: ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023							
FICHA TECNICA - LEVANTAMIENTO DE INFORMACION							
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)							
Localidad : PUNO		Provincia : PUNO		Realizado por: LACM			
Fecha: JULIO 2023		Distrito : PUNO					
Información existente del sistema operativo del bombeo							
Nº	Estación de bombeo	Descripción de las bombas existentes	Nº de equipos	Marca de equipo	Potencia (HP)	Horas promedio Operación (h/día)	Voltaje (v)
1	PORTEÑO	Bomba Centrífuga/ Motor Electrico	2	HIDROSTAL/WEG	25	17.63	220
2	FLORAL	Bomba Sumergible	2	HIDROSTAL	25	13.17	220
3	CAÑETE	Bomba Centrífuga/ Motor Electrico	2	HIDROSTAL/WEG	25	23.62	220
4	SALCEDO	Bomba Centrífuga/ Motor Electrico	2	HIDROSTAL/WEG	30	19.45	440
5	JALLIHUAYA	Bomba Centrífuga/ Motor Electrico	2	HIDROSTAL/WEG	30	12.07	460
Datos de caudal de contribución y bombeo del sistema actual							
Nº	Estación de bombeo	Funcionalidad de las estaciones de bombeo	Contribucion promedio de desague (l/s)	Caudal de bombeo existente (l/s)	Antigüedad (Años)		
1	PORTEÑO	Operativo con reparaciones	21.307	40.13	30		
2	FLORAL	Operativo	14.768	27.13	22		
3	CAÑETE	Operativo con reparaciones	78.163	89.88	30		
4	SALCEDO	Operativo	42.302	28.92	30		
5	JALLIHUAYA	Operativo	33.06	27.83	22		
Parámetros del sistema de bombeo existente							
Nº	ESTACION DE BOMBEO	VIDA UTIL EXISTENTE (años)	VOLUMEN EBAR EXISTENTE (m3)	TIEMPO RETENCION EBAR EXISTENTE (min)	TIEMPO OPERACIONAL DE BOMBEO EXISTENTE (min)	ALTURA DINAMICA TOTAL EXISTENTE ADT - (m)	TIPO DE BOMBA EXISTENTE
1	PORTEÑO	30	2.96	90	44.06	5	Convencional horizontal
2	FLORAL	22	2.46	60	19.29	6	Vertical sumergible
3	CAÑETE	30	17.24	90	59.02	10	Convencional horizontal
4	SALCEDO	30	8.48	90	48.6	16	Convencional horizontal
5	JALLIHUAYA	22	6.84	90	30.16	20	Convencional horizontal



TESIS DE INVESTIGACIÓN:
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023

FICHA TÉCNICA - PRUEBAS DE BOMBEO
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)

Localidad: PUNO

Provincia: PUNO

Distrito: PUNO

A. RECOLECCION DE INFORMACIÓN

1. DILIGENCIADO POR: OPERADOR EMSA PUNO
2. FUENTE DE INFORMACION: EMPRESA RECOPIADA EN CAMPO REPORTE O ARCHIVO
3. NOMBRE DEL INFORMANTE: EMSA PUNO S.A. - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO

B. DATOS GENERALES

4. NOMBRE DEL SITIO: EBAR - PORTEÑO
5. TIPO DE CAMARA: CON CÁMARA HUMEDA Y SECA CON CÁMARA DESDE LA CISTERNA

C. INFORMACIÓN DE LA PRUEBA

6. CAUDAL AFORADO: CAUDAL BOMBEO (l/seg) CAUDAL PROMEDIO (l/seg)
7. MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL: BALDEO REPORTADO ESTIMADO
 VERTEDERO CANALETA PARSHALL VOLUMETRICO
8. EQUIPO UTILIZADO: CAUDALIMETRO BOMBA MOTOBOMBA
9. TIPO DE PRUEBA: CAUDAL VARIABLE VALVULEO SLUG TEST

D. DATOS PRUEBA DE BOMBEO

10. DATOS DEL SISTEMA DE IMPULSION:
ADT= DISTANCIA LINEA DE IMPULSION

E. MEDICION DE CAUDAL

Muestras	Fechas de medición	Potencia de las bombas (actual)	Potencia de las bombas (diseño)	Caudal de bombeo (actual)	Caudal de bombeo (diseño)	Tiempo de bombeo (actual)	Tiempo de bombeo (diseño)
		HP	HP	l/s	l/s	h/mes	h/mes
1	30/01/2022	25.00	5.84	39.00	44.51	543	265.112
2	31/02/2022	25.00	5.84	41.00	44.51	540	239.456
3	28/03/2022	25.00	5.84	39.00	44.51	542	265.112
4	30/04/2022	25.00	5.84	41.00	44.51	527	256.56
5	30/05/2022	25.00	5.84	41.00	44.51	541	265.112
6	30/06/2022	25.00	5.84	41.00	44.51	533	256.56
7	31/07/2022	25.00	5.84	40.00	44.51	540	265.112
8	30/08/2022	25.00	5.84	39.00	44.51	530	265.112
9	30/09/2022	25.00	5.84	41.00	44.51	535	256.56
10	29/10/2022	25.00	5.84	40.00	44.51	543	265.112
11	30/11/2022	25.00	5.84	41.00	44.51	544	256.56
12	29/12/2022	25.00	5.84	41.00	44.51	541	265.112
1	30/01/2023	25.00	5.84	39.00	44.51	541	265.112
2	27/02/2023	25.00	5.84	39.00	44.51	534	239.456
3	30/03/2023	25.00	5.84	39.00	44.51	535	265.112
4	30/04/2023	25.00	5.84	39.00	44.51	528	256.56
5	29/05/2023	25.00	5.84	41.00	44.51	542	265.112
6	29/06/2023	25.00	5.84	41.00	44.51	530	256.56
7	30/07/2023	25.00	5.84	39.00	44.51	529	265.112
8	29/08/2023	25.00	5.84	40.00	44.51	526	265.112
9	29/09/2023	25.00	5.84	40.00	44.51	532	256.56
10	29/10/2023	25.00	5.84	41.00	44.51	541	265.112
11	30/11/2023	25.00	5.84	40.00	44.51	537	256.56
12	27/12/2023	25.00	5.84	41.00	44.51	528	265.112
		VALOR PROMEDIO		40.125	44.51	44.058	21.385



TESIS DE INVESTIGACIÓN:
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023

FICHA TÉCNICA - PRUEBAS DE BOMBEO
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)

Localidad: PUNO

Provincia: PUNO

Distrito: PUNO

A. RECOLECCION DE INFORMACIÓN

1. DILIGENCIADO POR: OPERADOR EMSA PUNO

2. FUENTE DE INFORMACION: EMPRESA RECOPIADA EN CAMPO REPORTE O ARCHIVO

3. NOMBRE DEL INFORMANTE:
EMSA PUNO S.A. - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO

B. DATOS GENERALES

4. NOMBRE DEL SITIO: EBAR FLORAL

5. TIPO DE CAMARA: CON CÁMARA HUMEDA Y SECA CON CÁMARA DESDE LA CISTERNA

C. INFORMACIÓN DE LA PRUEBA

6. CAUDAL AFORADO: CAUDAL BOMBEO (lseg) CAUDAL PROMEDIO (lseg)

7. MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL:
 BALDEO REPORTADO ESTIMADO
 VERTEDERO CANALETA PARSHALL VOLUMETRICO

8. EQUIPO UTILIZADO: CAUDALIMETRO BOMBA MOTOBOMBA

9. TIPO DE PRUEBA: CAUDAL VARIABLE VALVULO SLUG TEST

D. DATOS PRUEBA DE BOMBEO

10. DATOS DEL SISTEMA DE IMPULSION:
ADT= DISTANCIA LINEA DE IMPULSION

E. MEDICION DE CAUDAL

Muestras	Fechas de medición	Potencia de las bombas (actual)	Potencia de las bombas (diseño)	Caudal de bombeo (actual)	Caudal de bombeo (diseño)	Tiempo de bombeo (actual)	Tiempo de bombeo (diseño)
		HP	HP	l/s	l/s	h/mes	h/mes
1	30/01/2022	25.00	6.00	26.00	30.85	234	265.112
2	31/02/2022	25.00	6.00	28.00	30.85	236	239.456
3	28/03/2022	25.00	6.00	26.00	30.85	233	265.112
4	30/04/2022	25.00	6.00	28.00	30.85	238	256.56
5	30/05/2022	25.00	6.00	26.00	30.85	235	265.112
6	30/06/2022	25.00	6.00	26.00	30.85	234	256.56
7	31/07/2022	25.00	6.00	26.00	30.85	233	265.112
8	30/08/2022	25.00	6.00	28.00	30.85	232	265.112
9	30/09/2022	25.00	6.00	27.00	30.85	238	256.56
10	29/10/2022	25.00	6.00	28.00	30.85	237	265.112
11	30/11/2022	25.00	6.00	26.00	30.85	232	256.56
12	29/12/2022	25.00	6.00	28.00	30.85	233	265.112
1	30/01/2023	25.00	6.00	27.00	30.85	236	265.112
2	27/02/2023	25.00	6.00	27.00	30.85	235	239.456
3	30/03/2023	25.00	6.00	26.00	30.85	232	265.112
4	30/04/2023	25.00	6.00	28.00	30.85	232	256.56
5	29/05/2023	25.00	6.00	28.00	30.85	233	265.112
6	29/06/2023	25.00	6.00	28.00	30.85	237	256.56
7	30/07/2023	25.00	6.00	28.00	30.85	232	265.112
8	29/08/2023	25.00	6.00	27.00	30.85	235	265.112
9	29/09/2023	25.00	6.00	27.00	30.85	233	256.56
10	29/10/2023	25.00	6.00	26.00	30.85	236	265.112
11	30/11/2023	25.00	6.00	28.00	30.85	238	256.56
12	27/12/2023	25.00	6.00	28.00	30.85	236	265.112
VALOR PROMEDIO				27.125	30.85	19.285	21.385



TESIS DE INVESTIGACIÓN:
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023

FICHA TÉCNICA - PRUEBAS DE BOMBEO
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSA PUNO S.A.)

Localidad: PUNO

Provincia: PUNO

Distrito: PUNO

A. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1. DILIGENCIADO POR: OPERADOR EMSA PUNO
2. FUENTE DE INFORMACIÓN: EMPRESA RECOPIADA EN CAMPO REPORTE O ARCHIVO
3. NOMBRE DEL INFORMANTE: EMSA PUNO S.A. - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO

B. DATOS GENERALES

4. NOMBRE DEL SITIO: EBAR CAÑETE
5. TIPO DE CAMARA: CON CÁMARA HUMEDA Y SECA CON CÁMARA DESDE LA CISTERNA

C. INFORMACIÓN DE LA PRUEBA

6. CAUDAL AFORADO: CAUDAL BOMBEO (l/seg) CAUDAL PROMEDIO (l/seg)
7. MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL: BALDEO REPORTADO ESTIMADO
 VERTEDERO CANALETA PARSHALL VOLUMETRICO
8. EQUIPO UTILIZADO: CAUDALIMETRO BOMBA MOTOBOMBA
9. TIPO DE PRUEBA: CAUDAL VARIABLE VALVULEO SLUG TEST

D. DATOS PRUEBA DE BOMBEO

10. DATOS DEL SISTEMA DE IMPULSION:
ADT= DISTANCIA LINEA DE IMPULSION

E. MEDICION DE CAUDAL

Muestras	Fechas de medición	Potencia de las bombas (actual)	Potencia de las bombas (diseño)	Caudal de bombeo (actual)	Caudal de bombeo (diseño)	Tiempo de bombeo (actual)	Tiempo de bombeo (diseño)
		HP	HP	l/s	l/s	h/mes	h/mes
1	30/01/2022	25.00	25.01	91.00	163.28	727	265.112
2	31/02/2022	25.00	25.01	91.00	163.28	727	239.456
3	28/03/2022	25.00	25.01	88.00	163.28	707	265.112
4	30/04/2022	25.00	25.01	89.00	163.28	708	256.56
5	30/05/2022	25.00	25.01	88.00	163.28	729	265.112
6	30/06/2022	25.00	25.01	92.00	163.28	718	256.56
7	31/07/2022	25.00	25.01	90.00	163.28	707	265.112
8	30/08/2022	25.00	25.01	91.00	163.28	717	265.112
9	30/09/2022	25.00	25.01	91.00	163.28	723	256.56
10	29/10/2022	25.00	25.01	89.00	163.28	717	265.112
11	30/11/2022	25.00	25.01	92.00	163.28	718	256.56
12	29/12/2022	25.00	25.01	90.00	163.28	726	265.112
1	30/01/2023	25.00	25.01	90.00	163.28	720	265.112
2	27/02/2023	25.00	25.01	92.00	163.28	709	239.456
3	30/03/2023	25.00	25.01	88.00	163.28	709	265.112
4	30/04/2023	25.00	25.01	89.00	163.28	727	256.56
5	29/05/2023	25.00	25.01	91.00	163.28	707	265.112
6	29/06/2023	25.00	25.01	88.00	163.28	724	256.56
7	30/07/2023	25.00	25.01	90.00	163.28	721	265.112
8	29/08/2023	25.00	25.01	88.00	163.28	725	265.112
9	29/09/2023	25.00	25.01	89.00	163.28	716	256.56
10	29/10/2023	25.00	25.01	88.00	163.28	710	265.112
11	30/11/2023	25.00	25.01	92.00	163.28	719	256.56
12	27/12/2023	25.00	25.01	90.00	163.28	720	265.112
		VALOR PROMEDIO		89.875	163.28	59.023	21.385



TESIS DE INVESTIGACIÓN:
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023

FICHA TECNICA - PRUEBAS DE BOMBEO
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSAPUNO S.A.)

Localidad: PUNO

Provincia: PUNO

Distrito: PUNO

A. RECOLECCION DE INFORMACIÓN

1. DILIGENCIADO POR: OPERADOR EMSA PUNO

2. FUENTE DE INFORMACION: EMPRESA RECOPIADA EN CAMPO REPORTE O ARCHIVO

3. NOMBRE DEL INFORMANTE: EMSA PUNO S.A. - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO

B. DATOS GENERALES

4. NOMBRE DEL SITIO: EBAR SALCEDO

5. TIPO DE CAMARA: CON CÁMARA HUMEDA Y SECA CON CÁMARA DESDE LA CISTERNA

C. INFORMACIÓN DE LA PRUEBA

6. CAUDAL AFORADO: CAUDAL BOMBEO (lseg) CAUDAL PROMEDIO (lseg)

7. MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL:
 BALDEO REPORTADO ESTIMADO
 VERTEDERO CANALETA PARSHALL VOLUMETRICO

8. EQUIPO UTILIZADO: CAUDALIMETRO BOMBA MOTOBOMBA

9. TIPO DE PRUEBA: CAUDAL VARIABLE VALVULEO SLUG TEST

D. DATOS PRUEBA DE BOMBEO

10. DATOS DEL SISTEMA DE IMPULSION:
 ADT= DISTANCIA LINEA DE IMPULSION

E. MEDICION DE CAUDAL

Muestras	Fechas de medición	Potencia de las bombas (actual)	Potencia de las bombas (diseño)	Caudal de bombeo (actual)	Caudal de bombeo (diseño)	Tiempo de bombeo (actual)	Tiempo de bombeo (diseño)
		HP	HP	l/s	l/s	h/mes	h/mes
1	30/01/2022	25.00	17.45	30.00	88.37	591	265.112
2	31/02/2022	25.00	17.45	30.00	88.37	594	239.456
3	28/03/2022	25.00	17.45	29.00	88.37	596	265.112
4	30/04/2022	25.00	17.45	28.00	88.37	588	256.56
5	30/05/2022	25.00	17.45	29.00	88.37	583	265.112
6	30/06/2022	25.00	17.45	30.00	88.37	586	256.56
7	31/07/2022	25.00	17.45	28.00	88.37	595	265.112
8	30/08/2022	25.00	17.45	29.00	88.37	597	265.112
9	30/09/2022	25.00	17.45	29.00	88.37	592	256.56
10	29/10/2022	25.00	17.45	29.00	88.37	596	265.112
11	30/11/2022	25.00	17.45	29.00	88.37	596	256.56
12	29/12/2022	25.00	17.45	29.00	88.37	588	265.112
1	30/01/2023	25.00	17.45	30.00	88.37	582	265.112
2	27/02/2023	25.00	17.45	28.00	88.37	581	239.456
3	30/03/2023	25.00	17.45	28.00	88.37	587	265.112
4	30/04/2023	25.00	17.45	29.00	88.37	586	256.56
5	29/05/2023	25.00	17.45	28.00	88.37	594	265.112
6	29/06/2023	25.00	17.45	30.00	88.37	595	256.56
7	30/07/2023	25.00	17.45	30.00	88.37	597	265.112
8	29/08/2023	25.00	17.45	28.00	88.37	585	265.112
9	29/09/2023	25.00	17.45	28.00	88.37	589	256.56
10	29/10/2023	25.00	17.45	28.00	88.37	599	265.112
11	30/11/2023	25.00	17.45	30.00	88.37	600	256.56
12	27/12/2023	25.00	17.45	28.00	88.37	590	265.112
VALOR PROMEDIO				28.917	88.37	48.596	21.385



TESIS DE INVESTIGACIÓN:
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023

FICHA TÉCNICA - PRUEBAS DE BOMBEO
ESTACION DE BOMBEO - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BÁSICO DE PUNO (EMSA PUNO S.A.)

Localidad: PUNO

Provincia: PUNO

Distrito: PUNO

A. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1. DILIGENCIADO POR: OPERADOR EMSA PUNO
2. FUENTE DE INFORMACIÓN: EMPRESA RECOPIADA EN CAMPO REPORTE O ARCHIVO
3. NOMBRE DEL INFORMANTE:
EMSA PUNO S.A. - EMPRESA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO BASICO DE PUNO

B. DATOS GENERALES

4. NOMBRE DEL SITIO: EBAR JALLIHUAYA
5. TIPO DE CAMARA: CON CÁMARA HUMEDA Y SECA CON CÁMARA DESDE LA CISTERNA

C. INFORMACIÓN DE LA PRUEBA

6. CAUDAL AFORADO: CAUDAL BOMBEO (lseg) CAUDAL PROMEDIO (lseg)
7. MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL:
 BALDEO REPORTADO ESTIMADO
 VERTEDERO CANALETA PARSHALL VOLUMETRICO
8. EQUIPO UTILIZADO: CAUDALIMETRO BOMBA MOTOBOMBA
9. TIPO DE PRUEBA: CAUDAL VARIABLE VALVULEO SLUG TEST

D. DATOS PRUEBA DE BOMBEO

10. DATOS DEL SISTEMA DE IMPULSION:
ADT= DISTANCIA LINEA DE IMPULSION

E. MEDICION DE CAUDAL

Muestras	Fechas de medición	Potencia de las bombas (actual)	Potencia de las bombas (diseño)	Caudal de bombeo (actual)	Caudal de bombeo (diseño)	Tiempo de bombeo (actual)	Tiempo de bombeo (diseño)
		HP	HP	l/s	l/s	h/mes	h/mes
1	30/01/2022	25.00	17.45	27.00	69.02	368	265.112
2	31/02/2022	25.00	17.45	29.00	69.02	368	239.456
3	28/03/2022	25.00	17.45	29.00	69.02	369	265.112
4	30/04/2022	25.00	17.45	27.00	69.02	364	256.56
5	30/05/2022	25.00	17.45	27.00	69.02	370	265.112
6	30/06/2022	25.00	17.45	27.00	69.02	364	256.56
7	31/07/2022	25.00	17.45	27.00	69.02	365	265.112
8	30/08/2022	25.00	17.45	28.00	69.02	365	265.112
9	30/09/2022	25.00	17.45	28.00	69.02	369	256.56
10	29/10/2022	25.00	17.45	27.00	69.02	368	265.112
11	30/11/2022	25.00	17.45	28.00	69.02	367	256.56
12	29/12/2022	25.00	17.45	27.00	69.02	369	265.112
1	30/01/2023	25.00	17.45	27.00	69.02	368	265.112
2	27/02/2023	25.00	17.45	28.00	69.02	367	239.456
3	30/03/2023	25.00	17.45	28.00	69.02	366	265.112
4	30/04/2023	25.00	17.45	29.00	69.02	365	256.56
5	29/05/2023	25.00	17.45	27.00	69.02	366	265.112
6	29/06/2023	25.00	17.45	28.00	69.02	364	256.56
7	30/07/2023	25.00	17.45	29.00	69.02	370	265.112
8	29/08/2023	25.00	17.45	29.00	69.02	365	265.112
9	29/09/2023	25.00	17.45	27.00	69.02	367	256.56
10	29/10/2023	25.00	17.45	29.00	69.02	367	265.112
11	30/11/2023	25.00	17.45	28.00	69.02	364	256.56
12	27/12/2023	25.00	17.45	28.00	69.02	370	265.112
VALOR PROMEDIO				27.833	69.02	30.161	21.385

ANEXO 3. Memoria de cálculo – Trabajo de gabinete

ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES (Cálculo del volumen Útil y Caudal de Bombeo) PNO_EBAR-01 (PORTEÑO)

1. Datos generales:

Contribución promedio de desague	Qpd	21.307 [L/s]
Coefficiente de Variación Horaria (mínima)	Kmin	0.5000
Coefficiente de Variación Horaria (según CASO)	K2	1.8872
Contribución máximo horario o contribución máximo	Qmh	40.211 [L/s]
Contribución mínimo de desague	Qmin	10.654 [L/s]
Periodo de retención mínimo	^t RetMin	5.00 [min]
Periodo de retención máximo	^t RetMax	30.00 [min]

2. Cálculo del caudal de bombeo y volumen útil:

Relación de caudales	$K = Q_{\text{máx}} / Q_{\text{min}} =$	3.77
Coefficiente de Calculo	$a = t1 / t =$	6.00
Planteando la ecuación cuadrática	$(K-a) k1^2 + (a-K^2) k1 + K(K-1)(1+a) = 0$	
Se cumple la desigualdad:	$(a-k^2)^2 > 4(K-a)k(k-1)(1+a)$	
	68.00 > -652.56	

Coefficientes del polinomio	Coef 1:	-2.23 K1 ²
	Coef 2:	-8.25 K1
	Coef 3:	73.30
Raíces del polinomio	k1 =	4.18
	k1' =	-7.88
Coefficiente K1 seleccionado:	Para k1 =	4.18
Caudal de bombeo Qb= k1 * Qmin	Qb =	44.51 [L/s]

Volumen útil de la cámara de bombeo

Volumen útil:	Vútil = $t_{\text{min}} Q K (k1-1)/(k1+K-1)$	
	Vútil =	5514.19 [L]
	Vútil 1 =	5.51 [m3]
	Para k1 =	4.18
El caudal de bombeo = Qb= k1 * Qmin	Qb =	44.51 [L/s]

Predimensionamiento

Para sección semi-circular:	Área =	7.50 [m2]
	Altura útil =	0.74 [m]
	Volumen útil =	5.51 [m3]

Resumen de caudales y volumen útil			
Volumen útil máximo:	Vútil =	5.51	[m3]
Caudal de Bombeo calculado:	Qb =	44.51	[L/s]



Verificación del periodo de retención

Tiempo mínimo de llenado	$t_{MinLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{mh}$ = 137.13 [s] = 2.29 [min]
Tiempo máximo de llenado	$t_{MaxLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{min}$ = 517.59 [s] = 8.63 [min]
Tiempo mínimo de bombeo	$t_{MinBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{min})$ = 162.87 [s] = 2.71 [min]
Tiempo máximo de bombeo	$t_{MaxBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{mh})$ = 1,282.54 [s] = 21.38 [min]

Se verifica los periodos de retención máximo y mínimos determinados en un inicio:

Periodo de retención mínimo	$t_{RetMin} = t_{MinLle} + t_{MinBom}$ = 5 [min]
Periodo de retención máximo	$t_{RetMax} = t_{MaxLle} + t_{MaxBom}$ = 30 [min]
Tiempo mínimo entre paradas de sistema	$t_{Parada_min} = t_{MaxLle} + t_{MinBom}$ = 11 [min]
Tiempo máximo entre paradas de sistema	$t_{Parada_max} = t_{MinLle} + t_{MaxBom}$ = 24 [min]
Número mínimo de arranques por hora	$Narr_min = 60 / t_{Parada_max}$ = 3 [veces/hora]
Número máximo de arranques por hora	$Narr_max = 60 / t_{Parada_min}$ = 5 [veces/hora]

Resumen del periodo de retención		
Tiempo Mínimo de Arranque:	tmin =	5.00 [min]
(periodo de retención mínimo)	tiempo mínimo de llenado =	2.29 [min]
	tiempo mínimo de bombeo =	2.71 [min]
Tiempo Máximo de Arranque:	tmax =	30.00 [min]
(periodo de retención máximo)	tiempo máximo de llenado =	8.63 [min]
	tiempo máximo de bombeo =	21.38 [min]



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
(Dimensionamiento de los elementos hidráulicos)
PNO_EBAR-01 (PORTEÑO)

1. Consideraciones iniciales para el Sistema de Bombeo

Tipo de bomba	Sumergible
Caudal de bombeo total	44.51 [L/s]
N° de equipos en operación (en paralelo)	1
Q bombeo / equipo	44.51 [L/s]

2. Dimensionamiento de Succión, Descarga inicial y Árbol de Descarga:

Selección del diámetro de la línea de succión y descarga inicial

Caudal en línea de succión y descarga inicial 44.51 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
100	118	6.10	105.80	5.06	
125	144	6.00	132.00	3.25	
150	170	6.30	157.40	2.29	Seleccionado
200	222	6.40	209.20	1.29	
250	274	6.80	260.40	0.84	
300	326	7.20	311.60	0.58	

Se ha optado tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s.

Por lo tanto se utilizarán los siguientes diámetros:

	En descarga inicial	En succión
DN :	150 mm	- mm
e :	6.30 mm	- mm
Di :	157.40 mm	- mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la succión y descarga inicial (hd)

En la descarga se tiene una línea con las siguientes características:

Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro interno en succión	Di.suc=	0.00 [mm]
Diámetro interno en descarga inicial	Di.desc=	157.40 [mm]
Longitud de succión	L.suc=	0.00 [m]
Longitud de descarga inicial	L.desc=	4.65 [m]
Caudal	Qsuc.desc=	44.51 [L/s]
Velocidad en succión	Vsuc=	0.00 [m/s]
Velocidad en descarga inicial	Vdesc=	2.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la succión	hfd1=	0.00 [m]
Pérdida de carga por fricción en la descarga inicial	hfd2=	0.18 [m]

Pérdidas de carga locales (hLd)		Succión		Descarga inicial	
Accesorios	K	Cantidad	Sub Total	Cantidad	Sub Total
Reducción	0.15	0	0.00	1	0.15
Codo 45°	0.20	0	0.00	0	0.00
Codo 90°	0.40	0	0.00	2	0.80
Tee de paso directo	0.40	0	0.00	0	0.00
Valvula compuerta abierta	0.20	0	0.00	1	0.20
Yee (paso desvio)	1.80	0	0.00	0	0.00
Valvula Check	2.50	0	0.00	1	2.50
<i>Total de coeficiente de pérdida</i>		<i>Ksuc =</i>	0.00	<i>Kdesc =</i>	3.65
Total pérdida de carga local (hLd) [mca]		Ksuc(V²/2g)=	0.00	Kdesc(V²/2g)=	0.98
Pérdidas de carga en la succión y descarga inicial:			hfd1+hfd2+hLd =	1.16	[mca]

3. Dimensionamiento de la Línea de Impulsión

Datos para el diseño

Nivel de salida (de la tubería)	C_{NI}	3,951.35 [msnm]
Nivel máximo de descarga (de la tubería)	C_{LL}	3,953.25 [msnm]
Longitud de la Línea de Impulsión	L_{imp}	250.00 [m]
Material de la tubería a usar		PEAD
Caudal de Bombeo	Q_b	44.51 [L/s]

Selección del diámetro de la línea de impulsión

Diámetro económico según fórmula de BRESSE	$D = R (x/24)^{0.25} * (Q_b)^{0.50}$	
$R = (0.7 - 1.6)$ recomendable $R=1.3$	$R =$	1.30
Número de horas de bombeo	$x =$	18 [hrs]
Diámetro económico:	$D =$	255.23 [mm]
Diámetro comercial según BRESSE	$D_{com} =$	250 [mm]

*Nota: Se utilizará el diámetro más cercano a lo calculado

Selección del diámetro de la línea de impulsión

En esta sección se evaluarán los diámetros con el criterio de velocidades en un rango de <0.60 - 3.00> m/s

Relación estándar de dimensión

SDR 13.6

Presión equivalente (PE-100)

12.5 [bar]

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
160	160	11.80	136.40	3.05	
200	200	14.17	171.66	1.92	
250	250	18.40	213.20	1.25	Seleccionado
280*	280*	20.60	-	-	
315	315	23.20	268.60	0.79	
355	355	26.10	302.80	0.62	

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

PEAD DN250 PN-12.5

DN :	250 mm
e :	18.40 mm
Di :	213.20 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión (hTub)

Material		PEAD
Coefficiente de Hazzen y Williams	$C =$	130.00
Diámetro	$D_{imp} =$	213.20 [mm]
Longitud	$L_{imp} =$	250.00 [m]
Caudal	$Q_b =$	44.51 [L/s]
Velocidad en impulsión	$V_{imp} =$	1.25 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la línea de impulsión	$h_{fTub} =$	1.89 [m]

Pérdidas de carga locales (hLTub)

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Codo 90°	0.90	0	0.00
Codo 45°	0.40	3	1.20
Codo 30°	0.30	7	2.10
Válvula de alivio	2.50	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	4	1.60
Total de coeficiente de pérdida		$K =$	4.90
Total de pérdida de carga local (hLTub)		$K(V^2/2g) =$	0.39

Pérdidas de carga en la línea de impulsión	$h_{fTub} + h_{LTub} =$	2.28	[mca]
---	---	-------------	--------------

4. Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT) del Sistema de Impulsión

Consideraciones iniciales

Nivel de terreno (de la estación de bombeo)	CT_{EBAR}	3,952.65 [msnm]
Profundidad Cámara de bombeo	H_{EBAR}	4.80 [m]
Nivel de Fondo	CF_{EBAR}	3,947.85 [msnm]
Nivel de succión	N_{suc}	3,948.75 [msnm]
Altura geométrica	H_{Limp}	4.50 [m]
Carga de entrega*	Ps	0.00 [m]
Nivel mínimo de succión		3,948.75 [msnm]
Cota de descarga		3,953.25 [msnm]
Diferencia de alturas geométricas (máxima)	Hg	4.50 [m]

Resumen de pérdidas de carga (H)

Pérdida de carga en succión y descarga inicial (Hd)

Pérdida por fricción	$hfd =$	0.18 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLd =$	0.98 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$Hd =$	1.16 [m]

Pérdida de carga en árbol principal (Harb)

Pérdida por fricción	$hfarb =$	0.08 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLarb =$	0.50 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$Harb =$	0.58 [m]

Pérdida de carga en la línea de impulsión (HTub)

Pérdida por fricción	$hfTub =$	1.89 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLTub =$	0.39 [m]
Pérdida de carga total en línea de impulsión	$Htub =$	2.28 [m]

Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT)

Pérdidas de carga totales	$Hd+Harb+Htub =$	4.02 [m]
Carga de entrega*	$Ps =$	0.00 [m]
Altura geométrica	$Hg =$	4.50 [m]

Altura dinámica Total	$ADT =$	8.52 [m]
------------------------------	---------------------------	-----------------

5. Dimensionamiento del Equipo de Bombeo

Cálculo de la potencia de cada bomba y motor

Altura geométrica	$Hg =$	4.50 [m]
Altura dinámica total	$ADT =$	8.52 [m]
Número de grupos de bombeo (en paralelo)	$Nop =$	1
Número de equipos en operación (en serie)	$Nops =$	1
Número de grupos en reserva (en paralelo)	$Nres =$	1
Número total de equipos de bombeo	$Neq =$	2
Caudal de Bombeo Total (en la estación)	$Qbt =$	44.51 [L/s]
Caudal de Bombeo Unitario (por cada bomba)	$Qbu =$	44.51 [L/s]

Potencia teórica o hidráulica (de una bomba)	$P =$	4.99 [HP]
Eficiencia teórica de la bomba	$nb =$	60 %
Potencia de consumo de la bomba	$Pb =$	8.43 [HP]
Eficiencia teórica del motor	$nm =$	90 %
Potencia instalada del motor	$Pmb =$	9.36 [HP]
		7.02 [Kw]

Se instalarán un sistema 1+1; es decir, 01 grupos de bombas (con 01 bomba cada uno) para operación continua y 01 grupo de bombeo para contingencias o mantenimiento.



6. Verificación por cavitación

Altura de eje de bomba	Heje=	1.00 [m]
Altura de eje de bomba	Ceje=	3,947.85 [msnm]
Cota de carga mínima	C _{min} =	3,948.75 [msnm]
Cota de carga máxima	C _{max} =	3,948.49 [msnm]
Temperatura	Temp =	12 [°C]
Densidad	ρ=	998.70 [kg/m3]

Expresión para el cálculo Altura de aspiración neta positiva

$$NPSH_{disp} = (H_{atm} - H_{vap}) + H_a - h_a$$

Altura de presión atmosférica	H _{atm} =	5.940 [m]
Altura de presión de vapor	H _{vap} =	0.179 [m]
Altura de aspiración o carga	H _a =	-0.100 [m]
Pérdidas de carga en succión	h _a =	0.000 [m]

NPSH Disponible	NPSH_{disp} =	5.661 [m]
------------------------	------------------------------	------------------



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

(Cálculo del volumen Útil y Caudal de Bombeo)

PNO_EBAR-02 (FLORAL)

1. Datos generales:

Contribución promedio de desague	Qpd	14.768 [L/s]
Coefficiente de Variación Horaria (mínima)	Kmin	0.5000
Coefficiente de Variación Horaria (según CASO)	K2	1.8872
Contribución máximo horario o contribución máximo	Qmh	27.870 [L/s]
Contribución mínimo de desague	Qmin	7.384 [L/s]
Periodo de retención mínimo	^t RetMin	5.00 [min]
Periodo de retención máximo	^t RetMax	30.00 [min]

2. Cálculo del caudal de bombeo y volumen útil:

Relación de caudales	$K = Q_{\text{máx}} / Q_{\text{min}} =$	3.77
Coefficiente de Calculo	$a = t_1 / t =$	6.00
Planteando la ecuación cuadrática	$(K-a) k_1^2 + (a-K^2) k_1 + K(K-1)(1+a) = 0$	
Se cumple la desigualdad:	$(a-k^2)^2 > 4(K-a)k(k-1)(1+a)$	
	68.00 > -652.56	
Coefficientes del polinomio	Coef 1:	-2.23 K ¹²
	Coef 2:	-8.25 K ¹
	Coef 3:	73.30
Raices del polinomio	k ₁ =	4.18
	k ₁ ' =	-7.88
Coefficiente K ₁ seleccionado:	Para k₁ =	4.18
Caudal de bombeo Q _b = k ₁ * Q _{min}	Q_b =	30.85 [L/s]

Volumen útil de la cámara de bombeo

Volumen útil:	$V_{\text{útil}} = t_{\text{min}} Q K (k_1 - 1) / (k_1 + K - 1)$	
	V _{útil} =	3821.91 [L]
V_{útil 1} =		3.82 [m³]
	Para k ₁ =	4.18
El caudal de bombeo = Q _b = k ₁ * Q _{min}	Q_b =	30.85 [L/s]

Predimensionamiento

Para sección semi-circular:	Área =	5.85 [m ²]
	Altura útil =	0.65 [m]
	Volumen útil =	3.82 [m³]

Resumen de caudales y volumen útil

Volumen útil máximo:	V_{útil} =	3.82 [m³]
Caudal de Bombeo calculado:	Q_b =	30.85 [L/s]



Tiempo mínimo de llenado	$t_{MinLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{mh}$ $= 137.13 [s]$ $= 2.29 [min]$
Tiempo máximo de llenado	$t_{MaxLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{min}$ $= 517.59 [s]$ $= 8.63 [min]$
Tiempo mínimo de bombeo	$t_{MinBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{min})$ $= 162.87 [s]$ $= 2.71 [min]$
Tiempo máximo de bombeo	$t_{MaxBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{mh})$ $= 1,282.59 [s]$ $= 21.38 [min]$

Se verifica los periodos de retención máximo y mínimos determinados en un inicio:

Periodo de retención mínimo	$t_{RetMin} = t_{MinLle} + t_{MinBom}$ $= 5 [min]$
Periodo de retención máximo	$t_{RetMax} = t_{MaxLle} + t_{MaxBom}$ $= 30 [min]$
Tiempo mínimo entre paradas de sistema	$t_{Parada_min} = t_{MaxLle} + t_{MinBom}$ $= 11 [min]$
Tiempo máximo entre paradas de sistema	$t_{Parada_max} = t_{MinLle} + t_{MaxBom}$ $= 24 [min]$
Número mínimo de arranques por hora	$N_{arr_min} = 60 / t_{Parada_max}$ $= 3 [veces/hora]$
Número máximo de arranques por hora	$N_{arr_max} = 60 / t_{Parada_min}$ $= 5 [veces/hora]$

Resumen del periodo de retención		
Tiempo Mínimo de Arranque:	tmin =	5.00 [min]
(periodo de retención mínimo)	tiempo mínimo de llenado =	2.29 [min]
	tiempo mínimo de bombeo =	2.71 [min]
Tiempo Máximo de Arranque:	tmax =	30.00 [min]
(periodo de retención máximo)	tiempo máximo de llenado =	8.63 [min]
	tiempo máximo de bombeo =	21.38 [min]



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
(Dimensionamiento de los elementos hidráulicos)
PNO_EBAR-02 (FLORAL)

1. Consideraciones iniciales para el Sistema de Bombeo

Tipo de bomba	Sumergible
Caudal de bombeo total	30.85 [L/s]
N° de equipos en operación (en paralelo)	1
Q bombeo / equipo	30.85 [L/s]

2. Dimensionamiento de Succión, Descarga inicial y Árbol de Descarga:

Selección del diámetro de la línea de succión y descarga inicial

Caudal en línea de succión y descarga inicial 30.85 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
100	118	6.10	105.80	5.06	
125	144	6.00	132.00	3.25	
150	170	6.30	157.40	2.29	Seleccionado
200	222	6.40	209.20	1.29	
250	274	6.80	260.40	0.84	
300	326	7.20	311.60	0.58	

Se ha optado tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s.

Por lo tanto se utilizarán los siguientes diámetros:

	En descarga inicial	En succión
DN :	150 mm	200 mm
e :	6.30 mm	6.4 mm
Di :	157.40 mm	209.2 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la succión y descarga inicial (hd)

En la descarga se tiene una línea con las siguientes características:

Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro interno en succión	Di.succ=	209.20 [mm]
Diámetro interno en descarga inicial	Di.desc=	157.40 [mm]
Longitud de succión	L.suc=	2.75 [m]
Longitud de descarga inicial	L.desc=	6.69 [m]
Caudal	Qsuc.desc=	30.85 [L/s]
Velocidad en succión	Vsuc=	1.29 [m/s]
Velocidad en descarga inicial	Vdesc=	2.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la succión	hfd1=	0.01 [m]
Pérdida de carga por fricción en la descarga inicial	hfd2=	0.13 [m]

Pérdidas de carga locales (hLd)		Succión		Descarga inicial	
Accesorios	K	Cantidad	Sub Total	Cantidad	Sub Total
Reducción	0.30	1	0.30	1	0.30
Codo 45°	0.40	0	0.00	1	0.40
Codo 90°	0.90	2	1.80	2	1.80
Tee de paso directo	0.40	0	0.00	1	0.40
Valvula compuerta abierta	0.20	1	0.20	1	0.20
Yee (paso desvio)	1.80	0	0.00	1	1.80
Valvula Check	2.00	0	0.00	1	2.00
<i>Total de coeficiente de pérdida</i>		<i>Ksuc =</i>	2.00	<i>Kdesc =</i>	6.90
Total pérdida de carga local (hLd) [mca]		Ksuc(V²/2g)=	0.17	Kdesc(V²/2g)=	1.84
Pérdidas de carga en la succión y descarga inicial:			hfd1+hfd2+hLd =	2.16	[mca]



Selección del diámetro del árbol principal

Caudal en árbol principal

30.85 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
150	170.0	6.3	157.4	2.29	Seleccionado
200	222.0	6.4	209.2	1.29	
250	274.0	6.8	260.4	0.84	
300	326.0	7.2	311.6	0.58	
350	378.0	7.7	362.6	0.43	
400	429.0	8.1	412.8	0.33	

Se ha obtenido tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

DN : 150 mm
e : 6.30 mm
Di : 157.40 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en el árbol principal (h_{arb})

En el árbol principal se tiene una línea con las siguientes características:

Número de descargas		1.00
Material		Hierro Ductil
Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro	Di=	157.40 [mm]
Longitud	L=	8.80 [m]
Caudal	Q _b =	30.85 [L/s]
Velocidad en árbol	V _{arb} =	2.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en el árbol principal	h_{farb}=	0.17 [m]

Pérdidas de carga locales (h_{Larb})[mca]

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Yee (paso desvío)	1.80	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	1	0.40
Válv. Comp. abierta	0.20	1	0.20
Codo 45°	0.40	2	0.80
Valvula Check	2.00	0	0.00
Reducción	0.30	1	0.30
Caudalímetro	0.20	1	0.20
Total de coeficiente de pérdida		K=	1.90
Total de pérdida de carga local (h_{Larb})		K(V²/2g)=	0.51

Pérdidas de carga en árbol principal:	h_{farb} + h_{Larb} =	0.68	[mca]
--	--	-------------	--------------



3. Dimensionamiento de la Línea de Impulsión

Datos para el diseño

Nivel de salida (de la tubería)	C_{NI}	3,813.04 [msnm]
Nivel máximo de descarga (de la tubería)	C_{LL}	3,813.68 [msnm]
Longitud de la Línea de Impulsión	L_{imp}	248.64 [m]
Material de la tubería a usar		PEAD
Caudal de Bombeo	Q_b	30.85 [L/s]

Selección del diámetro de la línea de impulsión

Diámetro económico según fórmula de BRESSE	$D = R (x/24)^{0.25} * (Q_b)^{0.50}$	
$R = (0.7 - 1.6)$ recomendable $R=1.3$	$R =$	1.30
Número de horas de bombeo	$x =$	8 [hrs]
Diámetro económico:	$D =$	173.50 [mm]
Diámetro comercial según BRESSE	$D_{com} =$	200 [mm]

*Nota: Se utilizará el diámetro más cercano a lo calculado

Selección del diámetro de la línea de impulsión

En esta sección se evaluarán los diámetros con el criterio de velocidades en un rango de <0.60 - 3.00> m/s

Relación estándar de dimensión					SDR 21
Presión equivalente (PE-100)					8 [bar]
Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
160	160	7.70	144.60	1.88	
200	200	9.60	180.80	1.20	Seleccionado
250	250	11.90	226.20	0.77	
280*	280*	13.40	-	-	
315	315	15.00	285.00	0.48	
355	355	16.90	321.20	0.38	

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

PEAD DN200 PN-8

DN : 200 mm
e : 9.60 mm
Di : 180.80 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión (hTub)

Material		PEAD
Coefficiente de Hazzen y Williams	$C =$	130.00
Diámetro	$D_{imp} =$	180.80 [mm]
Longitud	$L_{imp} =$	248.64 [m]
Caudal	$Q_b =$	30.85 [L/s]
Velocidad en impulsión	$V_{imp} =$	1.20 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la línea de impulsión	$h_{fTub} =$	2.13 [m]

Pérdidas de carga locales (hLTub)

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Codo 90°	0.90	0	0.00
Codo 45°	0.40	3	1.20
Codo 30°	0.30	0	0.00
Válvula de alivio	2.50	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	1	0.40
Total de coeficiente de pérdida		$K =$	1.60
Total de pérdida de carga local (hLTub)		$K(V^2/2g) =$	0.12

Pérdidas de carga en la línea de impulsión	$h_{fTub} + h_{LTub} =$	2.25	[mca]
---	---	-------------	--------------

4. Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT) del Sistema de Impulsión

Consideraciones iniciales

Nivel de terreno (de la estación de bombeo)	CT_{EBAR}	3,815.25 [msnm]
Profundidad Cámara de bombeo	H_{EBAR}	7.43 [m]
Nivel de Fondo	CF_{EBAR}	3,807.82 [msnm]
Nivel de succión	N_{suc}	3,808.72 [msnm]
Altura geométrica	H_{Limp}	4.96 [m]
Carga de entrega*	Ps	0.00 [m]
Nivel mínimo de succión		3,808.72 [msnm]
Cota de descarga		3,813.68 [msnm]
Diferencia de alturas geométricas (máxima)	Hg	4.96 [m]

Resumen de pérdidas de carga (H)

Pérdida de carga en succión y descarga inicial (Hd)

Pérdida por fricción	$hfd =$	0.13 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLd =$	1.84 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$Hd =$	2.16 [m]

Pérdida de carga en árbol principal (Harb)

Pérdida por fricción	$hfarb =$	0.17 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLarb =$	0.51 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$Harb =$	0.68 [m]

Pérdida de carga en la línea de impulsión (HTub)

Pérdida por fricción	$hfTub =$	2.13 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLTub =$	0.12 [m]
Pérdida de carga total en línea de impulsión	$Htub =$	2.25 [m]

Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT)

Pérdidas de carga totales	$Hd+Harb+Htub =$	5.08 [m]
Carga de entrega*	$Ps =$	0.00 [m]
Altura geométrica	$Hg =$	4.96 [m]

Altura dinámica Total	$ADT =$	10.04 [m]
------------------------------	---------------------------	------------------

5. Dimensionamiento del Equipo de Bombeo

Cálculo de la potencia de cada bomba y motor

Altura geométrica	$Hg =$	4.96 [m]
Altura dinámica total	$ADT =$	10.04 [m]
Número de grupos de bombeo (en paralelo)	$Nop =$	1
Número de equipos en operación (en serie)	$Nops =$	1
Número de grupos en reserva (en paralelo)	$Nres =$	1
Número total de equipos de bombeo	$Neq =$	3
Caudal de Bombeo Total (en la estación)	$Qbt =$	30.85 [L/s]
Caudal de Bombeo Unitario (por cada bomba)	$Qbu =$	30.85 [L/s]

Potencia teórica o hidráulica (de una bomba)	$P =$	4.07 [HP]
Eficiencia teórica de la bomba	$nb =$	60 %
Potencia de consumo de la bomba	$Pb =$	6.89 [HP]
Eficiencia teórica del motor	$nm =$	90 %
Potencia instalada del motor	$Pmb =$	7.65 [HP]
		5.74 [Kw]

Se instalarán un sistema 1+1; es decir, 01 grupos de bombas (con 01 bombas cada uno) para operación continua y 01 grupo de bombeo para contingencias o mantenimiento.



6. Verificación por cavitación		
Altura de eje de bomba	Heje=	1.00 [m]
Altura de eje de bomba	Ceje=	3,808.82 [msnm]
Cota de carga mínima	C _{min} =	3,808.72 [msnm]
Cota de carga máxima	C _{max} =	3,809.37 [msnm]
Temperatura	Temp =	12 [°C]
Densidad	ρ=	998.70 [kg/m3]

Expresión para el cálculo Altura de aspiración neta positiva

$$NPSH_{disp} = (H_{atm} - H_{vap}) + H_a - h_a$$

Altura de presión atmosférica	H _{atm} =	6.100 [m]
Altura de presión de vapor	H _{vap} =	0.179 [m]
Altura de aspiración o carga	H _a =	-0.102 [m]
Pérdidas de carga en succión	h _a =	0.000 [m]
NPSH Disponible	NPSH_{disp} =	5.819 [m]



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

(Cálculo del volumen Útil y Caudal de Bombeo)

PNO_EBAR-03 (CAÑETE)

1. Datos generales:			
Contribución promedio de desague	Qpd	78.163	[L/s]
Coefficiente de Variación Horaria (mínima)	Kmin	0.5000	
Coefficiente de Variación Horaria (según CASO)	K2	1.8872	
Contribución máximo horario o contribución máximo	Qmh	147.509	[L/s]
Contribución mínimo de desague	Qmin	39.082	[L/s]
Periodo de retención mínimo	^t RetMin	5.00	[min]
Periodo de retención máximo	^t RetMax	30.00	[min]
2. Cálculo del caudal de bombeo y volumen útil:			
Relación de caudales	$K = Q_{\text{máx}} / Q_{\text{min}} =$	3.77	
Coefficiente de Calculo	$a = t_1 / t =$	6.00	
Planteando la ecuación cuadrática	$(K-a) k^2 + (a-K^2) k + K(K-1)(1+a) = 0$		
Se cumple la desigualdad:	$(a-k^2)^2 > 4(K-a)k(k-1)(1+a)$		
	68.00 > -652.56		
Coefficientes del polinomio	Coef 1:	-2.23	K^2
	Coef 2:	-8.25	K
	Coef 3:	73.30	
Raíces del polinomio	$k_1 =$	4.18	
	$k_1' =$	-7.88	
Coefficiente K1 seleccionado:	Para $k_1 =$	4.18	
Caudal de bombeo $Q_b = k_1 * Q_{\text{min}}$	$Q_b =$	163.28	[L/s]
Volumen útil de la cámara de bombeo			
Volumen útil:	$V_{\text{útil}} = t_{\text{min}} Q K (k_1 - 1) / (k_1 + K - 1)$		
	$V_{\text{útil}} =$	20228.35	[L]
	$V_{\text{útil 1}} =$	20.23	[m3]
	Para $k_1 =$	4.18	
El caudal de bombeo $= Q_b = k_1 * Q_{\text{min}}$	$Q_b =$	163.28	[L/s]
Predimensionamiento			
Para sección semi-circular:	Área =	20.55	[m2]
	Altura útil =	0.98	[m]
	Volumen útil =	20.23	[m3]
Resumen de caudales y volumen útil			
Volumen útil máximo:	$V_{\text{útil}} =$	20.23	[m3]
Caudal de Bombeo calculado:	$Q_b =$	163.28	[L/s]



Verificación del periodo de retención

Tiempo mínimo de llenado	$t_{MinLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{mh}$ = 137.13 [s] = 2.29 [min]
Tiempo máximo de llenado	$t_{MaxLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{min}$ = 517.59 [s] = 8.63 [min]
Tiempo mínimo de bombeo	$t_{MinBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{min})$ = 162.87 [s] = 2.71 [min]
Tiempo máximo de bombeo	$t_{MaxBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{mh})$ = 1,282.65 [s] = 21.38 [min]

Se verifica los periodos de retención máximo y mínimos determinados en un inicio:

Periodo de retención mínimo	$t_{RetMin} = t_{MinLle} + t_{MinBom}$ = 5 [min]
Periodo de retención máximo	$t_{RetMax} = t_{MaxLle} + t_{MaxBom}$ = 30 [min]
Tiempo mínimo entre paradas de sistema	$t_{Parada_min} = t_{MaxLle} + t_{MinBom}$ = 11 [min]
Tiempo máximo entre paradas de sistema	$t_{Parada_max} = t_{MinLle} + t_{MaxBom}$ = 24 [min]
Número mínimo de arranques por hora	$N_{arr_min} = 60 / t_{Parada_max}$ = 3 [veces/hora]
Número máximo de arranques por hora	$N_{arr_max} = 60 / t_{Parada_min}$ = 5 [veces/hora]

Resumen del periodo de retención		
Tiempo Mínimo de Arranque:	t_{min} =	5.00 [min]
(periodo de retención mínimo)	tiempo mínimo de llenado =	2.29 [min]
	tiempo mínimo de bombeo =	2.71 [min]
Tiempo Máximo de Arranque:	t_{max} =	30.00 [min]
(periodo de retención máximo)	tiempo máximo de llenado =	8.63 [min]
	tiempo máximo de bombeo =	21.38 [min]



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
(Dimensionamiento de los elementos hidráulicos)
PNO_EBAR-03 (CAÑETE)

1. Consideraciones iniciales para el Sistema de Bombeo

Tipo de bomba	Sumergible seco
Caudal de bombeo total	163.28 [L/s]
N° de equipos en operación (en paralelo)	2
Q bombeo / equipo	81.64 [L/s]

2. Dimensionamiento de Succión, Descarga inicial y Árbol de Descarga:

Selección del diámetro de la línea de succión y descarga inicial

Caudal en línea de succión y descarga inicial 81.64 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
100	118	6.10	105.80	5.06	
125	144	6.00	132.00	3.25	
150	170	6.3	157.4	2.29	Seleccionado
200	222	6.40	209.20	1.29	
250	274	6.80	260.40	0.84	
300	326	7.20	311.60	0.58	

Se ha optado tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s.

Por lo tanto se utilizarán los siguientes diámetros:

	En descarga inicial	En succión
DN :	150 mm	200 mm
e :	6.30 mm	6.4 mm
Di :	157.40 mm	209.2 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la succión y descarga inicial (hd)

En la descarga se tiene una línea con las siguientes características:

Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro interno en succión	Di.suc=	209.20 [mm]
Diámetro interno en descarga inicial	Di.desc=	157.40 [mm]
Longitud de succión	L.suc=	4.35 [m]
Longitud de descarga inicial	L.desc=	9.55 [m]
Caudal	Qsuc.desc=	81.64 [L/s]
Velocidad en succión	Vsuc=	1.29 [m/s]
Velocidad en descarga inicial	Vdesc=	2.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la succión	hfd1=	0.13 [m]
Pérdida de carga por fricción en la descarga inicial	hfd2=	1.13 [m]

Pérdidas de carga locales (hLd)		Succión		Descarga inicial	
Accesorios	K	Cantidad	Sub Total	Cantidad	Sub Total
Reducción	0.30	1	0.30	1	0.30
Codo 45°	0.40	0	0.00	1	0.40
Codo 90°	0.90	2	1.80	2	1.80
Tee de paso directo	0.40	0	0.00	1	0.40
Valvula compuerta abierta	0.20	1	0.20	1	0.20
Yee (paso desvio)	1.80	0	0.00	1	1.80
Valvula Check	2.00	0	0.00	1	2.00
<i>Total de coeficiente de pérdida</i>		<i>Ksuc =</i>	2.30	<i>Kdesc =</i>	6.90
Total pérdida de carga local (hLd) [mca]		Ksuc(V²/2g)=	0.20	Kdesc(V²/2g)=	1.84
Pérdidas de carga en la succión y descarga inicial:			hfd1+hfd2+hLd =	3.30	[mca]



Selección del diámetro del árbol principal

Caudal en árbol principal

163.28 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
150	170	6.3	157.4	2.29	Seleccionado
200	222.0	6.4	209.2	1.29	
250	274.0	6.8	260.4	0.84	
300	326.0	7.2	311.6	0.58	
350	378.0	7.7	362.6	0.43	
400	429.0	8.1	412.8	0.33	

Se ha obtenido tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

DN : 150 mm
e : 6.00 mm
Di : 157.40 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en el árbol principal (h_{arb})

En el árbol principal se tiene una línea con las siguientes características:

Número de descargas		1.00
Material		Hierro Ductil
Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro	Di=	157.40 [mm]
Longitud	L=	11.24 [m]
Caudal	Q _b =	163.28 [L/s]
Velocidad en árbol	V _{arb} =	2.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en el árbol principal	h_{farb}=	4.80 [m]

Pérdidas de carga locales (h_{Larb})[mca]

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Yee (paso desvío)	1.80	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	1	0.40
Válv. Comp. abierta	0.20	1	0.20
Codo 45°	0.40	2	0.80
Valvula Check	2.00	0	0.00
Reducción	0.30	1	0.30
Caudalímetro	0.20	1	0.20
Total de coeficiente de pérdida		K=	1.90
Total de pérdida de carga local (h_{Larb})		K(V²/2g)=	0.51

Pérdidas de carga en árbol principal:	h_{farb} + h_{Larb} =	5.31	[mca]
--	--	-------------	--------------



3. Dimensionamiento de la Línea de Impulsión

Datos para el diseño

Nivel de salida (de la tubería)	C_{NI}	3,812.74 [msnm]
Nivel máximo de descarga (de la tubería)	C_{LL}	3,814.96 [msnm]
Longitud de la Línea de Impulsión	L_{imp}	515.26 [m]
Material de la tubería a usar		PEAD
Caudal de Bombeo	Q_b	163.28 [L/s]

Selección del diámetro de la línea de impulsión

Diámetro económico según fórmula de BRESSE	$D = R (x/24)^{0.25} * (Q_b)^{0.50}$	
$R = (0.7 - 1.6)$ recomendable $R=1.3$	$R =$	1.30
Número de horas de bombeo	$x =$	8 [hrs]
Diámetro económico:	$D =$	399.14 [mm]
Diámetro comercial según BRESSE	$D_{com} =$	400 [mm]

*Nota: Se utilizará el diámetro más cercano a lo calculado

Selección del diámetro de la línea de impulsión

En esta sección se evaluarán los diámetros con el criterio de velocidades en un rango de <0.60 - 3.00> m/s

Relación estándar de dimensión				SDR 21	
Presión equivalente (PE-100)				8 [bar]	
Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
280*	280*	13.40	-	-	
315	315	15.00	285.00	2.56	
355	355	16.90	321.20	2.02	
400	200	19.10	361.80	1.59	Seleccionado
450	450	21.50	407.00	1.26	
500	500	23.90	452.20	1.02	

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

PEAD DN400 PN-8

DN : 400 mm
e : 19.10 mm
Di : 361.80 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión (hTub)

Material		PEAD
Coefficiente de Hazzen y Williams	$C =$	130.00
Diámetro	$D_{imp} =$	361.80 [mm]
Longitud	$L_{imp} =$	515.26 [m]
Caudal	$Q_b =$	163.28 [L/s]
Velocidad en impulsión	$V_{imp} =$	1.59 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la línea de impulsión	$h_{fTub} =$	3.29 [m]

Pérdidas de carga locales (hLTub)

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Codo 90°	0.90	0	0.00
Codo 45°	0.40	6	2.40
Codo 30°	0.30	0	0.00
Válvula de alivio	2.50	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	3	1.20
Total de coeficiente de pérdida		$K =$	3.60
Total de pérdida de carga local (hLTub)		$K(V^2/2g) =$	0.46

Pérdidas de carga en la línea de impulsión	$h_{fTub} + h_{LTub} =$	3.75	[mca]
---	---	-------------	--------------



4. Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT) del Sistema de Impulsión

Consideraciones iniciales

Nivel de terreno (de la estación de bombeo)	CT_{EBAR}	3,815.00 [msnm]
Profundidad Cámara de bombeo	H_{EBAR}	9.80 [m]
Nivel de Fondo	CF_{EBAR}	3,805.20 [msnm]
Nivel de succión	N_{suc}	3,806.20 [msnm]
Altura geométrica	H_{Limp}	8.76 [m]
Carga de entrega*	Ps	0.00 [m]
Nivel mínimo de succión		3,806.20 [msnm]
Cota de descarga		3,814.96 [msnm]
Diferencia de alturas geométricas (máxima)	Hg	8.76 [m]

Resumen de pérdidas de carga (H)

Pérdida de carga en succión y descarga inicial (Hd)

Pérdida por fricción	$hfd =$	1.13 [m]
Perdida de carga por accesorio	$hLd =$	1.84 [m]
Perdida de carga total en árbol principal	$Hd =$	3.30 [m]

Pérdida de carga en árbol principal (Harb)

Pérdida por fricción	$hfarb =$	4.80 [m]
Perdida de carga por accesorio	$hLarb =$	0.51 [m]
Perdida de carga total en árbol principal	$Harb =$	5.31 [m]

Pérdida de carga en la línea de impulsión (HTub)

Pérdida por fricción	$hfTub =$	3.29 [m]
Perdida de carga por accesorio	$hLTub =$	0.46 [m]
Perdida de carga total en línea de impulsión	$Htub =$	3.75 [m]

Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT)

Pérdidas de carga totales	$Hd+Harb+Htub =$	12.36 [m]
Carga de entrega*	$Ps =$	0.00 [m]
Altura geométrica	$Hg =$	8.76 [m]

Altura dinámica Total	$ADT =$	21.12 [m]
------------------------------	---------------------------	------------------

5. Dimensionamiento del Equipo de Bombeo

Cálculo de la potencia de cada bomba y motor

Altura geométrica	$Hg =$	8.76 [m]
Altura dinámica total	$ADT =$	21.12 [m]
Número de grupos de bombeo (en paralelo)	$Nop =$	2
Número de equipos en operación (en serie)	$Nops =$	1
Número de grupos en reserva (en paralelo)	$Nres =$	1
Número total de equipos de bombeo	$Neq =$	3
Caudal de Bombeo Total (en la estación)	$Qbt =$	163.28 [L/s]
Caudal de Bombeo Unitario (por cada bomba)	$Qbu =$	81.64 [L/s]

Potencia teórica o hidráulica (de una bomba)	$P =$	22.67 [HP]
Eficiencia teórica de la bomba	$nb =$	60 %
Potencia de consumo de la bomba	$Pb =$	38.31 [HP]
Eficiencia teórica del motor	$nm =$	90 %
Potencia instalada del motor	$Pmb =$	42.57 [HP]
		31.93 [Kw]

Se instalarán un sistema 1+1; es decir, 02 grupos de bombas (con 01 bombas cada uno) para operación continua y 01 grupo de bombeo para contingencias o mantenimiento.



6. Verificación por cavitación

Altura de eje de bomba	Heje=	1.00 [m]
Altura de eje de bomba	Ceje=	3,806.20 [msnm]
Cota de carga mínima	C _{min} =	3,806.20 [msnm]
Cota de carga máxima	C _{max} =	3,807.18 [msnm]
Temperatura	Temp =	12 [°C]
Densidad	ρ=	998.70 [kg/m ³]

Expresión para el cálculo Altura de aspiración neta positiva

$$NPSH_{disp} = (H_{atm} - H_{vap}) + H_a - h_a$$

Altura de presión atmosférica	H _{atm} =	6.100 [m]
Altura de presión de vapor	H _{vap} =	0.179 [m]
Altura de aspiración o carga	H _a =	0.000 [m]
Pérdidas de carga en succión	h _a =	0.153 [m]

NPSH Disponible	NPSH_{disp} =	5.768 [m]
------------------------	------------------------------	------------------



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

(Cálculo del volumen Útil y Caudal de Bombeo)

PNO_EBAR-04 (SALCEDO)

1. Datos generales:

Contribución promedio de desague	Qpd	42.302 [L/s]
Coefficiente de Variación Horaria (mínima)	Kmin	0.5000
Coefficiente de Variación Horaria (según CASO)	K2	1.8872
Contribución máximo horario o contribución máximo	Qmh	79.832 [L/s]
Contribución mínimo de desague	Qmin	21.151 [L/s]
Periodo de retención mínimo	^t RetMin	5.00 [min]
Periodo de retención máximo	^t RetMax	30.00 [min]

2. Cálculo del caudal de bombeo y volumen útil:

Relación de caudales	$K = Q_{\text{máx}} / Q_{\text{min}} =$	3.77
Coefficiente de Calculo	$a = t_1 / t =$	6.00
Planteando la ecuación cuadrática	$(K-a) k^2 + (a-K^2) k + K(K-1)(1+a) = 0$	
Se cumple la desigualdad:	$(a-k^2)^2 > 4(K-a)k(k-1)(1+a)$	
	68.00 > -652.56	
Coefficientes del polinomio	Coef 1:	-2.23 K ²
	Coef 2:	-8.25 K ¹
	Coef 3:	73.30
Raíces del polinomio	k1 =	4.18
	k1' =	-7.88
Coefficiente K1 seleccionado:	Para k1 =	4.18
Caudal de bombeo $Q_b = k_1 * Q_{\text{min}}$	Qb =	88.37 [L/s]

Volumen útil de la cámara de bombeo

Volumen útil:	$V_{\text{útil}} = t_{\text{min}} Q K (k_1 - 1) / (k_1 + K - 1)$	
	$V_{\text{útil}} =$	10947.63 [L]
Vútil 1 =		10.95 [m3]
	Para k1 =	4.18
El caudal de bombeo = $Q_b = k_1 * Q_{\text{min}}$	Qb =	88.37 [L/s]

Predimensionamiento

Para sección semi-circular:	Área =	20.55 [m2]
	Altura útil =	0.53 [m]
	Volumen útil =	10.95 [m3]

Resumen de caudales y volumen útil

Volumen útil máximo:	Vútil =	10.95 [m3]
Caudal de Bombeo calculado:	Qb =	88.37 [L/s]



Verificación del periodo de retención

Tiempo mínimo de llenado	$t_{MinLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{mh}$ = 137.13 [s] = 2.29 [min]
Tiempo máximo de llenado	$t_{MaxLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{min}$ = 517.59 [s] = 8.63 [min]
Tiempo mínimo de bombeo	$t_{MinBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{min})$ = 162.87 [s] = 2.71 [min]
Tiempo máximo de bombeo	$t_{MaxBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{mh})$ = 1,282.27 [s] = 21.37 [min]

Se verifica los periodos de retención máximo y mínimos determinados en un inicio:

Periodo de retención mínimo	$t_{RetMin} = t_{MinLle} + t_{MinBom}$ = 5 [min]
Periodo de retención máximo	$t_{RetMax} = t_{MaxLle} + t_{MaxBom}$ = 30 [min]
Tiempo mínimo entre paradas de sistema	$t_{Parada_min} = t_{MaxLle} + t_{MinBom}$ = 11 [min]
Tiempo máximo entre paradas de sistema	$t_{Parada_max} = t_{MinLle} + t_{MaxBom}$ = 24 [min]
Número mínimo de arranques por hora	$Narr_min = 60 / t_{Parada_max}$ = 3 [veces/hora]
Número máximo de arranques por hora	$Narr_max = 60 / t_{Parada_min}$ = 5 [veces/hora]

Resumen del periodo de retención		
Tiempo Mínimo de Arranque:	tmin =	5.00 [min]
(periodo de retención mínimo)	tiempo mínimo de llenado =	2.29 [min]
	tiempo mínimo de bombeo =	2.71 [min]
Tiempo Máximo de Arranque:	tmax =	30.00 [min]
(periodo de retención máximo)	tiempo máximo de llenado =	8.63 [min]
	tiempo máximo de bombeo =	21.37 [min]



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
(Dimensionamiento de los elementos hidráulicos)
PNO_EBAR-04 (SALCEDO)

1. Consideraciones iniciales para el Sistema de Bombeo

Tipo de bomba	Sumergible seco
Caudal de bombeo total	88.37 [L/s]
N° de equipos en operación (en paralelo)	2
Q bombeo / equipo	44.19 [L/s]

2. Dimensionamiento de Succión, Descarga inicial y Árbol de Descarga:

Selección del diámetro de la línea de succión y descarga inicial

Caudal en línea de succión y descarga inicial 44.19 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
100	118	6.10	105.80	5.06	
125	144	6.00	132.00	3.25	
150	170	6.30	157.40	2.29	
200	222	6.4	209.2	1.29	Seleccionado
250	274	6.80	260.40	0.84	
300	326	7.20	311.60	0.58	

Se ha optado tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s.

Por lo tanto se utilizarán los siguientes diámetros:

	En descarga inicial	En succión
DN :	200 mm	250 mm
e :	6.40 mm	6.8 mm
Di :	209.20 mm	260.4 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la succión y descarga inicial (hd)

En la descarga se tiene una línea con las siguientes características:

Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro interno en succión	Di.suc=	260.40 [mm]
Diámetro interno en descarga inicial	Di.desc=	209.20 [mm]
Longitud de succión	L.suc=	3.40 [m]
Longitud de descarga inicial	L.desc=	8.53 [m]
Caudal	Qsuc.desc=	44.19 [L/s]
Velocidad en succión	Vsuc=	0.84 [m/s]
Velocidad en descarga inicial	Vdesc=	1.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la succión	hfd1=	0.01 [m]
Pérdida de carga por fricción en la descarga inicial	hfd2=	0.08 [m]

Pérdidas de carga locales (hLd)		Succión		Descarga inicial	
Accesorios	K	Cantidad	Sub Total	Cantidad	Sub Total
Reducción	0.30	1	0.30	1	0.30
Codo 45°	0.40	0	0.00	1	0.40
Codo 90°	0.90	2	1.80	2	1.80
Tee de paso directo	0.40	0	0.00	1	0.40
Valvula compuerta abierta	0.20	1	0.20	1	0.20
Yee (paso desvio)	1.80	0	0.00	1	1.80
Valvula Check	2.00	0	0.00	1	2.00
<i>Total de coeficiente de pérdida</i>		<i>Ksuc =</i>	2.30	<i>Kdesc =</i>	6.90
Total pérdida de carga local (hLd) [mca]		Ksuc(V²/2g)=	0.08	Kdesc(V²/2g)=	0.59
Pérdidas de carga en la succión y descarga inicial:			hfd1+hfd2+hLd =	0.76	[mca]



Selección del diámetro del árbol principal

Caudal en árbol principal

88.37 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
150	170	6.3	157.4	2.29	Seleccionado
200	222.0	6.4	209.2	1.29	
250	274.0	6.8	260.4	0.84	
300	326	7.2	311.6	0.58	
350	378.0	7.7	362.6	0.43	
400	429.0	8.1	412.8	0.33	

Se ha obtenido tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

DN : 150 mm
e : 6.30 mm
Di : 157.40 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en el árbol principal (h_{arb})

En el árbol principal se tiene una línea con las siguientes características:

Número de descargas		1.00
Material		Hierro Ductil
Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro	Di=	157.40 [mm]
Longitud	L=	13.05 [m]
Caudal	Q _b =	88.37 [L/s]
Velocidad en árbol	V _{arb} =	2.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en el árbol principal	h_{farb}=	1.79 [m]

Pérdidas de carga locales (h_{Larb})[mca]

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Yee (paso desvío)	1.80	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	1	0.40
Válv. Comp. abierta	0.20	1	0.20
Codo 45°	0.40	2	0.80
Valvula Check	2.00	0	0.00
Reducción	0.30	1	0.30
Caudalímetro	0.20	1	0.20
Total de coeficiente de pérdida		K=	1.90
Total de pérdida de carga local (h_{Larb})		K(V²/2g)=	0.51

Pérdidas de carga en árbol principal:	h_{farb} + h_{Larb} =	2.30	[mca]
--	--	-------------	--------------

3. Dimensionamiento de la Línea de Impulsión

Datos para el diseño

Nivel de salida (de la tubería)	C_{NI}	3,813.25 [msnm]
Nivel máximo de descarga (de la tubería)	C_{LL}	3,815.78 [msnm]
Longitud de la Línea de Impulsión	L_{imp}	2,505.17 [m]
Material de la tubería a usar		PEAD
Caudal de Bombeo	Q_b	88.37 [L/s]

Selección del diámetro de la línea de impulsión

Diámetro económico según fórmula de BRESSE	$D = R (x/24)^{0.25} * (Q_b)^{0.50}$	
$R = (0.7 - 1.6)$ recomendable $R=1.3$	$R =$	1.30
Número de horas de bombeo	$x =$	8 [hrs]
Diámetro económico:	$D =$	293.64 [mm]
Diámetro comercial según BRESSE	$D_{com} =$	315 [mm]

*Nota: Se utilizará el diámetro más cercano a lo calculado

Selección del diámetro de la línea de impulsión

En esta sección se evaluarán los diámetros con el criterio de velocidades en un rango de <0.60 - 3.00> m/s

Relación estándar de dimensión				SDR 21
Presión equivalente (PE-100)				8 [bar]
Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)
280*	280*	13.40	-	-
315	315	15.00	285.00	2.56
355	355	16.9	321.2	2.02
400	200	19.10	361.80	1.59
450	450	21.50	407.00	1.26
500	500	23.90	452.20	1.02

Seleccionado

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

PEAD DN355 PN-8

DN :	355 mm
e :	16.90 mm
Di :	321.20 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión (hTub)

Material		PEAD
Coefficiente de Hazzen y Williams	$C =$	130.00
Diámetro	$D_{imp} =$	321.20 [mm]
Longitud	$L_{imp} =$	2,505.17 [m]
Caudal	$Q_b =$	88.37 [L/s]
Velocidad en impulsión	$V_{imp} =$	2.02 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la línea de impulsión	$h_{fTub} =$	9.17 [m]

Pérdidas de carga locales (hLTub)

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Codo 90°	0.90	0	0.00
Codo 45°	0.40	5	2.00
Codo 30°	0.30	3	0.90
Válvula de alivio	2.50	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	8	3.20
Total de coeficiente de pérdida		$K =$	6.10
Total de pérdida de carga local (hLTub)		$K(V^2/2g) =$	1.27

Pérdidas de carga en la línea de impulsión	$h_{fTub} + h_{LTub} =$	10.43	[mca]
---	---	--------------	--------------



4. Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT) del Sistema de Impulsión

Consideraciones iniciales

Nivel de terreno (de la estación de bombeo)	CT_{EBAR}	3,815.55 [msnm]
Profundidad Cámara de bombeo	H_{EBAR}	8.21 [m]
Nivel de Fondo	CF_{EBAR}	3,807.34 [msnm]
Nivel de succión	N_{suc}	3,808.54 [msnm]
Altura geométrica	H_{Limp}	7.25 [m]
Carga de entrega*	Ps	0.00 [m]
Nivel mínimo de succión		3,808.54 [msnm]
Cota de descarga		3,815.79 [msnm]
Diferencia de alturas geométricas (máxima)	Hg	7.25 [m]

Resumen de pérdidas de carga (H)

Pérdida de carga en succión y descarga inicial (Hd)

Pérdida por fricción	$h_{fd} =$	0.08 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$h_{Ld} =$	0.59 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$H_d =$	0.76 [m]

Pérdida de carga en árbol principal (Harb)

Pérdida por fricción	$h_{farb} =$	1.79 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$h_{Larb} =$	0.51 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$H_{arb} =$	2.30 [m]

Pérdida de carga en la línea de impulsión (HTub)

Pérdida por fricción	$h_{ftub} =$	9.17 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$h_{LTub} =$	1.27 [m]
Pérdida de carga total en línea de impulsión	$H_{tub} =$	10.43 [m]

Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT)

Pérdidas de carga totales	$H_d + H_{arb} + H_{tub} =$	13.49 [m]
Carga de entrega*	$Ps =$	0.00 [m]
Altura geométrica	$H_g =$	7.25 [m]

Altura dinámica Total	$ADT =$	20.74 [m]
------------------------------	---------------------------	------------------

5. Dimensionamiento del Equipo de Bombeo

Cálculo de la potencia de cada bomba y motor

Altura geométrica	$H_g =$	7.25 [m]
Altura dinámica total	$ADT =$	20.74 [m]
Número de grupos de bombeo (en paralelo)	$N_{op} =$	2
Número de equipos en operación (en serie)	$N_{ops} =$	1
Número de grupos en reserva (en paralelo)	$N_{res} =$	1
Número total de equipos de bombeo	$N_{eq} =$	3
Caudal de Bombeo Total (en la estación)	$Q_{bt} =$	88.37 [L/s]
Caudal de Bombeo Unitario (por cada bomba)	$Q_{bu} =$	44.19 [L/s]

Potencia teórica o hidráulica (de una bomba)	$P =$	12.05 [HP]
Eficiencia teórica de la bomba	$n_b =$	60 %
Potencia de consumo de la bomba	$P_b =$	20.36 [HP]
Eficiencia teórica del motor	$n_m =$	90 %
Potencia instalada del motor	$P_{mb} =$	22.63 [HP]
		16.97 [Kw]

Se instalarán un sistema 2+1; es decir, 02 grupos de bombas (con 01 bombas cada uno) para operación continua y 01 grupo de bombeo para contingencias o mantenimiento.



6. Verificación por cavitación

Altura de eje de bomba	Heje=	0.90 [m]
Altura de eje de bomba	Ceje=	3,808.24 [msnm]
Cota de carga mínima	C_{min} =	3,808.54 [msnm]
Cota de carga máxima	C_{max} =	3,809.33 [msnm]
Temperatura	Temp =	10 [°C]
Densidad	ρ =	998.70 [kg/m3]

Expresión para el cálculo Altura de aspiración neta positiva

$$NPSH_{disp} = (H_{atm} - H_{vap}) + H_a - h_i$$

Altura de presión atmosférica	H_{atm} =	6.100 [m]
Altura de presión de vapor	H_{vap} =	0.156 [m]
Altura de aspiración o carga	H_a =	0.300 [m]
Pérdidas de carga en succión	h_a =	0.092 [m]

NPSH Disponible	$NPSH_{disp}$ =	6.152 [m]
------------------------	-----------------------------------	------------------



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

(Cálculo del volumen Útil y Caudal de Bombeo)

PNO_EBAR-05 (JALLIHUAYA)

1. Datos generales:

Contribución promedio de desague	Qpd	33.060 [L/s]
Coefficiente de Variación Horaria (mínima)	Kmin	0.5000
Coefficiente de Variación Horaria (según CASO)	K2	1.8872
Contribución máximo horario o contribución máximo	Qmh	62.391 [L/s]
Contribución mínimo de desague	Qmin	16.530 [L/s]
Periodo de retención mínimo	^t RetMin	5.00 [min]
Periodo de retención máximo	^t RetMax	30.00 [min]

2. Cálculo del caudal de bombeo y volumen útil:

Relación de caudales	$K = Q_{\text{máx}} / Q_{\text{min}} =$	3.77
Coefficiente de Calculo	$a = t_1 / t =$	6.00
Planteando la ecuación cuadrática	$(K-a) k^2 + (a-K^2) k + K(K-1)(1+a) = 0$	
Se cumple la desigualdad:	$(a-k^2)^2 > 4(K-a)k(k-1)(1+a)$	
	68.00 > -652.56	
Coefficientes del polinomio	Coef 1:	-2.23 K ²
	Coef 2:	-8.25 K ¹
	Coef 3:	73.30
Raíces del polinomio	k1 =	4.18
	k1' =	-7.88
Coefficiente K1 seleccionado:	Para k1 =	4.18
Caudal de bombeo $Q_b = k_1 * Q_{\text{min}}$	Qb =	69.06 [L/s]

Volumen útil de la cámara de bombeo

Volumen útil:	$V_{\text{útil}} = t_{\text{min}} Q K (k_1 - 1) / (k_1 + K - 1)$	
	$V_{\text{útil}} =$	8555.83 [L]
	Vútil 1 =	8.56 [m3]
	Para k1 =	4.18
El caudal de bombeo = $Q_b = k_1 * Q_{\text{min}}$	Qb =	69.06 [L/s]

Predimensionamiento

Para sección semi-circular:	Área =	15.85 [m2]
	Altura útil =	0.54 [m]
	Volumen útil =	8.56 [m3]

Resumen de caudales y volumen útil

Volumen útil máximo:	Vútil =	8.56 [m3]
Caudal de Bombeo calculado:	Qb =	69.06 [L/s]



Verificación del periodo de retención

Tiempo mínimo de llenado	$t_{MinLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{mh}$ = 137.13 [s] = 2.29 [min]
Tiempo máximo de llenado	$t_{MaxLle} = V_{\acute{u}til} / Q_{min}$ = 517.59 [s] = 8.63 [min]
Tiempo mínimo de bombeo	$t_{MinBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{min})$ = 162.88 [s] = 2.71 [min]
Tiempo máximo de bombeo	$t_{MaxBom} = V_{\acute{u}til} / (Q_b - Q_{mh})$ = 1,282.89 [s] = 21.38 [min]

Se verifica los periodos de retención máximo y mínimos determinados en un inicio:

Periodo de retención mínimo	$t_{RetMin} = t_{MinLle} + t_{MinBom}$ = 5 [min]
Periodo de retención máximo	$t_{RetMax} = t_{MaxLle} + t_{MaxBom}$ = 30 [min]
Tiempo mínimo entre paradas de sistema	$t_{Parada_min} = t_{MaxLle} + t_{MinBom}$ = 11 [min]
Tiempo máximo entre paradas de sistema	$t_{Parada_max} = t_{MinLle} + t_{MaxBom}$ = 24 [min]
Número mínimo de arranques por hora	$Narr_min = 60 / t_{Parada_max}$ = 3 [veces/hora]
Número máximo de arranques por hora	$Narr_max = 60 / t_{Parada_min}$ = 5 [veces/hora]

Resumen del periodo de retención		
Tiempo Mínimo de Arranque:	tmin =	5.00 [min]
(periodo de retención mínimo)	tiempo mínimo de llenado =	2.29 [min]
	tiempo mínimo de bombeo =	2.71 [min]
Tiempo Máximo de Arranque:	tmax =	30.00 [min]
(periodo de retención máximo)	tiempo máximo de llenado =	8.63 [min]
	tiempo máximo de bombeo =	21.38 [min]



ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
(Dimensionamiento de los elementos hidráulicos)
PNO_EBAR-05 (JALLIHUAYA)

1. Consideraciones iniciales para el Sistema de Bombeo

Tipo de bomba	Sumergible seco
Caudal de bombeo total	69.06 [L/s]
N° de equipos en operación (en paralelo)	2
Q bombeo / equipo	34.53 [L/s]

2. Dimensionamiento de Succión, Descarga inicial y Árbol de Descarga:

Selección del diámetro de la línea de succión y descarga inicial

Caudal en línea de succión y descarga inicial 34.53 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
100	118	6.10	105.80	5.06	
125	144	6.00	132.00	3.25	
150	170	6.30	157.40	2.29	
200	222	6.4	209.2	1.29	Seleccionado
250	274	6.80	260.40	0.84	
300	326	7.20	311.60	0.58	

Se ha optado tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s.

Por lo tanto se utilizarán los siguientes diámetros:

	En descarga inicial	En succión
DN :	200 mm	250 mm
e :	6.40 mm	6.8 mm
Di :	209.20 mm	260.4 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la succión y descarga inicial (hd)

En la descarga se tiene una línea con las siguientes características:

Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro interno en succión	Di.succ=	260.40 [mm]
Diámetro interno en descarga inicial	Di.desc=	209.20 [mm]
Longitud de succión	L.suc=	3.20 [m]
Longitud de descarga inicial	L.desc=	8.93 [m]
Caudal	Qsuc.desc=	34.53 [L/s]
Velocidad en succión	Vsuc=	0.84 [m/s]
Velocidad en descarga inicial	Vdesc=	1.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la succión	hfd1=	0.01 [m]
Pérdida de carga por fricción en la descarga inicial	hfd2=	0.05 [m]

Pérdidas de carga locales (hLd)		Succión		Descarga inicial	
Accesorios	K	Cantidad	Sub Total	Cantidad	Sub Total
Reducción	0.30	1	0.30	1	0.30
Codo 45°	0.40	0	0.00	1	0.40
Codo 90°	0.90	2	1.80	2	1.80
Tee de paso directo	0.40	0	0.00	1	0.40
Valvula compuerta abierta	0.20	1	0.20	1	0.20
Yee (paso desvío)	1.80	0	0.00	1	1.80
Valvula Check	2.00	0	0.00	1	2.00
<i>Total de coeficiente de pérdida</i>		<i>Ksuc =</i>	2.30	<i>Kdesc =</i>	6.90
Total pérdida de carga local (hLd) [mca]		Ksuc(V²/2g)=	0.08	Kdesc(V²/2g)=	0.59
Pérdidas de carga en la succión y descarga inicial:			hfd1+hfd2+hLd =	0.73	[mca]



Selección del diámetro del árbol principal

Caudal en árbol principal

69.06 [L/s]

La descarga se realizará por una línea de material: **Hierro Ductil ISO 2531 Clase de tubería K9**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)	
150	170	6.3	157.4	2.29	Seleccionado
200	222.0	6.4	209.2	1.29	
250	274.0	6.8	260.4	0.84	
300	326	7.2	311.6	0.58	
350	378.0	7.7	362.6	0.43	
400	429.0	8.1	412.8	0.33	

Se ha obtenido tener una velocidad promedio aproximada a 1.50m/s

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

DN : 150 mm
e : 6.30 mm
Di : 157.40 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en el árbol principal (h_{arb})

En el árbol principal se tiene una línea con las siguientes características:

Número de descargas		1.00
Material		Hierro Ductil
Coefficiente de Hazen - Williams	C=	120.00
Diámetro	Di=	157.40 [mm]
Longitud	L=	10.95 [m]
Caudal	Qb=	69.06 [L/s]
Velocidad en árbol	Varb=	2.29 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en el árbol principal	h_{farb}=	0.95 [m]

Pérdidas de carga locales (h_{Larb})[mca]

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Yee (paso desvío)	1.80	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	1	0.40
Válv. Comp. abierta	0.20	1	0.20
Codo 45°	0.40	0	0.00
Valvula Check	2.00	0	0.00
Reducción	0.30	1	0.30
Caudalímetro	0.20	1	0.20
Total de coeficiente de pérdida		K=	1.10
Total de pérdida de carga local (h_{Larb})		K(V²/2g)=	0.29

Pérdidas de carga en árbol principal:	h_{farb} + h_{Larb} =	1.24	[mca]
--	--	-------------	--------------

3. Dimensionamiento de la Línea de Impulsión

Datos para el diseño

Nivel de salida (de la tubería)	C_{NI}	3,811.98 [msnm]
Nivel máximo de descarga (de la tubería)	C_{LL}	3,815.78 [msnm]
Longitud de la Línea de Impulsión	L_{imp}	2,823.33 [m]
Material de la tubería a usar		PEAD
Caudal de Bombeo	Q_b	69.06 [L/s]

Selección del diámetro de la línea de impulsión

Diámetro económico según fórmula de BRESSE	$D = R (x/24)^{0.25} * (Q_b)^{0.50}$	
$R = (0.7 - 1.6)$ recomendable $R=1.3$	$R =$	1.30
Número de horas de bombeo	$x =$	8 [hrs]
Diámetro económico:	$D =$	259.58 [mm]
Diámetro comercial según BRESSE	$D_{com} =$	250 [mm]

*Nota: Se utilizará el diámetro más cercano a lo calculado

Selección del diámetro de la línea de impulsión

En esta sección se evaluarán los diámetros con el criterio de velocidades en un rango de $<0.60 - 3.00>$ m/s

Relación estándar de dimensión				SDR 21
Presión equivalente (PE-100)				8 [bar]
Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor Mínimo (mm)	Diámetro Interior (mm)	Velocidad (m/s)
250	250	11.90	226.20	2.69
280*	280*	13.40	-	-
315	315	15	285	2.56
355	355	16.9	321.2	2.02
400	200	19.10	361.80	1.59
450	450	21.50	407.00	1.26
500	500	23.90	452.20	1.02

Seleccionado

Por lo tanto se utilizará el siguiente diámetro:

PEAD DN315 PN-8

DN :	315 mm
e :	15.00 mm
Di :	285.00 mm

Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión (hTub)

Material		PEAD
Coefficiente de Hazzen y Williams	$C =$	130.00
Diámetro	$D_{imp} =$	285.00 [mm]
Longitud	$L_{imp} =$	2,823.33 [m]
Caudal	$Q_b =$	69.06 [L/s]
Velocidad en impulsión	$V_{imp} =$	2.56 [m/s]
Pérdida de carga por fricción en la línea de impulsión	$h_{fTub} =$	11.71 [m]

Pérdidas de carga locales (hLTub)

Accesorios	K	Cantidad	Sub Total
Codo 90°	0.90	0	0.00
Codo 45°	0.40	7	2.80
Codo 30°	0.30	2	0.60
Válvula de alivio	2.50	0	0.00
Tee (Valv. Aire o paso)	0.40	10	4.00
Total de coeficiente de pérdida		$K =$	7.40
Total de pérdida de carga local (hLTub)		$K(V^2/2g) =$	2.47

Pérdidas de carga en la línea de impulsión	$h_{fTub} + h_{LTub} =$	14.19	[mca]
---	---	--------------	--------------



4. Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT) del Sistema de Impulsión

Consideraciones iniciales

Nivel de terreno (de la estación de bombeo)	CT_{EBAR}	3,814.18 [msnm]
Profundidad Cámara de bombeo	H_{EBAR}	9.67 [m]
Nivel de Fondo	CF_{EBAR}	3,804.51 [msnm]
Nivel de succión	N_{suc}	3,805.95 [msnm]
Altura geométrica	H_{Limp}	9.83 [m]
Carga de entrega*	Ps	0.00 [m]
Nivel mínimo de succión		3,805.95 [msnm]
Cota de descarga		3,815.78 [msnm]
Diferencia de alturas geométricas (máxima)	Hg	9.83 [m]

Resumen de pérdidas de carga (H)

Pérdida de carga en succión y descarga inicial (Hd)

Pérdida por fricción	$hfd =$	0.05 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLd =$	0.59 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$Hd =$	0.73 [m]

Pérdida de carga en árbol principal (Harb)

Pérdida por fricción	$hfarb =$	0.95 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLarb =$	0.29 [m]
Pérdida de carga total en árbol principal	$Harb =$	1.24 [m]

Pérdida de carga en la línea de impulsión (HTub)

Pérdida por fricción	$hfTub =$	11.71 [m]
Pérdida de carga por accesorio	$hLTub =$	2.47 [m]
Pérdida de carga total en línea de impulsión	$Htub =$	14.19 [m]

Cálculo de la Altura Dinámica Total (ADT)

Pérdidas de carga totales	$Hd+Harb+Htub =$	16.16 [m]
Carga de entrega*	$Ps =$	0.00 [m]
Altura geométrica	$Hg =$	9.83 [m]

Altura dinámica Total	$ADT =$	25.99 [m]
------------------------------	---------------------------	------------------

5. Dimensionamiento del Equipo de Bombeo

Cálculo de la potencia de cada bomba y motor

Altura geométrica	$Hg =$	9.83 [m]
Altura dinámica total	$ADT =$	25.99 [m]
Número de grupos de bombeo (en paralelo)	$Nop =$	2
Número de equipos en operación (en serie)	$Nops =$	1
Número de grupos en reserva (en paralelo)	$Nres =$	1
Número total de equipos de bombeo	$Neq =$	3
Caudal de Bombeo Total (en la estación)	$Qbt =$	69.06 [L/s]
Caudal de Bombeo Unitario (por cada bomba)	$Qbu =$	34.53 [L/s]

Potencia teórica o hidráulica (de una bomba)	$P =$	11.80 [HP]
--	-------	------------

Eficiencia teórica de la bomba	$nb =$	60 %
--------------------------------	--------	------

Potencia de consumo de la bomba	$Pb =$	19.94 [HP]
--	--------------------------	-------------------

Eficiencia teórica del motor	$nm =$	90 %
------------------------------	--------	------

Potencia instalada del motor	$Pmb =$	22.16 [HP]
-------------------------------------	---------------------------	-------------------

		16.62 [Kw]
--	--	------------

Se instalarán un sistema 2+1; es decir, 02 grupos de bombas (con 01 bombas cada uno) para operación continua y 01 grupo de bombeo para contingencias o mantenimiento.



6. Verificación por cavitación

Altura de eje de bomba	Heje=	0.90 [m]
Altura de eje de bomba	Ceje=	3,805.41 [msnm]
Cota de carga mínima	C _{min} =	3,805.95 [msnm]
Cota de carga máxima	C _{max} =	3,806.49 [msnm]
Temperatura	Temp =	10 [°C]
Densidad	ρ=	998.70 [kg/m3]

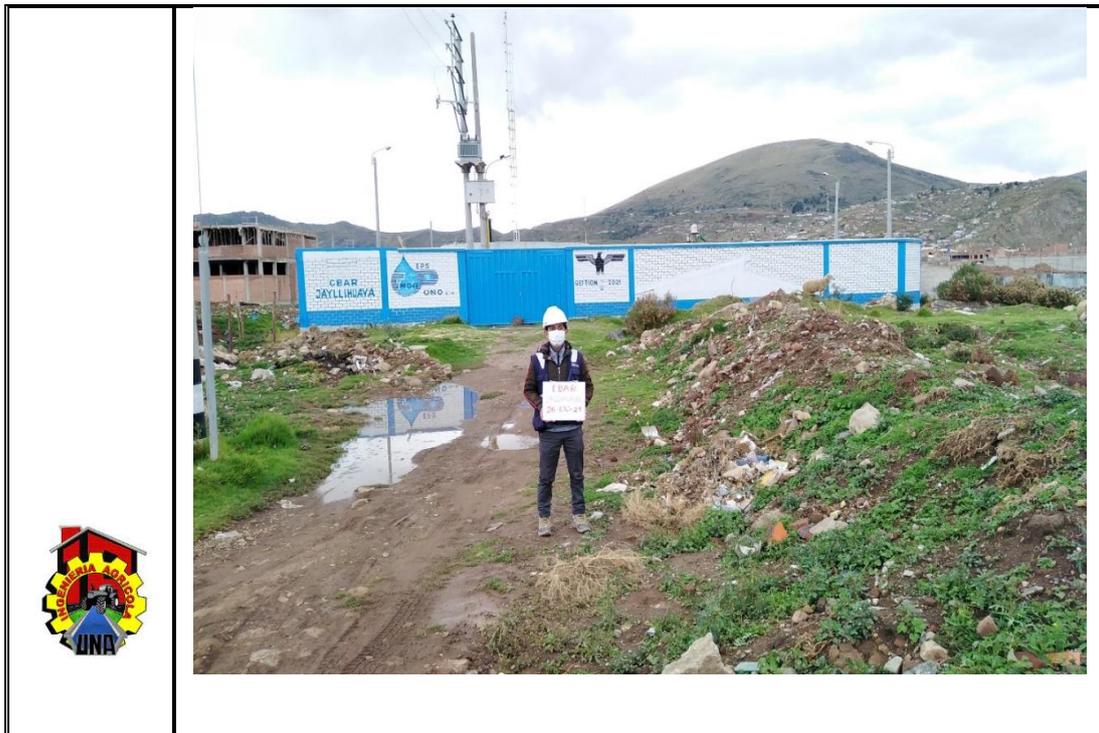
Expresión para el cálculo Altura de aspiración neta positiva

$$NPSH_{disp} = (H_{atm} - H_{vap}) + H_a - h_i$$

Altura de presión atmosférica	H _{atm} =	6.100 [m]
Altura de presión de vapor	H _{vap} =	0.156 [m]
Altura de aspiración o carga	H _a =	0.540 [m]
Pérdidas de carga en succión	h _a =	0.056 [m]

NPSH Disponible	NPSH_{disp} =	6.428 [m]
------------------------	------------------------------	------------------

ANEXO 4. Panel fotográfico – Estaciones de bombeo



Fotografía 1: Visita de campo
Se viene verificando a la EBAR Salcedo.

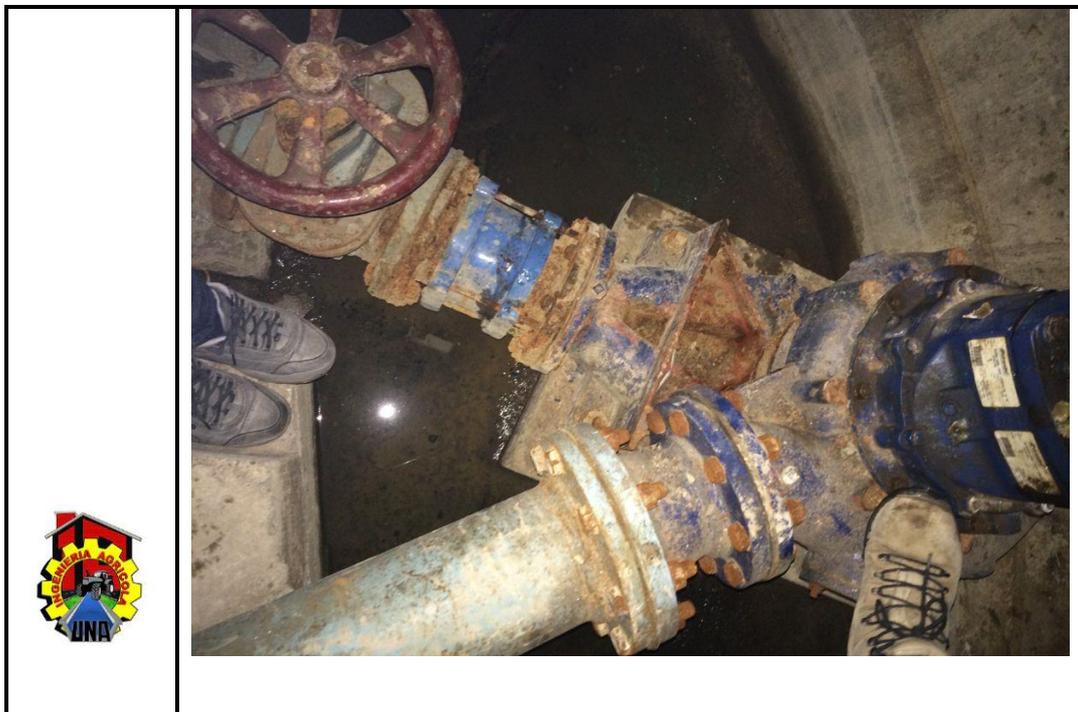


Fotografía 2: Trabajo de campo
Se viene verificando la medición de los caudalímetros en las CBARs.

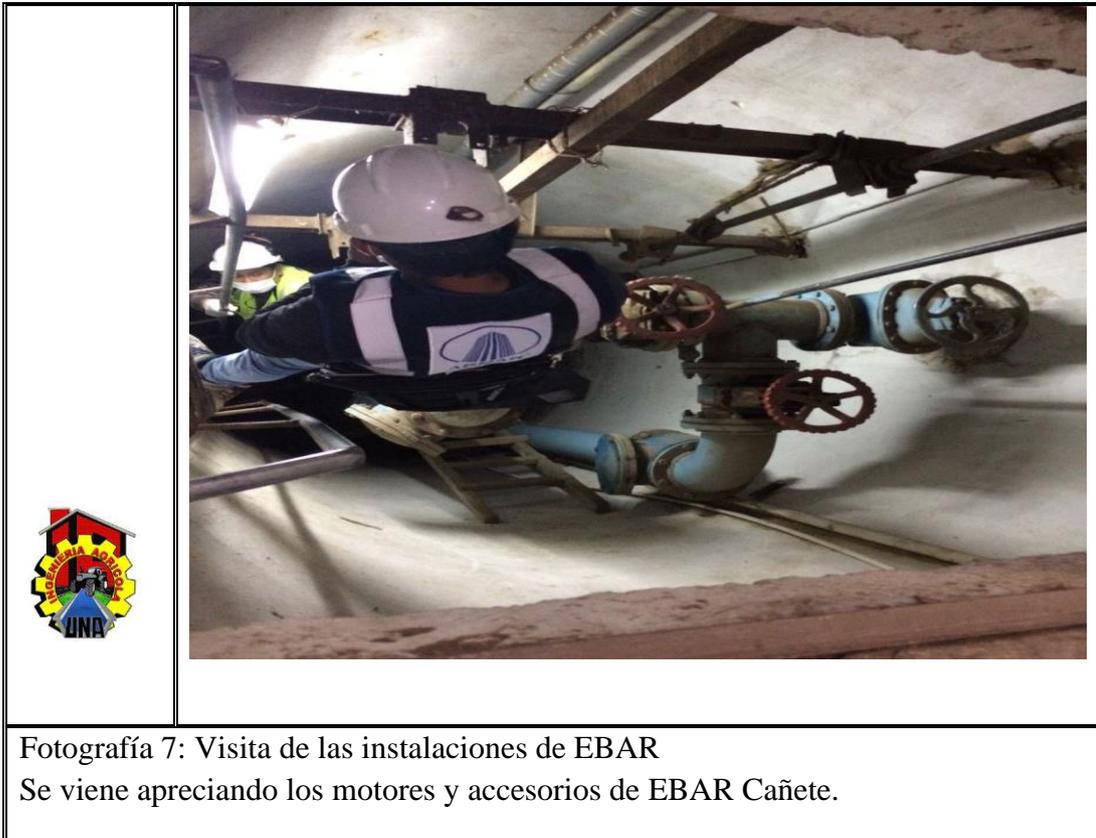




Fotografía 5: Visita de las instalaciones de EBAR
Se viene apreciando los motores y accesorios de EBAR Jallihuaya.



Fotografía 6: Visita de las instalaciones de EBAR
Se viene apreciando los motores y accesorios de EBAR Porteño.





ANEXO 5. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Luis Alberto Condori Mamani,
identificado con DNI 43659485 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO
DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de SEPTIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 6. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo LUIS ALBERTO CONDORI MAMANI,
identificado con DNI 43639485 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO
DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE PUNO 2023

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de SEPTIEMBRE del 20 24


FIRMA (obligatoria)

