

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA, USANDO LÍNEAS DE
IMPULSIÓN, PARA LA REPRESA PASTO GRANDE -
FASE I, REGIÓN MOQUEGUA**

Tesis para obtener el Título Profesional de
INGENIERA CIVIL

Presentado por

FERNANDEZ HUAYANAY, PILAR JANENY

ASESORES:

Ing. CACEDA CORILLOCLA, JUAN

Ing. LEÓN UNTIVEROS, JOSÉ LUIS

Huancayo, Enero del 2020

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico al forjador de mi camino, a mi padre, el que me acompaña y siempre me levanta.

A mi madre hermosa y hermana, por todo su amor, trabajo incondicional y sacrificios en todos estos años.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A ti Felipe, quien has sido mi mano derecha todo este tiempo; te agradezco por tu desinteresada ayuda, por darme la mano cuando lo necesité, por aportar considerablemente en mi proyecto.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida. Mi profundo agradecimiento a la Universidad Peruana del Centro, gracias por haberme permitido formarme en ella, y abrió sus puertas del conocimiento para mí. A mi maravillosa Facultad de Ingeniería, nido de muchos que como yo eligieron esta extraordinaria carrera y que con mucho orgullo, amor, pasión y respeto representaré a toda la Facultad de Ingeniería; a los ingenieros quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Carátula	i
Dictamen de declaración de expedito	iii
Acta de sustentación del jurado examinador	iv
Certificado de la comisión de ética	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice general	viii
Lista de cuadros	ix
Lista de figuras	x
Resumen	1
Abstrac	2
CAPÍTULO 1	
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	4
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	5
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.5. HIPÓTESIS	6
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	6
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	7

CAPÍTULO 2

II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	9
2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	9
2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	11
2.2.3. ANTECEDENTES REGIONALES	14
2.3. BASES TEÓRICAS	17
2.3.1. DEFINICIÓN DE FLUIDOS	17
2.3.2. HIDRODINÁMICA	21
2.3.3. BOMBAS HIDRÁULICAS	30
2.3.4. SISTEMA DE BOMBEO	32
2.4. MARCO CONCEPTUAL O GLOSARIO	45

CAPÍTULO 3

III. METODOLOGÍA	48
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO	49
3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	50

CAPÍTULO 4

IV. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTUAL LÍNEA DE IMPULSIÓN	51
4.1. DESARROLLO DE TEMA	53
4.1.1. DISEÑO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN	53
4.1.2. VELOCIDAD MEDIA DE FLUJO	54
4.1.3. PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS	55
4.1.3.1. PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN	56
4.1.3.2. PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL	58
4.1.4. POTENCIA DE IMPULSIÓN	60
4.1.4.1. POTENCIA DE CONSUMO	62
4.1.4.2. POTENCIA INSTALADA	63
4.1.5. DEL ANÁLISIS DE RELACIÓN ECONÓMICA Y DIÁMETRO ECONÓMICO	65

4.1.5.1. CÁLCULO DE COSTOS	65
4.1.5.2. LOS VALORES PRESENTES (V.P.) SE RESUMEN COMO:	68
4.2. DE LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	71
4.2.1. CURVAS CARACTERÍSTICA RED Y BOMBA-PUNTO ÓPTIMO DE OPERACIÓN	71
4.2.2. COEFICIENTE DE VELOCIDAD ESPECÍFICA	74
4.3. ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO-FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE	75
CAPÍTULO 5	
V. RESULTADOS DEL DISEÑO DE TUBERÍAS DE IMPULSIÓN	81
5.1. ANÁLISIS HIDRÁULICO	81
5.1.1. DIÁMETRO ECONÓMICO	84
5.1.2. VELOCIDAD MEDIA DEL FLUIDO	85
5.1.3. PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN	86
5.1.4. PÉRDIDAS SECUNDARIAS	88
5.1.5. ALTURA DE BOMBEO	90
5.1.6. POTENCIA DE CONSUMO	91
5.1.7. POTENCIA INSTALADA	92
5.1.8. DEL ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ECONÓMICA Y DIÁMETRO ECONÓMICO	92
5.1.9. VALORES PRESENTES (VP)	93
5.2. CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA	94
5.3. ANÁLISIS DE COSTOS	95
5.4. ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO: FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE	95
CAPÍTULO 6	
VI. ANÁLISIS ECONÓMICO E IMPACTO AMBIENTAL	96
6.1. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	96
6.1.1. GENERALIDADES	96
6.1.2. SECUENCIA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	97
6.1.3. EQUIPO BÁSICO PARA UN PROYECTO CONVENCIONAL	98

6.1.4. SOPORTE LEGAL PARA ELABORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	98
6.1.5. DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	101
6.1.6. PROGRAMA DE MITIGACIÓN	107
6.2. ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO: FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	114
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	116
ANEXOS	121
ANEXO N° 1: MATRIZ DE COHERENCIA	122
ANEXO N° 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA	123
ANEXO N° 3: MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO	124
ANEXO N° 4: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	125
PLANOS	

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 2.1 Presión atmosférica a diferentes altitudes	39
Cuadro N° 2.2. Presión de vapor del agua según la temperatura	39
Cuadro N° 3.1. Presentación del diseño metodológico	49
Cuadro N° 3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
Cuadro N° 4.1 Diámetro económico por hora de bombeo	54
Cuadro N° 4.2. Velocidad del fluido	55
Cuadro N° 4.3 Pérdida por fricción en la tubería de acero al carbono C=130, por horas de bombeo en 24 horas	57
Cuadro N° 4.4 Pérdida por fricción en la tubería de HDP C=150, por horas de bombeo en 24 horas	57
Cuadro N° 4.5 Pérdidas por accesorios en la tubería de Acero al carbono C=130, por horas de bombeo en 24 horas	60
Cuadro N° 4.6 Pérdidas por accesorios en la tubería de HDP C=150, por horas de bombeo cada 24 horas	60
Cuadro N° 4.7 Altura de bombeo en la tubería Acero al carbono C=130, por horas de bombeo cada 24 horas	61
Cuadro N° 4.8 Altura de bombeo en la tubería HDPE C=150, por horas de bombeo cada 24 horas	61
Cuadro N° 4.9 Potencia de consumo en tubo de acero al carbono	62
Cuadro N° 4.10. Potencia de consumo en tubo HDPE	63
Cuadro N° 4.11 Potencia instalada para tubería de acero al carbono	64
Cuadro N° 4.12 Potencia instalada para tubería HDPE	64
Cuadro N° 4.13 Costos totales de tubería Acero y HDPE	66
Cuadro N° 4.14 Costo total del equipo de bombeo instalado. (CTEI)	67
Cuadro N° 4.15 Costo anual de operación	68
Cuadro N° 4.16 Valor Presente de Inversiones Totales	69
Cuadro N° 4.17 V.P. de Reposiciones totales	70
Cuadro N°4.18 V.P. de Explotación total	70

Cuadro N° 4.19 Parámetros necesarios para el cálculo del golpe de Ariete	77
Cuadro N° 5.1 Coeficiente de fricción “C” en la fórmula de Hazen Williams	83
Cuadro N° 5.2 Diámetro económico por turno de trabajo	84
Cuadro N° 5.3 Velocidad del fluido por turno de trabajo	85
Cuadro N° 5.4 Tendencia de la velocidad media según el diámetro económico	85
Cuadro N° 5.5 Pérdidas primarias por turno de trabajo	86
Cuadro N° 5.6 Tendencia de pérdidas primarias en tubo de acero al carbono	86
Cuadro N° 5.7 Pérdidas primarias en tubo HDP por turno de trabajo	87
Cuadro N° 5.8 Tendencia de pérdidas primarias en tubo HDPE	88
Cuadro N° 5.9 Pérdidas secundarias en tubería de acero por turno de trabajo	88
Cuadro N° 5.10 Tendencia de pérdidas secundarias en tubería de acero por horas	89
Cuadro N° 5.11 Pérdidas secundarias por turno de trabajo	89
Cuadro N° 5.12 Tendencia de pérdidas secundarias en tubo HDPE por horas de trabajo	90
Cuadro N° 6.1 Plan de Trabajo del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental	106
Cuadro N° 6.2 Ejemplo de Matriz de Leopold	107
Cuadro N° 6.3 Resumen de medidas de mitigación – Etapa de Construcción	109
Cuadro N° 6.4 Resumen de medidas de Seguimiento. Etapa de construcción	110

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2.1 Diagrama de Moody	27
Figura N° 2.2 Monograma de Hazen Williams	29
Figura N° 2.3 Bomba vertical tipo turbina con impulsor cerrada	31
Figura N° 2.4 Esquema de la tubería de succión en un sistema de tuberías a fin de ilustrar el NSPH	38
Figura N° 2.5 Sumergencia mínima en el funcionamiento de la bomba	39
Figura N° 2.6 Curva característica de la bomba	41
Figura N° 2.7 Curva característica del sistema de tuberías	41
Figura N° 2.8 Punto de funcionamiento de la bomba	42
Figura N° 2.9 Efecto Coanda en una captación de agua de un río	46
Figura N° 4.1 Plano en Planta y Alcances del Proyecto	53
Figura N° 4.2 Curvas características de un sistema de bombeo	74
Figura N° 4.3 Nivel de Carga Estática, Dinámica y Piezometrica	80
Figura N° 5.1 Tendencia de horas de bombeo por día y la velocidad del fluido	85
Figura N° 5.2 Tendencia de perdidas primarias en tubo al carbono	87
Figura N° 5.3 Tendencia de perdidas primarias en tubos HDPE	88
Figura N° 5.4 Tendencia de pérdidas secundarias en tuberías de acero por horas de trabajo	89
Figura N° 5.5 Tendencia de perdidas secundarias en tubo HDPE por horas de trabajo	90
Figura N° 5.6 Curvas características del equipo de bombeo	94
Figura N°6.1 Secuencia para la Evaluación del Impacto Ambiental	97

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló para mejorar el Sistema de Abastecimiento de Agua, para la represa Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua, desarrollada usando líneas de impulsión para conducir agua desde la obra de captación hasta el canal de Pasto Grande, la conducción tiene una longitud de 14,808 Km de tubería de acero y HDPE. Tiene como finalidad, resolver parte de la necesidad social de abastecimiento de agua para el departamento de Moquegua.

En la investigación se registró datos hidráulicos de la actual línea de tuberías de impulsión, para identificar la altura de pérdidas primarias consideradas en una instalación con tuberías de acero y con tuberías HDPE en los 14 808 metros de longitud.

Como resultado se logró el análisis hidráulico y de costos de la línea de impulsión y la metodología para selección de la bomba hidráulica. En el análisis del golpe de Ariete la sobre presión llegó a 274 mca, mientras que la máxima presión en la tubería HDPE Clase 30 soporta hasta 309.9 mca. Con esto se garantiza que no habrá fallas por sobre presiones. El análisis económico indicó un ahorro de 587 492.65 dólares americanos cuando se instale una línea de impulsión con tubo HDPE en lugar de tubos de acero al carbono.

Palabras claves: Línea de tuberías de impulsión, eficiencia del sistema de bombeo, coeficiente de potencia, coeficiente de cabeza de presión, coeficiente de flujo volumétrico, análisis económico.

ABSTRAC

This research develops the proposal to improve the Water Supply System, for the Pasto Grande dam - Phase I, Moquegua Region, developed using impulse lines to drive the flows from the collection work to the Pasto Grande canal, the conduction has A length of 14.808 km of steel pipe and HDPE., is intended to solve part of the social need for water supply for the department of Moquegua.

The methodology used consists of the record of hydraulic data of the current drive line to identify the technical limitations that have been considered in the installation of steel and HDPE pipes in the 14 808 meters in length.

As a result, the hydraulic and cost analysis of the drive line and the methodology for selecting the hydraulic pump were achieved. In the analysis of the blow of Ariete the overpressure reached 274 mca while the maximum pressure in the HDPE Class 30 pipe supports up to 309.9 mca. This guarantees that there will be no failures due to overpressures. The economic analysis indicated a saving of 587 492.65 US dollars when a drive line with HDPE pipe is installed instead of carbon steel pipes.

Keywords: drive line, pumping system efficiency, power coefficient, pressure head coefficient, expense coefficient.

CAPÍTULO 1

I. INTRODUCCIÓN

La presente tesis trata de mejorar el sistema de abastecimiento de agua, para la represa Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua, que tiene como propósito solucionar parte de la necesidad social de abastecimiento de agua para el departamento de Moquegua, teniendo como objetivo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión, para la Represa Pasto Grande, fase I, Región Moquegua. En consecuencia, fue necesario registrar los datos hidráulicos de la actual línea de tuberías de impulsión consideradas en la instalación de las tuberías de acero al carbono y HDPE en los 14 808 metros de longitud.

La presentación de la tesis está organizada en seis capítulos. El primer capítulo trata sobre la situación problemática del estudio en donde se describe la formulación, justificación, objetivo e hipótesis del trabajo de investigación.

El segundo capítulo contiene el marco filosófico o epistemológico, antecedentes del problema, bases teóricas y el marco conceptual o glosario.

En el tercer capítulo se tiene la metodología de la investigación utilizada. Señala el tipo y diseño de la investigación, población de estudio, técnicas de recolección de datos, técnicas de procesamiento de datos.

En el cuarto capítulo se presenta el desarrollo del tema, es decir, realizar el análisis hidráulico y de costos de la línea de impulsión y la metodología para

selección de la bomba hidráulica para el abastecimiento de agua para la represa Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua.

El quinto capítulo muestra el resultado de la investigación indicando los parámetros hidráulicos para el sistema de abastecimiento de agua para la represa Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua.

Finalmente, el sexto capítulo trata sobre el análisis económico, donde es necesario para tener alternativas de diseño, de ese modo resolver y escoger la que nos proporcione el menor costo total.

1.1.SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Desde el siglo pasado el problema principal de la población de Moquegua ha sido el recurso hídrico, debido a que la escasez del mismo ha marcado el paso de lento desarrollo. Desde esa época se tiene referencia de la ejecución de diversos estudios orientados a la búsqueda de una solución a este agudo problema.

La presente investigación propone mejorar el sistema de abastecimiento de agua (línea de impulsión), para el abastecimiento óptimo de agua fresca, desde la toma Vizcachas en la confluencia de los ríos Vizcachas y Chilota, hasta el existente canal Pasto Grande. El Proyecto se ubica en el departamento de Moquegua y la conducción tiene una longitud de 14,808 Km de tubería de acero y HDPE.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- a) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tubos de acero al carbono, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua?
- b) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con tuberías HDPE, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua?
- c) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua?
- d) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con una selección del sistema de bombeo, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La razón de la construcción de las obras de impulsión y entrega de 650 l/s de agua fresca desde la toma vizcachas en la confluencia de los ríos vizcacha y chilota, hasta el existente canal pasto grande; tiene como finalidad, que resuelve parte de la necesidad social de abastecimiento de agua para el departamento de Moquegua. De este modo es finalidad del proyecto especial pasto grande, la ejecución del desarrollo integral del proyecto hidro energético “pasto grande”, para incrementar las disponibilidades de agua y consecuentemente el área agrícola del departamento de Moquegua y mayor abastecimiento de agua potable, propiciando la producción agropecuaria, de desarrollo agroindustrial y el aprovechamiento de los recursos hidro energéticos, en el área del proyecto; acorde con las políticas y planes de desarrollo Nacional y Regional.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tubos de acero al carbono, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua.
- b) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con tuberías HDPE, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua.
- c) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua.
- d) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con una selección del sistema de bombeo, para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua.

1.5.HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono o HDPE, sistema de entrega de agua al canal y con selección del equipo de bombeo; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.
- b) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías HDPE; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.
- c) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.
- d) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo, para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.

CAPÍTULO 2

II. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

El planteamiento de la filosofía Agua para Todos, en una exigencia natural para la vida y su desarrollo, Por tanto, la propuesta para mejorar el Sistema de Abastecimiento de Agua, para la represa Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua, es un planteamiento que pretende solucionar una necesidad de salud pública cuando se trata de incrementar el volumen adicional en la represa de Pasto Grande, mediante un sistema de bombeo que aporta al canal de la represa. Este aporte de agua a la represa es una necesidad de agua potable y agua de riego.

Debido al comportamiento climático de los últimos años en el planeta, este problema requiere una filosofía de uso adecuado del agua porque sin ánimos de alarma el agua se está acabando.

Por tal motivo, se realizó un trabajo de investigación de nivel exploratorio y sistemático en el marco de las disposiciones legales de nuestro país y de las disposiciones externas de la UNESCO que propone el uso racional del agua en el planeta.

El soporte que respalda esta intención de solución para dotación de agua de riego y agua potable en la región Moquegua es la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, que fue publicada el

23 de abril de 2001 y el Decreto Legislativo N° 1078 Modificatoria de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental publicado el 28 de junio de 2008.

2.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.2.1. Antecedentes internacionales

- a) (Bonilla Parra, 2011). “Luego de un período de estudios en la E.P. EMAPA se pudo tomar las correcciones debidas para encaminar a la empresa hacia un camino de liderazgo optando por un modelo de mantenimiento que más se adapta a las condiciones y políticas de la empresa.

El modelo adoptado, es el sistemático, pues la empresa dispone de maquinaria de trabajo continuo, cuya parada ocasiona grandes pérdidas de producción, afectando principalmente a la sociedad. Este modelo precautela la integridad de la maquinaria y no necesariamente sus intervenciones tienen que ser con una periodicidad fija. El principal punto relevante de este modelo de mantenimiento es que no necesariamente hay que esperar a que la máquina presente algún síntoma de fallo para intervenirla, sino todo lo contrario; este modelo trata en lo posible de evitar que se den síntomas intermedios de fallo hasta que sus componentes hayan cumplido con su ciclo de vida para el cual fueron diseñados. Finalmente, para lograr un control de mantenimiento ágil y oportuno se opta por desarrollar un software realizado en el paquete informático visual, estudio del cual la empresa tiene licencia para su uso; mencionado software permite entre otras ventajas, la planificación a tiempo de la intervención de mantenimiento a las maquinarias, reduciendo de esta forma en forma significativa la

parada de las mismas por cuestiones de mantenimiento. El presente trabajo investigativo ha permitido controlar el mantenimiento efectuado en las maquinarias de las estaciones de bombeo de la E.P. EMAPA, tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante y basándose en estudios antes realizados los cuales han permitido que las intervenciones a las maquinarias tengan un soporte científico”

- b) (Rodríguez Urrutia, 2010). “La Estación de Bombeo Calvario El Hatillo, está ubicada en el Valle de Sartenejas comprensión del Municipio de Baruta, Estado Miranda y República de Venezuela. Fue construida en la década de los ochenta y debido a su antigüedad resultó importante actualizarlo con un diseño hidráulico y social para brindar abastecimiento de agua potable que asegure buenos estándares de sanidad pública. Desde su construcción hasta nuestros días el aumento demográfico vertiginoso, incrementó la población de usuarios y las necesidades de salubridad.

La empresa comercializadora del agua potable Hidrocapital al reconocer sus anomalías empresariales determinó la mejora de las condiciones planteadas en esta investigación, mediante un rediseño de la estación y su sistema de distribución en función a su actualidad demográfica y la coyuntura en la defensa de la salud pública de la zona de influencia del proyecto.

La experiencia de la investigación El Hatillo, aporta a este estudio en cuanto a los rediseños de las antiguas empresas de agua potable pueden mejorar realizando un certero rediseño general del proyecto”.

c) (López Malavé, 2009). Las comunidades de Santa Fe y Capachal están ubicadas en Puerto La Cruz, estado de Anzoátegui y República de Venezuela. A la Universidad del Oriente este autor presentó un diseño de abastecimiento de agua potable, se considera que la disponibilidad de agua potable es una cuestión de supervivencia, porque todo ser vivo requiere agua salubre en cantidad suficiente que asegure la vida con buena salud. El indicador de quince o veinte litros de agua queda como tal, porque también es necesario que debe estar disponible a una distancia de fácil acceso y servirse lo que se requiere para asegurar una vida digna en cuanto a salud, agricultura y crianza de animales.

Este estudio referido, tiene relación con esta investigación para la Región Moquegua en la medida que se tiene el objetivo de llevar agua al canal de la represa Pasto Grande kilómetros antes, para cubrir necesidades de agua potable para consumo humano, agricultura, ganadería, entre otros propósitos.

La experiencia de este antecedente internacional indica que es necesario realizar cálculos de hidráulica, considerando la población demográfica actual y proyectada para tener el caudal necesario que permite el sistema de abastecimiento y distribución de agua técnicamente económico y simulando su funcionamiento esperado con el software PIPEPHASE 8.1.

2.2.2. Antecedente Nacionales

a) (Choy Bejar, 2002). Egresado de la Universidad Mayor de San Marcos propone el diseño de una nueva línea de succión y elección sistema

de bombeo para la extraer de agua del sub suelo que tenga mínimo costo de agua potable y alcantarillado.

“El estudio se realizó para la Provincia de Chimbote porque había necesidad de atender de manera eficaz la necesidad de agua potable con múltiples propósitos sanitarios y consumo.

La problemática era que por falta de agua había mucho racionamiento en el suministro.

La solución buscaba tener una mejor opción técnica-económica para contar con el tipo, dimensiones y capacidad de las tuberías, pero también el sistema de bombeo adecuado para llevar a el agua al reservorio y luego distribuir según las necesidades.

Este antecedente nacional aporta a esta tesis con un procedimiento básico de diseño hidráulico para contar con el sistema de extracción de agua de sub suelo, la línea de conducción, el reservorio y el sistema de abastecimiento, con sus limitaciones respectivas cuando entre en servicio”.

- b) (Illán Mendoza, 2017). Su investigación realizada el 2017 para mejorar el abastecimiento de agua potable lo realizó para el Asentamiento Humano Héroes del Cenepa; ubicada en el Distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma y Región Ancash.

Para obtener el diseño que mejore la disponibilidad de agua potable lo realiza basándose en el Reglamento Nacional de Edificaciones en Obras de Saneamiento. “Indica que es una investigación no experimental, transeccional y descriptivo.

Como resultado encontró que el mencionado proyecto abastecía a cinco poblados y excediendo largamente la capacidad de diseño inicial.

El cálculo y las mediciones realizadas indican que el gasto total era muy escaso para abastecer los poblados mencionados; por tanto, recomienda la construcción exclusiva de un solo pozo tubular para abastecimiento de agua potable al Asentamiento Humano Héroes del Cenepa para evitar un funcionamiento técnicamente deficiente.

Para esta investigación este antecedente aporta como resultado que se debe medir exhaustivamente la capacidad del sistema de extracción de agua potable de subsuelo para evitar un funcionamiento deficiente por razones técnicas de diseño o construcción. El sistema de agua potable tiene: punto de captación Agua subterráneo (pozos excavados) tajo abierto de diez metros de profundidad, una línea de impulsión de 3720 m aproximadamente, con un diámetro de cuatro pulgadas, un reservorio circular de 150 m³ de capacidad, una línea de aducción de 1890 m y una red de distribución que abastece a 325 viviendas en todo el Asentamiento Humano Héroes del Cenepa. Dicho proyecto se realizó mediante técnicas de Observación y análisis documental con sus respectivos instrumentos de medición que son las Ficha Técnicas y Protocolo de Laboratorio respectivamente. Finalmente se llegó a obtener los resultados y se concluyó en que el sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, conduce muy poco caudal, debido que el matriz principal hasta la línea de aducción abastece más de cinco pueblos y por ello

se propone a realizar una captación de pozo tubular solo para dicho asentamiento humano.”

- c) (Herrera, 2012). En su tesis Evaluación del Sistema de Agua Potable, zona rural de Huantallon, Distrito de Jangas-Huaraz-Ancash; expone que:

“La Evaluación del sistema de agua potable, zona rural de Huantallon, distrito de Jangas - Huaraz - Ancash, tiene como objetivo general evaluar el funcionamiento del agua potable y elaborar una propuesta de abastecimiento de agua potable en la zona rural de Huantallon, distrito de Jangas - departamento de Ancash, llegando a la conclusión que el principal problema se rige en el deterioro de los componentes por la falta de mantenimiento y uso de los años en la captación, aducción y distribución; por otro lado plantearon realizar una nueva red de conducción, aducción y distribución así como cámaras rompe presión, captación y otros como propuesta de solución para el mejor funcionamiento; así mismo también llegaron a la conclusión que con la evaluación permitirá la implementación de un sistema adecuado de agua potable contribuirá a satisfacer las necesidades de crecimiento y salubridad de los habitantes del caserío de Huantallon”.

2.2.3. Antecedentes Regionales.

- a) (Rodríguez Ayala, 2014). “Tiene por objetivo evaluar al sistema anterior de bombeo para indicar las condiciones hidráulicas y mecánicas con el fin optimizar la operación, para que, de ese modo encontrar una solución técnica y económica a su problema planteado. El método que siguió es mediante la revisión de los reportes mensuales de consumo de energía eléctrica, caudal y mantenimiento,

para iniciar con el diseño del nuevo sistema de bombeo, con la finalidad de comparar los resultados y establecer las mejoras necesarias”.

- b) (Rivas Laureano, 2017). En su tesis dice que en la Rampa 626-1 de la Mina Socorro Nv. 3850 de la U.E.A. Uchucchacua, había problemas de inundaciones y paradas de labores, por la inadecuada evacuación a la superficie.

Con el diseño del sistema de bombeo con capacidad de 480 l/s y una altura estática de 140 m, se logra establecer el equilibrio hidráulico del sistema, establecido con las ecuaciones de conservación de la masa, cantidad de movimiento y energía.

Mejoró la evacuación de las aguas subterráneas, limitando la velocidad de flujo en las tuberías de descarga y el empleo de válvulas de control de bomba.

La puesta en operación del sistema de bombeo de 480 l/s del Nv. 3850 al Nv. 3990, permitió a las bombas sumergibles en la mina Socorro incrementar la capacidad de bombeo en los niveles inferiores al Nv. 3850 incrementando la extracción de mineral en forma continua.

- c) (Rojas Pérez, 2017). Este antecedente es un caso diferente porque se trata de bombeo de agua superficial

Su investigación la desarrolla en la Municipalidad de Huancán y se buscaba incrementar el caudal para el sistema de abastecimiento con el propósito de satisfacer la demanda de agua potable de los usuarios del distrito.

d) (Rojas Pérez, 2017). Este antecedente es un caso diferente porque se trata de bombeo de agua superficial

Su investigación la desarrolla en la Municipalidad de Huancán y se buscaba incrementar el caudal para el sistema de abastecimiento con el propósito de satisfacer la demanda de agua potable de los usuarios del distrito.

“En el estudio realizó pruebas de aforo para verificar la capacidad de la cisterna en la caseta de bombeo, evaluó el inventario de pérdidas primarias y secundarias en las tuberías de impulsión del sistema de bombeo.

El actual sistema de bombeo cuenta con dos bombas multi etapa de eje vertical; donde una de ellas está de contingencia; motivo por el cual se es posible aumentar la capacidad de bombeo instalándolas las dos bombas en paralelo y sin realizar inversiones adicionales.

Como resultado del funcionamiento de las dos bombas en paralelo, se encontró un aumento de gasto de cuarenta litros por segundo hasta cincuenta y dos litros por segundo. Esto se justifica porque si cada bomba contribuye con cuarenta litros por segundo se esperaría teóricamente un caudal de ochenta litros por segundo, sin embargo, esto no ocurre así porque los caudales no necesariamente cumplen este cálculo aritmético, debido a las restricciones en la unión de los dos flujos a un tubo común.

Esta experiencia influye en esta tesis con la explicación in situ que dos bombas en paralelo de la misma capacidad el total de caudal no es el doble”.

2.3.BASES TEÓRICAS

2.3.1. Definición de fluidos

(Munsón Young, 2006). Indica que los fluidos se desarrollan en un medio continuo.

En un medio continuo tiene validez la ecuación de la continuidad y el movimiento uniforme en una sección transversal que permite calcular la velocidad constante en tal sección.

Un fluido es una sustancia líquida o gaseosa que se mueve en un conducto abierto o cerrado. Los abiertos son canales y los cerrados son tuberías. Además, los líquidos tienen una insignificante compresibilidad, es decir, son incompresibles. En cambio, los gases son totalmente compresibles.

a) Clasificación de los fluidos:

➤ Fluidos incompresibles.

(Fox, 2004). “Los fluidos incompresibles son cualquier sustancia en donde la densidad permanece constante con el tiempo. Esta densidad se opone a la compresibilidad en cualquiera de las condiciones. Ni la masa ni el volumen del fluido pueden cambiar, es decir, que la cantidad de volumen y la cantidad de masa permanecerán iguales, aún bajo presión.

Los líquidos son fluidos incompresibles pues por mucha presión que apliques su volumen no cambia (porque las moléculas ya están

juntas). Esto, es un caso ideal por que los líquidos si cambian de volumen al presionarlos, pero el cambio es tan minúsculo que se considera despreciable”.

➤ Fluidos compresibles.

(Fox, 2004). “Son aquellos fluidos cuya característica de estado como la densidad varía apreciablemente a pequeñas variaciones de su velocidad, presión y temperatura. Comúnmente los fluidos compresibles están comprendidos por gases”.

b) Propiedades de los fluidos.

(C. Potter, 2015). “Las propiedades de los fluidos son características de estado instantáneo cuyo comportamiento está sujeto a las condiciones de otras propiedades funcionales”.

- Densidad.

(C. Potter, 2015). “La densidad (ρ) se define como la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia. Esta propiedad es influenciada por los cambios de temperatura y de presión.

$$\rho = m/V$$

Donde;

V; es el volumen de la masa “m” y sus unidades en el Sistema Internacional es el kilogramo (kg/m^3)”.

- El peso específico (γ).

(Fox, 2004). “Es una propiedad asociada con la densidad, y se define como la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia”.

$$\gamma = \rho \cdot g$$

- Viscosidad.

(C. Potter, 2015). “La viscosidad (μ) de un fluido es una medida de su resistencia a fluir en un ambiente donde se ha suprimido la turbulencia y su unidad en el sistema SI es Pa.s.

La correlación lineal entre el esfuerzo tangencial y el gradiente de velocidades es característica de los fluidos newtonianos (como el agua), prevalece solamente en la ausencia de turbulencia en el campo de flujo. Este tipo de flujo es descrito como laminar. Cuando existe turbulencia en el flujo, la resistencia al cortante se incrementa fuertemente y el esfuerzo cortante puede, por conveniencia, ser correlacionado al gradiente de velocidades por una ecuación similar a la de la viscosidad dinámica”.

$$\tau = \mu \frac{dV}{dY} = \frac{F}{A}$$

Donde:

τ *esfuerzo cortante del fluido*

μ *viscosidad absoluta*

$\frac{dV}{dY}$ *gradiente de velocidad*

F *fuerza viscosa*

A *area de contacto superficial con el fluido, en movimiento.*

(C. Potter, 2015). “Un parámetro que es común emplear en los cálculos hidráulicos es la viscosidad cinemática (ν). Se define como la viscosidad dinámica entre la densidad del fluido en movimiento en (m^2/s).”

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{donde: } \vartheta \text{ viscosidad relativa o cinemática}$$

- Presión.

(Crow, 2006). “La presión (p) que un fluido ejerce sobre las paredes del recipiente o tubería que lo contiene es una propiedad que se expresa como el cociente de la fuerza ejercida por unidad de área. Su unidad en el sistema SI es Pascal (Pa)”.

$$p = \frac{F}{A}$$

Presión absoluta (P_{abs}).

(Fox, 2004). “Es la presión ejercida por un fluido por encima del valor cero absolutos.”

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

Presión atmosférica (P_{atm}).

(Fox, 2004). “Es aquella que se tiene en un lugar debido al peso de la atmósfera, por lo cual, varía con la altura en relación al nivel del mar, teniendo a cero metros un valor de 1.033 Kgf/cm² que corresponden a una columna de mercurio de 0.760 m ó a 10.33 m.c.a.”

Presión manométrica (P_{man}).

(Fox, 2004). “Es la presión que se puede leer con un instrumento, ya sea positiva (arriba de la atmosférica) o negativa (debajo de la atmosférica o vacío), sin considerar la presión atmosférica y por ello suele llamarse presión relativa.”

Presión de vacío.

(L. Mott, 2006). “Esta presión se presenta cuando un fluido ejerce una presión inferior a la atmosférica. La relación entre las presiones atmosféricas, absolutas y de vacío se muestra a continuación.”

$$P_{abs} = P_{atm} - P_{vacio}$$

Presión de vapor.

(L. Mott, 2006). “La presión de vapor o más comúnmente presión de saturación, es la presión a la que a cada temperatura las fases líquidas y vapor se encuentran en equilibrio; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas. En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido saturado y vapor saturado”.

2.3.2. Hidrodinámica.

(Crow, 2006). “Desde el punto de vista relacionado con el transporte de fluidos, es útil idealizar al flujo de un fluido como aquel de un medio continuo, es decir, despreciando los movimientos aleatorios complejos a nivel molecular. El análisis del flujo permite determinar los valores de ciertas variables del campo de flujo como función del tiempo; estas variables incluyen la velocidad, la presión y la densidad”.

a) El principio de Continuidad.

(C. Potter, 2015). “Los conceptos de tubo de corriente y de volumen de control facilitan la aplicación del principio de conservación de la materia, o el principio de continuidad tal como se le conoce en Mecánica de fluidos. Por ejemplo, al aplicarlo en condiciones, de flujo permanente, puede afirmarse que la cantidad de masa dentro de un tubo de corriente o volumen de control no cambia con respecto al tiempo, así, la cantidad de masa que fluye fuera del volumen de

control es igual a la cantidad de masa que entra al volumen de control”.

$$0 = \frac{\partial}{\partial x} \int_{vc} \rho \, dV + \int_{sc} \rho \, \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

(Fox, 2004). “La ecuación del volumen de control sin considerar las fuerzas externas y estableciendo condiciones de flujo incompresible, flujo uniforme en cada sección de las superficies de control y flujo estable; se tiene la ecuación de continuidad”.

Entonces, en dicho volumen puede aplicarse el principio de continuidad escribiendo:

$$\rho \cdot A \cdot V = \text{Cte.}$$

Donde ρ y v representan los valores promedio de la densidad y velocidad y, A es el área de la sección transversal.”

b) Impulso y cantidad de movimiento.

(Fox, 2004). “La segunda ley de Newton relaciona la fuerza, con la razón de cambio de cantidad de movimiento (mv) siendo el producto de la masa por la velocidad

$$F = \frac{d(m \cdot v)}{dt}$$

La razón de cambio de cantidad de movimiento correspondiente da como resultado la magnitud de la fuerza aplicada F ”.

c) Principio de la energía.

(C. Potter, 2015). “Aplicando la segunda ley de Newton al elemento diferencial de masa en un tubo de corriente para flujo permanente nos da la ecuación de Euler.

La integración de la ecuación de Euler a lo largo de una línea de corriente, si el flujo es incompresible, es decir, la densidad es constante e independiente de la presión p , nos da como resultado la ecuación de Bernoulli”.

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z = cte.$$

d) Resistencia al flujo de fluidos.

(Fox, 2004). “La resistencia al flujo de fluidos se debe a las fuerzas de arrastre ejercidas por los fluidos en movimiento sobre las superficies de las fronteras sólidas de los conductos del flujo. Este arrastre resulta del hecho de que no existe filtración o movimiento relativo en la interfase de contacto entre el fluido y la frontera sólida, resultando en altas variaciones de esfuerzo cortante en la capa adyacente de fluido. Esta deformación del cortante se manifiesta como un gradiente espacial de la velocidad en dirección normal a la superficie de la frontera, decreciendo en magnitud al alejarse de la frontera”.

e) Resistencia al flujo en tuberías.

(Fox, 2004). “Las tuberías son los conductos usados más frecuentemente para el transporte de fluidos (gases y líquidos). Existen diferentes materiales para la fabricación de tuberías y cada una con una determinada aspereza interior o rugosidad absoluta. Esta varía de acuerdo a la corrosión por el tiempo de exposición o debido a la deposición como en aguas duras (PH).

Cuando se menciona tubería se entiende generalmente como un conducto de sección circular y diámetro interior constante”.

f) Tipos de flujo de fluidos en tuberías.

(L. Mott, 2006). “Los tipos de flujo son comportamientos del fluido que se caracterizan y son definidos por el número de Reynolds.

Laminar. Cuando el fluido viaja por el conducto con velocidad moderada, es decir, número de Reynolds menor o igual a dos mil.

Transitorio. Cuando el fluido viaja por el conducto con velocidad variada o no definida, es decir, número de Reynolds mayor a dos mil pero menor o igual a cuatro mil.

Turbulento. Cuando el fluido viaja por el conducto con alta velocidad, es decir, número de Reynolds mayor a cuatro mil”.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

g) Pérdidas por fricción.

(Yunus A . Cengel, 2006). “Son aquellas pérdidas de energía debido a la fricción de fluido con la superficie interna del conducto y estas pueden dividirse en primarias y secundarias”.

$$H_f = h_{fp} + h_{fs}$$

Donde:

h_{fp} : Pérdidas de energía primarias debido a la longitud de la tubería

h_{fs} : Pérdidas de energía secundarias debido por cambios de forma (accesorios).

Pérdidas primarias.

(Crow, 2006). “Las pérdidas primarias son las pérdidas por fricción superficial por el contacto del fluido con la superficie interna de

conducto, es decir el rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en flujo uniforme y, por lo tanto; principalmente se producen en tramos de tuberías de sección constante. Su cálculo es en base a las fórmulas Hagen Poseuille, Darcy – Weisbach o Hazen-Williams. Para el cálculo de pérdidas de carga en flujos turbulentos resulta conveniente el uso de la ecuación de Darcy. Ecuación de Poiseuille Demuestra que la pérdida de carga en régimen laminar en tuberías lisas como rugosas es directamente proporcional a la primera potencia de la velocidad.”

$$\Delta p = \frac{32 \mu \cdot L \cdot V}{\rho g D}$$

Ecuación de Darcy – Weisbach.

(Munsón Young, 2006). “Es una ecuación teórica utilizada para el cálculo de Pérdidas por Fricción en sistemas operando a Presión. Aun cuando es una ecuación completamente desarrollada en fundamentos de la física clásica, haciéndola aplicable para cualquier tipo de fluido y en diversas aplicaciones, su uso no se ha extendido (al menos en la parte práctica) debido a lo complejo que es el cálculo del Factor de Fricción (la expresión de este factor es una ecuación implícita), siendo necesario generalmente la realización de iteraciones o el uso de métodos numéricos para lograr la resolución”. La ecuación es:

$$H_{fp} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f : Coeficiente o factor de fricción

L : Longitud del conducto.

D : Diámetro del conducto.

V : Velocidad media del fluido por el conducto.

Esta fórmula es de uso universal en el mundo entero en los libros y formularios de hidráulica.

Coeficiente de fricción (f) o (λ)

(Munsón Young, 2006). “Es el factor de fricción adimensional y para determinar su valor existen diferentes opciones.

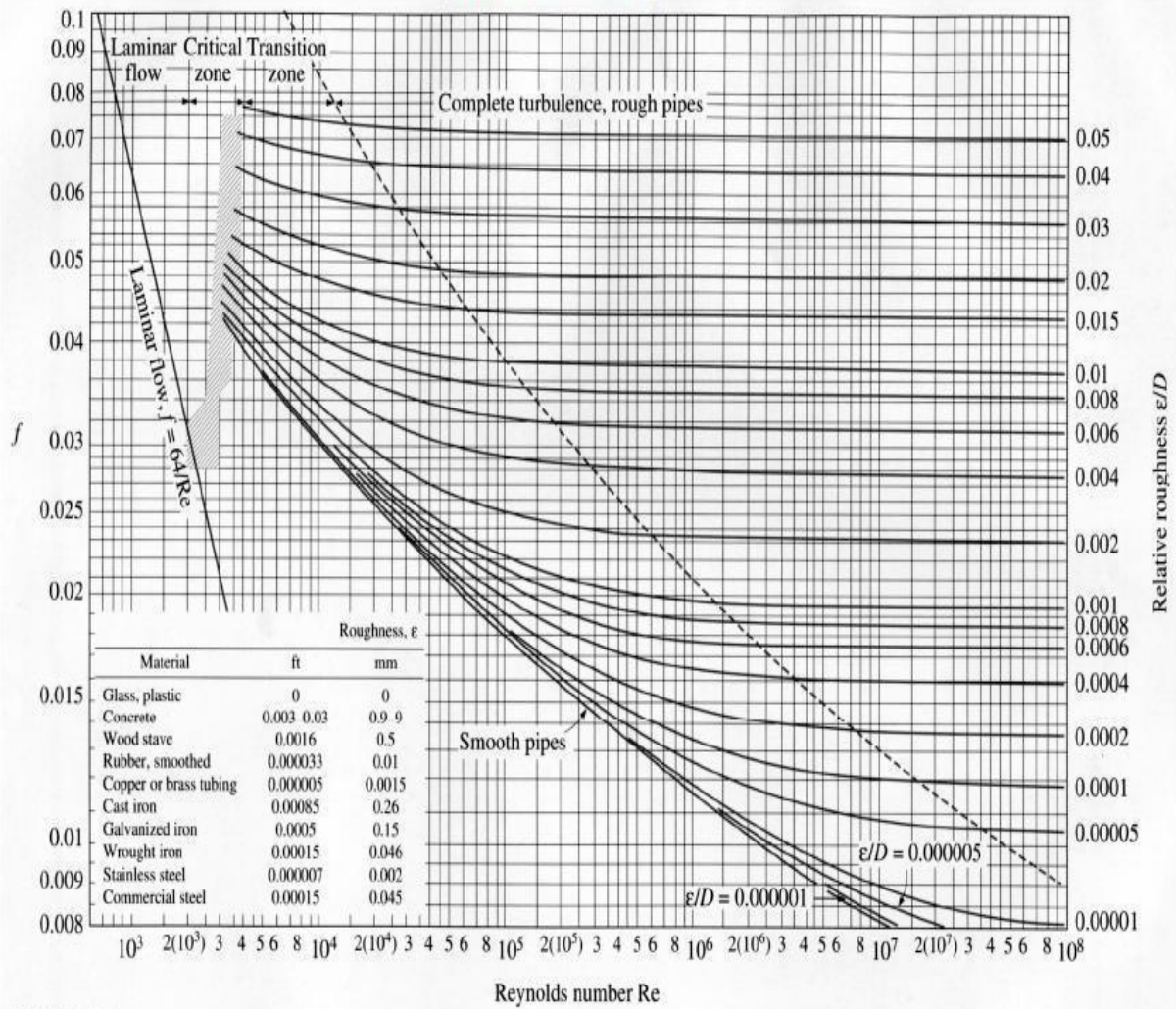
Este factor de fricción, f , se evalúa dependiendo del régimen en el que se encuentre el fluido. Una vez se tenga certeza del régimen en el que se está, se aplica alguna de estas expresiones.

$$f = \frac{64}{Re} ; \text{ para flujo laminar}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{2.7 \left(\frac{D}{\epsilon} \right) + Re^{0.9}} \right) \right]^2} ; \text{ para flujo turbulento}$$

También se puede utilizar diagramas para su determinación del factor de fricción y el más utilizado es el diagrama de Moody”.

Diagrama de Moody



Fuente: <https://www.google.com/search?q=diagrama+de+moody&client>
 Figura N° 2.1 Diagrama de Moody

(V. Giles, 1975). “Para flujo laminar el factor o coeficiente de fricción es función solamente del número de Reynolds (Re).

Para flujos turbulentos (no altamente turbulentos), el factor de fricción depende del número de Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa (ϵ/D) del conducto.

Para flujos totalmente turbulentos y para tuberías rugosas el factor de fricción es función de la rugosidad relativa (ϵ/D). La rugosidad absoluta “ ϵ ” utilizadas para el cálculo de la rugosidad relativa es función del material del conducto. Esta rugosidad está dada

generalmente en mm, y se puede encontrar en tablas o ábacos cuyo valor se puede determinar en forma experimental.

El diagrama de Moody está construido en papel doblemente logarítmico y representa la ecuación de Poiseuille y Colebrook White.”
Pérdidas menores.

(V. Giles, 1975). “Son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones (estrechamientos o expansiones de la corriente), codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería. Estas pérdidas son debido a la discontinuidad discreta en la línea de declive hidráulico y la línea de energía llamados pérdidas menores.

Su cálculo se basa a la ecuación de Darcy-Weisbach.”

$$h_{fs} = K \cdot V^2 / 2g$$

Donde:

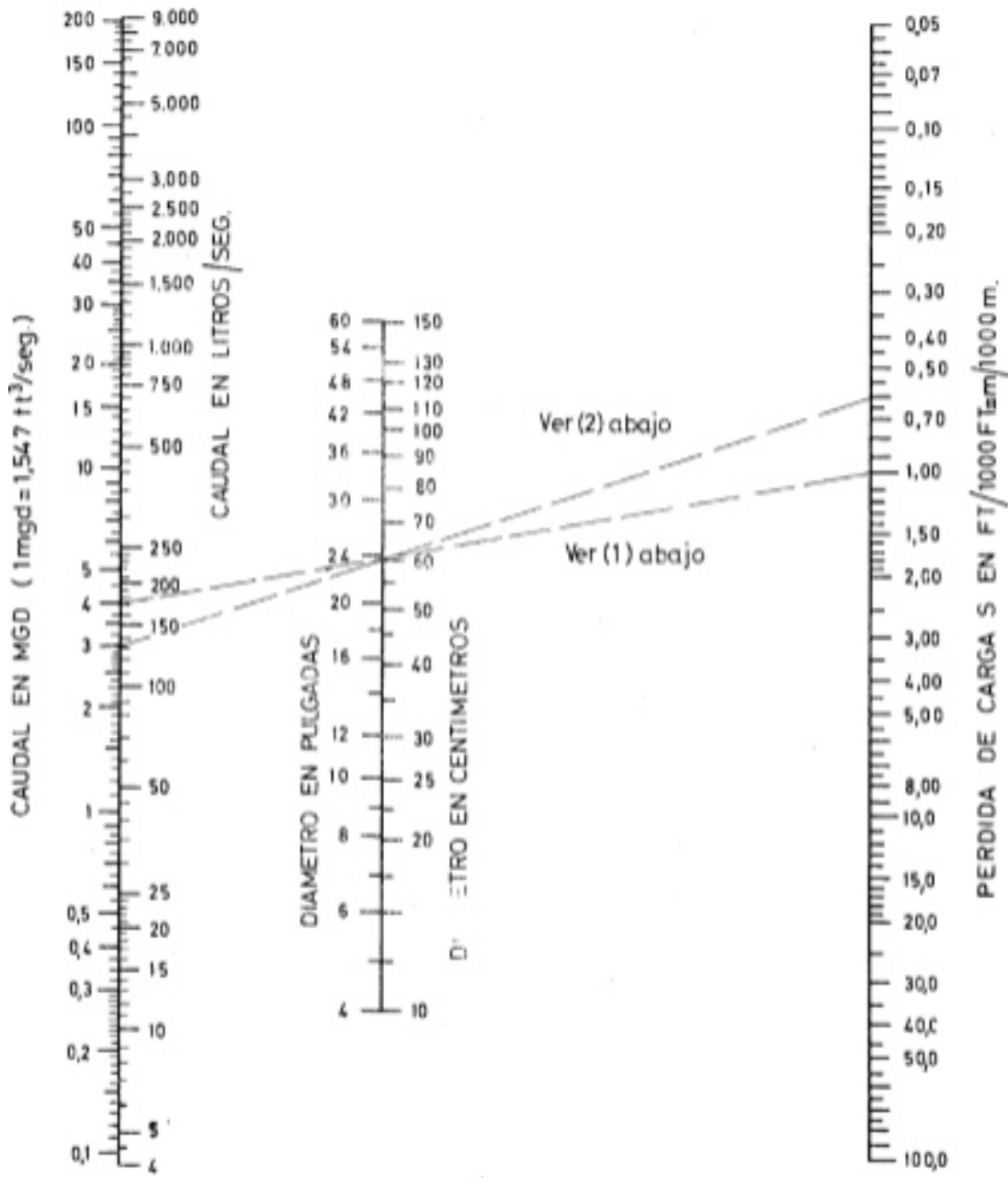
k: Coeficiente de pérdida de carga secundaria, adimensional, se calcula mediante tablas.

- h) Cálculo de pérdidas por fricción en tuberías largas por el método de Hazen- Williams.

(V. Giles, 1975). “Consiste en el uso del monograma de Hazen-Williams para tuberías extremadamente lisas largas.

Se considera una tubería larga cuando la longitud es mayor de 600 metros y tuberías de PVC con un coeficiente de $C_1=150$.

MONOGRAMA DE CAUDALES
 FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS, $C_1 = 100$



UTILIZACION DEL MONOGRAMA

- (1) Dado $D=60\text{cm}$, $S=1,0\text{m}/1000\text{m}$, $C_1=120$; determinar el caudal Q .
 El nomograma dá $Q_{100}=170\text{ l/seg}$
 Para $C_1=120$, $Q = (120/100) 170 = 204\text{ l/seg}$.
- (2) Dado $Q=156\text{ l/seg}$, $D=60\text{cm}$, $C_1=120$; determinar la pérdida de carga.
 Cambiando Q_{120} a Q_{100} : $Q_{100} = (100/120) 156 = 130\text{ l/seg}$.
 El nomograma dá $S=0,60\text{ m}/1000\text{m}$.

Fuente: <https://www.google.com/search?q=diagrama+de+moody&client>
 Figura N° 2.2 Monograma de hazen williams

2.3.3. Bombas hidráulicas.

(Yunus A . Cengel, 2006). “Es una máquina generadora, que absorbe energía mecánica y la restituye en energía hidráulica al fluido que la transita; desplazando el fluido de un punto a otro”.

a) Aplicaciones:

(Yunus A . Cengel, 2006). “Se emplean para bombear toda clase de fluidos como agua, aceites de lubricación, combustibles, ácidos; algunos otros líquidos alimenticios, como son cerveza y leche; también se encuentran los sólidos en suspensión como pastas de papel, mezclas, fangos y desperdicios”.

b) Clasificación de las bombas centrífugas.

- Clasificación según la dirección del flujo: De acuerdo al recorrido del fluido en el interior del impulsor.

- Bomba de flujo radial:

(Viejo Zubicaray, 2002). “El movimiento del flujo se inicia en un plano paralelo al eje del giro del impulsor de la bomba y termina en un plano perpendicular a este. Estas bombas pueden ser verticales y horizontales”.

- Bomba de flujo axial.

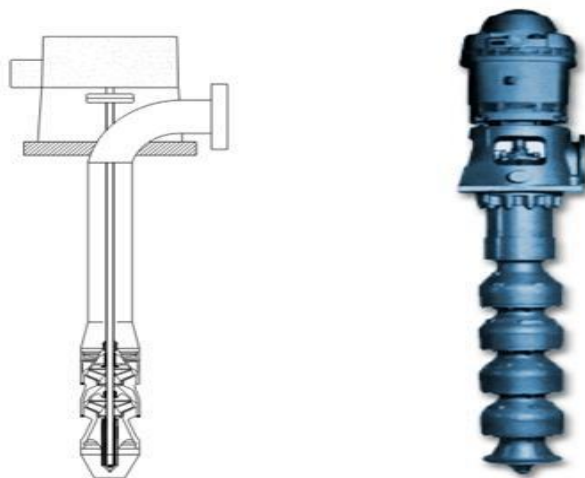
(Viejo Zubicaray, 2002). “La dirección del fluido en el impulsor es en forma axial y alrededor del eje de giro del impulsor de la bomba, sin tener cambios de dirección. Estas bombas desarrollan su carga por la acción de un impulsor o elevación de los álabes sobre el líquido y usualmente son bombas verticales de un solo paso.

- Bomba de flujo radio axial, o mixto. El movimiento del fluido dentro del impulsor se desarrolla en tres direcciones, tangencial, radial y axial al eje de giro del impulsor de la bomba. Estas bombas desarrollan su carga parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido”.

c) Bomba centrífuga vertical tipo turbina.

(Viejo Zubicaray, 2002). “Entre las bombas sumergidas, las más importantes son las llamadas de pozo profundo, de sondeo o vertical tipo turbina, que fueron desarrolladas para la explotación de pozos, perforaciones y sondeos de diámetro reducido. Esta circunstancia limita forzosamente la altura por etapa, lo que conduce al concepto de bombas multicelulares para reducir el espacio.

El impulsor de aspiración simple, puede ser radial o diagonal, según las condiciones de servicio y su construcción cerrada o semi abierta. Los impulsores semi abiertos requieren un ajuste vertical más cuidadoso durante el montaje”.



Fuente: Tomado de Rodríguez Ayala, Y. M. (2014).

Figura N° 2.3 Bomba vertical tipo turbina con impulsor cerrada.

2.3.4. Sistema de bombeo

(Mataix, 1998). “El sistema de bombeo es un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directo a la red de distribución.”

a) Elementos del sistema de bombeo

(Mataix, 1998). “Los componentes básicos de un sistema de bombeo de agua potable son los siguientes:

- Caseta de bombeo.
- Cisterna de bombeo.
- Equipo de bombeo.
- Tubería de succión.
- Tubería de impulsión.
- Válvulas de regulación y control.
- Equipos para cloración.
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- Tableros de protección y control eléctrico.
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos.
- Área para el personal de operación.
- Cerco de protección para la caseta de bombeo.”

b) Capacidad de la estación de bombeo

(Sánchez Domínguez, 2002). “Está en función a la demanda estimada de atención a un propósito determinado. Ejemplo: para evacuar aguas de mina, para pozos tubulares, para bombeo de aguas superficiales, entre otros.

La capacidad del bombeo está relacionada con la demanda hidráulica del sistema de bombeo.

En este estudio la capacidad esta pre determinada por la necesidad estadística de atender agua para saneamiento, agricultura o ganaderías; es decir, por la naturaleza del lugar de necesidades de aguas.

En algunos casos por razones económicas y operativas, se adopta una frecuencia de bombeo efectivo de horas diarias y que responde a la necesidad pre establecida y la capacidad de la fuente de succión. La frecuencia puede ser de hora en hora, dos horas por día o hasta veinticuatro horas por día”.

c) Tipo de abastecimiento.

(Sánchez Domínguez, 2002). “Se deben considerar dos casos:

- Cuando el sistema de abastecimiento de agua incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo.

$$Q_b = Q_{(m\acute{a}x-d)} \cdot 24/N$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo, l/s.

$Q_{m\acute{a}x.d}$: Caudal máximo diario, l/s.

N : Número de horas de bombeo.

- Cuando el sistema de abastecimiento de agua no incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo, la

capacidad del sistema de bombeo debe ser calculada en base al caudal máximo horario y las pérdidas en la red distribución”.

d) Carga dinámica o altura manométrica total

(Sánchez Domínguez, 2002). “La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma de la carga de succión más la carga de impulsión:”

$$H_b = H_s + H_i$$

Donde:

H_b : Altura dinámica o altura de bombeo, m.

H_s : Carga de succión, m.

H_i : Carga de impulsión, m.

- Carga de succión (H_s)

(García Prats, 2006). “Viene dado por la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión”.

$$H_s = h_s + h_{rs}$$

Donde:

h_s : Altura de succión estática, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua, m.

h_{rs} : Pérdida de carga en la succión, m”

- Carga de impulsión (H_i).

(García Prats, 2006). “Está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada y el eje de

las bombas más la pérdida de carga del lado de la tubería de impulsión:

$$H_i = h_i + H_{ri}$$

Donde:

h_i : Altura de impulsión estática, o sea, la altura del nivel superior en relación al eje de la bomba, m.

H_{ri} : Pérdida de carga en la tubería de impulsión, m.”

(Sánchez Domínguez, 2002). “Reemplazando las ecuaciones de carga de succión y de carga de impulsión en la ecuación de altura manométrica total se tienen las siguientes relaciones:

Bombeo con bombas de eje horizontal y de eje vertical:

$$H_b = h_s + h_i + H_{rs} + H_{ri}$$

Bombeo con bombas sumergibles:

$$H(b) = h_i + H_{ri}$$

El proyectista por seguridad podrá incrementar la altura de pérdida de carga en las tuberías, en función a la edad de las mismas, considerar la altura por carga de velocidad ($v^2/2g$) o adoptar una altura de presión mínima de llegada”.

e) La cavitación

(Viejo Zubizaray, M. 1975). “La cavitación, es un fenómeno físico donde un líquido en determinadas condiciones pasa a estado gaseoso y unos instantes más tarde pasa nuevamente a estado líquido. entonces básicamente es la formación de cavidades en un líquido y su aparición es cuando su tensión de vapor iguala o supera la presión que actúa sobre él. Como consecuencia de ello, el líquido hierve. El

agua hierve a cien grados Celsius a nivel del mar porque a esa temperatura su tensión de vapor es de setecientos sesenta milímetros de mercurio.

Aparte de esta causa principal hay otros factores que pueden inducir el proceso o están relacionados con él:

- Toma de aire
- Recirculación interna
- Turbulencia en las tuberías de aspiración

Debe considerarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH), además, que debe existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua.”

f) Carga neta de succión positiva (NPSH)

(Viejo Zubicaray, M. 1975). “Cuando el agua recorre a través de la bomba, la presión en la entrada y en la tubería de succión tiende a disminuir, causado por las altas velocidades del flujo. Si la reducción va más allá de la presión de vapor del agua, se producirá la vaporización y se formarán burbujas de vapor en el seno del líquido. Estas burbujas son transportadas por el líquido hasta llegar a una región de mayor presión, donde el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, aplastándose bruscamente las burbujas. Este fenómeno se llama cavitación”.

(García Prats, 2006). “El NPSHR es función del diseño de fábrica de la bomba, su valor, determinado experimentalmente, es proporcionado por el fabricante.

El NPSHD corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable. Se basa en una elevación de referencia, generalmente considerada como el eje del rodete. Este parámetro es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{NPSHD} = H_{\text{atm}} - (H_{\text{vap}} + h_s + H_{\text{rs}})$$

Dónde:

H_{vap} es la presión de vapor (m); h_s es altura estática de succión (m) y H_{rs} es la pérdida de carga por fricción de accesorios y tubería (m).

Para evitar el riesgo de la cavitación por presión de succión, se debe cumplir que:”

$$\text{NPHSD} > \text{NPHSR}$$

(Viejo Zubicaray, 2002). “Para el cálculo del NPSH se debe fijar un nivel de referencia con respecto a la bomba. En las bombas que trabajan horizontalmente (eje horizontal) el plano de referencia se localiza a través del centro del eje y en las bombas verticales (eje vertical) a través del plano que atraviesa la parte más inferior de los alabes del impulsor, en caso de tener más de un impulsor se considerará la ubicación del inferior.

Otras causas de cavitación en bombas son las excesivas revoluciones del rotor. En este caso se debe verificar que la velocidad específica de operación no sobrepase la máxima dada por el fabricante”.

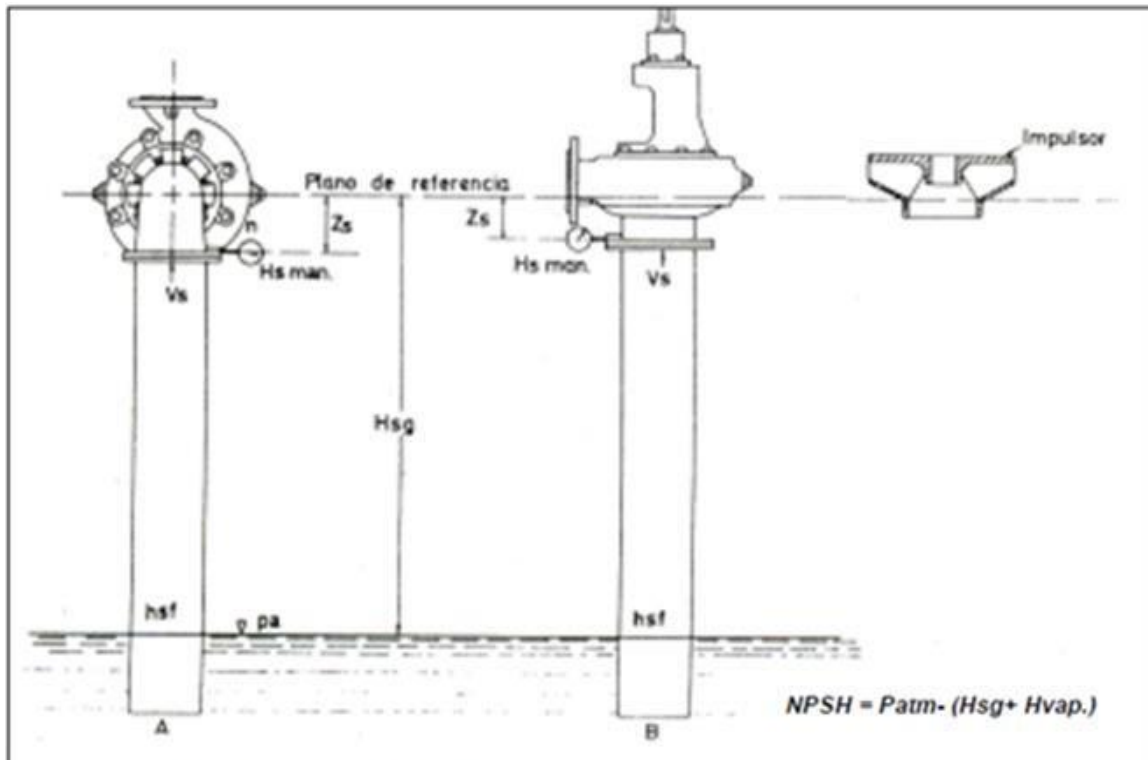
g) Sumergencia mínima (ΔH).

(Viejo Zubicaray, M. 1975). “La altura del agua entre el nivel mínimo y la unión de la rejilla, o la boca de entrada a la tubería, debe ser igual

o superior a los límites siguientes (véase fig. 2.5).

- Para dar cumplimiento a requerimientos hidráulicos.

Considerando la velocidad para el caudal de bombeo requerido:



Fuente: Tomado de Rodríguez Ayala, Y. M. (2014)

Figura N° 2.4 Esquema de la tubería de succión en un sistema de tuberías a fin de ilustrar el NSPH

$$\Delta H = \frac{v^2}{2g} + 0.20$$

Para impedir ingreso de aire, de acuerdo al diámetro de la tubería de succión (d), se seleccionará el valor mayor”.

$$\Delta H = 2.5 d + 0.10$$

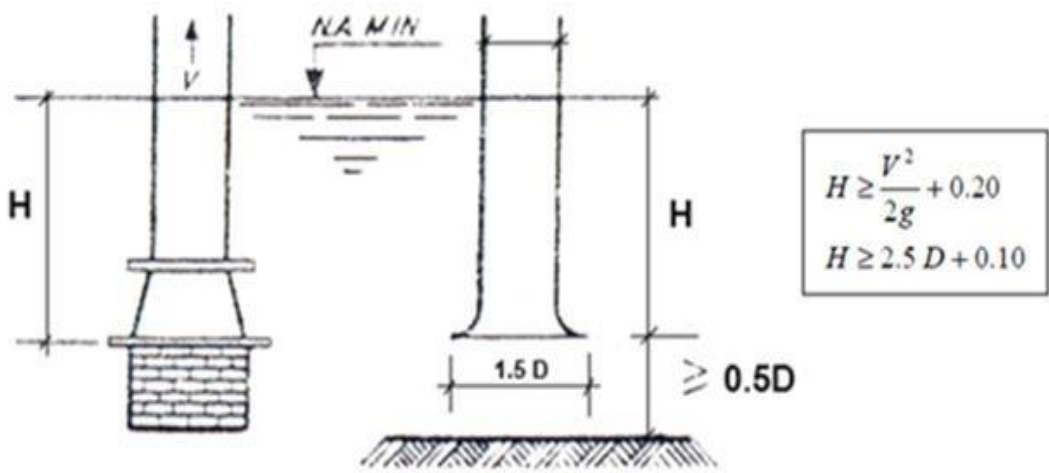


Figura N° 2.5 Sumergencia mínima en el funcionamiento de la bomba.
 Fuente: Tomado de Rodríguez Ayala, Y. M. (2014)

Cuadro N° 2.1 Presión atmosférica a diferentes altitudes.

Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica (Pa)		Altura sobre el nivel del mar		Presión atmosférica (Pa)	
m	ft	m	Pa	m	ft	m	Pa
0	0	10.33	14.69	2500	8202	7.57	10.68
250	820	10.03	14.26	2750	9022	7.28	10.35
500	1640	9.73	13.83	3000	9842	7.05	10.02
750	2640	9.43	13.41	3250	10662	6.83	9.71
1000	3280	9.13	12.98	3500	11483	6.62	9.42
1250	4101	8.83	12.55	3750	12303	6.41	9.12
1500	4921	8.53	12.13	4000	13123	6.20	8.82
1750	5741	8.25	11.73	4250	13943	5.98	8.52
2000	6561	8.00	11.38	4500	14764	5.78	8.22
2250	7381	7.75	11.02				

Fuente: Tomado de Rodríguez Ayala, Y. M. (2014).

Cuadro N° 2.2. Presión de vapor del agua según la temperatura

Temperatura		Peso específico Kg/dm³	Presión de vapor (P.V.P)	
C°	F°		M. Abs.	P. SI Abs
0	32	0.9998	0.062	0.088
5	41	1.000	0.089	0.127
10	50	0.9996	0.125	0.1781
5	59	0.9990	0.174	0.247
20	68	0.9982	0.238	0.338
25	77	0.9970	0.323	0.459
30	86	0.9955	0.432	0.614
35	95	0.9939	0.573	0.815
40	104	0.9921	0.752	1.070
45	113	0.9900	0.977	1.389
50	122	0.9880	1.258	1.789
55	131	0.9857	1.605	2.283
60	140	0.9831	2.031	2.889
70	158	0.977	3.177	4.519
75	167	0.9748	3.931	5.591
80	179	0.9718	4.829	6.869
85	185	0.9687	5.894	8.383
90	194	0.9653	7.149	10.168
95	203	0.9619	8.619	12.259
100	212	0.9583	10.332	14.696

Fuente: Citado en tesis de Rodríguez Ayala, Y. M. (2014).
 Fuente: Citado en tesis de Rodríguez Ayala, Y. M. (2014).

h) Potencia del equipo de bombeo.

(R. Munson, B. 2002). “El cálculo de la potencia de la bomba y del motor debe realizarse con la siguiente fórmula:

$$P_b = \frac{\gamma Q_b H_b}{76 \eta}$$

Donde:

P_b : Potencia de la bomba y del motor (HP).

Q_b : Caudal de bombeo (l/s).

H_b : Altura manométrica total (m).

η : Eficiencia del sistema de bombeo.

Debe consultarse al proveedor o fabricante, sobre las curvas características de cada bomba y motor para conocer sus capacidades y rendimientos reales.

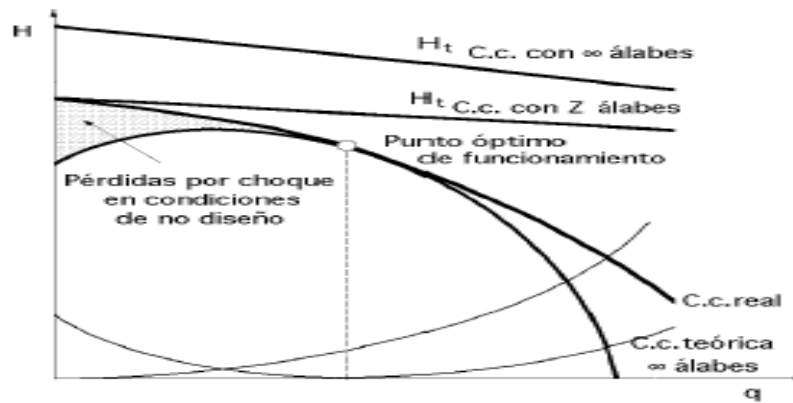
La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (η) mayor a 70%.”

i) Curvas características de las bombas

- Curva de la bomba

(R. Munson, B. 2002). “La curva característica de una bomba representa el comportamiento durante su funcionamiento para diferentes condiciones de servicio de altura y caudal. La curva característica real de una bomba centrífuga es una ecuación de la forma:”

$$H = A + B Q - C Q^2.$$

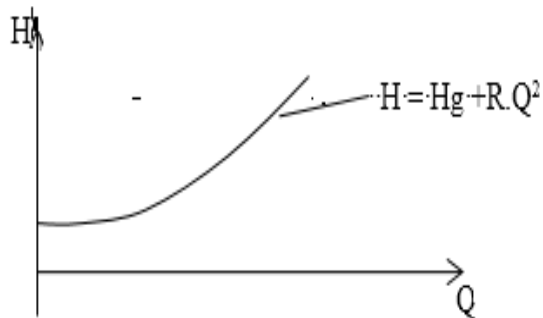


Fuente: Folleto de M. H., Ing. E. Muñico-FIM. 2015).

Figura N° 2.6 Curva característica de la bomba.

- Curva del sistema

(R. Munson, B. 2002). “La solución de numerosos problemas de bombeo se facilita grandemente por las curvas características de las tuberías o curvas de los sistemas. Esta curva se determina mediante la ecuación de la altura manométrica o útil cuya gráfica es la figura siguiente:”

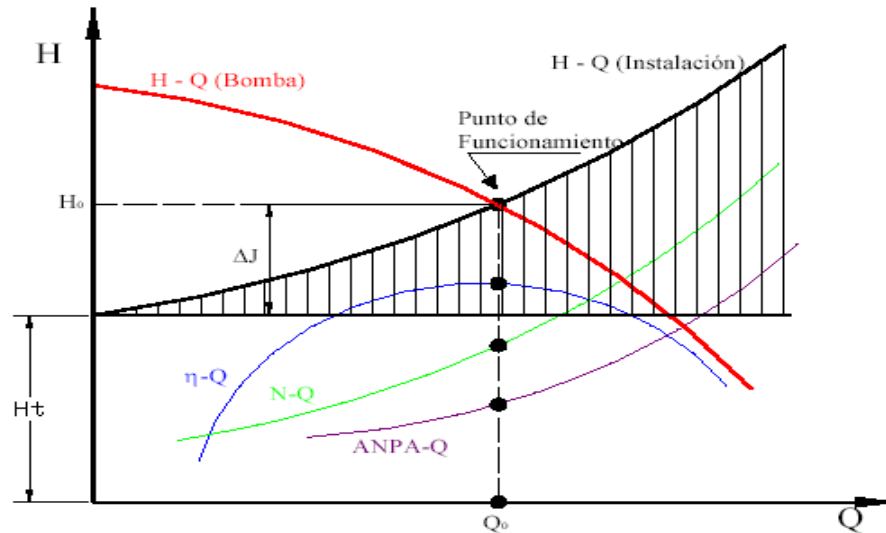


Fuente: Munson,.2002).

Figura N° 2.7 Curva característica del sistema de tuberías.

- Punto de operación

(R. Munson, B. 2002). “Es el punto de equilibrio de las curvas del sistema y de la bomba, es decir el punto donde la bomba trabaja para las condiciones de servicio de caudal y altura dada dentro del sistema de tuberías. Este punto debe ubicarse en las condiciones de máxima eficiencia para que la bomba trabaje óptimamente”.



Fuente: Citado en tesis de Rodríguez Ayala, Y. M. (2014).

Figura N° 2.8 Punto de funcionamiento de la bomba.

j) Selección de bombas centrífugas

(R. Munson, B. 2002). “La clave para optar por una correcta bomba radica en el conocimiento del sistema donde ella trabajará. Ejemplo, un ingeniero que elige una bomba puede hacer una selección errónea por no haber investigado los requisitos totales del sistema. Entonces dejar la responsabilidad de la selección de la bomba al representante del proveedor no es una buena decisión, en vista que le puede ser difícil o imposible conocer los requisitos totales de la operación”.

(R. Munson, B. 2002). “Por ello, previo a la elección de la bomba el ingeniero debe obtener los siguientes datos del sistema:

- Bomba
 - Número de unidades.
 - Tipo de bomba (sólo si existe una preferencia predeterminada).
 - Servicio de horas por día y, si es continuo o intermitente.

- Características del líquido:

- Temperatura

Se debe indicar la temperatura de trabajo, así como posibles rangos de variación de la misma.

- Gravedad específica

Debe ser indicada para la temperatura de bombeo y es vital para una correcta determinación de la potencia.

- pH.

Se debe indicar la acidez o alcalinidad del agua, porque permite elegir el material adecuado de la bomba. Si existe análisis químico es preferible suministrarlo.

- Condiciones de operación:

En su texto Mecánica de Fluidos dice que:

- Caudal.

(R. Munson, B. 2002). “Debe ser especificado en litros por segundo. Es muy importante indicarlo en el punto exacto de operación ya que permitirá seleccionar la bomba más eficiente”

- Altura manométrica total.

(R. Munson, B. 2002). “Se debe especificar en metros de acuerdo a lo calculado, o dar al fabricante todos los datos en un croquis de la instalación, para su cálculo”

- Condiciones de succión.

(R. Munson, B. 2002). “Para bombas de eje horizontal se debe indicar la altura manométrica total y el NPHSD. En los demás

tipos de bomba, especificar todos los datos en un croquis de la instalación”.

- Accionamiento

(R. Munson, B. 2002). “Se debe indicar claramente si es motor a gasolina, petróleo, eléctrico. En caso de contar con el motor, indicar todas las especificaciones del mismo para seleccionar una bomba que pueda trabajar con él.

Indicar la velocidad de operación, en caso contrario dejar que el fabricante lo indique. En caso de contar con motor indicar la potencia continúa a determinada velocidad.

Si el motor seleccionado es eléctrico, se debe indicar las características de la corriente eléctrica disponible: voltaje, ciclos y fase”.

- Material requerido

(Munsón Young, 2006). “Se debe indicar el material que se requiere para la carcasa, impulsor, bocina, prensa- estopa y sello mecánico; caso contrario dejar que el fabricante indique lo más apropiado. El criterio primario a considerar en esta elección es la característica del agua con la cual tendrá contacto la bomba”.

- Posición o instalación de las bombas

(Munsón Young, 2006). Debe ser determinada la siguiente información:

- “Cómo será la instalación de la bomba: horizontalmente o verticalmente.
- Si se requiere base común.

- Dimensiones de la bomba.
- Tipo de acoplamiento: flexible o cardán.
- Tipo de tablero de control”.
- Requerimientos especiales

Se debe comprometer al proveedor del equipo a lo siguiente:

- Entregar curvas certificadas.
- Presenciar prueba de operación.
- Presenciar prueba hidráulica.
- Servicio de puesta en marcha.
- Copia lista de partes.
- Copia de plano del conjunto”.

2.4. MARCO CONCEPTUAL O GLOSARIO.

Sobre conceptos básicos menciona:

- Línea de impulsión

(Ara151). “Es un sistema de bombeo; es una distancia de tubería y su fin es conducir los caudales desde la obra de captación hasta el depósito regular o la planta de tratamiento.

una tubería de impulsión es aquella que es impulsada para conducir el agua desde puntos de menor cota hasta otros ubicados a cotas mayores. La única forma de vencer la diferencia de elevaciones es a través del uso de equipos de bombeo, generalmente del tipo centrífugo si nos referimos a situaciones de abastecimiento y recolección de agua”.

- Línea gradiente hidráulica.

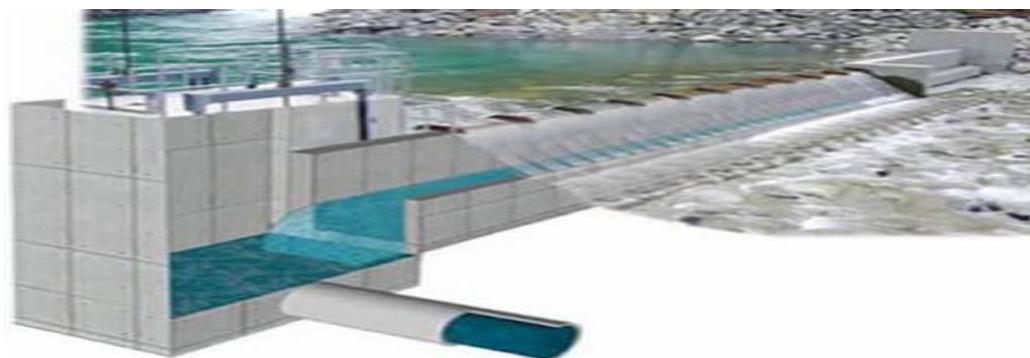
(Ara151). Es la línea que indica la presión en columna de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.

- Bocatoma.

(Ara151). “Es una estructura hidráulica y su finalidad es derivar parte del agua disponible desde un curso de agua (río, arroyo, o canal), desde un lago o incluso desde el mar. En ocasiones es utilizada en grandes ríos, pero su costo es bastante alto. El agua desviada se utiliza para un fin específico, como abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía eléctrica, acuicultura y enfriamiento de instalaciones industriales”.

- Efecto Coanda.

(Rivera, 2016). En su artículo la importancia del efecto Coanda en el automovilismo y la aviación dice lo siguiente: “La pantalla de captación está conformada por una estructura de concreto armado, sobre la cual va montada una rejilla metálica tipo Coanda o similar, el efecto Coanda permite tener gran capacidad auto limpiante para separar el caudal sólido del caudal de líquido que será captado y en la parte inferior de la reja se ubicará el canal de captación el cual dirige el flujo captado de 650 l/s hacia el desarenador”



Fuente: YouTube. <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid>
Figura N° 2.9 Efecto Coanda en una captación de agua de un río

(Rivera, 2016). “El efecto Coanda explica la curvatura de los fluidos al entrar en contacto con un cuerpo sólido. Muy resumidamente, el efecto Coanda es una serie de sucesos que describen el comportamiento de un fluido al impactar con una superficie. Este principio sostiene que todos los fluidos

tienden a ser atraídos por otras superficies próximas en lugar de rebotar o desviarse, como sucedería con un sólido.

En otras palabras: si realizamos el experimento anterior, el aire, tiende a seguir la trayectoria curva de la botella y, por consiguiente, a apagar la vela situada justo detrás. En cambio, si lanzamos una pelota de tenis (sólido), esta simplemente verá su trayectoria alterada, pero no será paralela al contorno de la botella”.

(Rivera, 2016). “¿Cómo se produce este efecto? En términos sencillos, el principal agente de este efecto es la viscosidad del fluido. Cuando este impacta por primera vez con un cuerpo de contorno curvo y suave, la viscosidad del fluido hace que las partículas queden temporalmente adheridas a la superficie del cuerpo sólido, creando una lámina uniforme y paralela al contorno del cuerpo, como si de plastilina se tratase. Las sucesivas partículas que impactan posteriormente con el cuerpo generarán nuevas capas paralelas a la inicial, resultando en una progresiva desviación de la trayectoria del fluido”

(Rivera, 2016). “La pantalla de captación está conformada por una estructura de concreto armado, sobre la cual va montada una rejilla metálica tipo coanda ó similar, el efecto Coanda permite tener gran capacidad auto limpiante para separar el caudal sólido del caudal de líquido que será captado y en la parte inferior de la reja se ubicará el canal de captación el cual dirige el flujo captado de 650 l/s hacia el desarenador. La Bocatoma está conformada por tres componentes: Estructura de Concreto, Rejilla Metálica Tipo Coanda, Ventana de captación y canal de aducción”.

CAPÍTULO 3

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según Luis Piscocoya Hermoza, clasifica la investigación científica en investigación básica e investigación aplicada. En este caso se trata de una investigación aplicada porque utilizará el conocimiento científico de la ingeniería para dar respuesta a la pregunta de investigación; que constituye una solución técnica con soporte científico y dentro del ámbito de las ciencias física.

- **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño metodológico tiene la estructura de una hipótesis con una variable independiente uso de línea de impulsión y la variable dependiente propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua utilizando una línea de impulsión y el canal de la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua. Asimismo, la investigación se desarrollará considerando seis dimensiones y 13 indicadores.

Cuadro N° 3.1. Presentación del diseño metodológico.

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES		
La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	1. Variable Independiente: Uso de líneas de impulsión	1. Líneas de impulsión con tubería de acero al carbono	1. Diámetro económico		
			2. Caudal de 650 l/s		
		2. Líneas de impulsión con tubería HDPE	3. Diámetro Económico		
			4. Caudal de 650 l/s		
	2. Variable dependiente: Mejora del sistema de abastecimiento de agua	3. Líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal		5. Poza de descarga	
				6. Tuberías de descarga	
				7. Potencia	
		4. Líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo		8. Cavitación	
				9. Golpe de Ariete	
				10. Potencia real	
		5. Eficiencia de las líneas de impulsión		11. Caudal requerido	
			6. Valor actual de la línea de impulsión y equipo de bombeo		12. Costos
					13. Valor Presente

Fuente: Autoría propia.

3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

La población y muestra está constituido por la línea de impulsión desde la toma de agua hasta la entrega en el canal de la represa.

En este caso la población y la muestra cada uno son unitario, por tanto, se trata de un estudio de caso único.

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Cuadro N° 3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

INSTRUMENTO	TÉCNICA	ACTIVIDAD
Registro de observación	Observación	Aplicar para registrar los cálculos de cada tipo de tubería en la línea de impulsión.
Registro de entrevista	Entrevista	Aplicar para registrar las opiniones técnicas para el diseño de la línea de impulsión.

Fuente: Autoría propia.

3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Se utilizó procesador de información con hojas de cálculo Excel. Por otro lado, se utilizó procesadores de textos durante la etapa de acopio de información para los antecedentes.

CAPÍTULO 4

IV. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTUAL LÍNEA DE IMPULSIÓN

El proyecto se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Carumas, provincia Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

El Proyecto contempla un sistema de captación, impulsión y entrega de 650l/s de agua fresca desde la toma Vizcachas en la confluencia de los ríos Vizcachas y Chilota, hasta el existente canal Pasto Grande. El Proyecto se ubica en el departamento de Moquegua y la conducción tiene una longitud de 14,808 Km de tubería de acero y HDPE.

Las instalaciones consisten en una Toma y Estación de Bombeo Vizcachas en las proximidades de la confluencia de los ríos Vizcachas con Chilota y una tubería de conducción desde esta estación hasta descargar al canal del proyecto Pasto Grande, al sureste del cerro Pelluta. La energía para la estación de bombeo provendrá desde la subestación Chilota ubicada en la zona y la transmisión se hará mediante una línea de 22.9kV.

La toma de agua está emplazada aguas abajo de la confluencia de los ríos Chilota y Vizcachas y está compuesta por una bocatoma integrada por un barraje fijo para

asegurar un nivel mínimo de agua de toma, un barrage móvil o canal de limpia y la toma misma que es del tipo tirolesa. El agua pasa posteriormente por un desarenador antes de entrar a la poza de bombeo, la cual está a una elevación aproximada de 4,272 msnm.

Existe una estación de bombeo que estará conformada por 5 bombas multietapa tipo turbina montadas en paralelo (4 operativas y una de respaldo) con un flujo de 163 l/s por bomba, totalizando un caudal de diseño de 650 l/s. La potencia del motor de cada bomba será de 1,250 HP. También se incluye tubería de acero al carbono revestido interiormente para evitar la corrosión, así como válvulas y bridas de clase 300 lbs.

La bocatoma, desarenador y estación de bombeo están emplazadas aproximadamente en coordenadas Sistema de referencia PSAD 56 – Cuadrante 19S: 349870.29 m E y 8161277.71 m S (8161290 m S 349950 m E en coordenadas UTR), al Nor Este de la Carretera Interoceánica Sur (Ruta 32), y al Sur del Río Vizcachas, unos 80 m antes del puente donde la mencionada carretera atraviesa el Río Vizcachas viniendo desde Moquegua.

La tubería de conducción irá enterrada a lo largo de su recorrido, para evitar un posible congelamiento cuando el bombeo no esté operando y por la existencia de determinadas zonas de bofedales que deben ser atravesadas por la tubería. La línea está formada por un tramo de 4 954 m de tubería de acero al carbono, de 609 mm revestido interiormente y exteriormente, y otro tramo de 9 854m de tubería de polietileno de alta densidad de 710mm.

El recorrido de la tubería desde la estación de bombeo, es mayormente hacia el sureste y en su tramo final bordea el cerro Pelluta. La descarga al canal Pasto

Grande se hará a una elevación sobre los 4 507 msnm y la descarga se produce aproximadamente en la progresiva 23+580 del mencionado canal.

La estación de bombeo contará también con una SE eléctrica y una sala eléctrica equipada para dar energía a las bombas.

- Area A – Obras provisionales y temporales
- Area B – Caminos de Acceso
- Area C – Obras de Cabecera
- Area D – Estación de Bombeo
- Area E – Línea de Impulsión
- Area F – Estructura de Entrega al Canal Pasto Grande
- Area G – Línea de Transmisión 22.9 Kv

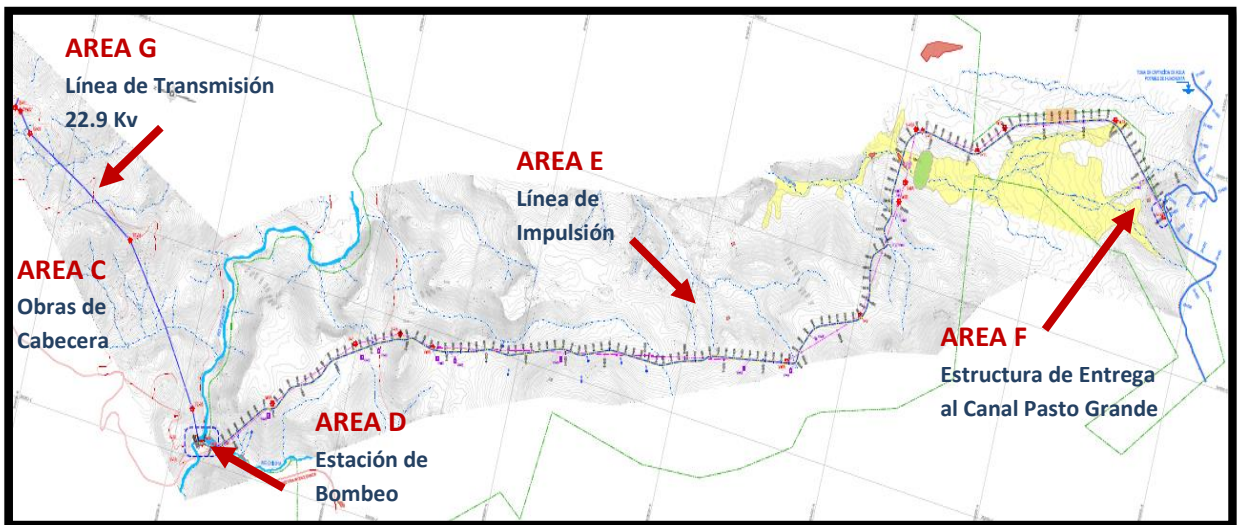


Figura N° 4.1 Plano en Planta y Alcances del Proyecto

Fuente: Expediente Técnico para la Línea de Impulsión y Sistema de Almacenamiento Chilota Chincune – fase I.

4.1. DESARROLLO DE TEMA

4.1.1. DISEÑO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN

(Choy Bejar, 2002). “Para esto se utiliza una formula empírica conocida como la fórmula de Bresse para bombeos discontinuos.”

$$D = 0,5873 * N^{0,25} * \sqrt{Q_b}$$

$$D = 0,5873 * 8^{0,25} * \sqrt{0.163} = 0.399 \text{ m}$$

Cuadro N° 4.1 Diámetro económico por hora de bombeo

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo (Q _b)	D económico (D _e)
1	8	0.163	0.399
2	16	0.163	0.474
3	24	0.163	0.525

Fuente: Autoría propia.

Donde:

D : Diámetro interior aproximado (m).

N : Número de horas de bombeo al día.

Q_b: Caudal de bombeo obtenido de la demanda horaria por persona, del análisis poblacional y del número de horas de bombeo por día en (m³/s).”

4.1.2. VELOCIDAD MEDIA DE FLUJO.

(Choy Bejar, 2002). “Establecido el diámetro de diseño, si este no es comercial se determina la velocidad media del flujo en la tubería escogiendo para esto el diámetro inmediato superior comercial y utilizando la ecuación de continuidad tenemos:

$$V = \frac{4 Q_b}{\pi D_c^2}$$

$$V = \frac{4 * 0.163}{\pi D_c^2} = \frac{4 * 0.163}{3.1416 *} = 1.5 \frac{m}{s}$$

Cuadro N° 4.2. Velocidad del fluido

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q_b	D económico D_e	Velocidad m/s
1	8	0.163	0.399	1.30
2	16	0.163	0.474	0.92
3	24	0.163	0.525	0.75

Fuente: Autoría propia

Donde:

V: Velocidad media del agua a través de la tubería (m/s).

D_c : Diámetro interior comercial de la sección transversal de la tubería (m)

Q_b : Caudal de bombeo igual al caudal de diseño (m^3/s).

Si la velocidad media del agua no se encuentra dentro de los rangos permitidos para líneas de impulsión el diámetro se cambia a uno en el cual se cumpla estas exigencias.” Además;

(Edificaciones, 2006). Este Reglamento Nacional de Edificaciones del MEF, dice: “La velocidad deberá estar entre 0.6 m/s y 2 m/s. (MEF, 2004, p- 12)

4.1.3. PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS.

Las pérdidas de carga en la tubería de impulsión, están constituidas por la sumatoria de pérdidas primarias o por fricción y las pérdidas secundarias o pérdidas locales.

4.1.3.1. PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN.

(Choy Bejar, 2002). “Obtenido la velocidad de flujo se procede al cálculo de la pérdida de carga por fricción en la línea utilizando para esto la ecuación de Hazen – Williams expresada como sigue:

$$Q_b = 0,2785 * C * D_e^{2,63} * S^{0,54}$$

$$S = \left[\frac{Q_b}{0,2785 * C * D_e^{2,63}} \right]^{1,85}$$

$$H_f = S * L$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo (m³/s).

C: Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams.

D_c : Diámetro interior comercial de la tubería seleccionada (m)

S : Pendiente de la línea de energía o gradiente hidráulico (mm)

H_f : Pérdida de carga por fricción (m)

L : longitud de tubería con diámetro constante (m)”

Entonces para tubería de acero al carbono:

$$H_f = 14\ 808m * \left[\frac{0,163 \frac{m}{m^3}}{0,2785 * 130 * 0,399^{2,63}} \right]^{1,85} = 59,15\ m$$

$$H_f = 14\ 808m * \left[\frac{0,163 \frac{m}{m^3}}{0,2785 * 130 * 0,474^{2,63}} \right]^{1,85} = 25,46\ m$$

$$H_f = 14\ 808m * \left[\frac{0,163 \frac{m}{m^3}}{0,2785 * 130 * 0,525^{2,63}} \right]^{1,85} = 15,55\ m$$

Cuadro N° 4.3 Pérdida por fricción en la tubería de acero al carbono C=130, por horas de bombeo en 24 horas

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	D económico (De)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida por fricción (H _f) m
1	8	0.163	0.399	130	14808	0.089	59.15
2	16	0.163	0.474	130	14808	0.141	25.46
3	24	0.163	0.525	130	14808	0.183	15.55

Fuente: Autoría propia

Entonces para tubería HDPE:

$$H_f = 14\,808m * \left[\frac{0.163 \frac{m}{m^3}}{0,2785 * 150 * 0.399^{2.63}} \right]^{1,85} = 45.40 m$$

$$H_f = 14\,808m * \left[\frac{0.163 \frac{m}{m^3}}{0,2785 * 150 * 0.474^{2.63}} \right]^{1,85} = 19.54 m$$

$$H_f = 14\,808m * \left[\frac{0.163 \frac{m}{m^3}}{0,2785 * 150 * 0.525^{2.63}} \right]^{1,85} = 11.93 m$$

Cuadro N° 4.4 Pérdida por fricción en la tubería de HDP C=150, por horas de bombeo en 24 horas

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	D económico (De)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida por fricción (H _f) m
1	8	0.163	0.399	150	14808	0.089	45.40
2	16	0.163	0.474	150	14808	0.141	19.54
3	24	0.163	0.525	150	14808	0.183	11.93

Fuente: Autoría propia

(Choy Bejar, 2002). “Estas ecuaciones que nos permiten determinar la velocidad media y la pérdida de carga por fricción nos dan la posibilidad de identificar, para un diámetro determinado con una clase de tubería seleccionada, si estamos dentro de los intervalos establecidos según los criterios y parámetros de diseño estandarizados para flujo en tuberías.

Estos criterios están relacionados a la velocidad del flujo y a la capacidad de carga que la tubería puede soportar incluyendo la sobrepresión que resulta de un fenómeno denominado golpe de ariete el cual está condicionado al tiempo de cierre de las válvulas de control de flujo a la salida de la bomba por corte súbito de la energía.”

4.1.3.2. PÉRDIDAS DE CARGA LOCAL.

(Choy Bejar, 2002). “Además de la pérdida de carga por fricción también se presenta en la línea de impulsión pérdidas de carga determinadas locales producto del paso de flujo a través de los accesorios instalados en la línea y/o al cambia de dirección y/o sección en sus tramos.

Los cálculos de pérdidas locales son evaluados, solo en el caso de ser necesarias por la cantidad de accesorios o velocidades altas en la línea.

Para esta evaluación se utiliza el teorema de Borde – Belanger.

$$H_l = \sum K * \frac{V^2}{2g}$$

Donde k depende del accesorio por donde transita el fluido (codos, válvulas, entradas, salidas, reducciones, tes, yes, uniones, etc).”

(MEF, 2004, p. 12). Para pérdidas locales dice lo siguiente: “Las pérdidas por accesorios ocurren en aquellos que varían la sección transversal (válvulas y reductores concéntricos o excéntricos) y en los que cambian la dirección del flujo (codos, Te, Ye, uniones simples o embridadas). El total de pérdidas se calcula como el 10% de las pérdidas por fricción.”

Entonces;

$$H_l = \sum K * \frac{V^2}{2g} = 0.10 * \text{Pérdidas por fricción.}$$

donde.

H_l = pérdidas locales, m

K = coeficiente de pérdidas locales

V = Velocidad media del fluido, m/s

Cuadro N° 4.5 Pérdidas por accesorios en la tubería de Acero al carbono C=130, por horas de bombeo en 24 horas

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	D económico. (De)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Pérdida por fricción (H _f) m	Pérdidas por accesorios H _l (m)
1	8	0.163	0.399	130	59.15	5.92
2	16	0.163	0.474	130	25.46	2.6
3	24	0.163	0.525	130	15.55	1.56

Fuente: Autoría propia

Cuadro N° 4.6 Pérdidas por accesorios en la tubería de HDP C=150, por horas de bombeo cada 24 horas

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	D económico (De)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Pérdidas por fricción (H _f) m	Pérdidas por accesorios H _l
1	8	0.163	0.399	150	45.40	4.54
2	16	0.163	0.474	150	19.54	1.95
3	24	0.163	0.525	150	11.93	1.19

Fuente: Autoría propia

4.1.4. POTENCIA DE IMPULSIÓN

(Choy Bejar, 2002). “Establecidas las pérdidas se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al reservorio.

(Choy Bejar, 2002). “Para esto es necesario conocer ciertos parámetros como:

Caudal de bombeo (Q_b). Es aquel caudal requerido para abastecer al reservorio. En este caso el gasto de bombeo es 0.163 m³/s por cada tubería de impulsión que en el proyecto son cuatro y una tubería

stambay; en total cinco tuberías de impulsión. Las cuatro tuberías conducen en total 650 l/s.

Altura de impulsión. Se obtiene por la diferencia de niveles entre la llegada de las aguas en el reservorio y el eje de la bomba más las pérdidas de carga (fricción y locales) de dicho tramo.”

$$H_{\text{bombeo o altura dinámica}} = H_{\text{geodésica}} + H_f + H_l$$

- Para tubería de acero al carbono;

$$H_{\text{bombeo o altura dinámica}} = 225 + 59.15 + 5.92 = 290.07 \text{ m}$$

$$H_{\text{bombeo o altura dinámica}} = 225 + 25.46 + 2.60 = 253.06 \text{ m}$$

$$H_{\text{bombeo o altura dinámica}} = 225 + 15.55 + 1.56 = 242.11 \text{ m}$$

Cuadro N° 4.7 Altura de bombeo en la tubería Acero al carbono C=130, por horas de bombeo cada 24 horas

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	Coeficiente de Hazen-Williams	Altura geodésica (m)	Pérdidas por fricción H _f (m)	Pérdidas locales H _l (m)	Altura de bombeo (m)
1	8	0.163	130	225	59.15	5.92	290.07
2	16	0.163	130	225	25.46	2.60	253.06
3	24	0.163	130	225	15.55	1.56	242.11

Fuente: Autoría propia

- Para la tubería HDPE;

Cuadro N° 4.8 Altura de bombeo en la tubería HDPE C=150, por horas de bombeo cada 24 horas

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	Coeficiente de Hazen-Williams	Altura geodésica (m)	Pérdidas por fricción H _f (m)	Pérdidas locales H _l (m)	Altura de bombeo (m)
1	8	0.163	150	225	45.4	4.54	274.94
2	16	0.163	150	225	19.54	1.95	246.49
3	24	0.163	150	225	11.93	1.19	238.12

Fuente: Autoría propia

4.1.4.1. POTENCIA DE CONSUMO.

(Choy Bejar, 2002). “La Energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento es conocida como Potencia de Consumo (P_c) y es calculada por la expresión:”

$$P_c(HP) = \frac{\gamma * Q_b * H_b}{746 * \eta_b}$$

Donde:

H_b : Altura de bombeo o altura total (m) = $H_g + H_f + H_l = 225 + H_f + H_l$

Q_b : Caudal de Bombeo (l/s) = 0.163 m³/s

η_b : Eficiencia de la bomba (%).

- Para tubos de acero al carbono

$$P_c(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 290.07}{746 * 0.85} = 731.48 \text{ HP}$$

$$P_c(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 253,06}{746 * 0.85} = 645.71 \text{ HP}$$

$$P_c(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 242.11}{746 * 0.85} = 610.54 \text{ HP}$$

Cuadro N° 4.9 Potencia de consumo en tubo de acero al carbono

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q_b	Peso específico del agua N/m ³	Altura de bombeo (m)	$746 * \eta_b$	Potencia de consumo HP
1	8	0.163	9810	290.07	634.1	731.48
2	16	0.163	9810	253.06	634.1	645.71
3	24	0.163	9810	242.11	634.1	610.54

Fuente: Autoría propia

- Potencia de consumo para tubo HDPE;

$$P_c(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 274.94}{746 * 0.85} = 693.32 \text{ HP}$$

$$P_c(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 246.49}{746 * 0.85} = 621.58 \text{ HP}$$

$$P_c(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 238.12}{746 * 0.85} = 600.47 \text{ HP}$$

Cuadro N° 4.10. Potencia de consumo en tubo HDPE.

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	Peso específico del agua N/m³	Altura de bombeo (m)	746 * 0.85	Potencia de consumo HP
1	8	0.163	9810	274.94	634.1	693.32
2	16	0.163	9810	246.49	634.1	621.58
3	24	0.163	9810	238.12	634.1	600.47

Fuente: Autoría propia

4.1.4.2. POTENCIA INSTALADA.

(Choy Bejar, 2002). “El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia instalada (Pi) y es calculada por la expresión:

$$P_i(HP) = \frac{9810 * Q_b * H_b}{75 * \eta_s}$$

Donde:

$\eta_{sistema}$ = eficiencia del sistema en conjunto bomba – motor (%)

$$\eta_{sistema} = \eta_{bomba} * \eta_{motor}$$

$$\eta_{sistema} = 0.85 * 0.90 = 0.77 = 77 \%$$

- Potencia instalada para tubería de acero al carbono.

$$P_i(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 290.07}{746 * 0.77} = 807.48 \text{ HP ; para tubo acerado}$$

$$P_i(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 253.06}{746 * 0.77} = 704.45 \text{ HP ; para tubo acerado}$$

$$P_i(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 242.11}{746 * 0.77} = 673.97 \text{ HP ; para tubo acerado}$$

Cuadro N° 4.11 Potencia instalada para tubería de acero al carbono.

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	Peso específico del agua N/m³	Altura de bombeo (m)	746 * 0.77	Potencia instalada HP
1	8	0.163	9810	290.07	574.42	807.48
2	16	0.163	9810	253.06	574.42	704.45
3	24	0.163	9810	242.11	574.42	673.97

Fuente: Autoría propia

- Para tubo HDPE;

$$P_i(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 274.94}{746 * 0.77} = 765.36 \text{ HP; para tubo PVC}$$

$$P_i(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 246.49}{746 * 0.77} = 686.16 \text{ HP; para tubo PVC}$$

$$P_i(HP) = \frac{9810 * 0.163 * 238.12}{746 * 0.77} = 662.86 \text{ HP; para tubo PVC}$$

Cuadro N° 4.12 Potencia instalada para tubería HDPE.

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	Peso específico del agua N/m³	Altura de bombeo (m)	746 * 0.77	Potencia instalada HP
1	8	0.163	9810	274.94	574.42	765.36
2	16	0.163	9810	246.49	574.42	686.16
3	24	0.163	9810	238.12	574.42	662.86

Fuente: Autoría propia

En cuanto a la eficiencia del sistema en conjunto, es el que describe el porcentaje de la energía suministrada que se aprovecha como energía útil y ganada por el fluido.

4.1.5. DEL ANÁLISIS DE RELACIÓN ECONÓMICA Y DIÁMETRO ECONÓMICO.

(Choy Bejar, 2002). “Al ser el diseño de la línea de impulsión un problema básicamente de costos relativos al diámetro de la tubería, calidad y potencia del sistema de bombeo es necesario el análisis económico de varias alternativas de diseño para resolverlas y escoger la que nos proporcione el menor costo total.”

Estos costos totales están compuestos por varios tipos de costos en el sistema:

4.1.5.1. CÁLCULO DE COSTOS.

a) Costo total de tubería instalada. (adquisición, transporte, instalación y testeado) que se calcula como:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Costo total de} \\ \text{tubería instalada} \\ \text{(US\$)} \end{array} \right] = \text{Costo tubería} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{m}} \right) * \left[\begin{array}{l} \text{longitud total} \\ \text{tubería (m)} \end{array} \right]$$

Para tubería acerada:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Costo total de} \\ \text{tubería} \\ \text{instalada} \\ \text{(US\$)} \end{array} \right] = 36 \left(\frac{\text{US\$}}{\text{m}} \right) * 14808 \text{ m} = 533\ 088 \text{ US\$}$$

Para tubería HDPE;

$$\left[\begin{array}{l} \text{Costo total de} \\ \text{tubería} \\ \text{instalada} \\ \text{(US\$)} \end{array} \right] = 28 \left(\frac{\text{US\$}}{\text{m}} \right) * 14808 \text{ m} = 414\ 624 \text{ US\$}$$

Cuadro N° 4.13 Costos totales de tubería Acero y HDPE

Tipo de tubería	Costo por m lineal (\$)	Longitud (m)	Costo total de la tubería (\$)
Acerado al Carbono	36	14808	533 088
HDPE	28	14808	414 624
<i>Fuente: Autoría propia</i>			

El costo de 36 dólares americanos para tubos acerado al carbono y 28 dólares americanos. Se considera en función a la oferta de costos por metro lineal que alcanzan los proveedores.

b) Costo total del equipo de bombeo instalado, (adquisición, transporte, instalación, mantenimiento, costo energético consumible, y testeó), que se calcula utilizando los coeficientes de costos del equipo (K, a) y su potencia instalada (HP).

$$\left[\begin{array}{l} \text{Costo total del} \\ \text{equipo instalado} \\ \text{(US\$)} \end{array} \right] = K * (P_i)^a$$

$$k = 1211.2^*$$

$$a = 0.7183$$

- Para tubo acerado;

$$\begin{array}{l} \text{Costo total del} \\ \text{equipo instalado (CTEI)} = 1211.2 * (807.48)^{0.7183} = \$ 148.391.36 \\ \text{(US\$)} \end{array}$$

- Para tubo HDPE;

$$(CTEI) = 1211.2 * (765.36)^{0.7183} = \$ 142\ 789.62$$

Cuadro N° 4.14 Costo total del equipo de bombeo instalado. (CTEI).

Potencia instalada HP	Coficiente de costo del equipo "K"	coeficiente de costo del equipo "a"	Costo total, equipo de bombeo instalado (\$)
807.48	1211.2	0.7183	148 391.36
765.36	1211.2	0.7183	142 789.62

Fuente: Autoría propia

c) Costo Anual de Operación. Se mide por la energía consumida y se determina en función a la potencia instalada y al costo de energía por kW-h/año.

$$\left[\text{Costo anual de operación (US\$)} \right] = \frac{\text{Hora bombeo}}{\text{Año}} * P_i(\text{KW}) * \text{Energía} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{kW} - \text{hora}} \right)$$

- Para tubo acerado:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Costo anual} \\ \text{de} \\ \text{operación} \\ \text{(US\$)} \\ \text{Tubo acero} \end{array} \right] = 8760 * 602.15(\text{KW}) * \left(\frac{0.22 \text{ US\$}}{\text{kW} - \text{hora}} \right) = \$ 1\ 160\ 463.5$$

- Para tubo HDPE:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Costo anual} \\ \text{de} \\ \text{operación} \\ \text{(US\$)} \\ \text{Tubo HDPE} \end{array} \right] = 8760 * 570.74(\text{KW}) * \left(\frac{0.22 \text{ US\$}}{\text{kW} - \text{hora}} \right) = \$ 1\ 099\ 930.1$$

Cuadro N° 4.15 Costo anual de operación.

Tipo de tubería	$\frac{\text{Hora bombeo}}{\text{Año}}$	$P_i(KW)$	$\left(\frac{US\$}{kW - hora}\right)$	Costo anual de operación US\$
Acerado al Carbono	8760	602.15	0.22	1 160 463.5
Tubería de HDPE	8760	570.74	0.22	1 099 930.1

Fuente: Autoría propia

d) Costo Anual de Mantenimiento, (Repuestos, insumos, personal, herramientas, etc). Para la obtención de la mejor alternativa de menor costo es necesario llevar los costos anteriores a sus valores presentes de acuerdo al horizonte de anualidades condicionado por el tiempo de vida útil del equipo de bombeo y tubería.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Costo Anual} \\ \text{de} \\ \text{Mantenimiento.} \\ \text{(US\$)} \end{array} \right] = \$16\,000.00 \quad \text{Estimado para un año.}$$

4.1.5.2. LOS VALORES PRESENTES (V.P.) SE RESUMEN COMO:

a) Valor Presente de Inversiones Totales. Conformado por la suma del costo total de tubería más el costo total del equipo.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Valor Presente de} \\ \text{Inversiones Totales} \\ \text{VPIT} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{VP inversión} \\ \text{de operación} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{VP inversión de} \\ \text{mantenimiento} \end{array} \right]$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Valor Presente de} \\ \text{Inversiones Totales} \\ \text{VPIT} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{VP inversión} \\ \text{de operación} \\ \text{tubo de acero} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{VP inversión de} \\ \text{mantenimiento} \\ \text{tubo de acero} \end{array} \right]$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Valor Presente de} \\ \text{Inversiones Totales} \\ \text{VPIT} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{VP inversión} \\ \text{de operación} \\ \text{tubo de HDPE} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{VP inversión de} \\ \text{mantenimiento} \\ \text{tubo de HDPE} \end{array} \right]$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Valor Presente de} \\ \text{Inversiones Totales} \\ \text{VPIT tubo de acero} \end{array} \right] = [1160463.5] + [11604] = \$1\,172\,067.5$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Valor Presente de} \\ \text{Inversiones Totales} \\ \text{VPIT tubo de HDPE} \end{array} \right] = [1099930.13] + [10999] = \$ 1\,101\,029.1$$

Cuadro N° 4.16 Valor Presente de Inversiones Totales

Tipo de tubería	Costo de operación \$	Costo de mantenimiento (\$)	VP Inversiones totales \$
Tubo de acero al carbono	1 160 463.5	11 604.00	1 172 067.5
Tubo HDPE	1 099 930.1	10 999.00	1 101 029.1
<i>Fuente: Autoría propia</i>			

(Choy Bejar, 2002). **VP Reposiciones totales (US\$)**. “Los costos anualizados a una tasa de descuento pueden ser calculados con la siguiente expresión:

$$\left[\begin{array}{l} \text{V.P.} \\ \text{Reposiciones} \\ \text{totales} \\ \text{(US\$)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{VP} \\ \text{Inversiones} \\ \text{totales} \end{array} \right] * \left[\left(\frac{i * (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1} \right) * N - 1 \right]$$

Donde:

i: Tasa de descuento equivalente al 12% establecido por el BID

N: Número de anualidades (Tiempo de vida útil del equipo de bombeo).

$$\left[\begin{array}{l} \text{V.P.} \\ \text{Reposiciones} \\ \text{totales} \\ \text{(US\$) tubo acero} \end{array} \right] = [1\,160\,463.5] * [0.7698] = \$ 893\,324.8$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{V.P.} \\ \text{Reposiciones} \\ \text{totales} \\ \text{(US\$) tubo HDPE} \end{array} \right] = [1\,099\,930.1] * [0.7698] = \$ 846\,726.2$$

Cuadro N° 4.17 V.P. de Reposiciones totales.

Tipo de tubería	Costo de operación \$	Costo de mantenimiento (\$)	VP Inversiones totales \$
Tubo de acero al carbono	1 160 463.5	11 604.00	1 172 067.5
Tubo HDPE	1 099 930.1	10 999.00	1 101 029.1

Fuente: Autoría propia

(Choy Bejar, 2002). “**Valor Presente de Explotación Totales.** Conformado por el V.P. de la suma de los Costos de operación y mantenimiento anualizados de acuerdo a la tasa de descuento. Está regido por la siguiente expresión:”

$$\left[\begin{array}{c} V.P. \\ Explotación \\ total (US\$) \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} Costo anual \\ O y M \\ (US\$) \end{array} \right] \left[\frac{i * (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1} \right]^{-1}$$

Finalmente, la elección del diámetro se hará en función al menor V.P. Total siendo este el resultado de la sumatoria de todo los V.P. anteriores.”

$$\left[\begin{array}{c} V.P. \\ Explotación \\ total (US\$) tubo acero \end{array} \right] = [1\ 160\ 463.5] * [5.65] = \$\ 6\ 556\ 618.78$$

$$\left[\begin{array}{c} V.P. \\ Explotación \\ total (US\$) tubo HDPE \end{array} \right] = [1\ 099\ 930.1] * [5.65] = \$\ 6\ 214\ 605.07$$

Cuadro N°4.18 V.P. de Explotación total.

Tipo de tubería	Costo de operación \$	$\left[\frac{i * (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1} \right]^{-1}$	$\left[\begin{array}{c} V.P. \\ Explotación \\ total (US\$) \end{array} \right]$
Tubo de acero al carbono	1 160 463.5	5.65	\$ 6 556 618.8
Tubo HDPE	1 099 930.1	5.65	\$ 6 214 605.1

Fuente: Autoría propia

4.2. DE LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.

4.2.1. CURVAS CARACTERÍSTICA RED Y BOMBA-PUNTO ÓPTIMO DE OPERACIÓN.

(Choy Bejar, 2002). “De aquel análisis de costos para varias alternativas con diámetros cercanos al calculado con la fórmula de Bresse (diámetros comerciales) se determina el diámetro correspondiente al menor costo, es decir diámetro económico con lo cual podremos luego construir la curva característica de la red compuesta por la línea de impulsión y succión y confrontarla con la curvas características del equipo de bombeo escogido en el desarrollo del análisis de sensibilidad económica para el diámetro económico, y así determinar el punto óptimo de operación del sistema (eficiencia>50%).”

(Choy Bejar, 2002). “La curva característica de la red está compuesta por diferentes alturas H_{Red} que puede alcanzar el agua a diferentes caudales. Esta se rige mediante la ecuación:”

$$H_{Red} = H_{Geo} + H_{Res} + H_{Pérdidas\ fricción} + H_{Pérdidas\ Locales}$$

Donde, $H_{Pérdidas-Fricción}$ y $H_{Pérdidas-Locales}$ representan las pérdidas de carga por fricción y local en la red respectivamente.

$$S = \left[\frac{Q_b}{0.2785 * C * D_c^{2,63}} \right]^{1,85}$$

$$H_{Pérdidas\ fricción} = H_f = S * L \quad y$$

$$H_{Pérdidas\ Locales} = H_l = \sum K * \frac{V^2}{2g}$$

La ecuación de la curva característica de la red puede ser finalmente expresada en función de los caudales (Q) en m³/s:

$$H_{Red} = H_{Geo} + H_{Res} + H_{Pérdidas\ fricción} * Q^{1,85} + H_{Pérdidas\ Locales} * Q^2$$

$$K_{Fricción} = \frac{L}{[0.2785 * C * D^{2,63}]^{1,85}} \quad y \quad K_{Local} = \frac{16 * \sum k}{2g * \pi^2 * D^4}$$

En donde:

C : Coeficiente de Rugosidad de Hazen-Williams para tuberías el cual depende del tipo de tubería a utilizar.

L : Longitud de la tubería (m).

D : Diámetro interior de la tubería (m).

K : Coeficiente de pérdida local en accesorios.

H_{Geo} : Carga estática o Altura geométrica (m).

H_{Res} : Carga o Altura de reserva (m).

(Choy Bejar, 2002). "Las curvas características de la electrobomba son proporcionadas por el fabricante o proveedor de acuerdo al tipo de aplicación que se le dé al equipo.

Confrontando estas curvas se obtiene un punto en donde ambas se interceptan; es decir, el caudal Q reemplazado en ambas ecuaciones de curvas nos da un único valor de H , a este punto se le denomina punto óptimo de operación.

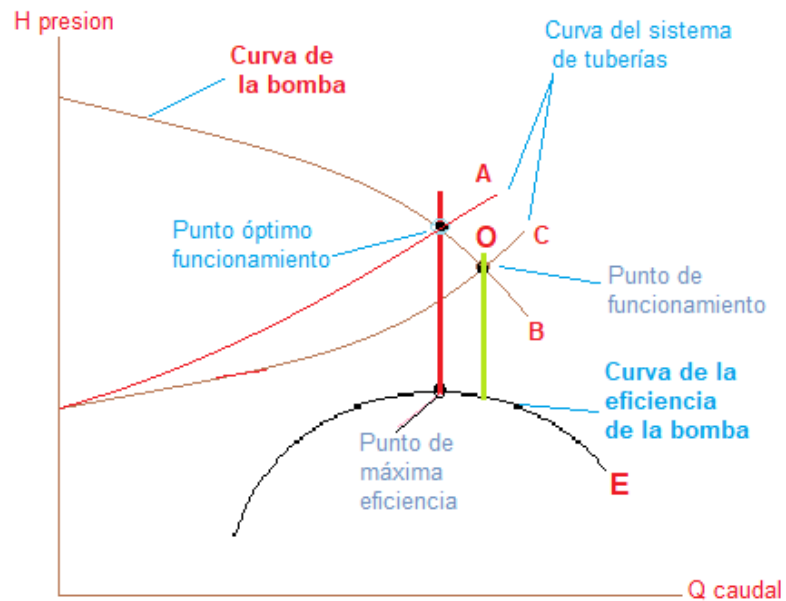
Como la curva característica de la red puede interceptarse con más de una curva característica de equipos de bombeo similares, producto de varias pruebas con diferentes diámetros del impulsor, tendremos un punto óptimo de operación para cada una de estas curvas.”

(Choy Bejar, 2002). “El punto óptimo de operación debe de ser aquel que caiga en la zona de rendimiento máximo y donde Q y HDT del punto óptimo sean mayores o iguales al Q y HDT de diseño. Además, la Potencia de consumo de la bomba (P_c) seleccionada debe ser menor o igual a la potencia de consumo calculada en el análisis económico.

En este caso con el tema del punto óptimo de operación se determina el diámetro para el diseño de los impulsores de la bomba hidráulica, la altura de succión neta positiva o Net Positive Head Succión y la potencia optima al rpm respectivo del sistema bomba-motor.

Con este criterio se asegura una selección de mínimo costo y alto rendimiento de operación, que respondan a las condiciones de diseño proyectado para transportar el fluido al reservorio.”

Figura N° 4.2 Curvas características de un sistema de bombeo



Fuente: Autoría propia.

Este gráfico indica las curvas de las tuberías (A y C), la curva de la bomba (B) y la curva de la eficiencia (E).

La bomba debe trabajar en el punto óptimo y si no coincide se realiza cambios en la línea de tuberías para ajustar dicho punto.

El punto óptimo indica máxima eficiencia, máximo caudal para un consumo de energía mínimo.

4.2.2. COEFICIENTE DE VELOCIDAD ESPECÍFICA.

(Choy Bejar, 2002). “El desempeño del equipo de bombeo (bomba-motor), puede ser obtenido mediante un parámetro conocido como el coeficiente de velocidad específica dado por la siguiente expresión:”

$$N_s = \frac{3,65 * N * \sqrt{Q_b}}{H^{3/4}}$$

Donde:

N : Revoluciones del equipo de bombeo.

H : Altura dinámica total.

Q_b: Caudal de bombeo.

$$N_s = \frac{3,65 * 3600 * \sqrt{0.163}}{(242.11)^{3/4}} = 86.43$$

$$N_s = \frac{3,65 * 3600 * \sqrt{0.163}}{(238.12)^{3/4}} = 87.51$$

(Choy Bejar, 2002). “El coeficiente de velocidad específica (N_s) debe caer en la zona de buen rendimiento que se muestra en las gráficas proporcionada por el fabricante. Si N_s cae a la izquierda de esta zona se debe elegir otro equipo con revoluciones mayores para aumentar su rendimiento, pero si el equipo elegido presenta una velocidad rotacional de 3600 rpm la posibilidad de aumentar ésta significaría un aumento considerable de costos, tamaño y peso que talvez no justificaría el aumento en el rendimiento, por tal motivo debe de mantenerse el equipo elegido ya que aunque presenta un rendimiento inferior al esperado cumple con las condiciones de operación exigidas.”

4.3. ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO-FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE

(Choy Bejar, V.D, 2002). “Es un fenómeno que ocurre cuando se interrumpe súbitamente la energía que propulsa la columna de agua en la línea de impulsión o por el cierre rápido de la válvula de regulación de flujo a la salida

de la bomba ocasionando una presión interna a todo lo largo de la tubería, la cual es recibida en las paredes de la tubería y los accesorios como un impacto.

Al cerrar instantáneamente o parar el equipo de bombeo, la compresión del agua y expansión de la tubería comienza en el punto de cierre, transmitiéndose hacia arriba a una velocidad determinada por la expresión:”

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho * \left[\frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e * E} \right]}}$$

Donde:

a: Velocidad de propagación de la onda (m/s).

ρ : Densidad del líquido (kg/m³).

d : Diámetro interior de la tubería (m).

e : Espesor de la tubería (m).

ε : Modulo de elasticidad del agua (2,00x10⁹ N/m²).

E : Modulo de elasticidad de tracción del material que compone la tubería (N/m²).

- Cálculo del Golpe de Ariete:

Mediante las ecuaciones del modelo matemático para régimen transitorio de Allievi y considerando la tubería de HDPE se tiene.

a) Parámetros necesarios:

Cuadro N° 4.19 Parámetros necesarios para el cálculo del golpe de Ariete.

PARÁMETRO	MEDIDA
Tubería de HDPE PN 30	Clase 30
Resistencia Máxima a la presión del agua	300 mca.
Espesor de la tubería (e)	0.0678 m máx 0.0647 m med 0.0615 m mín
Módulo de elasticidad del material (E)	2.75x10 ⁹ N/m ²
Módulo de elasticidad del agua (K)	2x10 ⁹ N/m ²
Diámetro interior (d)	0.525 m
Densidad del agua (ρ)	1000 Kg/m ³
Aceleración de la gravedad (cte.)	9.81 m/s ²
Longitud de la tubería (L)	14 808 m
Velocidad media del agua	0.87 m/s
Altura geodésica de la instalación (ΔH)	225 m
<i>Fuente: Autoría propio</i>	

b) Cálculo de la velocidad de propagación de la onda:

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho * \left[\frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e * E} \right]}} = \sqrt{\frac{1}{1000 \frac{Kg}{m^3} * \left[\frac{1}{2 \times 10^9 \frac{N}{m^2}} + \frac{0.525}{0.0647 m * 2.75 \times 10^9 N/m^2} \right]}}$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{1000 \frac{Kg}{m^3} * 1.64 * 10^{-8}}} = 549 \frac{m}{s}$$

c) Cálculo del tiempo de cierre

(Choy Bejar, V.D, 2002). “El tiempo de propagación de la onda (ida y vuelta) es conocido como tiempo crítico y se expresa como:”

$$T_c = \frac{2L}{a}$$

Donde:

T_c : Tiempo crítico o de propagación de la onda en cierre instantáneo (s).

L: Longitud de la tubería por donde transita la onda (m).”

$$T_c = \frac{2 * 14808}{549} = 53.94 \text{ s}$$

(Choy Bejar, 2002). “Si el tiempo de cierre de la válvula es menor al tiempo crítico entonces la presión irá aumentando hasta el cierre completo de la válvula y dicho valor será entonces considerado como el de un tiempo de cierre instantáneo”.

(Choy Bejar, 2002). “En el diseño de la línea de impulsión se debe considerar la sobrepresión que se genera por efecto del golpe de ariete como medida de seguridad por una posible desconexión del fluido eléctrico que alimenta al motor de la bomba. Por eso es fundamental el estudio de este fenómeno para poder determinar la clase de tubería a utilizar que pueda soportar esta sobrepresión sin mayores inconvenientes, sin la necesidad de instalar accesorios de seguridad como válvulas especiales que contrarresten el impacto del golpe de ariete elevando por consiguiente el costo total de inversión.”

(Choy Bejar, 2002). “La sobrepresión por este efecto se calcula para un cierre instantáneo que genera una presión mayor que la originada por un tiempo de cierre gradual; es decir, un tiempo mayor al tiempo crítico regulado por la válvula de control y se expresa como:”

$$\Delta H_a = \frac{V * a}{g}$$

Donde:

ΔH_a : Carga por sobrepresión (m.c.a).

V : Velocidad del flujo en la tubería (m/s).

g : Constante de aceleración de gravedad (9,81 m/s²).

(Choy Bejar, V.D, 2002). “Entonces con la determinación de la sobrepresión por efecto del golpe de ariete la carga que debería soportar la línea en su punto más bajo estará dada por la siguiente expresión.”

$$\Delta H_a = \frac{0.87 * 549}{9.81} = 48.6 \text{ m}$$

Además:

$$P_{m\acute{a}x.} = \Delta H + \Delta H_a$$

Donde:

$P_{m\acute{a}x.}$: Presión máxima en el punto más bajo de la tubería (m.c.a).

ΔH : Diferencia de nivel entre el punto donde llega el agua (reservorio) y el punto más bajo de la tubería igual a la carga estática en ese punto (m.c.a).

ΔH_a : Carga por sobrepresión por efecto del golpe de ariete (m.c.a).

La tubería entonces debe ser elegida considerando el espesor y el material del que está compuesta para soportar dicha presión máxima con el diámetro calculado.

Entonces:

$$P_{m\acute{a}x.} = 225 + 48.6 = 274 \text{ m}$$

La tubería soporta el exceso de presión por golpe de ariete porque una clase 30 llega a 300 mca aproximadamente y que supera los 274 mca.

Como presión máxima.

Figura N° 4.3 Nivel de Carga Estático, Dinámico y Piezométrico



Fuente: Autoría propia.

CAPÍTULO 5

V. RESULTADOS DEL DISEÑO DE TUBERÍAS DE IMPULSIÓN

5.1. ANÁLISIS HIDRÁULICO:

Reglamento Nacional de Edificaciones, II.3. Obras de Saneamiento.

Recomendaciones de la Norma OS.010 Captación Y Conducción de Agua

A fin de definir la o las fuentes de abastecimiento de agua, se deberán realizar los estudios que aseguren la calidad y cantidad que requiere el sistema, entre los que incluyan: identificación de fuentes alternativas, ubicación geográfica, topografía, rendimientos mínimos, variaciones anuales, análisis físico químicos, vulnerabilidad y microbiológicos y otros estudios que sean necesarios.

La fuente de abastecimiento a utilizarse en forma directa o con obras de regulación, deberá asegurar el caudal máximo diario para el periodo de diseño.

La calidad del agua de la fuente, deberá satisfacer los requisitos establecidos en la Legislación vigente en el País.

CAPTACIÓN. - El diseño de las obras deberá garantizar como mínimo la captación del caudal máximo diario necesario protegiendo a la fuente de la contaminación.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones generales:

AGUAS SUPERFICIALES

- a) Las obras de toma que se ejecuten en los cursos de aguas superficiales, en lo posible no deberán modificar el flujo normal de la fuente, deben ubicarse en zonas que no causen erosión o sedimentación y deberán estar por debajo de los niveles mínimos de agua en periodos de estiaje.
- b) Toda toma debe disponer de los elementos necesarios para impedir el paso de sólidos y facilitar su remoción, así como de un sistema de regulación y control. El exceso de captación deberá retornar al curso original.
- c) La toma deberá ubicarse de tal manera que las variaciones de nivel no alteren el funcionamiento normal de la captación.

CONDUCCIÓN. - Se denomina obras de conducción a las estructuras y elementos que sirven para transportar el agua desde la captación hasta al reservorio o planta de tratamiento.

La estructura deberá tener capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario.

Tuberías

- a) Para el diseño de la conducción con tuberías se tendrá en cuenta las condiciones topográficas, las características del suelo y la climatología de la zona a fin de determinar el tipo y calidad de la tubería.
- b) La velocidad mínima no debe producir depósitos ni erosiones, en ningún caso será menor de 0,60 m/s
- c) La velocidad máxima admisible será:
En los tubos de concreto 3 m/s
En tubos de asbesto-cemento, acero y PVC 5 m/s

Para otros materiales deberá justificarse la velocidad máxima admisible.

- d) Para el cálculo hidráulico de las tuberías que trabajen como canal, se recomienda la fórmula de Manning, con los siguientes coeficientes de rugosidad:

Asbesto-cemento y PVC 0,010

Hierro Fundido y concreto 0,015

Para otros materiales deberá justificarse los coeficientes de rugosidad.

- e) Para el cálculo de las tuberías que trabajan con flujo a presión se utilizarán formulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Hazen y Williams, se utilizarán los coeficientes de fricción que se establecen en la Tabla N°1. Para el caso de tuberías no consideradas.

cuadro N° 5.1 coeficientes de fricción «c» en la fórmula de Hazen y Williams

TIPO DE TUBERÍA	«C»
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral 100	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno, Asbesto Cemento	140
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)	150

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Accesorios

- a) Válvulas de aire

En las líneas de conducción por gravedad y/o bombeo, se colocarán válvulas extractoras de aire cuando haya cambio de dirección en los tramos con pendiente positiva.

En los tramos de pendiente uniforme se colocarán cada 2.0 km como máximo.

Si hubiera algún peligro de colapso de la tubería a causa del material de la misma y de las condiciones de trabajo, se colocarán válvulas de doble acción (admisión y expulsión).

El dimensionamiento de las válvulas se determinará en función del caudal, presión y diámetro de la tubería.

b) Válvulas de purga

Se colocará válvulas de purga en los puntos bajos, teniendo en consideración la calidad del agua a conducirse y la modalidad de funcionamiento de la línea.

CONDUCCIÓN POR BOMBEO

a) Para el cálculo de las líneas de conducción por bombeo, se recomienda el uso de la fórmula de Hazen y Williams.

El dimensionamiento se hará de acuerdo al estudio del diámetro económico.

b) Se deberá considerar las mismas recomendaciones para el uso de válvulas de aire y de purga.

5.1.1. DIÁMETRO ECONÓMICO.

Cuadro N° 5.2 Diámetro económico por turno de trabajo

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo (Qb)	D económico (De)
1	8	0.163	0.399
2	16	0.163	0.474
3	24	0.163	0.525

Fuente: Autoría propia.

5.1.2. VELOCIDAD MEDIA DEL FLUIDO.

Cuadro N° 5.3 Velocidad del fluido por turno de trabajo

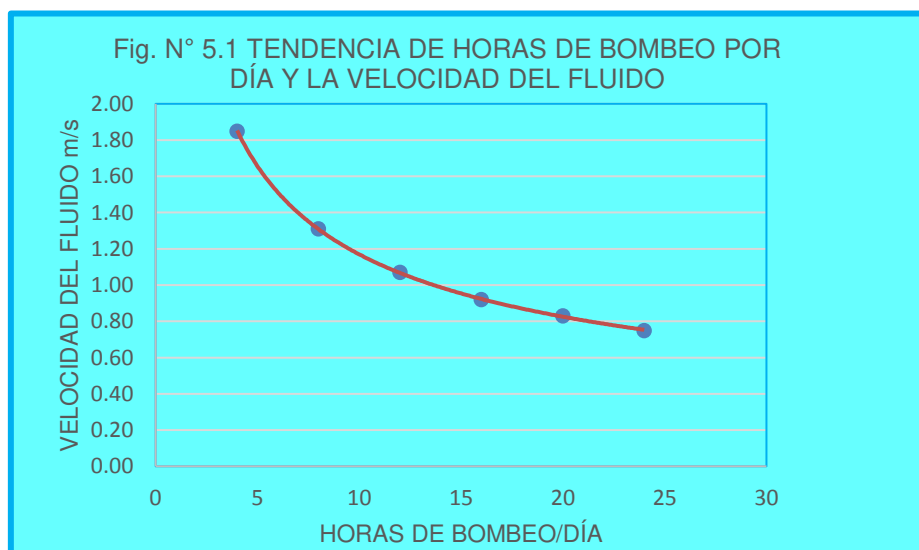
N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q_b	Diámetro económico De	Velocidad m/s
1	8	0.163	0.399	1.30
2	16	0.163	0.474	0.92
3	24	0.163	0.525	0.75

“La velocidad deberá estar entre 0.6 m/s y 2 m/s. (MEF, 2004, p- 12)”

Cuadro N° 5.4 Tendencia de la velocidad media según el diámetro económico

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal Q_b	(De)	Velocidad m/s
1	4	0.163	0.335	1.85
2	8	0.163	0.399	1.31
3	12	0.163	0.441	1.07
4	16	0.163	0.474	0.92
5	20	0.163	0.501	0.83
6	24	0.163	0.525	0.75

Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia.

Esta línea de tendencia de la velocidad del fluido en la tubería indica que cuando más horas de bombeo trabaja la bomba, entonces, la velocidad del fluido disminuye. Esto contribuye a la presencia de menores pérdidas primarias suministrando el mismo gasto, tal como se muestra en la siguiente figura.

5.1.3. PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN.

RNE, (Primera edición); II.3. Obras de Saneamiento Norma OS.0.10 Captación y Conducción de Agua, p 35.

a) Pérdida por fricción en tubería de acero al carbono (C=130)

Cuadro N° 5.5 Pérdidas primarias por turno de trabajo

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q_b	D económico (De)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida por fricción (Hf) m
1	8	0.163	0.399	130	14808	0.089	59.15
2	16	0.163	0.474	130	14808	0.141	25.46
3	24	0.163	0.525	130	14808	0.183	15.55

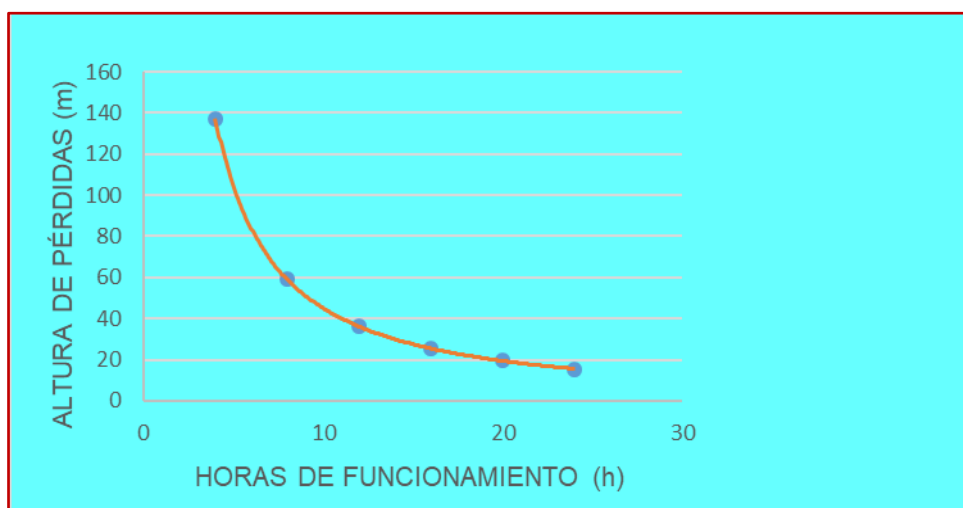
Fuente: Autoría propia

Cuadro N° 5.6 Tendencia de pérdidas primarias en tubo de acero al carbono

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q_b	D económico (De)	Coefficiente (C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida primaria (Hf) m
1	4	0.163	0.335	130	14808	0.057	137.34
2	8	0.163	0.399	130	14808	0.089	59.15
3	12	0.163	0.441	130	14808	0.116	36.12
4	16	0.163	0.474	130	14808	0.141	25.46
5	20	0.163	0.501	130	14808	0.163	19.41
6	24	0.163	0.525	130	14808	0.183	15.55

Fuente: Autoría propia

FIGURA N°5.2 TENDENCIA DE PÉRDIDAS PRIMARIAS EN TUBO AL CARBONO



Fuente: Autoría propia

b) Pérdida por fricción en tubería HDP (C=150)

Cuadro N° 5.7 Pérdidas primarias en tubo HDP por turno de trabajo

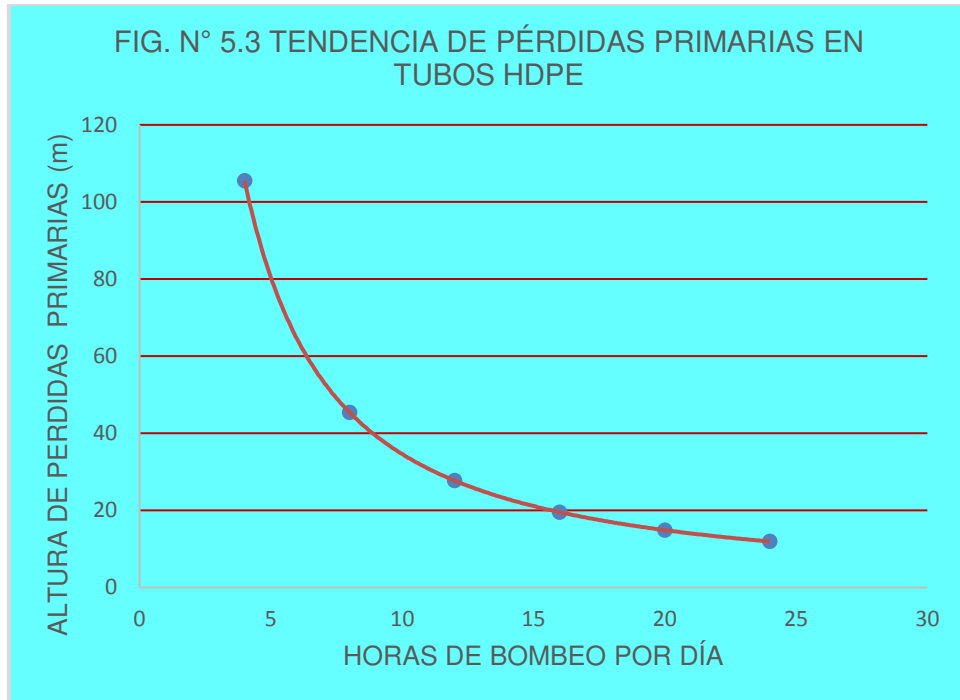
N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	D económico (De)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida por fricción (H _f) m
1	8	0.163	0.399	150	14808	0.089	45.40
2	16	0.163	0.474	150	14808	0.141	19.54
3	24	0.163	0.525	150	14808	0.183	11.93

Fuente: Autoría propia

Cuadro N° 5.8 Tendencia de pérdidas primarias en tubo HDPE

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	D económico (De)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida por fricción (H _f) m
1	4	0.163	0.335	150	14808	0.056	105.48
2	8	0.163	0.399	150	14808	0.089	45.40
3	12	0.163	0.441	150	14808	0.116	27.72
4	16	0.163	0.474	150	14808	0.141	19.54
5	20	0.163	0.501	150	14808	0.163	14.89
6	24	0.163	0.525	150	14808	0.183	11.93

Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propio

5.1.4. PÉRDIDAS SECUNDARIAS.

Se considera como pérdidas secundarias un 10% de las pérdidas primarias.

a) Pérdidas secundarias en la tubería de Acero al Carbono (C=130).

Cuadro N° 5.9 Pérdidas secundarias en tubería de acero por turno de trabajo

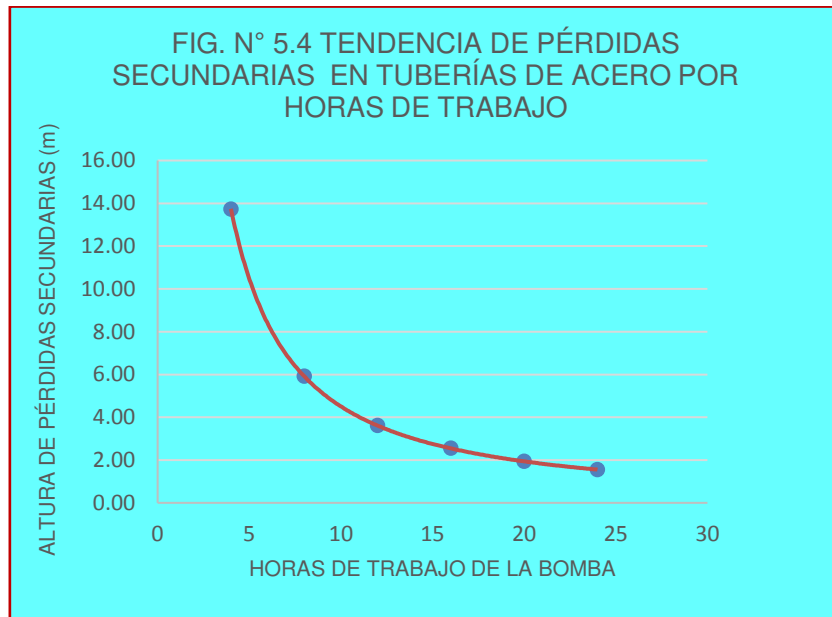
N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	D económico. (D _e)	Coefficiente de Hazen-Williams (C)	Pérdida por fricción (H _f) m	Pérdidas por accesorios H _l (m)
1	8	0.163	0.399	130	59.15	5.92
2	16	0.163	0.474	130	25.46	2.6
3	24	0.163	0.525	130	15.55	1.56

Fuente: Autoría propia

Cuadro N° 5.10 Tendencia de pérdidas secundarias en tubería de acero por horas

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	(De)	(C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida primaria (Hf) m	Pérdida secundaria 0,1 Hs
1	4	0.163	0.335	130	14808	0.057	137.34	13.73
2	8	0.163	0.399	130	14808	0.089	59.15	5.92
3	12	0.163	0.441	130	14808	0.116	36.12	3.61
4	16	0.163	0.474	130	14808	0.141	25.46	2.55
5	20	0.163	0.501	130	14808	0.163	19.41	1.94
6	24	0.163	0.525	130	14808	0.183	15.55	1.55

Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia

b) Pérdidas por accesorios en la tubería de HDP (C=150)

Cuadro N° 5.11 Pérdidas secundarias por turno de trabajo

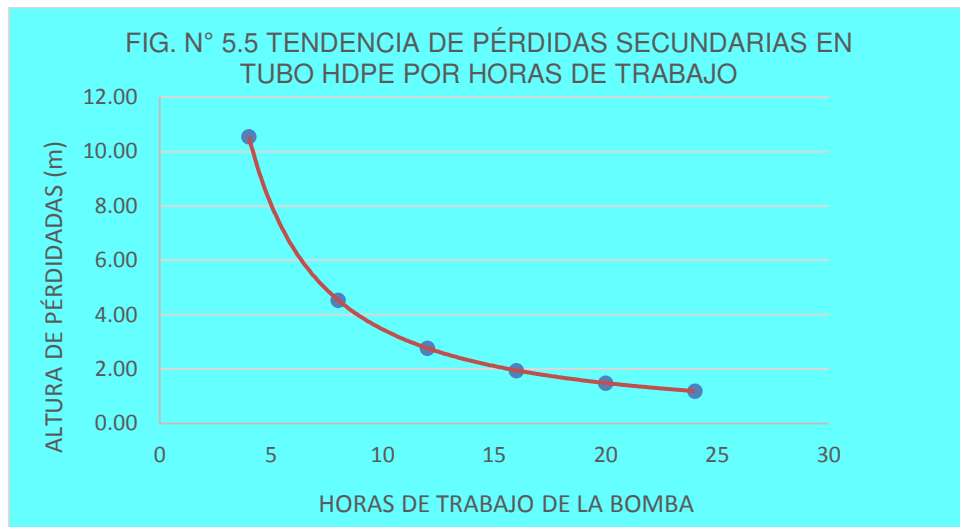
N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	D económico (De)	Coficiente de Hazen-Williams (C)	Pérdidas por fricción (Hf) m	Pérdidas por accesorios H _l
1	8	0.163	0.399	150	45.40	4.54
2	16	0.163	0.474	150	19.54	1.95
3	24	0.163	0.525	150	11.93	1.19

Fuente: Autoría propia

Cuadro N° 5.12 Tendencia de pérdidas secundarias en tubo HDPE por horas de trabajo

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	(De)	(C)	Longitud (L) m	De ^{2.63}	Pérdida por fricción (Hf) m	Pérdidas secundarias 0,1 Hs
1	4	0.163	0.335	150	14808	0.056	105.48	10.55
2	8	0.163	0.399	150	14808	0.089	45.40	4.54
3	12	0.163	0.441	150	14808	0.116	27.72	2.77
4	16	0.163	0.474	150	14808	0.141	19.54	1.95
5	20	0.163	0.501	150	14808	0.163	14.89	1.49
6	24	0.163	0.525	150	14808	0.183	11.93	1.19

Fuente: Autoría propia



Fuente: Autoría propia

5.1.5. ALTURA DE BOMBEO.

RNE, (Primera edición); II.3. Obras de Saneamiento Norma OS.0.40 estación de bombeo de agua, p 53.

a) Altura de bombeo en la tubería Acero al carbono (C=130).

N°	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	Coefficiente de Hazen-Williams	Altura geodésica (m)	Pérdidas por fricción H _f (m)	Pérdidas locales H _l (m)	Altura de bombeo (m)
1	8	0.163	130	225	59.15	5.92	290.07
2	16	0.163	130	225	25.46	2.60	253.06
3	24	0.163	130	225	15.55	1.56	242.11

Fuente: Autoría propia

b) Altura de bombeo en la tubería HDPE (C=150).

Nº	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	Coefficiente de Hazen-Williams	Altura geodésica (m)	Pérdidas por fricción H _f (m)	Pérdidas locales H _l (m)	Altura de bombeo (m)
1	8	0.163	150	225	45.4	4.54	274.94
2	16	0.163	150	225	19.54	1.95	246.49
3	24	0.163	150	225	11.93	1.19	238.12

Fuente: Autoría propia

5.1.6. POTENCIA DE CONSUMO.

a) Potencia de consumo en la tubería Acero al carbono (C=130).

Nº	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	Peso específico del agua N/m ³	Altura de bombeo (m)	746 * η_b	Potencia de consumo HP
1	8	0.163	9810	290.07	634.1	731.48
2	16	0.163	9810	253.06	634.1	645.71
3	24	0.163	9810	242.11	634.1	610.54

Fuente: Autoría propia

b) Potencia de consumo en la tubería HDPE (C=150).

Tabla Nº 10.	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Q _b	Peso específico del agua N/m ³	Altura de bombeo (m)	746 * 0.85	Potencia de consumo HP
1	8	0.163	9810	274.94	634.1	693.32
2	16	0.163	9810	246.49	634.1	621.58
3	24	0.163	9810	238.12	634.1	600.47

Fuente: Autoría propia

5.1.7. POTENCIA INSTALADA.

a) Potencia instalada para tubería de acero al carbono

Nº	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	Peso específico del agua N/m ³	Altura de bombeo (m)	746 * 0.77	Potencia instalada HP
1	8	0.163	9810	290.07	574.42	807.48
2	16	0.163	9810	253.06	574.42	704.45
3	24	0.163	9810	242.11	574.42	673.97

Fuente: Autoría propia

b) Potencia instalada para tubería HDPE.

Nº	Horas de Bombeo / día	Caudal de bombeo Qb	Peso específico del agua N/m ³	Altura de bombeo (m)	746 * 0.77	Potencia instalada HP
1	8	0.163	9810	274.94	574.42	765.36
2	16	0.163	9810	246.49	574.42	686.16
3	24	0.163	9810	238.12	574.42	662.86

Fuente: Autoría propia

5.1.8. DEL ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ECONÓMICA Y DIÁMETRO ECONÓMICO.

a) Costo total de tubería instalada de acero al carbono y HDPE (adquisición, transporte, instalación y pruebas)

Tipo de tubería	$\frac{\text{Hora bombeo}}{\text{Año}}$	$P_i(KW)$	$\left(\frac{US\$}{kW - hora}\right)$	Costo anual de operación US\$
Acerado al C	8760	602.15	0.22	1 160 463.5
HDPE	8760	570.74	0.22	1 099 930.1

Fuente: Autoría propia

b) Costo total del equipo de bombeo instalado con tubería acero al carbono y HDPE.

Potencia instalada HP	Coficiente de costo del equipo "K"	coeficiente de costo del equipo "a"	Costo total, equipo de bombeo instalado (\$)
807.48	1211.2	0.7183	148 391.36
765.36	1211.2	0.7183	142 789.62

Fuente: Autoría propia

c) Costo Anual de operación.

$$\left[\text{Costo anual de operación (US\$)} \right] = \frac{\text{Hora bombeo}}{\text{Año}} * P_i(\text{KW}) * \text{Energía} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{kW - hora}} \right)$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Costo anual} \\ \text{de} \\ \text{operación} \\ \text{(US\$)} \end{array} \right] = 8760 \text{ hora} * 602.15(\text{KW}) * \left(\frac{0.22 \text{ US\$}}{\text{kW - hora}} \right) = \$ 1\ 160\ 463.5$$

d) Costo anual de mantenimiento (Repuestos, insumos, personal, herramientas, etc). Aproximado un 1%.

Tipo de tubería	Costo de operación \$	Costo de mantenimiento (\$)
Tubo de acero al carbono	1 160 463.5	11 604.00
Tubo HDPE	1 099 930.1	10 999.00

Fuente: Autoría propia

5.1.9. VALORES PRESENTES (VP):

a) Valor Presente de Inversiones Totales.

Tipo de tubería	Costo de operación \$	Costo de mantenimiento (\$)	VP Inversiones totales \$
Tubo de acero al carbono	1 160 463.5	11 604.00	1 172 067.5
Tubo HDPE	1 099 930.1	10 999.00	1 101 029.1

Fuente: Autoría propia

b) Valor Presente (VP) de Reposiciones totales.

Tipo de tubería	Costo de operación \$	Costo de mantenimiento (\$)	VP Inversiones totales \$
Tubo de acero al carbono	1 160 463.5	11 604.00	1 172 067.5
Tubo HDPE	1 099 930.1	10 999.00	1 101 029.1

Fuente: Autoría propia

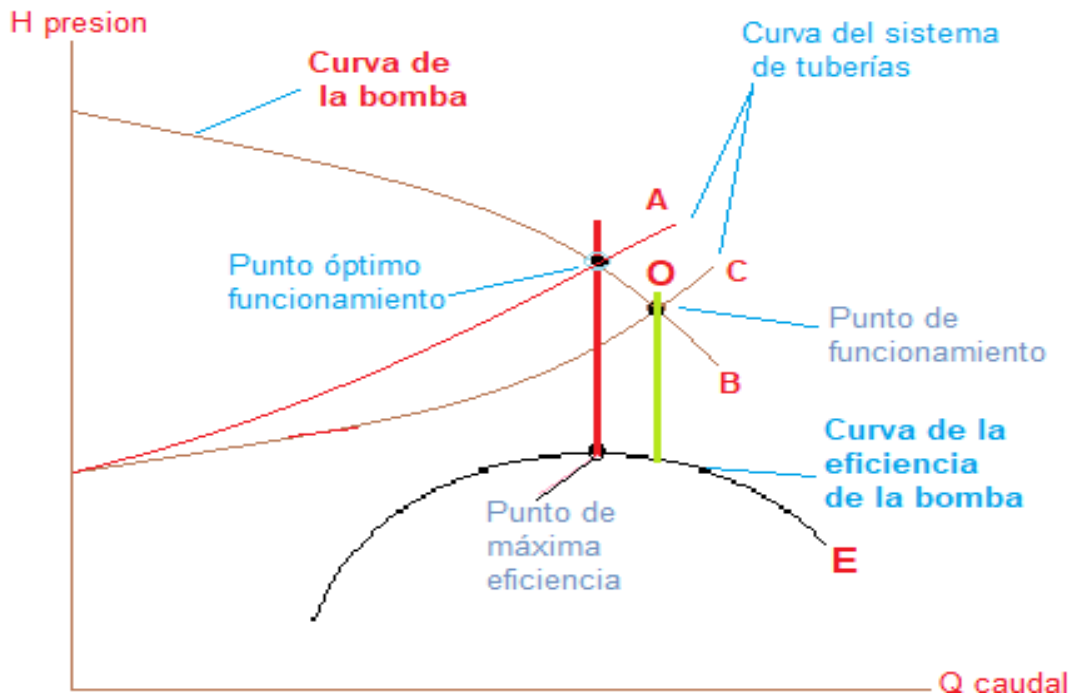
c) Valor presente de explotación total.

Tipo de tubería	Costo de operación \$	$\left[\frac{i * (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1} \right]^{-1}$	V.P. Explotación total (US\$)
Tubo de acero al carbono	1 160 463.5	5.65	6 556 618.78
Tubo HDPE	1 099 930.1	5.65	6 214 605.07

Fuente: Autoría propia

5.2. CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

Figura N° 5.6 Curvas características del equipo de bombeo



Fuente: Autoría propio.

5.3. ANÁLISIS DE COSTOS.

N°	Parámetro	TIPO DE TUBERÍA		INCREMENTO
		Tubo de acero al carbono	HDPE Clase 30	
1	Costo total de la tubería instalada acero	\$ 533 088.00	\$ 414 624.00	\$118 464.00
2	Costo total del equipo de bombeo instalado (adquisición, transporte, instalación, mantenimiento, costo energético consumible, y pruebas)	\$ 148 391.36	\$ 142 789.62	\$ 5 601.74
3	Costo anual de operación.	\$ 1 160 463.5	\$ 1 099 930.1	\$ 60 533.4
4	Costo anual de mantenimiento, (1% de H primarias)	\$ 11 604.00	\$ 10 999.00	\$ 605.00
5	Valor presente de inversiones totales (Costo _{op.} + Costo _{man.})	\$ 1 172 067.5	\$ 1 101 029.1	\$ 71 038.4
6	Valor presente de reposiciones totales	\$ 902 257.56	\$ 847 572.2	\$ 54 685.36
7	Valor Presente de Explotación Totales	\$ 6 556 618.78	\$ 6 214 605.07	\$ 342 013.71
8	Coefficiente de velocidad específica N _s	86.43	87.51	

5.4. ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO: FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE

N°	Parámetro	Medición	Resultado
1	Velocidad de propagación de la onda (a)	$a = \sqrt{\frac{1}{\rho * \left[\frac{1}{\varepsilon} + \frac{d}{e * E} \right]}}$	549 m/s ²
2	Tiempo de cierre	$T_c = \frac{2L}{a}$	53.94 s.
3	Altura de sobre presión por efecto ariete	$\Delta H_a = \frac{V * a}{g}$	48.6 m.c.a.
4	Presión máxima por ariete	$P_{m\acute{a}x.} = \Delta H + \Delta H_a$ $P_{m\acute{a}x.} = 225 + 48.6$ $P_{m\acute{a}x.} = 274 \text{ m}$	274 m.c.a.
5	Presión máxima de la tubería de impulsión según fabricante	HDPE Clase 30 ó 30*10.33 = 309.9 m	309.9 m.c.a. (máxima sobrepresión)
6	Contraste de presiones sobre presión por cierre y presión nominal de la tubería	Presión disponible debe ser menor que sobre presión por golpe de ariete.	Como: 274 m.c.a. < 309.9 m.c.a. No existirá falla por golpe de Ariete

CAPÍTULO 6

VI. ANÁLISIS ECONÓMICO E IMPACTO AMBIENTAL

6.1. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1.1. GENERALIDADES.

La evaluación del impacto ambiental (EIA) está reglamentado por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) de nuestro país.

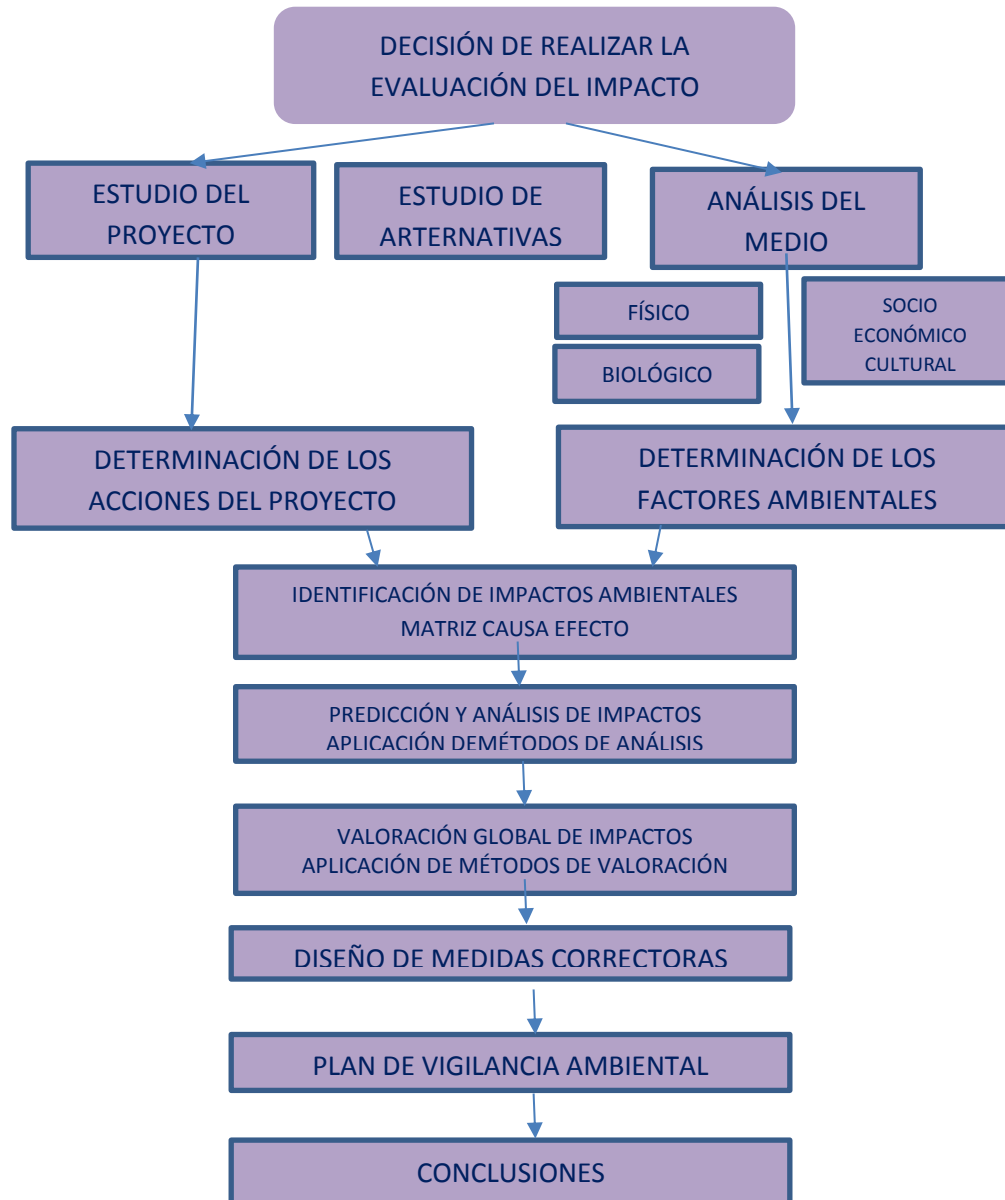
Con el fin de cumplir con las instancias de administración documentaria del Ministerio de Ambiente es que alcanzan una propuesta de modelo que tiene una metodología secuencial y ordenada para elaborar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

El tiempo empleado para elaborar los estudios de Impacto Ambiental está relacionado con la envergadura o tamaño del proyecto. Cuando el proyecto es pequeño, su elaboración se le asigna con corto periodo de tiempo. En cambio, si el proyecto es grande y ubicado en zonas complejas el proyecto puede durar hasta más de un año. Además, todo estudio de Impacto Ambiental debe ser redactado por equipo de diferentes disciplinas profesionales.

6.1.2. SECUENCIA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Esta secuencia orienta la elaboración de impactos ambientales y que constituye la propuesta desde el Ministerio del Ambiente, sin embargo, es recomendable no dejar de lado la norma internacional ISO 14 001.

Figura N°6.1 Secuencia para la Evaluación del Impacto Ambiental



Fuente: (Cotan Pinto - Arroyo, 2007)

6.1.3. EQUIPO BÁSICO PARA UN PROYECTO CONVENCIONAL.

(Cotan Pinto - Arroyo, 2007). “Un equipo básico para un proyecto convencional, sería integrado por:

a) Estudio y análisis del proyecto desde el punto de vista técnico-ambiental.

Cualquier otra persona formada en relación a los aspectos técnicos-ambientales del proyecto.

b) Estudio del medio natural.

- Licenciados en Ciencias Ambientales
- Ingeniero de Montes y Agrónomo
- Biólogo
- Geólogo
- Ingeniero Forestal
- Cualquier otra persona formada en relación a dicho estudio”

6.1.4. SOPORTE LEGAL PARA ELABORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Ministerio de Ambiente, Ley N° 27446. 2001. Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento. Publicada el 23 de abril de 2001. Se sustenta en los siguientes artículos de la Ley N° 27446:

Artículo 1º. Objeto de la ley.

(MINAM, 2001). “La presente Ley tiene por finalidad:

a) La creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección

anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión.

- b) El establecimiento de un proceso uniforme que comprenda los requerimientos, etapas, y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión.
- c) El establecimiento de los mecanismos que aseguren la participación ciudadana en el proceso de evaluación de impacto ambiental”

Artículo 2º Ámbito de la ley.

(MINAM, 2001). “Quedan comprendidos en el ámbito de aplicación de la presente Ley, los proyectos de inversión públicos y privados que impliquen actividades, construcciones u obras que puedan causar impactos ambientales negativos, según disponga el Reglamento de la presente Ley”

Artículo 3º. Obligatoriedad de la certificación ambiental.

(MINAM, 2001). “A partir de la entrada en vigencia del Reglamento de la presente Ley, no podrá iniciarse la ejecución de proyectos incluidos en el artículo anterior y ninguna autoridad nacional, sectorial, regional o local podrá aprobarlas, autorizarlas, permitir las, concederlas o habilitarlas si no cuentan previamente con la certificación ambiental contenida en la Resolución expedida por la respectiva autoridad competente”

Artículo 4º. Categorización de proyectos de acuerdo al riesgo ambiental.

(MINAM, 2001). “4.1 Toda acción comprendida en el listado de inclusión que establezca el Reglamento, según lo previsto en el Artículo 2º de la presente Ley, respecto de la cual se solicite su certificación ambiental, deberá ser clasificada en una de las siguientes categorías”.

- a) (MINAM, 2001). “Categoría I. Declaración de Impacto Ambiental. Incluye aquellos proyectos cuya ejecución no origina impactos ambientales negativos de carácter significativo”
- b) (MINAM, 2001). “Categoría II. Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado. Incluye los proyectos cuya ejecución puede originar impactos ambientales moderados y cuyos efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medida fácilmente aplicables. Los proyectos de esta categoría requerirán de un Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d)”
- c) (MINAM, 2001). “Categoría III. Estudio de Impacto Ambiental Detallado. - Incluye aquellos proyectos cuyas características, envergadura y/o localización, pueden producir impactos ambientales negativos significativos, cuantitativa o cualitativamente, requiriendo un análisis profundo para revisar sus impactos y proponer la estrategia de manejo ambiental correspondiente. Los proyectos de esta categoría requerirán de un Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d)”.

- d) (MINAM, 2001). “Esta clasificación deberá efectuarse siguiendo los criterios de protección ambiental establecidos por la autoridad competente”

Artículo 5º. Criterios de protección ambiental.

(MINAM, 2001). “Para los efectos de la clasificación de los proyectos de inversión que queden comprendidos dentro del SEIA, la autoridad competente deberá ceñirse a los siguientes criterios:

- a) La protección de la salud de las personas;
- b) La protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas y radiactivas;
- c) La protección de los recursos naturales, especialmente las aguas, el suelo, la flora y la fauna;
- d) La protección de las áreas naturales protegidas;
- e) La protección de los ecosistemas y las bellezas escénicas, por su importancia para la vida natural;
- f) La protección de los sistemas y estilos de vida de las comunidades;
La protección de los espacios urbanos;
- g) La protección del patrimonio arqueológico, histórico, arquitectónicos y monumentos nacionales;
- h) Los demás que surjan de la política nacional ambiental”

6.1.5. DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

La metodología para la elaboración del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental es el siguiente:

6.1.5.1. (MINAM, 2001). “Estudio del proyecto por los correspondientes especialistas. Estudio de alternativas. Estudio previo del entorno”

En el proyecto

Los especialistas que participaron fueron los siguientes:

- Participó un profesional Licenciado en Ciencias Ambientales, contratado por el Directorio de la Empresa ejecutora del Proyecto Sistema de Abastecimiento de Agua, para la represa Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua
- Biólogo. Participó un Biólogo con experiencia para evaluar la fauna y flora de la zona para la instalación de la línea de impulsión.
- Geólogo. Profesional que realizó la evaluación de las superficies por donde pasará la línea de impulsión. Este aspecto tiene que ver con el uso de explosivos para las zonas rocosas necesario para el paso de la mencionada tubería.
- Ingeniero Residente. Es el líder, cuya participación es fundamental para el reconocimiento del plano topográfico en el terreno asignado al proyecto.

6.1.5.2. (MINAM, 2001). “Reunión de síntesis para seleccionar las principales acciones productoras de impactos ambientales y los factores ambientales más significativos.

La reunión se realizó en la etapa de revisión de impactos ambientales que dará lugar el proyecto en la zona afectada por el proyecto.

Participaron personal profesional del proyecto, así como el Gobernador Regional de Moquegua, Martín Alberto Vizcarra Cornejo; el alcalde del distrito de Carumas y el representante de la comunidad de chilota.

6.1.5.3. (MINAM, 2001). "Elaboración del Plan de Trabajo por el equipo pertinente; Asignación de tareas; Delimitación del ámbito geográfico del estudio. Entrevistas. Recogida de información. Estudio de la bibliografía referente a diversos aspectos de la zona en estudio"

Se planifico la evaluación del impacto ambiental en la etapa de instalación, la etapa de funcionamiento del proyecto y abandono del proyecto."

Cada especialista alcanza los datos evaluados y exponen en el horario de reuniones con la finalidad de consolidar información que se necesita para el SEIA.

La estrategia de manejo ambiental contiene planes y programas necesarios para la implementación de las actividades y compromisos que el PERPG cumplirá durante las etapas de construcción, operación y cierre del proyecto - en conformidad a la Ley 27 446 y su reglamento - de manera que se garantice

el uso sostenible de los bienes y servicios ambientales dentro del área de influencia del proyecto.

En la entrega de terreno el proyecto recibió infraestructura para almacenes, garaje, depósitos de materiales en el trazo para la línea de impulsión.

También se informó la habilitación de carreteras para transporte de carga, equipos y personal.

El ruido que originan los motores eléctricos de las bombas se encuentra dentro del rango permisible, es decir, la medición reporta 50 decibeles que resulta menor a 80 decibeles como valor máximo permisible para ruidos.

Este ítem que el Ingeniero Residente reportó el pago de licencias locales y en el Gobierno Regional de la Región Moquegua.

6.1.5.4. (MINAM, 2001). “Trabajos de campo para en estudio del entorno. Recogidos. Reportaje fotográfico. Censos. Mediciones de posibles contaminantes”

El trabajo de campo

6.1.5.5. (MINAM, 2001). “Realización del inventario ambiental.”

Se consideró en el inventario ambiental que sea mínimo el impacto en los siguientes temas:

- El impacto sobre el suelo.

En la zona de instalación no se presentó impacto relevante, porque no hay zonas agrícolas que se afecten.

- Impacto sobre la fauna.

Solo se afectaron aves y animales menores porque la presencia de personas ahuyenta a los animales.

- Impacto atmosférico.

El proyecto no emplea minerales volátiles o desechos que no pueden evaporarse y que contaminan.

- Impacto sobre las aguas.

El proyecto registra un impacto positivo porque el hecho de aportar agua a razón de 650 l/s al canal de la represa con la finalidad de suministrar agua para riego y para consumo como agua potable previo tratamiento sanitario.

- Valoración global de impactos.

Esta valoración se realizó mediante entrevistas y consultas a personas e instituciones externas al equipo redactor. Los documentos del consolidado de esta acción que realizó el equipo redactor forman parte del expediente del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Lo importante de este estudio es que se cuenta con una estrategia de manejo ambiental y Plan de vigilancia Ambiental. Esto constituye como el instrumento legal para

realizar inspecciones inopinadas al proyecto de sistema de bombeo del Sistema de Abastecimiento de Agua, para la represa Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua. Todo plasmado en el documento de síntesis.

Cuadro N° 6.1 Plan de Trabajo del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

N°	Criterio Legal	Valoración del impacto.	
		Aprobado (C).	No Aprobado (NC)
1	Elaboración del inventario ambiental		
2	Listas de Cheque, matrices, etc.		
3	Reportajes fotográficos		
4	Impacto sobre el suelo		
5	Impacto sobre la fauna		
6	Impacto atmosférico		
7	Impacto sobre las aguas		
8	Valoración global de impactos		
9	Estudio y propuesta de medidas correctoras		
10	Plan de vigilancia ambiental		
11	Elaboración del documento de síntesis		

Fuente: (MINAM, 2001)

Cuadro N° 6.2 Ejemplo de Matriz de Leopold

FACTORES AMBIENTALES		CONSTRUCCION						FUNCIONAMIENTO				
		OCUPACION DE TERRENOS	TRANSPORTES DE MATERIALES Y EQUIPOS	GENERACION DE RENTAS	RUIDO	GENERACION DE EMPLEO	LICENCIAS MUNICIPALES	EMISIONES ATMOSFERICAS	VERTIDOS LIQUIDOS	RUIDO	GENERACION DE RESIDUOS	GENERACION DE EMPLEO INDUSTRIAL
MEDIO FISICO	GEOLOGIA	X										
	GEOMORFOLOGIA	X										
	EDAFOLOGIA	X						X				
	HIDROLOGIA	X							X			
	ATMOSFERA	X						X				
MEDIO BIOTICO	VEGETACION	TERRESTRE	X					X				
		ACUATICA							X			
	FAUNA	TERRESTRE	X			X		X		X		
		ACUATICA								X		
MEDIO CULTURAL	SOCIOECONOMIA	USOS DEL SUELO									X	
		SOCIAL		X		X	X		X	X	X	X
		ECONOMICO		X	X			X				
	PAISAJE		X									

Fuente: (Cotan Pinto - Arroyo, 2007)

6.1.6. PROGRAMA DE MITIGACIÓN

El presente plan ha sido elaborado con el objetivo de gestionar aquellos impactos ambientales que resultaron significativos y muy significativos, una vez culminado el proceso de caracterización de los mismos.

Sobre lo señalado anteriormente, el presente plan ha sido estructurado de la siguiente manera: en primer lugar, se señalan los objetivos y las responsabilidades asociadas al mismo; seguidamente se desarrollan las medidas de manejo ambiental para los medios físico, biológico y

socioeconómico - cultural, distinguiendo en cada una de ellos, medidas para la etapa de construcción y operación.

Objetivos

General:

Internalizar los impactos ambientales positivos como negativos significativos y muy significativos, asociados a las etapas de construcción y operación del proyecto, de manera que se garantice la conservación del patrimonio ambiental y con ello la sostenibilidad del proyecto.

Específicos

Diseñar medidas de prevención, control, mitigación de los efectos negativos del proyecto sobre los factores ambientales de los medios físico, biológico y socioeconómico - cultural.

La estrategia contiene 10 secciones a saber: programa de mitigación, programa de manejo de residuos sólidos, plan de vigilancia ambiental, plan de compensación, plan de relaciones comunitarias, programa de seguridad, higiene y salud ocupacional, plan de contingencias, plan de cierre, cronograma y presupuesto, y resumen.

Responsable de ejecución

El responsable de la ejecución de las actividades contempladas en el presente plan será el Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERPG). Todas las actividades y acciones comprendidas en el documento constituyen compromisos ambientales que el PERPG

asume con la autoridad ambiental competente, Ministerio de Agricultura y con la sociedad.

Las actividades de supervisión, para verificar el cumplimiento de la implementación de cada una de las medidas, para las etapas de construcción y operación recaen en el Estado, a través del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) del Ministerio del Ambiente.

Medidas de mitigación – Etapa de construcción

Las medidas de mitigación en el medio socio económico – cultura, tanto en la etapa de construcción como operación, fueron incluidas en el plan de relaciones comunitarias.

Cuadro 6.3 Resumen de medidas de mitigación – Etapa de construcción

FICHA	MEDIO	MEDIO DE LA MEDIDA
MF-C-01	Físico	Mitigación por la pérdida permanente de la morfología fluvial y terrestre.
MB-C-01	Biológico	Mitigación por la pérdida de la flora y fauna terrestre debido al despeje y desbroce
MB-C-02	Biológico	Mitigación de la alteración del recurso hidrobiológico debido a la excavación y relleno en cauces
<i>Fuente: Autoría Propia</i>		

Cuadro 6.4 Resumen medidas de seguimiento. Etapa de construcción.

Ficha	Medio	Componentes / Factores	Nombre de la ficha de seguimiento ambiental
MF-C-01	Físico	Fisiografía / Morfología fluvial y terrestre.	Seguimiento de la medida de mitigación por la pérdida permanente de la morfología fluvial y terrestre.
MB-C-01	Biológico	Recurso hidrobiológico / Recurso hidrobiológico.	Seguimiento de la medida de mitigación por la alteración del recurso hidrobiológico.
MB-C-02	Biológico	Estético / Paisaje visual.	Seguimiento de la mitigación del paisaje.

Fuente: Autoría Propia

Las fichas de seguimiento contienen información acerca de los parámetros a utilizar para caracterizar el estado o evolución del factor ambiental; método a utilizar o acciones de seguimiento; ubicación de los puntos de control; duración y frecuencia de medición; contenido y frecuencia de entrega de informes; niveles cuantitativos o límites permitidos o comprometidos, principalmente.

6.2. ANÁLISIS DE FLUJO TRANSITORIO: FENÓMENO DE GOLPE DE ARIETE

N°	Parámetro	Medición	Resultado
1	Velocidad de propagación de la onda (a)	$a = \sqrt{\frac{1}{\rho * \left[\frac{1}{E} + \frac{d}{e * E} \right]}}$	549 m/s ²
2	Tiempo de cierre	$T_c = \frac{2L}{a}$	53.94 s.
3	Altura de sobre presión por efecto ariete	$\Delta H_a = \frac{V * a}{g}$	48.6 m.c.a.
4	Presión máxima por ariete	$P_{m\acute{a}x.} = \Delta H + \Delta H_a$ $P_{m\acute{a}x.} = 225 + 48.6$ $P_{m\acute{a}x.} = 274 \text{ m}$	274 m.c.a.
5	Presión máxima de la tubería de impulsión según fabricante	HDPE Clase 30 ó $30 * 10.33 = 309.9 \text{ m}$	309.9 m.c.a. (máxima sobrepresión)
6	Contraste de presiones sobre presión por cierre y presión nominal de la tubería	Presión disponible debe ser menor que sobre presión por golpe de ariete.	Como: 274 m.c.a. < 309.9 m.c.a. No existirá falla por golpe de Ariete

CONCLUSIONES

1. El presente documento ha tomado en consideración los criterios y análisis seguidos en esta propuesta de Línea de Impulsión al Sistema de Almacenamiento, para la Represa de Pasto Grande – Fase I, Región Moquegua, a fin de validar el proyecto con cálculos hidráulicos en tuberías de acero al carbono, tuberías HDPE de alta resistencia mecánica y térmica, sistema de entrega del agua al canal; en el marco analítico de cálculos hidráulicos y de costos, para mejorar el sistema de abastecimiento de agua mencionado.
2. Un resultado significativo, es la potencia de las bombas instaladas que están trabajando con 1250 PH de potencia instalada. Sin embargo, los cálculos indican que la línea de impulsión con tubos de acero al carbono, requiere una potencia del sistema motor-bomba de 807.5 HP teórico y 968 HP técnico; pero la línea de impulsión con tubos HDPE requiere una potencia teórica de 765.4 HP y 918 HP técnico. Ajustando a potencias comerciales en el primer caso sería 1000 HP y en el segundo 950 HP. Desde ya, la línea con HDPE requiere 50 HP menos que la otra línea. Pero, frente a la capacidad instalada inicial de 1250 HP, según documentos del proyecto, una línea de impulsión con tuberías HDPE de alta resistencia física y térmica ahorraría un consumo de energía eléctrica para 300 HP de potencia.
3. En el análisis de costos se encontró que el Valor Presente de explotación total indica que la línea con tubo de acero al carbono tiene un costo de 6 556 618.78 dólares americanos y la línea de impulsión con tubo HDPE su costo es de 6 214 605.07 dólares americanos. Por tanto, instalando la línea de impulsión con tubos HDPE se ahorraría 342 013.71 dólares americanos y garantizado técnicamente por la alta resistencia a impactos y cambios bruscos de temperatura durante el funcionamiento

del sistema de bombeo de agua, desde la fuente al canal del proyecto de la represa de pasto grande.

4. Desde el punto de vista ambiental, la ejecución del proyecto generará impactos negativos en el medio ambiente; sin embargo, se presenta una estrategia de manejo ambiental que contiene planes y programas necesarios para la implementación de las actividades y compromisos que el PERPG cumplirá durante las etapas de construcción, operación y cierre del proyecto - en conformidad a la Ley 27 446 y su reglamento - de manera que se garantice el uso sostenible de los bienes y servicios ambientales dentro del área de influencia del proyecto. De esta manera, traerá beneficios positivos en el mismo, contribuyendo a mejorar la salud de la población, la calidad del aire, del agua y del suelo. También, desde el punto de vista económico la mejora del sistema de bombeo de agua usando tubos HDPE en la línea de impulsión, causa un ahorro de trescientos cuarenta y dos mil trece y con 71/100 de dólares americanos.
5. Se encontró durante el estudio del flujo transitorio, que para soportar una sobre presión por golpe de Ariete debido al cierre rápido o corte de energía en el sistema, no causará fallas en la línea de impulsión, porque la sobre presión calculada en régimen transitorio alcanza 274 m.c.a y la tubería HDPE Clase 30 soporta hasta 309.9 m.c.a.; por tanto, no habrá fallas por sobre presión tal como se indicó.

RECOMENDACIONES

- 1) En la etapa de cálculos hidráulicos se recomienda analizar el régimen permanente y el régimen transitorio, para garantizar el transporte de fluidos desde la fuente hasta en punto de entrega, porque el régimen permanente garantiza los cálculos con el teorema del transporte de Reynolds y Bernoulli, pero el análisis en régimen transitorio garantiza las sobre presiones por Golpe de Ariete y la cavitación por cambio de estado de líquido a vapor en la bomba hidráulica o en la línea de tuberías cuando la presión llega a la presión de vapor.
- 2) Realizar los cálculos de gabinete utilizando información de proveedores de tubos y bombas para seleccionar los elementos necesarios de una línea de impulsión industrial y complementar el estudio con el análisis de costos y valores actuales.
- 3) Es importante realizar investigaciones sobre nuevos materiales para tuberías y sistema de bombeo, porque solo con información puntual de proveedores y fabricantes se logra tomar decisiones en la selección de elementos hidráulicos para tuberías y sistemas de bombeo comparando costos y propiedades físico-químicas.
- 4) Considerar el impacto ambiental como una tarea transversal en toda obra de ingeniería, no solo por las exigencias en normas nacionales e internacionales, sino por la responsabilidad profesional y de trabajo armonioso con la naturaleza.
- 5) Cuando el sistema de bombeo, en la que está incluida la línea de impulsión, se debe monitorear constantemente el fenómeno de cavitación y golpe de ariete

para obtener un funcionamiento regular y económico. También se propone usar la metodología de cálculo de este estudio.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alegría Mori, J. (2013). Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Bagua Grande.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Pearson Educación.

Choy Bejar, V. (2002). *Diseño de una nueva línea de impulsión y selección del equipo de bombeo para la extracción de agua subterránea planes de expansión de mínimo costo de agua potable y alcantarillado EPS Chimbote*. Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.

D.V., B. P. (2006). *Temperature distribution over contact area and “hot spots” in rubbing solid contact*. D.F.: Tribology Internaciona.

Direct Industry, E. s. (8 de 4 de 2014). *Cojinetes Lisos Iguas*. Obtenido de Cojinetes Lisos Iguas. : <http://www.directindustry.es/producto-fabricante/cojinete-liso-igus-76348-1115.html>

Espinosa Rodríguez, T. (2011). *Estudio del comportamiento tribológico y de las interacciones de superficie de nuevos nano fluidos iónicos*. Cartagena, España: Universidad Politécnica de Cartagena.

Forero Aguirre, J. E. (2011). *Diagnóstico del uso de Normas de Seguridad Industrial en la Construcción de Viviendas de interés Social en Bogotá Localidad de Kennedy*. Bogota-Colombia: UNIVERSIDAD DE LA SALLE.

Fox, Z. (2004). *Mecanica de fluidos*. Mexico: Pearson.

Garland Chow, T. ., (18 de Octubre de 2008). *Logistics Performance: Definition and Measurement*. En: *Emerald Journal* . Obtenido de Logistics Performance: Definition and Measurement. En: Emerald Journal : [https://bases.javeriana.edu.co/f5-w-687474703a2f2f777772e656d6572616c64696e73696768742e636f6d\\$\\$/Insight/viewPDF.jsp?Filename=html/Output/Published/EmeraldFullTextArticle/Pdf/0050240103.pdf](https://bases.javeriana.edu.co/f5-w-687474703a2f2f777772e656d6572616c64696e73696768742e636f6d$$/Insight/viewPDF.jsp?Filename=html/Output/Published/EmeraldFullTextArticle/Pdf/0050240103.pdf) >

Gerard Balcells, D. (2014). *Manual Practico para la Implantacion del estandar Ohsas 18001:2007*. Madrid-España: Fremap.

Guadarrama Gonzáles, P. (2008). *Fundamentos filosóficos y epistemológicos de la investigación*. La Abana, Cuba: Academia de ciencias de Cuba.

Herrera, G. y. (2012). *Evaluación del Sistema de Agua Potable, zona rural de Huantallon, Distrito de Jangas-Huaraz-Ancash*. Chimbote, Perú: Universidad San Pedro.

I., S. V. (2012). *Plan de gestión de seguridad y salud en la construcción de una ciudad – basado en la norma ohsas 18001*. Lima-Peru: UNI.

Illán Mendoza, N. (2017). *Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, Distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma, Ancash - 2017*. Casma, Ancash: Universidad César Vallejo.

K.C., L. (1996). *Friction, wear, lubrication: a textbook in tribology*. EE.UU.: CRC Press.

Magdalena López de Ugas, A. (27 de Octubre de 2015. 1-27). *Gobierno Bolivariano de Venezuela: Investigación cultural*. Slideshare. Obtenido de Gobierno Bolivariano de Venezuela: Investigación cultural. Slideshare: <https://es.slideshare.net/AnaMagdalenaLpez/investigacion-cultural>

Mauricio Flores, D. O. (2017). *Análisis de desgastes mecánicos por tribología para reducir costos de mantenimiento del motor de tractor sobre orugas D6T-CATERPILLAR*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Peruano, E. (20 de Agosto de 2011). Normas Legales. *Ley N° 29783*, págs. 448694-448706.

Pfleiderer. (1960). *Bombas Centrífugas y Turbocompresores*. Barcelona, España: Labor S.A.

Piscoya Hermosa, L. (2001). *Investigacion Científica*. Lima Peru: San Marcos.

- Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, R. (2017).
Recuperado a partir de
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3967>. España: Revista
Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias, 1(1), pp. 1-2.
- Rojas Pérez, D. (2017). *Diseño del Sistema de Bombeo para el Abastecimiento Optimo de Agua Potable del Distrito de Huancán-Huancayo*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centroi del Perú.
- R. Munson, B. ,. (2002). *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. México D.F.: Limusa S.A.
- Saneamiento, M. d. (Abril de 2010). *WWW.sencico.gob.pe*. Obtenido de
WWW.sencico.gob.pe.
- Sarango Veliz, I. (2012). *Plan de Gestión de Seguridad y Salud en la Construcción de una Ciudad – Basado en la Norma ohsas 18001*. Lima-Peru: UNI.
- Valverde Martínez, A. (1997). *Fundamentos y técnicas de la lubricación*. España.: Ed. Alcion.
- Viejo Zubicaray, M. (1975). *Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones*. México D.F.: Limusa S.A.
- Williams, J. (1996). *Engineering Tribology*. EE.UU.: Oxford Science Publications.

Yunus A . Cengel, J. M. (2006). *Mecánica de Fluidos- Fundamentos y aplicaciones*. México D.F.: (Tercera Ed) Mc Graw Hill.

Zambonino Hernández, N. L. (2013). *Análisis de los factores de desgaste adhesivo en Ambato, Ecuador*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Zegarra, M. (20 de Enero de 2016. p 1-13). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas.*, 13. Obtenido de Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2006. p 53). Norma OS.040. *Estaciones de Bombeo de Agua para Consumo Humano.:* (Primera Ed).

ANEXOS:

- MATRIZ DE COHERENCIA
- MATRIZ DE CONSISTENCIA
- MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO
- MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

ANEXO N° 1: MATRIZ DE COHERENCIA

TITULO : PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, USANDO LINEAS DE IMPULSION, PARA LA REPRESA DE PASTO GRANDE - FASE I, REGION MOQUEGUA.

RESPONSABLE: BACH. PILAR JANENY FERNANDEZ HUAYANAY

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
<p>GENERAL ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión, para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua?</p>	<p>GENERAL. Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión, para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua</p>	<p>GENERAL La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono o HDPE, sistema de entrega de agua al canal y con selección del equipo de bombeo; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua-</p>
<p>Problemas Secundarios</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>
<p>a) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua?</p>	<p>a) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua</p>	<p>a) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.</p>
<p>b) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con tuberías HDPE; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua?</p>	<p>b) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tuberías HDPE; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua..</p>	<p>b) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías HDPE; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.</p>
<p>c) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua;?</p>	<p>c) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.</p>	<p>c) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.</p>
<p>d) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con una selección del sistema de bombeo; para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua?</p>	<p>d) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con una selección del sistema de bombeo; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.</p>	<p>d) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo, para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.</p>

ANEXO N° 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO : PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, USANDO LINEAS DE IMPULSION, PARA LA REPRESA DE PASTO GRANDE - FASE I, REGION MOQUEGUA.

RESPONSABLE: BACH. PILAR JANENY FERNANDEZ HUAYANAY

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión, para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua?	GENERAL. Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión, para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua	GENERAL La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono o HDPE, sistema de entrega de agua al canal y con selección del equipo de bombeo; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua-	Independiente: X = Uso de líneas de impulsión	X ₁ = Líneas de impulsión con tubos de acero al carbono. X ₂ = Líneas de impulsión con tubos HDPE X ₃ = Líneas de impulsión con sistema de entrega. X ₄ = Selección del equipo de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Investigación: Aplicada. • Nivel de Investigación: Descriptivo • Método de la Investigación: Inductivo – Deductivo, científico, lógico. • Diseño de la investigación: Por objetivos • Población y Muestra: Como la muestra y población son coincidentes o es una sola unidad de observación, se trata de estudio de caso único. Tiene unidad de análisis mejora del sistema de abastecimiento de agua para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua • Instrumentos para la investigación: Fichas de registro, fichas de Observación. Carta a experto. • Fuentes de información: Textos impresos o digitales de reconocidas editoriales y de primer orden.
Problemas Secundarios	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Dependiente: Y = Mejora del sistema de abastecimiento de agua	Y = f (X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₄)	
a) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua?	a) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua	a) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	Independiente X ₁ = Uso de líneas de impulsión con tubos de acero al carbono	X ₁ = f (X ₅ , X ₆) X ₅ = Diámetro económico X ₆ = Gasto de 650 l/s	
			Dependiente: Y = Mejora del sistema de abastecimiento de agua	Y = f (X ₅ , X ₆) = f (X ₁)	
b) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con tuberías HDPE; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua?	b) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con tuberías HDPE; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua..	b) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías HDPE; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	Independiente: X ₂ = Uso de líneas de impulsión con tubos HDPE	X ₂ = f (X ₇ , X ₈) = f (X ₂) X ₇ = Diámetro económico X ₈ = Gasto de 650 l/s	
			Dependiente: Y = Mejora del sistema de abastecimiento de agua	Y = f (X ₇ , X ₈)	
c) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua, usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua;?	c) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	c) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	Independiente: X ₃ = Uso de líneas de impulsión con sistema de entrega	X ₃ = f (X ₉ , X ₁₀) = f (X ₃) X ₉ = Poza de descarga X ₁₀ = Tubería de descarga	
			Dependiente: Y = Mejora del sistema de abastecimiento de agua	Y = f (X ₉ , X ₁₀)	
d) ¿Cómo proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo; para la Represa de Pasto Grande, Fase I, Región Moquegua?	d) Proponer la mejora del sistema de abastecimiento de agua usando líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	d) La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo, para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	Independiente: X ₄ = Uso de líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo	X ₁₁ = Potencia X ₁₂ = Cavitación X ₁₃ = Golpe de ariete	
			Dependiente: Y = Mejora del sistema de abastecimiento de agua	Y = f (X ₁₁ , X ₁₂ , X ₁₃)	

ANEXO Nº 3: MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

TITULO : PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, USANDO LINEAS DE IMPULSION, PARA LA REPRESA DE PASTO GRANDE
- FASE I, REGION MOQUEGUA.

RESPONSABLE: BACH. PILAR JANENY FERNANDEZ HUAYANAY

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	
La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono o HDPE, sistema de entrega de agua al canal y con selección del equipo de bombeo; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	1. Variable Independiente: Uso de líneas de impulsión	1. Líneas de impulsión con tubería de acero al carbono	1. Diámetro económico	
			2. Caudal de 650 l/s	
		2. Líneas de impulsión con tubería HDPE	3. Diámetro económico	
			4. Caudal de 650 l/s	
	2. Variable dependiente: Mejora del sistema de abastecimiento de agua	3. Líneas de impulsión con sistema de entrega de agua al canal		5. Poza de descarga
				6. Tuberías de descarga
				7. Potencia
		4. Líneas de impulsión con selección del equipo de bombeo		8. Cavitación
				9. Golpe de Ariete
				10. Potencia real
		5. Eficiencia de las líneas de impulsión		11. Caudal requerido
			6. Valor actual de la línea de impulsión y equipo de bombeo	
				13. Valor Presente

ANEXO Nº 4: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TITULO : PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, USANDO LINEAS DE IMPULSION, PARA LA REPRESA DE PASTO GRANDE
- FASE I, REGION MOQUEGUA.

RESPONSABLE: BACH. PILAR JANENY FERNANDEZ HUAYANAY

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
La propuesta de mejora del sistema de abastecimiento de agua se realizará usando líneas de impulsión con tuberías de acero al carbono o HDPE, sistema de entrega de agua al canal y con selección del equipo de bombeo; para la Represa de Pasto Grande - Fase I, Región Moquegua.	Variable independiente: X = Uso de líneas de impulsión	X ₁ = Líneas de impulsión con tubería de acero al carbono X ₁ = f (X ₄ , X ₅)	X ₁ = Diámetro económico
			X ₂ = Caudal de 650 l/s
		X ₂ = Líneas de impulsión con tubería HDPE X ₂ = f (X ₆ , X ₇ , X ₈)	X ₃ = Diámetro económico
			X ₄ = Caudal de 650 l/s
		X ₃ = Sistema de entrega de agua al canal X ₃ = f (X ₉ , X ₁₀ , X ₁₁)	X ₅ = Poza de descarga
			X ₆ = Tuberías de descarga
		X ₄ = Selección del equipo de bombeo	X ₇ = Potencia
			X ₈ = Cavitación
			X ₉ = Golpe de Ariete
	Variable dependiente: Y = Mejorar del sistema de abastecimiento de agua	5. Eficiencia de las líneas de impulsión	X ₁₀ = Potencia real
			X ₁₁ = Caudal requerido
		6. Valor actual de la línea de impulsión y equipo de bombeo	X ₁₂ = Costos
			X ₁₃ = Valor Presente