

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería de Minas

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA DRENAR EL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA UNIDAD MINERA SAN BLAS, NIVEL EL QUINTO, PIQUE 62-ALGAMARCA, CAJABAMBA 2021”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Jhimy Ivan Caro Edquen
Leslie Judith Paredes Valderrama

Asesor:

Mg. Rafael Napoleón Ocas Boñon

Cajamarca - Perú

2022

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a Dios, quien esta está con nosotros día a día y guía nuestras vidas para no caer y seguir adelante.

A nuestros padres y hermanos, quienes a lo largo de nuestras vidas han logrado velar por nosotros inculcándonos valores, brindándonos educación y motivándonos para continuar, depositando su entera confianza en cada reto que se nos presenta, sin dudar ni un solo momento en nuestra capacidad.

Los autores.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos para alcanzar nuestros objetivos, por darnos las fortalezas para continuar y la salud para seguir adelante.

A nuestros padres y hermanos, quienes nos apoyaron y motivaron siempre de forma incondicional en nuestra formación universitaria.

A nuestros docentes de la universidad, a quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, en especial al ingeniero **Rafael Napoleón Ocas Boñon**, por su paciencia y compartirnos sus experiencias aprendidas en el trabajo.

Finalmente, un eterno agradecimiento a nuestra alma máter, la cual prepara a jóvenes para nuevos retos y desafíos del futuro.

Los autores.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	17
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	21
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	74
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de días monitoreados en temporada seca y lluviosa	21
Tabla 2. Caudal en temporada de lluvia en pique 62, desde el 7 de octubre, 2020 hasta el 2 de mayo, 2021.....	22
Tabla 3. Volumen de agua para bombeo en temporada de lluvia en el pique 62	22
Tabla 4. Caudal en temporada seca en pique 62, desde el 2 de mayo, 2021 hasta el 7 de octubre, 2021.....	23
Tabla 5. Volumen de agua para bombeo en temporada seca en el pique 62.	23
Tabla 6. Caudal en temporada de lluvia en chimenea, desde el 7 de octubre, 2020 hasta el 2 de mayo, 2021.....	24
Tabla 7. Caudal en temporada seca en chimenea, desde el 2 de mayo, 2021 hasta el 7 de octubre, 2021.....	25
Tabla 8. Resumen de caudales para el diseño del sistema de bombeo	26
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos del agua.....	27
Tabla 10. Parámetros requeridos para la selección de la bomba	67
Tabla 11. Especificaciones del tanque pulmón vertical de aire	68
Tabla 12. Especificaciones de la bomba neumática.....	68
Tabla 13. Características de la bomba	69
Tabla 14. Costo de bomba y tanque pulmón acumulador de aire comprimido	72
Tabla 15. Costo de mano de obra para instalación	72
Tabla 16. <i>Costo de accesorios de instalación</i>	73
Tabla 17. Total de costos operacionales	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Primer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 01).....	28
Figura 2. Características de la bomba-Primer modelo (Estación 01)	29
Figura 3. Características de las tuberías para el primer modelo (Estación 01).....	29
Figura 4. Curva del sistema-primer modelo (Estación 01).....	30
Figura 5. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-primer modelo (Estación 01)	30
Figura 6. Segundo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 02).....	31
Figura 7. Características de la bomba-segundo modelo (Estación 02).....	32
Figura 8. Características de las tuberías para el segundo modelo (Estación 02)	32
Figura 9. Curva del sistema-segundo modelo (Estación 02)	33
Figura 10. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-segundo modelo (Estación 02).....	33
Figura 11. Tercer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 03)	34
Figura 12. Características de la bomba-tercer modelo (Estación 03).....	35
Figura 13. Características de las tuberías para el tercer modelo (Estación 03)	35
Figura 14. Curva del sistema-tercer modelo (Estación 03)	36
Figura 15. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-tercer modelo (Estación 03).....	36
Figura 16. Cuarto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 04).....	37
Figura 17. Características de la bomba-cuarto modelo (Estación 04)	38
Figura 18. Características de las tuberías para el cuarto modelo (Estación 04)	38
Figura 19. Curva del sistema-cuarto modelo (Estación 04).....	39
Figura 20. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-cuarto modelo (Estación 04)	39
Figura 21. Quinto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 05).....	40
Figura 22. Características de la bomba-quinto modelo (Estación 05).....	41
Figura 23. Características de las tuberías para el quinto modelo (Estación 05)	41
Figura 24. Curva del sistema-quinto modelo (Estación 05)	42

Figura 25. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-quinto modelo (Estación 05).....	42
Figura 26. Sexto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 06).....	43
Figura 27. Características de la bomba-sexto modelo (Estación 06).....	44
Figura 28. Características de las tuberías para el sexto modelo (Estación 06).....	44
Figura 29. Curva del sistema-sexto modelo (Estación 06).....	45
Figura 30. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-sexto modelo (Estación 06).....	45
Figura 31. Séptimo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 07)	46
Figura 32. Características de la bomba-séptimo modelo (Estación 07)	47
Figura 33. Características de las tuberías para el séptimo modelo (Estación 07).....	47
Figura 34. Curva del sistema-séptimo modelo (Estación 07).....	48
Figura 35. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-séptimo modelo (Estación 07)	48
Figura 36. Octavo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 08)	49
Figura 37. Características de la bomba-octavo modelo (Estación 08)	50
Figura 38. Características de las tuberías para el octavo modelo (Estación 08).....	50
Figura 39. Curva del sistema- octavo modelo (Estación 08).....	51
Figura 40. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- octavo modelo (Estación 08)	51
Figura 41. Noveno modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 09)	52
Figura 42. Características de la bomba-noveno modelo (Estación 09)	53
Figura 43. Características de las tuberías para el noveno modelo (Estación 09).....	53
Figura 44. Curva del sistema- noveno modelo (Estación 09).....	54
Figura 45. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- noveno modelo (Estación 09)	54
Figura 46. Décimo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 10)	55
Figura 47. Características de la bomba-décimo modelo (Estación 10)	56
Figura 48. Características de las tuberías para el décimo modelo (Estación 10).....	56
Figura 49. Curva del sistema- décimo modelo (Estación 10).....	57

Figura 50. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- décimo modelo (Estación 10)	57
Figura 51. Decimoprimer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 11)	58
Figura 52. Características de la bomba- decimoprimer modelo (Estación 11).....	59
Figura 53. Características de las tuberías para el decimoprimer modelo (Estación 11)	59
Figura 54. Curva del sistema – decimoprimer modelo (Estación 11)	60
Figura 55. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-decimoprimer modelo (Estación 11)	60
Figura 56. Decimosegundo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 12).....	61
Figura 57. Características de la bomba- decimosegundo modelo (Estación 12).....	62
Figura 58. Características de las tuberías para el decimosegundo modelo (Estación 12)	62
Figura 59. Curva del sistema- decimosegundo modelo (Estación 12)	63
Figura 60. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- decimosegundo modelo (Estación 12)	63
Figura 61. Decimotercero modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 13)	64
Figura 62. Características de la bomba-decimotercero modelo (Estación 13)	65
Figura 63. Características de las tuberías para el decimotercero modelo (Estación 13)	65
Figura 64. Curva del sistema- decimotercero modelo (Estación 13).....	66
Figura 65. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- decimotercero modelo (Estación 13)	66
Figura 66. Curva de bomba neumática según el proveedor.....	67
Figura 67. Diagrama de procesos del sistema de bombeo	70
Figura 68. Diseño de la bomba en 3D	71
Figura 69. Reporte del sistema de bombeo-estación N°1 a 4 m de avance	82
Figura 70. Reporte del sistema de bombeo-estación N°2 a 8 m de avance	83
Figura 71. Reporte del sistema de bombeo-estación N°3 a 12 m de avance	84
Figura 72. Reporte del sistema de bombeo-estación N°4 a 16 m de avance	85
Figura 73. Reporte del sistema de bombeo-estación N°5 a 20 m de avance	86

Figura 74. Reporte del sistema de bombeo-estación N°6 a 24 m de avance	87
Figura 75. Reporte del sistema de bombeo-estación N°7 a 28 m de avance	88
Figura 76. Reporte del sistema de bombeo-estación N°8 a 32 m de avance	89
Figura 77. Reporte del sistema de bombeo-estación N°9 a 36 m de avance	90
Figura 78. Reporte del sistema de bombeo-estación N°10 a 40 m de avance	91
Figura 79. Reporte del sistema de bombeo-estación N°11 a 44 m de avance	92
Figura 80. Reporte del sistema de bombeo-estación N°12 a 48 m de avance	93
Figura 81. Reporte del sistema de bombeo-estación N°13 a 46 m de avance	94
Figura 82. Análisis químico de muestras de mineral del pique 62	95
Figura 83. Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua	96
Figura 84. Características de bomba.....	99
Figura 85. Materiales de la bomba.....	100
Figura 86. Curva de bomba proporcionada por el proveedor	101
Figura 87. Características tanque pulmón vertical de aire	102
Figura 88. Descripción del tanque pulmón vertical de aire	103
Figura 89. Plano de trayectoria del lugar de estudio.....	104
Figura 90. Plano topográfico de la bocamina hasta la chimenea.....	105
Figura 91. Ingreso a mina convencional nivel El Quinto	106
Figura 92. Filtración de agua por fisuramiento en el macizo rocoso.....	107
Figura 93. Acumulación de agua en punto inicial del Pique 62	108
Figura 94. Medición de caudal al inicio del pique.....	109
Figura 95. Visita a la zona de estudio	110
Figura 96. Acceso de la galería principal al subnivel	111
Figura 97. Voluta e impulsor de una bomba centrífuga	112
Figura 98. Principales elementos de las bombas	112

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de elaborar el diseño de un sistema de bombeo para la evacuación de agua subterránea en la unidad minera San Blas, Nivel el quinto-Pique 62-Algamarca, Cajabamba 2021. Por lo tanto, este proyecto nos permitirá controlar las aguas expuestas en interior mina, facilitando la extracción del mineral y evitando retrasos en la operación, manteniendo condiciones de trabajo óptimas, ya sea en épocas de lluvias o temporadas secas. El tipo de investigación es aplicada, con diseño no experimental-descriptiva, la cual busca la utilización de conocimientos en la práctica y poder aplicarlo en beneficio del dueño de la unidad minera. Por otro lado, se realizó diferentes estudios, como topográficos, hidrológicos, cálculo de parámetros del agua, selección, diseño y estimación de costos del sistema de bombeo. A partir del estudio, se propuso el diseño de un sistema de bombeo neumático capaz de evacuar $0.001419 \text{ m}^3/\text{s}$ manejando 13 estaciones de bombeo según el avance del pique para la extracción del mineral.

Palabras clave: (Sistema de bombeo, bombas de agua, evacuación de agua subterránea).

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

La minería es una de las actividades más importantes que aporta con la economía mundial, sin embargo, uno de los obstáculos que afrontan a diario es el manejo y drenaje de aguas para evitar inundaciones en las áreas operativas, este dilema causa descensos en la productividad y disponibilidad de equipos. En el Perú, las minas subterráneas más antiguas son las que presentan mayor caudal, debido a la profundidad. No obstante, en las minas a tajo abierto la cantidad de agua es variable debido a su forma y extensión. Por ejemplo, las minas Animón y Arcata tienen dificultades para bombear el agua ya que el caudal que existe es abundante. Asimismo, el tajo Raúl Rojas de Cerro de Pasco es el más caudaloso.

El propósito de realizar el presente estudio, surgió luego de percibir la presencia de aguas subterráneas en la unidad minera San Blas, Pique 62 del nivel El Quinto-Algamarca, Cajabamba, la cual se filtra por pequeñas fracturas y orificios, luego recorre los niveles, generando daños en los puntales, escaleras y descansos, además acumula agua en el pique 62 debido a que no tiene una corriente continua, por lo tanto, es difícil realizar la extracción del mineral de manera óptima y eficiente. Por otro lado, existe un historial de accidentes incapacitantes temporal y leves.

Según lo expuesto se propone diseñar un sistema de bombeo para drenar el agua subterránea en la unidad minera San Blas, nivel el Quinto-Pique 62, Algamarca, Cajabamba 2021, de modo que, se determinará los caudales en las distintas épocas del año y el material a utilizar en la construcción del sistema de bombeo, el cálculo de los parámetros del agua y el análisis de costos del diseño. Para realizar este trabajo se va a recolectar datos y realizar un estudio riguroso mediante cálculos y diseños en un software que determinen el sistema de bombeo adecuado para el área de trabajo ya mencionada. Para ello, se identificaron otros estudios que anteceden al presente trabajo de investigación, que a continuación se analizan:

Muñoz (2016) quien presentó su tesis a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, titulada “Optimización del sistema de bombeo y manejo de las aguas residuales producto de la explotación mineral en la mina de carbón San Fernando, Amagá-Antioquia”; tiene como objetivo optimizar el sistema de bombeo y proponer una solución al manejo de las aguas residuales en la mina. El tipo de investigación es descriptiva-aplicada. La problemática más resaltante son las deficiencias en el rendimiento de las bombas, las fallas y averías en los equipos. Al culminar el estudio, se elevó la eficiencia promedio del sistema, de un 17 % a un 53 %, logrando un ahorro significativo de costos operativos.

De igual forma, Ortiz (2014) en su tesis presentada a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, titulada “Diseño e implementación del sistema de bombeo principal del sector A-mina Calenturitas, propiedad de C.I Prodeco S.A, la Loma, Cesar”, cual objetivo es determinar el balance hídrico en el sector A y seleccionar los equipos adecuados para el sistema de bombeo. El tipo de investigación es descriptiva y aplicada. El problema más relevante es la circulación de agua en las áreas operativas. Luego del estudio, se obtuvo un balance hídrico garantizando la capacidad del sistema y el manejo de las aguas de escorrentía que afectan la operación tanto en épocas de lluvias como en épocas secas.

Asimismo, Rodríguez (2014) presentó su tesis a la Universidad Nacional del Centro del Perú, denominada “Mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en Volcan Compañía Minera S.A.A-Unidad San Cristóbal”, el objetivo principal es mejorar el sistema de bombeo para la evacuación eficiente de aguas subterráneas. El tipo de investigación es aplicada. El problema de investigación se localiza en las fallas continuas de funcionamiento del sistema, que consta de tres bombas instaladas en paralelo en el nivel 1020, de 750 HP. En conclusión, se obtiene un caudal de bombeo de $0.00283 \text{ m}^3/\text{s}$ (170 l/s) mediante tres bombas instaladas en serie con potencia de 350 HP.

También, Alvarado (2018) presentó su tesis a la Universidad Cesar Vallejo, titulada

“Diseño de un sistema de bombeo estacionario automático para evacuación de 72 l/s de aguas subterráneas en la minera aurífera Retamas”, el objetivo principal es diseñar un sistema de bombeo automático para evacuar de 0.072 m³/s. El tipo de investigación es pre-experimental. La principal problemática es la inundación en los frentes de trabajo y la pérdida de producción debido al incremento de caudal de 0.034 a 0.038 m³/s por la apertura de labores mineras: Valeria IV, Inclinado y Chilcas. Se concluye, con el diseño del sistema automático capaz de evacuar 0.09 m³/s (90 l/s) utilizando dos electrobombas horizontales de 500 HP en 4.16 Kv.

Del mismo modo, Rafael (2019) presentó su tesis a la Universidad Nacional del Centro del Perú, denominada “Implementación de un sistema de bombeo integral para la evacuación de aguas subterráneas en minera KOLPA S.A.”, el objetivo es sistematizar el bombeo de aguas subterráneas en la mina. El tipo de investigación es aplicada-descriptiva. El problema es la falla en el funcionamiento de una de las 13 bombas en serie, en el nivel 4330 produciendo la inundación de la rampa 2, estas bombas asumen un total de 745 HP. Se concluye con un caudal de bombeo de 0.095 m³/s utilizando 2 bombas de turbinas verticales en serie de 500 HP cada una, una en funcionamiento y la otra en stand by.

Además, Condezo (2019) presentó su tesis a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, titulada “Mejoramiento del sistema de bombeo y drenaje de aguas subterráneas unidad de producción Uchucchacua CIA de Minas Buenaventura S.A.A.”, cual objetivo es mejorar el sistema de bombeo para la evacuación eficiente de aguas subterráneas. El tipo de investigación es descriptiva-cuantitativa correlacionado. El problema se encuentra en el nivel 3990, debido a las constantes inundaciones por fallas de funcionamiento continuo de las tres bombas instaladas en paralelo de 750 HP. Como resultado se tiene tres bombas instaladas en serie, con motor eléctrico de 350 HP cada una, apto para bombear 0.15 m³/s.

Por otro lado, Medrano (2019) presentó su tesis a la Universidad Continental, denominada “Optimización en el sistema de bombeo y drenaje de la veta Ánimas Minera Bateas”, su

objetivo es incorporar nuevos sistemas de bombeo y drenaje para mejorar la productividad. El tipo de investigación es aplicada-no experimental. El problema es el ingreso de agua hacia las labores inferiores de la mina de 15 m verticalmente con un caudal de $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$. Se estima profundizar las labores incrementando un caudal de $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$, empleando 02 estaciones de bombeo, la primera conformada por 03 bombas horizontales centrífugas de $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$ -102 m, 01 bomba sumergible vertical, de $0.011 \text{ m}^3/\text{s}$ -25 m; la otra de : 03 bombas de alta presión, con capacidad de $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$ -186 m y 01 bomba sumergible vertical, de $0.011 \text{ m}^3/\text{s}$ -25 m.

A continuación, se aborda el sustento teórico relacionado a las variables de la presente investigación: Diseño de un Sistema de Bombeo para Drenar el Agua Subterránea en la Unidad Minera San Blas, Nivel el Quinto-Pique 62, Algamarca-Cajabamba, 2021.

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, desde interior mina hasta la superficie, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. (Rodríguez, 2014, p. 22).

La presencia de un sistema de bombeo en una mina es imprescindible para facilitar la extracción del mineral de interés, en tal sentido, existen diferentes tipos de bombas y dependen de su forma, funcionamiento, velocidad de accionamiento y sobre todo de las propiedades del fluido, como viscosidad, turbidez, pH, alcalinidad, salinidad, temperatura, la cantidad de sólidos suspendidos y densidad de sólidos (DIGESA, 2016).

Las bombas centrífugas, son el tipo más común de bomba rotodinámica. Se encuentran bombas centrífugas para caudales desde 1 L/min hasta 106 L/min, alturas hasta varias centenas de metros. El rendimiento de las bombas más grandes puede llegar al 90% y su curva de potencia aumenta con el caudal. Se compone de un rodete o impulsor, constituido por álabes que producen cambios en el momento cinético del fluido, de modo que su velocidad y presión

a la salida son superiores a las de la entrada. La voluta conduce el fluido desde la salida del rodete hasta la brida de descarga (Ver Figura 97 y 98).

Para el diseño de tuberías se debe tener en cuenta factores importantes como el material de tubería según el comportamiento hidráulico (velocidades, presiones, golpe de ariete), el diámetro de la partícula, las pérdidas de carga, el caudal de diseño, diámetros mínimos y pendientes (Magne, 2008, pág. 102).

El cárcamo de bombeo es necesario para recibir el agua residual antes de su bombeo, se usan para impulsar todo tipo de agua y cuando la cota del área de captación de agua es muy baja como para drenar por gravedad. En ciertos casos se instala con rejas para proteger las bombas. El volumen del cárcamo va a depender del tipo de bombas ya sea de velocidad constante o variable. La velocidad constante implica volumen suficiente para evitar ciclos de funcionamiento muy cortos (Ruiz, 2014, pág. 11).

El empleo de la tubería de succión, se realizará cuando se utilicen bombas centrífugas y axiales con motores externos no sumergibles. Se considera que el diámetro de la tubería de succión debe ser mayor que el de impulsión y la velocidad en la tubería de succión debe estar entre 0,60 m/s y 0,90 m/s. La altura de succión debe evitar el riesgo de cavitación en las bombas por presión de succión. Por otro lado, La tubería de impulsión no debe ser diseñada con cambios bruscos de dirección de flujo, se diseña para distancias largas y cortas con un rango de 1,50 m/s a 2,0 m/s, (Magne, 2008, pág. 121).

El caudal de diseño depende del sistema de abastecimiento de agua, es decir si el sistema es por gravedad y cuenta con un almacenamiento debe calcularse con el caudal máximo diario. En segundo lugar, si el sistema es por gravedad y no cuenta con un almacenamiento, y la aducción se efectúa directamente a la red, la obra de aducción debe calcularse con el caudal máximo horario (Ruiz, 2014, pág. 98).

1.2. Formulación del problema

En nivel El Quinto-Pique 62, hasta el momento no se ha implementado un sistema de bombeo para evacuar de manera correcta el agua almacenada producto de la filtración continua. Para realizar el estudio correspondiente y encontrar una solución al constante problema nos hacemos la siguiente pregunta.

- ✓ ¿Cuál es el diseño del sistema de bombeo para drenar el agua subterránea en la unidad minera San Blas, Nivel el Quinto, Pique 62-Algamarca, Cajabamba 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- ✓ Diseñar un sistema de bombeo para drenar el agua subterránea en la unidad minera San Blas, nivel El Quinto “Pique 62”, Algamarca – Cajabamba.

1.3.2. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar el caudal máximo y mínimo del agua en las distintas épocas del año.
- ✓ Calcular los parámetros de agua para el diseño del sistema de bombeo en el nivel El Quinto - Pique 62.
- ✓ Definir los materiales para diseño del sistema de bombeo.
- ✓ Analizar los costos del diseño del sistema de bombeo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- ✓ Con el diseño del sistema de bombeo se logrará drenar el agua subterránea en la unidad minera San Blas, nivel El Quinto, Pique 62-Algamarca, Cajabamba 2021, el cual permitirá el desarrollo de las operaciones con mayor eficiencia y seguridad.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación por el fin que persigue es Aplicada, dado que busca la utilización de conocimientos en la práctica, diseñando un sistema de bombeo y poder aplicarlo para facilitar la extracción del mineral; por otro lado, según el diseño de contrastación es Descriptiva, ya que busca analizar y describir los datos y rasgos importantes que impliquen el diseño del sistema de bombeo para el drenaje de aguas subterráneas. En consideración a lo expuesto anteriormente, la presente investigación es aplicada, no experimental y descriptiva, ya que los datos recolectados son reales, conocidos y adquiridos durante la investigación. Así mismo, se ha considerado las siguientes variables:

Variable independiente: Diseño de un sistema de bombeo.

Variable dependiente: Drenaje de agua subterránea.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Unidad minera San Blas

2.2.2. Muestra

Pique 62 del nivel El Quinto.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

La recolección de datos se realizará a través de las siguientes técnicas:

- Análisis documental, para la obtención antecedentes de la investigación e información necesaria de Artículos científicos, tesis, repositorios institucionales, páginas web.
- La toma de datos y coordenadas del lugar de estudio se obtendrá de la información topográfica de las labores y utilización del GPS.

- Obtención de caudales mediante el uso de información hidrológica de la unidad minera, una probeta y un cronómetro.
- El cálculo de los parámetros del agua se realizará mediante la toma de muestras y análisis en el laboratorio regional de Aguas.
- Observación detallada en campo para los registros fotográficos en la zona de estudio y toma de datos en hojas de apuntes.

2.3.2. Instrumentos

- GPS, probeta, cronómetro.
- Softwares: AutoCAD 2021, Civil 3D, Excel y AFT Fathom.

2.3.3. Técnicas e instrumentos de análisis de datos

El análisis de los datos se realizará a través de hojas Excel, mientras que la elaboración de planos será mediante el software de AutoCAD y Civil 3D 2020, al igual que el diseño del sistema de bombeo se empleará el software AFT Fathom.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Pre campo

Para esta etapa comprenden los estudios antes de realizar la recolección de los datos en la zona de estudio. Se realizó la recopilación de información bibliográfica para lograr un mejor estudio, se obtuvo información de diversas fuentes entre revistas, informes y tesis de pregrado, todos en idioma español. Utilizando base de datos de RENATI, Google Académico, Repositorios institucionales, Dialnet, Scielo, y Redalyc, de las cuales se han tomado las investigaciones más recientes, ya que estas proporcionan una información actual de las metodologías utilizadas.

2.4.2. Campo

Para esta etapa comprende la información in situ, netamente visitas a campo.

- En la mina se van registrar datos que influyen directamente en el sistema de bombeo, como el caudal y muestras de agua para determinar sus parámetros.
- Tomar los puntos topográficos de accesos, galerías y dimensiones del pique 62.
- Recolección de datos hidrológicos de la mina mediante datos proporcionados.
- Recolección de datos para estimar los costos e inversión económica para el diseño sistema de bombeo.

2.4.3. Post Campo

En esta etapa comprende el procesamiento de datos en gabinete.

- Elaboración de tablas para organizar los datos del caudal de agua en los diferentes puntos con mayor presencia de volumen de agua.
- Software AutoCAD y Civil 3D para la elaboración del plano topográfico de accesos, galerías y dimensiones del pique 62.
- Elaboración de la propuesta del diseño del sistema de bombeo en función al caudal estimado, con el software *AFT Fathom*.
- Análisis de costos del diseño del sistema de bombeo, utilizando el Excel.

2.5. Aspectos éticos

- La presente investigación titulada “Diseño de un Sistema de Bombeo para Drenar el Agua Subterránea en la Unidad Minera San Blas, Nivel El Quinto, Pique 62-Algamarca, Cajabamba, 2021”, se desarrolló según los lineamientos del formato dados por la Universidad Privada del Norte.
- En este estudio las citas se realizaron de acuerdo con el manual de Normas APA 7^a edición.

- En el diseño del sistema de bombeo se utilizó el Software AFT Fathom versión 2018 con numero de licencia 01100-54321. Por otro lado, para la elaboración de planos se utilizó el AutoCAD y Civil 3D, ambos versión 2020.
- En el ámbito social, la implementación de un sistema de bombeo va a generar empleos y crecimiento económico para la empresa minera.
- En el entorno del medio ambiente, la investigación va a contribuir con un óptimo manejo y drenaje de aguas producto de las operaciones mineras.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Determinación del caudal máximo y mínimo del agua en distintas épocas del año

Para obtener el caudal que se va a bombear durante toda la operación tenemos que analizar el caudal en temporada seca y temporada lluviosa, para ello se realizó los estudios estadísticos durante todo un año, obteniendo:

Tabla 1

Número de días monitoreados en temporada seca y lluviosa

Temporada	Número de días	Tiempo
Temporada lluviosa	207	Desde 7 de octubre, 2020 hasta el 2 de mayo, 2021
Temporada seca	158	Desde el 2 de mayo, 2021 hasta el 7 de octubre, 2021

Nota. Esta tabla muestra el número de días que se ha monitoreado el caudal en las dos temporadas: seca y lluviosa.

Cálculo del Caudal en el Pique 62. En la previa evaluación realizada para la apertura del pique de dimensiones de 1.60 x1.60 m se identificó la presencia de agua que produce la filtración desde los niveles principales, además se consideró el agua que se genera al momento de perforar, ya que el equipo utilizado (perforadora YT29) genera una cierta cantidad de agua para mitigar el polvo.

Para calcular el caudal se utilizó un método sencillo, utilizando la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido, se realizó el cálculo en temporada seca y temporada lluviosa, los cuales se detallan en la Tabla 2 y la Tabla 4, respectivamente.

Tabla 2

Caudal en temporada de lluvia en pique 62, desde el 7 de octubre, 2020 hasta el 2 de mayo, 2021

Item	Hora	Fecha	Recipiente litros (l)	Agua por filtración			Agua por perforadora			
				Cronometro tiempo (min)	Caudal (l/min)	Caudal (m ³ /s)	Recipiente litros (l)	Cronómetro tiempo (min)	Caudal (l/s)	CAUDAL (m ³ /s)
1	15:16:00	07/10/2020	1.12	0.7362	1.52133	0.000025	1.10	3.7167	0.295961	0.0000049
2	16:54:00	07/10/2020	1.13	0.7265	1.5554	0.000026	1.12	3.7285	0.300389	0.0000050
3	08:46:00	06/12/2020	1.15	0.6925	1.66065	0.000028	1.11	3.7245	0.298027	0.0000050
4	09:23:00	06/12/2020	1.12	0.6985	1.60344	0.000027	1.12	3.7339	0.299954	0.0000050
5	13:02:00	15/02/2021	1.16	0.7052	1.64492	0.000027	1.13	3.7158	0.304107	0.0000051
6	13:21:00	15/02/2021	1.12	0.7154	1.56556	0.000026	1.12	3.7254	0.300639	0.0000050
7	15:03:00	19/03/2021	1.14	0.7056	1.61565	0.000027	1.14	3.7156	0.306815	0.0000051
8	15:20:00	19/03/2021	1.12	0.7051	1.58843	0.000026	1.13	3.7384	0.302268	0.0000050
9	12:10:00	04/04/2021	1.15	0.7915	1.45294	0.000024	1.15	3.7456	0.307027	0.0000051
10	13:28:00	05/04/2021	1.13	0.8032	1.40687	0.000023	1.12	3.7165	0.301359	0.0000050

Nota. Esta tabla muestra los caudales obtenidos en temporada de lluvia, en el pique 62.

Tabla 3

Volumen de agua para bombeo en temporada de lluvia en el pique 62

Promedio de caudales	Caudal (l/min)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/h)	Horas de exposición (h)	Litros para drenaje diario (l)	Total de agua para bombeo (l)	Total de agua para bombeo (m ³)
Caudal por filtración	1.6606	0.0000277	99.6390	24	2391.3357	2465.0222	2.465
Caudal por perforadora	0.30702691	0.0000051	18.4216	4	73.6865		

Nota. Esta tabla muestra el volumen de agua calculado en temporada de lluvia, en el pique 62

Tabla 4

Caudal en temporada seca en pique 62, desde el 2 de mayo, 2021 hasta el 7 de octubre, 2021

Ítem	Hora	Fecha	Recipiente litros (l)	Agua por filtración			Agua por perforadora			
				Cronometro tiempo (min)	Caudal (l/min)	Caudal (m ³ /s)	Recipiente litros (l)	Cronometro tiempo (min)	Caudal (l/min)	Caudal (m ³ /s)
1	11:19:00	02/05/2021	0.80	0.8167	0.98	0.000016	1.19	3.7167	0.32018	0.000053
2	15:18:00	03/05/2021	0.75	0.8243	0.91	0.000015	1.16	3.7285	0.31112	0.000052
3	09:37:00	16/06/2021	0.78	0.8023	0.97	0.000016	1.18	3.7245	0.31682	0.000053
4	10:28:00	16/06/2021	0.78	0.8365	0.93	0.000016	1.16	3.7339	0.31067	0.000052
5	10:16:00	12/07/2021	0.74	0.8659	0.85	0.000014	1.15	3.7158	0.30949	0.000052
6	11:45:00	12/07/2021	0.76	0.8526	0.89	0.000015	1.15	3.7254	0.30869	0.000051
7	16:52:00	03/08/2021	0.72	0.7826	0.92	0.000015	1.14	3.7156	0.30681	0.000051
8	17:36:00	03/08/2021	0.74	0.7962	0.93	0.000015	1.16	3.7384	0.31029	0.000052
9	13:15:00	24/09/2021	0.75	0.8032	0.93	0.000016	1.14	3.7456	0.30436	0.000051
10	14:18:00	05/10/2021	0.78	0.7554	1.03	0.000017	1.17	3.7165	0.31481	0.000052

Nota. Esta tabla muestra los caudales obtenidos en temporada seca, en el pique 62.

Tabla 5

Volumen de agua para bombeo en temporada seca en el pique 62.

Promedio de caudales	Caudal (l/min)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (l/h)	Horas de exposicion (h)	Litros para drenaje diario (l)	Total de agua para bombeo (l)	Total de agua para bombeo (m ³)
Caudal por filtración	1.03	0.0000172	61.9539	24	1486.8944	1563.7367	1.5637
Caudal por perforadora	0.32018	0.0000053	19.2106	4	76.8424		

Nota. Esta tabla muestra el volumen de agua calculado en temporada seca, en el pique 62.

Cálculo del Caudal en la Chimenea de Acceso. Para poder llegar al lugar donde se ejecutará el pique, se debe subir por una chimenea la cual tiene 1.80 m x 1.80 m donde se analizó un alto caudal de agua el cual recorre por los puntales y escaleras disminuyendo su vida útil, el cual genera un costo, definitivamente sino se cambia puede generar un accidente leve, incapacitante o mortal por caída de personal a diferente nivel.

De igual manera que en el pique para calcular el caudal se utilizó un método sencillo, utilizando la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido, se realizó el cálculo en temporada seca y temporada lluviosa, los cálculos obtenidos se detallan la Tabla 6 y la Tabla 7.

Tabla 6

Caudal en temporada de lluvia en chimenea, desde el 7 de octubre, 2020 hasta el 2 de mayo, 2021

Ítem	Hora	Fecha	Agua por filtración			
			Recipiente litros (l)	Cronometro tiempo (min)	Caudal (l/min)	Caudal (m ³ /s)
1	12:16:00	07/10/2020	5.2	0.065	80.00	0.001333
2	12:56:00	07/10/2020	5.15	0.066	78.03	0.001301
3	07:16:00	06/12/2020	5.70	0.07	81.43	0.001357
4	07:42:00	06/12/2020	5.85	0.072	81.25	0.001354
5	11:13:00	15/02/2021	5.01	0.061	82.13	0.001369
6	11:49:00	15/02/2021	5.04	0.06	84.00	0.001400
7	13:45:00	19/03/2021	5.11	0.06	85.11	0.001419
8	14:13:00	19/03/2021	5.20	0.062	83.87	0.001398
9	10:21:00	04/04/2021	5.72	0.069	82.90	0.001382
10	11:48:00	05/04/2021	5.74	0.068	84.41	0.001407

Nota. Esta tabla muestra los caudales obtenidos en temporada de lluvia, en la chimenea de acceso, presentando un caudal máximo de 85.11 l/min o 0.001419 m³/s, un caudal mínimo de 78.03 l/min o 0.001301 m³/s, y un caudal promedio de 82.31 l/min o 0.001372 m³/s.

El resumen de los caudales para realizar el diseño del sistema se evidencia en la Tabla 8.

Tabla 7

Caudal en temporada seca en chimenea, desde el 2 de mayo, 2021 hasta el 7 de octubre, 2021

Ítem	Hora	Fecha	Recipiente litros (l)	Agua por filtración		
				Cronómetro tiempo (min)	caudal (l/min)	caudal (m ³ /s)
1	10:25:00	02/05/2021	5.65	0.095	59.47	0.000991
2	14:42:00	03/05/2021	6.05	0.090	67.22	0.001120
3	08:56:00	16/06/2021	5.90	0.085	69.41	0.001157
4	09:12:00	16/06/2021	5.95	0.095	62.63	0.001044
5	09:23:00	12/07/2021	6.00	0.095	63.16	0.001053
6	09:50:00	12/07/2021	6.05	0.090	67.22	0.001120
7	14:28:00	03/08/2021	5.95	0.085	70.00	0.001167
8	15:01:00	03/08/2021	6.15	0.080	76.88	0.001281
9	16:24:00	24/09/2021	5.70	0.080	71.25	0.001188
10	13:40:00	05/10/2021	5.75	0.075	76.67	0.001278

Nota. Esta tabla muestra los caudales obtenidos en temporada seca, en la chimenea de acceso,

presentando un caudal máximo de 76.88 l/min o 0.001281 m³/s, un caudal mínimo de 59.47

l/min o 0.000991 m³/s, y un caudal promedio de 68.39 l/min o 0.001140 m³/s.

Tabla 8

Resumen de caudales para el diseño del sistema de bombeo

Item	Hora	Labor	Fecha	Agua por filtración		Hora	Labor	Fecha	Agua por filtración		Agua por perforadora	
				caudal (l/min)	caudal (m ³ /s)				caudal (l/min)	caudal (m ³ /s)	caudal (l/min)	caudal (m ³ /s)
01	12:16:00	CHIMENEA	07/10/2020	80.0000	0.001333	15:16:00	PIQUE	07/10/2020	1.5213	0.000025	0.2960	0.0000049
02	12:56:00	CHIMENEA	07/10/2020	78.0303	0.001301	16:54:00	PIQUE	07/10/2020	1.5554	0.000026	0.3004	0.0000050
03	07:16:00	CHIMENEA	06/12/2020	81.4286	0.001357	08:46:00	PIQUE	06/12/2020	1.6606	0.000028	0.2980	0.0000050
04	07:42:00	CHIMENEA	06/12/2020	81.2500	0.001354	09:23:00	PIQUE	06/12/2020	1.6034	0.000027	0.3000	0.0000050
05	11:13:00	CHIMENEA	15/02/2021	82.1311	0.001369	13:02:00	PIQUE	15/02/2021	1.6449	0.000027	0.3041	0.0000051
06	11:49:00	CHIMENEA	15/02/2021	84.0000	0.001400	13:21:00	PIQUE	15/02/2021	1.5656	0.000026	0.3006	0.0000050
07	13:45:00	CHIMENEA	19/03/2021	85.1100	0.001419	15:03:00	PIQUE	19/03/2021	1.6156	0.000027	0.3068	0.0000051
08	14:13:00	CHIMENEA	19/03/2021	83.8710	0.001398	15:20:00	PIQUE	19/03/2021	1.5884	0.000026	0.3023	0.0000050
09	10:21:00	CHIMENEA	04/04/2021	82.8986	0.001382	12:10:00	PIQUE	04/04/2021	1.4529	0.000024	0.3070	0.0000051
10	11:48:00	CHIMENEA	05/04/2021	84.4118	0.001407	13:28:00	PIQUE	05/04/2021	1.4069	0.000023	0.3014	0.0000050
11	10:25:00	CHIMENEA	02/05/2021	59.4737	0.000991	11:19:00	PIQUE	02/05/2021	0.9796	0.000016	0.3202	0.0000053
12	14:42:00	CHIMENEA	03/05/2021	67.2222	0.001120	15:18:00	PIQUE	03/05/2021	0.9099	0.000015	0.3111	0.0000052
13	08:56:00	CHIMENEA	16/06/2021	69.4118	0.001157	09:37:00	PIQUE	16/06/2021	0.9722	0.000016	0.3168	0.0000053
14	09:12:00	CHIMENEA	16/06/2021	62.6316	0.001044	10:28:00	PIQUE	16/06/2021	0.9325	0.000016	0.3107	0.0000052
15	09:23:00	CHIMENEA	12/07/2021	63.1579	0.001053	10:16:00	PIQUE	12/07/2021	0.8546	0.000014	0.3095	0.0000052
16	09:50:00	CHIMENEA	12/07/2021	67.2222	0.001120	11:45:00	PIQUE	12/07/2021	0.8914	0.000015	0.3087	0.0000051
17	14:28:00	CHIMENEA	03/08/2021	70.0000	0.001167	16:52:00	PIQUE	03/08/2021	0.9200	0.000015	0.3068	0.0000051
18	15:01:00	CHIMENEA	03/08/2021	76.8750	0.001281	17:36:00	PIQUE	03/08/2021	0.9294	0.000015	0.3103	0.0000052
19	16:24:00	CHIMENEA	24/09/2021	71.2500	0.001188	13:15:00	PIQUE	24/09/2021	0.9338	0.000016	0.3044	0.0000051
20	13:40:00	CHIMENEA	05/10/2021	76.6667	0.001278	14:18:00	PIQUE	05/10/2021	1.0326	0.000017	0.3148	0.0000052

Nota. Esta tabla muestra los caudales obtenidos durante la época de verano y la lluviosa en la chimenea y en el pique.

Cálculo de los parámetros de agua para el diseño del sistema de bombeo en el nivel El

Quinto - Pique 62.

El resultado de los parámetros fisicoquímicos de agua se evidencia en la Tabla 9.

Tabla 9

Parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
Turbidez	NTU	0.09	28.6
pH a 25 °C	pH	NA	3.2
Conductividad a 25 °C	uS cm	NA	101.8
Alcalinidad total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	0.5	61.5
Salinidad	PSU	NA	0.421
Temperatura	°C	NA	11
Densidad	g/L	NA	1020
	Kg/m ³	NA	
Viscosidad	cp	NA	1
% Sólidos	%	NA	5

Nota. Esta tabla presenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua, los cuales

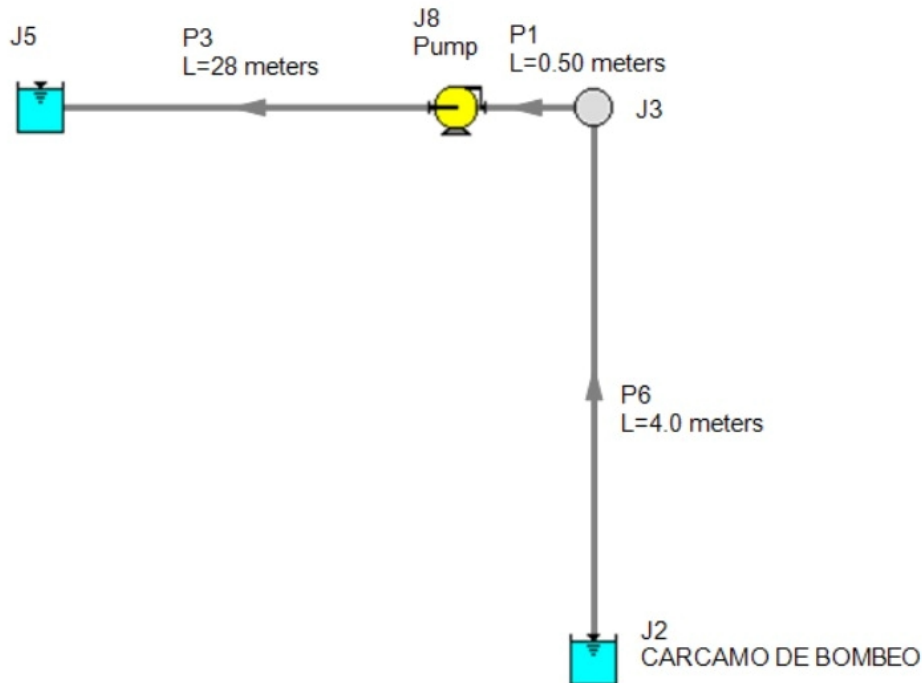
fueron obtenidos del análisis en el laboratorio de aguas, Cajamarca, (Ver Figura 82).

Modelos de Diseño del Sistema de Bombeo

Primer Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-4 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 1

Primer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 01)



Nota. La Figura, muestra el primer modelo con una altura de avance del pique de 4 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J8 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 0.50 metros del punto de control (J3).

P6 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 2

Características de la bomba-Primer modelo (Estación 01)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (meters)
8	Mostrar	Pump	85.11	3.190	13.37	9.217	100.0	N/D	0.1754	N/D	N/D	5.725	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al primer modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 3

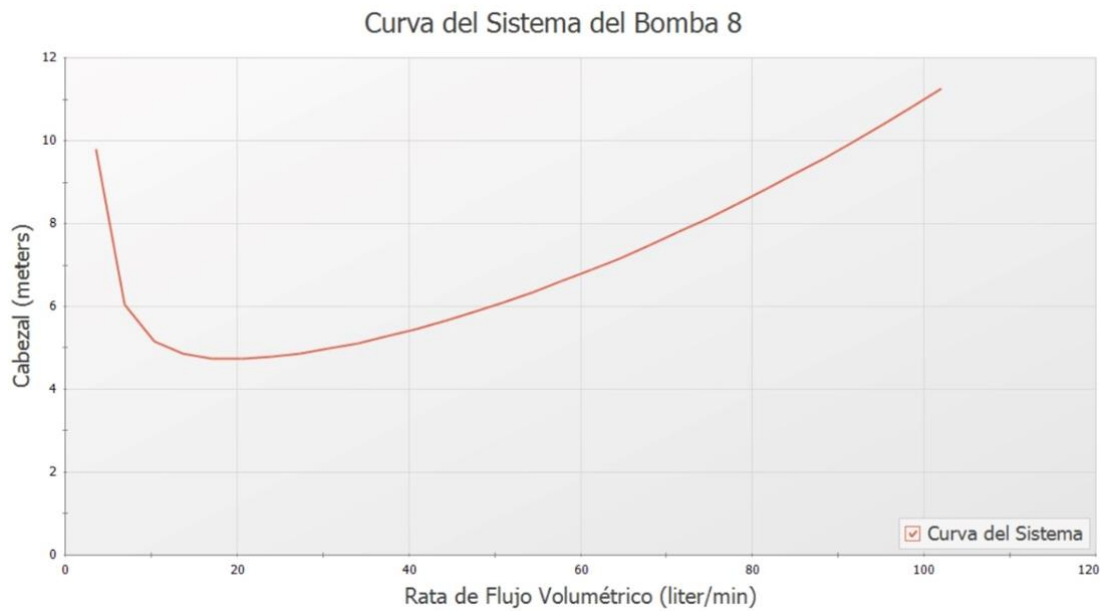
Características de las tuberías para el primer modelo (Estación 01)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (feet/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (meters)	Elevación de Salida (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (meters)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	Diámetro Hid. (inches)
1	Pipe	85.11	4.594	8.389	8.343	100.00	100.0	0.04594	0.04594	0.000	0.03167	8.389	8.343	8.534	8.488	1.414
3	Pipe	85.11	7.309	21.494	14.329	100.00	100.0	7.16483	7.16483	0.000	4.93855	21.494	14.329	21.861	14.696	1.121
6	Pipe	85.11	4.594	15.276	8.389	95.50	100.0	6.88720	6.88720	6.529	0.24720	15.276	8.389	15.421	8.534	1.414

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el primer modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 4

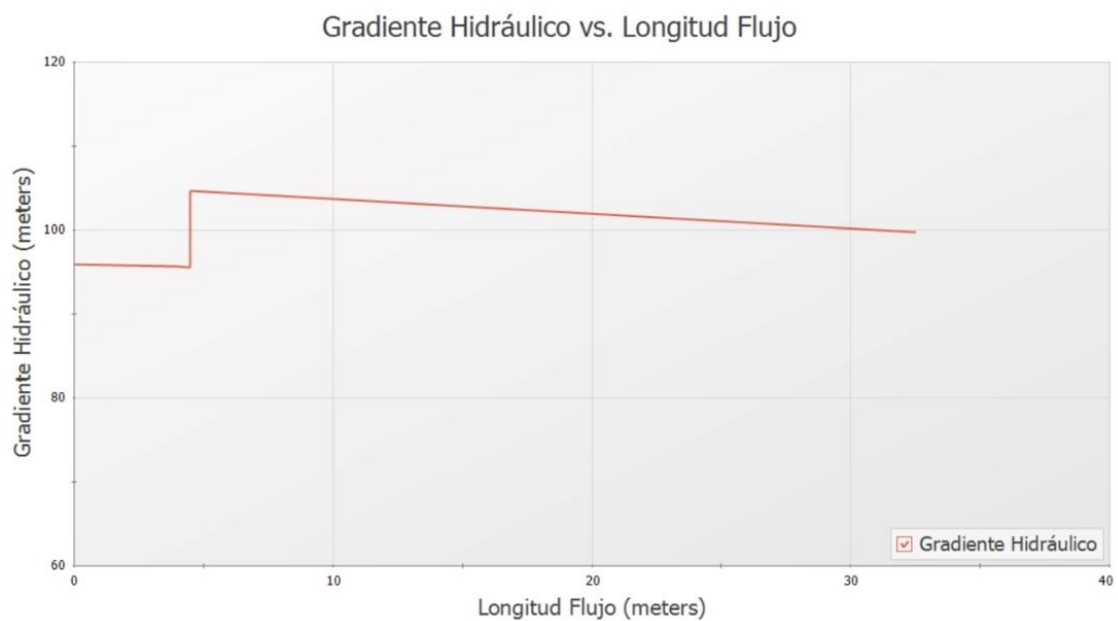
Curva del sistema-primer modelo (Estación 01)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 5

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-primer modelo (Estación 01)

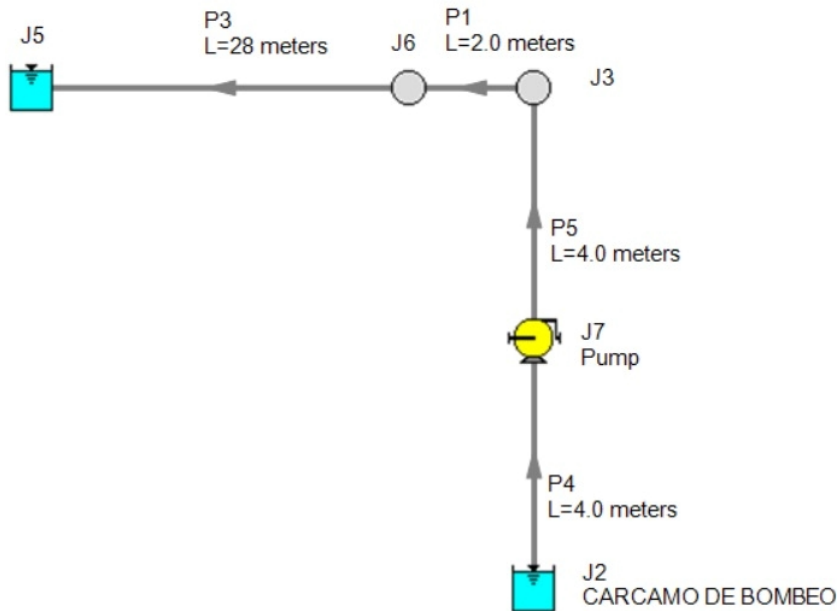


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Segundo Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-8 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 6

Segundo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 02)




Nota. La figura, muestra el segundo modelo con una altura de avance del pique de 8 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 4 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 7

Características de la bomba-segundo modelo (Estación 02)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	20.76	14.31	100.0	N/D	0.2722	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al segundo modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 8

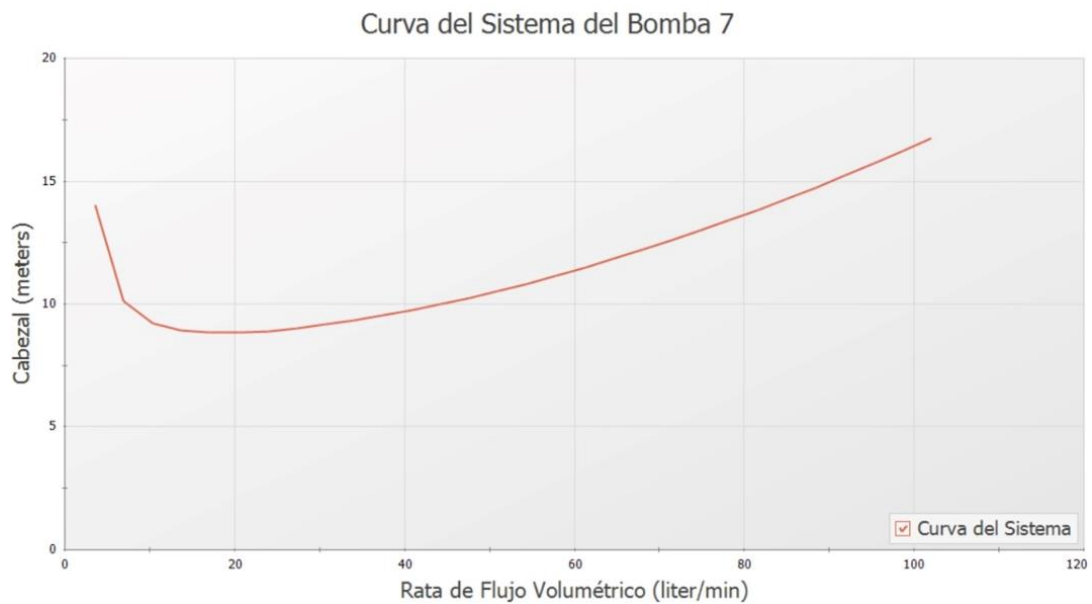
Características de las tuberías para el segundo modelo (Estación 02)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1649	7.1649	0.000	16.2027	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	300.2	315.0	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	28.92	22.032	315.0	328.1	6.8931	6.8931	5.803	2.4648	28.92	22.032	29.29	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el segundo modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 9

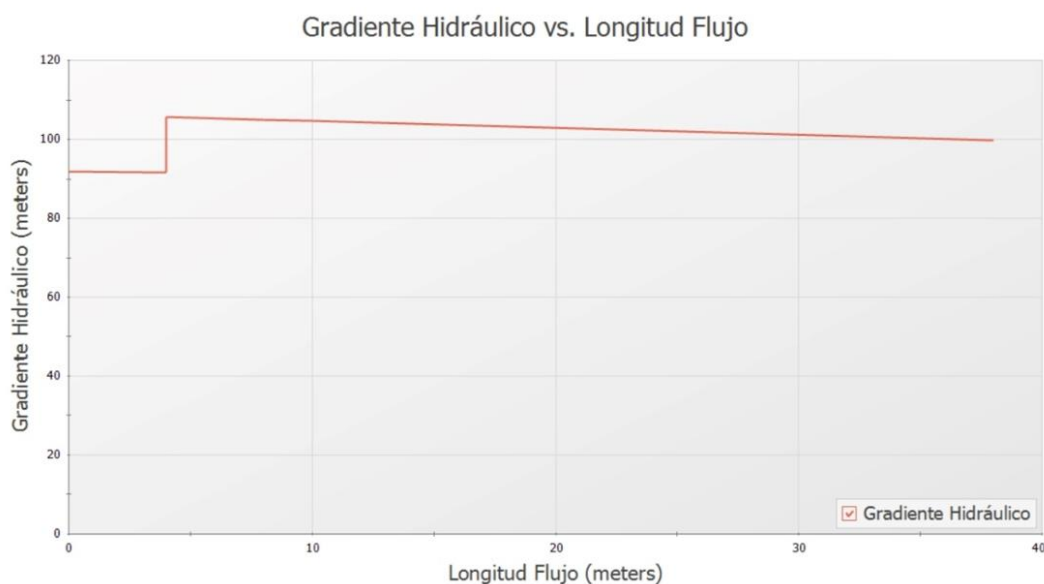
Curva del sistema-segundo modelo (Estación 02)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 10

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-segundo modelo (Estación 02)



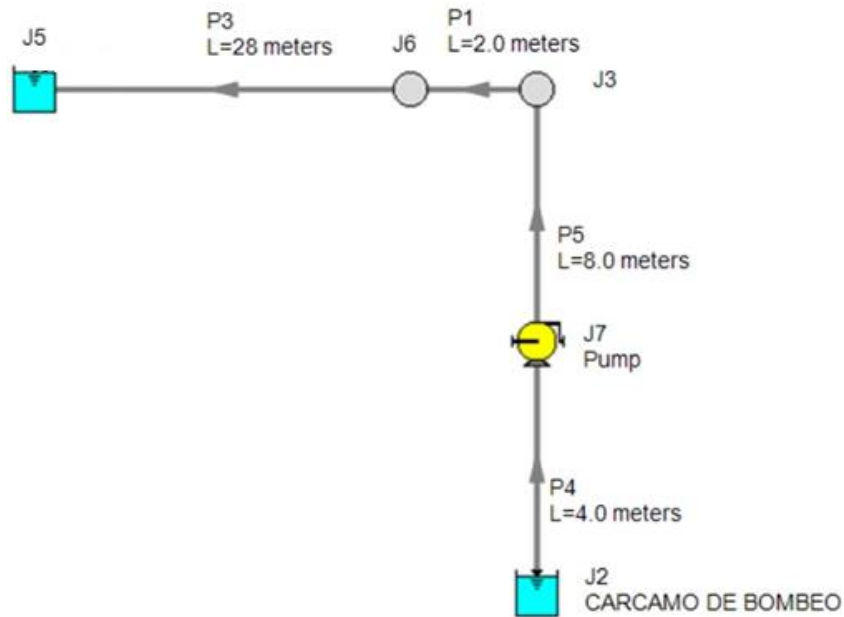
Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente:

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Tercer Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-12 Metros de Altura de Avance en el Pique.

Figura 11

Tercer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 03)



Nota. La figura, muestra el tercer modelo con una altura de avance del pique de 12 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 8 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 12

Características de la bomba-tercer modelo (Estación 03)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar <input type="button" value="..."/>	Pump	85.11	3.190	27.62	19.04	100.0	N/D	0.3622	N/D	N/D	1.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al tercer modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 13

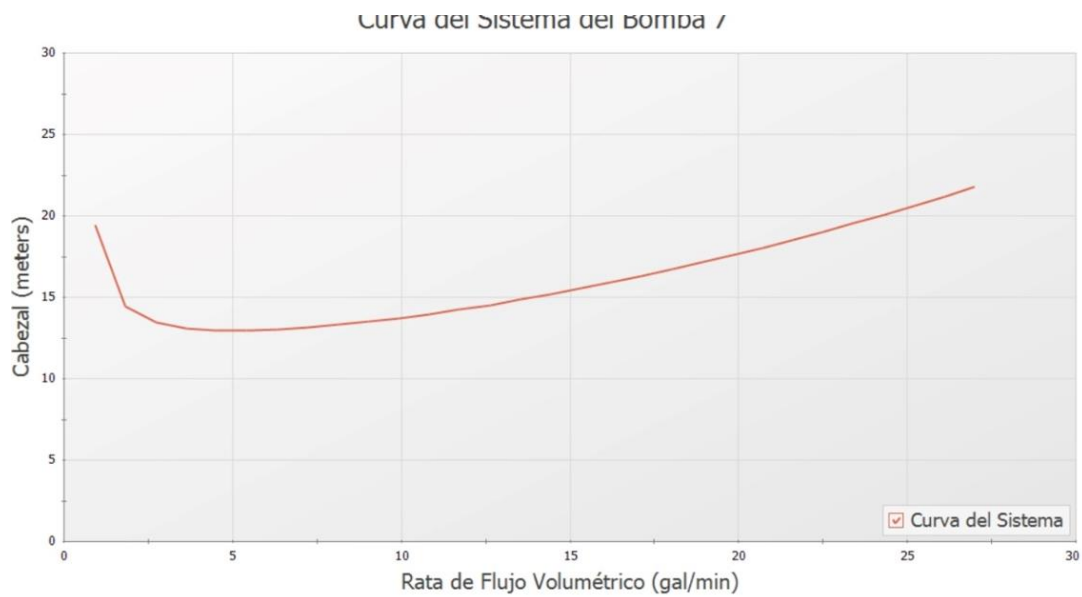
Características de las tuberías para el tercer modelo (Estación 03)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1649	7.1649	0.000	16.2027	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	2.586	287.1	315.0	12.6905	12.6905	12.332	0.8113	15.28	2.586	15.42	2.731
5	Pipe	85.11	2.228	29.98	22.032	315.0	328.1	7.9525	7.9525	5.803	4.8604	29.98	22.032	30.35	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el tercer modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 14

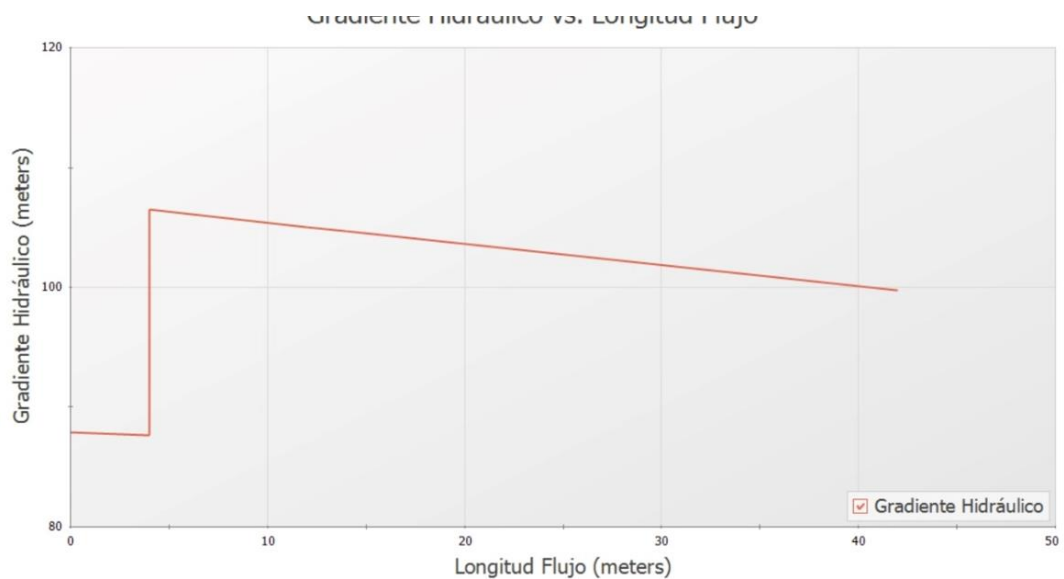
Curva del sistema-tercer modelo (Estación 03)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 15

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-tercer modelo (Estación 03)

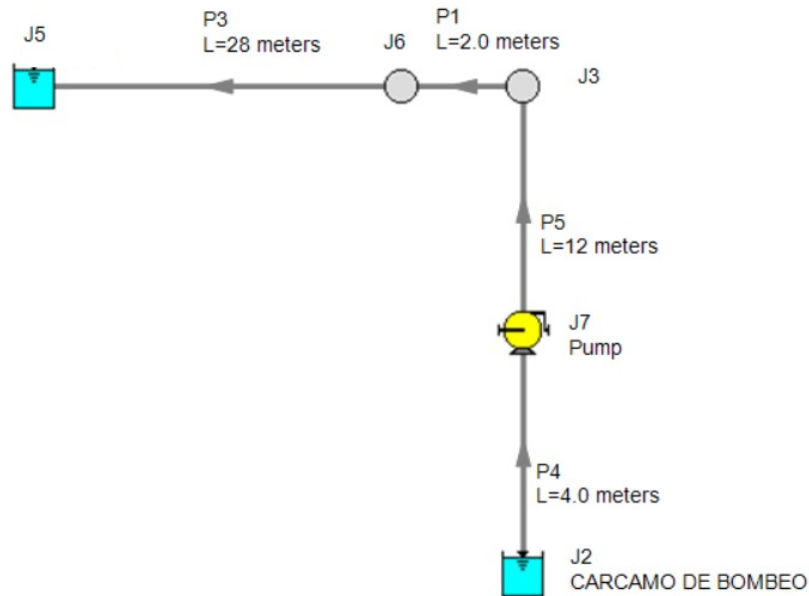


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Cuarto Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-16 Metros de Altura de Avance en el Pique.

Figura 16

Cuarto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 04)




Nota. La figura, muestra el cuarto modelo con una altura de avance del pique de 16 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 12 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 17

Características de la bomba-cuarto modelo (Estación 04)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	34.54	23.81	100.0	N/D	0.4530	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al cuarto modelo, en el cual Flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; Flujo Másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); Eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; Potencia General (potencia hidráulica); NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 18

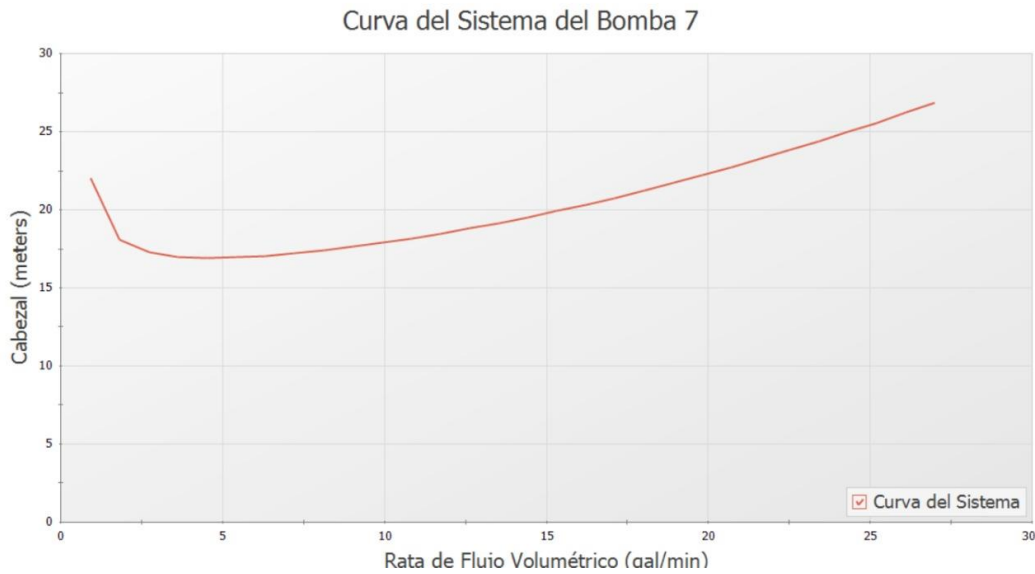
Características de las tuberías para el cuarto modelo (Estación 04)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1650	7.1650	0.000	16.2030	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	274.0	288.7	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	42.71	22.032	288.7	328.1	20.6794	20.6794	17.410	7.3945	42.71	22.032	43.08	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el cuarto modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 19

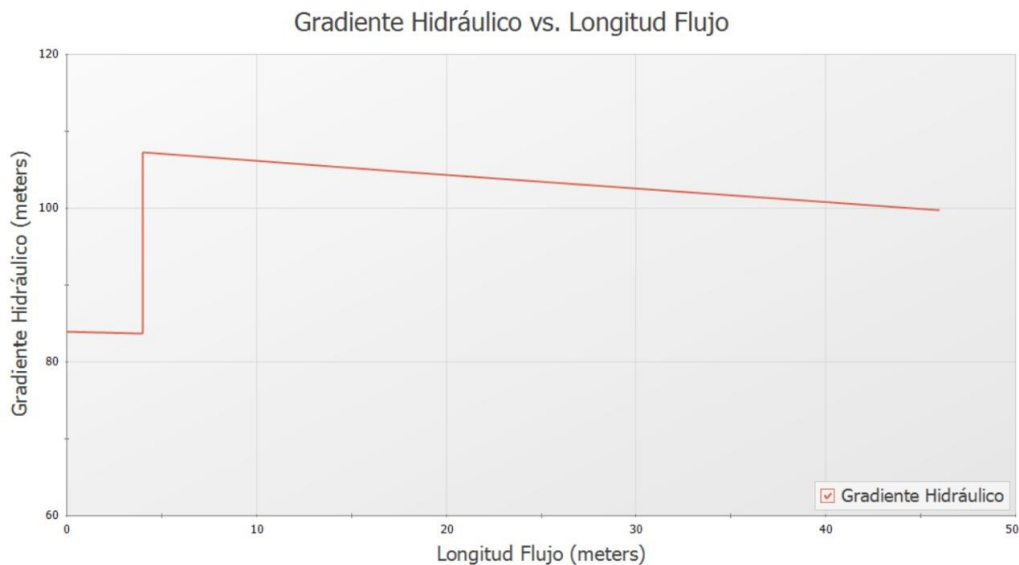
Curva del sistema-cuarto modelo (Estación 04)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 20

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-cuarto modelo (Estación 04)

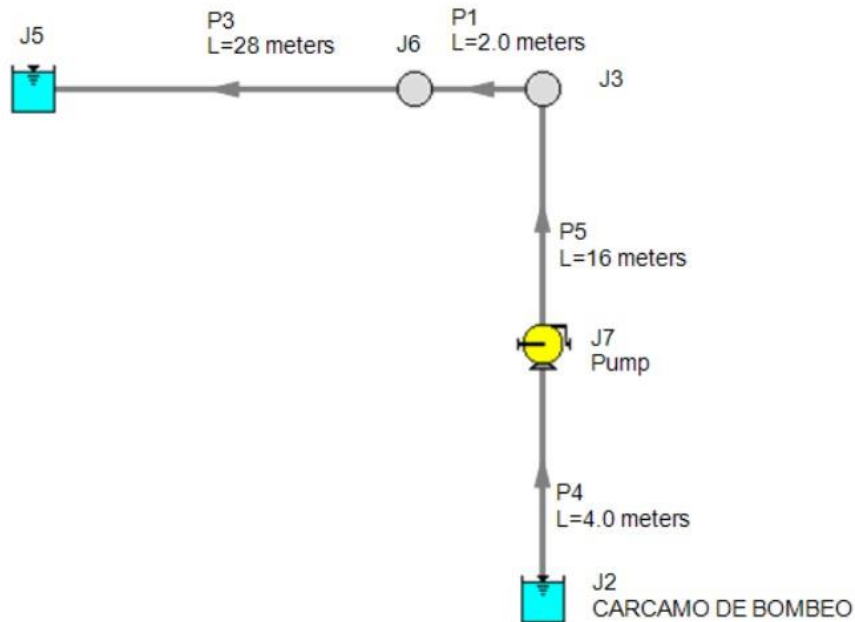


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Quinto Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-20 Metros de Altura de Avance en el Pique.

Figura 21

Quinto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 05)



Nota. La figura, muestra el quinto modelo con una altura de avance del pique de 20 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 16 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 22

Características de la bomba-quinto modelo (Estación 05)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar <input type="checkbox"/>	Pump	85.11	3.190	41.44	28.56	100.0	N/D	0.5434	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al quinto modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 23

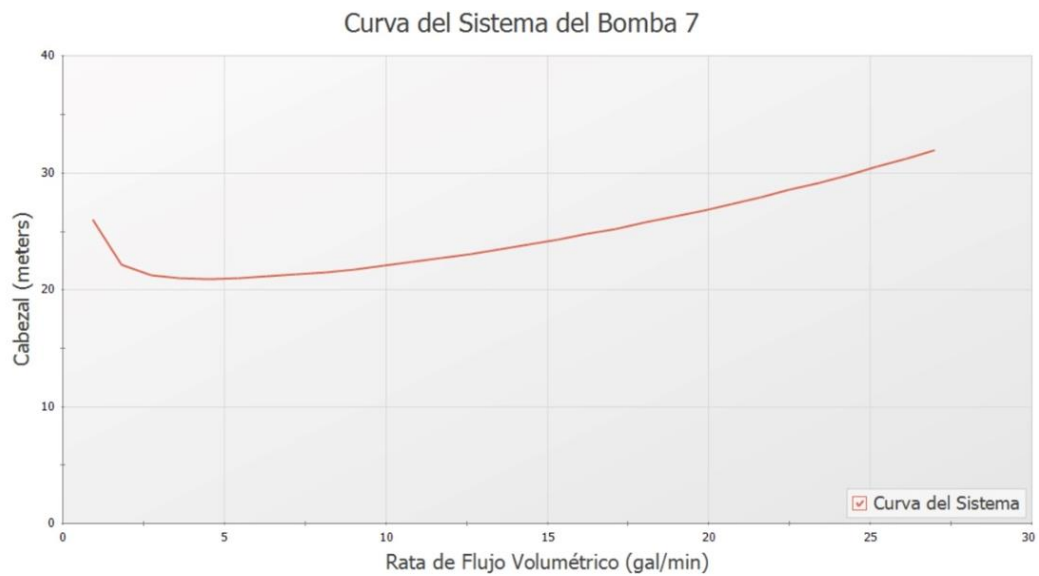
Características de las tuberías para el quinto modelo (Estación 05)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1651	7.1651	0.000	16.2031	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	260.8	275.6	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	49.60	22.032	275.6	328.1	27.5726	27.5726	23.213	9.8594	49.60	22.032	49.97	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el quinto modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 24

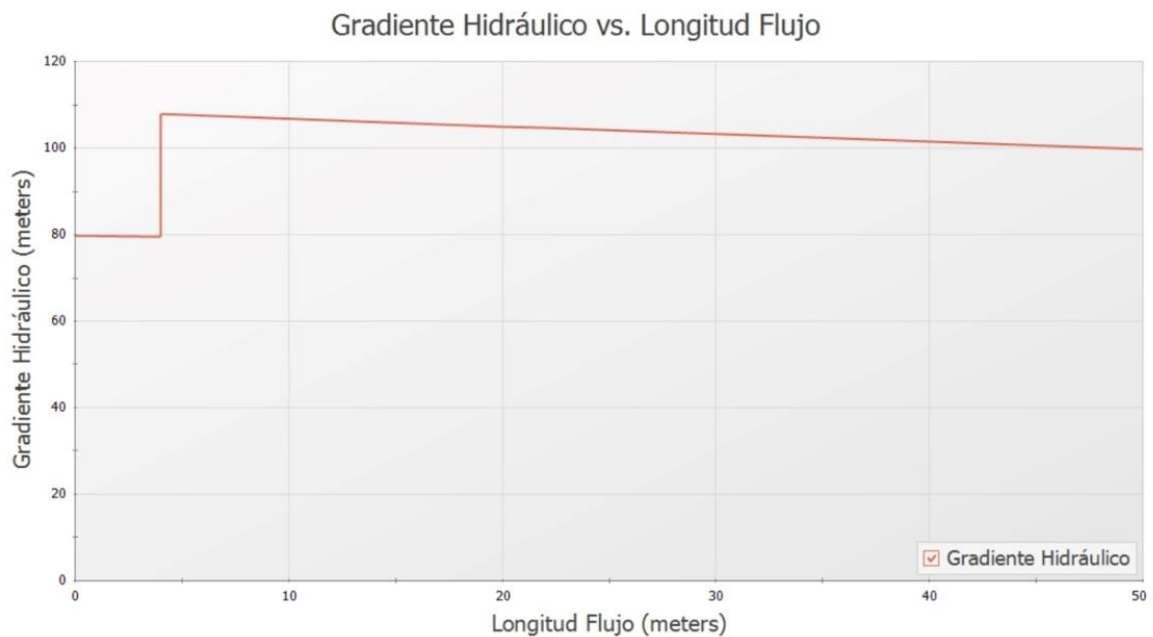
Curva del sistema-quinto modelo (Estación 05)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 25

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-quinto modelo (Estación 05)

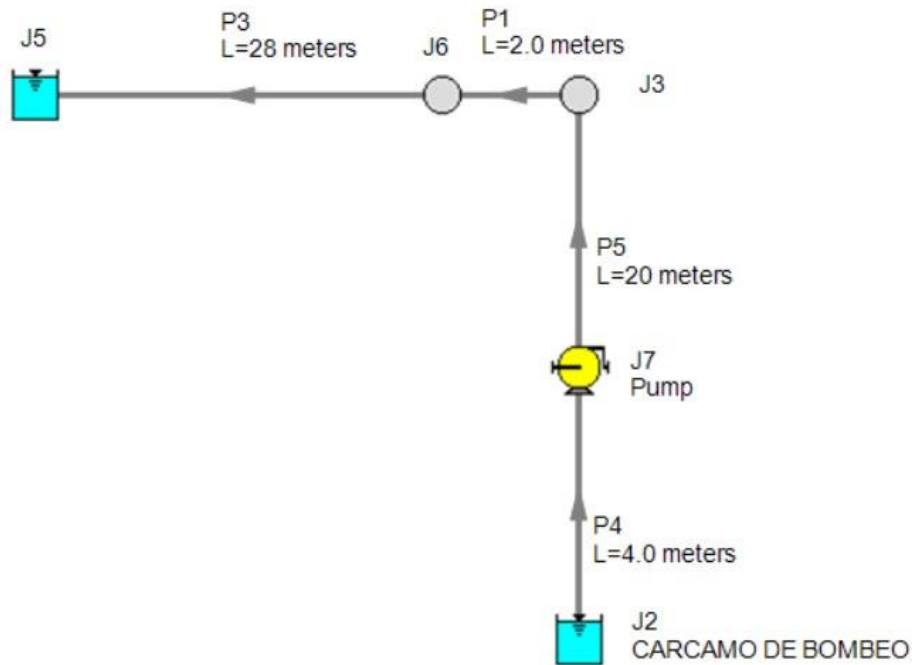


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Sexto Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-24 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 26

Sexto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 06)




Nota. La Figura, muestra el sexto modelo, con una altura de avance del pique de 24 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 20 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 27

Características de la bomba-sexto modelo (Estación 06)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	48.33	33.31	100.0	N/D	0.6338	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al sexto modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 28

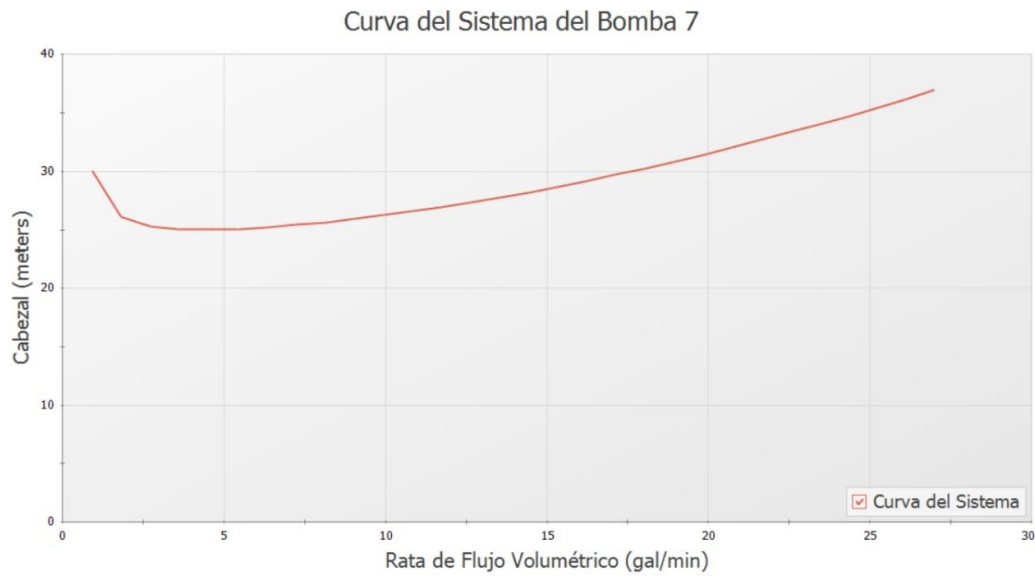
Características de las tuberías para el sexto modelo (Estación 06)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1651	7.1651	0.000	16.2033	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	247.7	262.5	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	56.50	22.032	262.5	328.1	34.4657	34.4657	29.016	12.3242	56.50	22.032	56.86	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el sexto modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 29

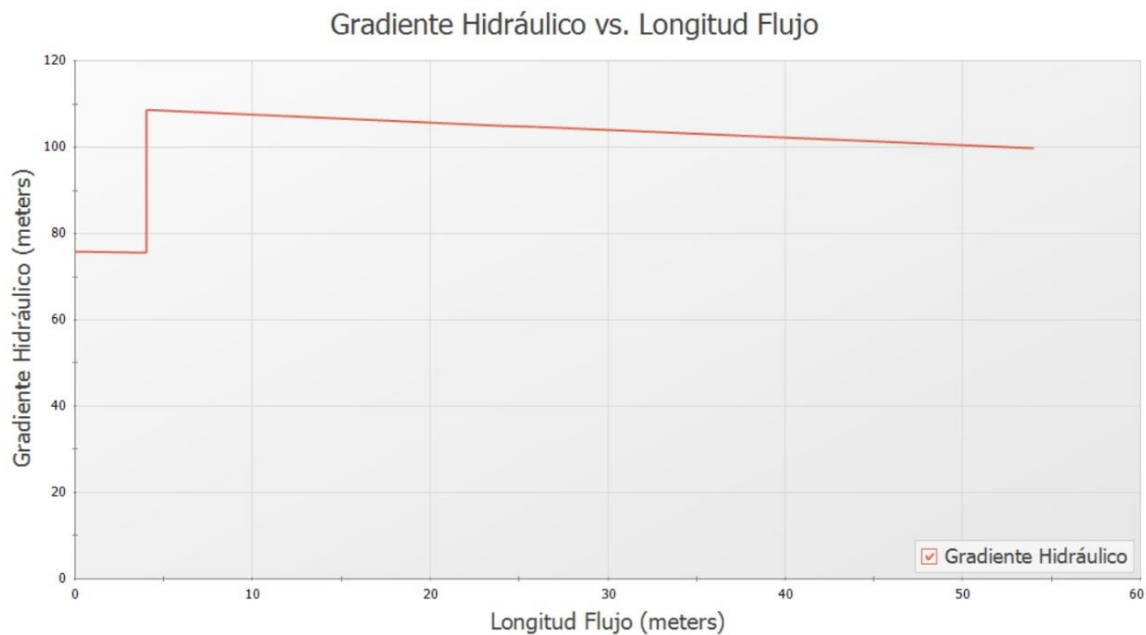
Curva del sistema-sexto modelo (Estación 06)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 30

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-sexto modelo (Estación 06)

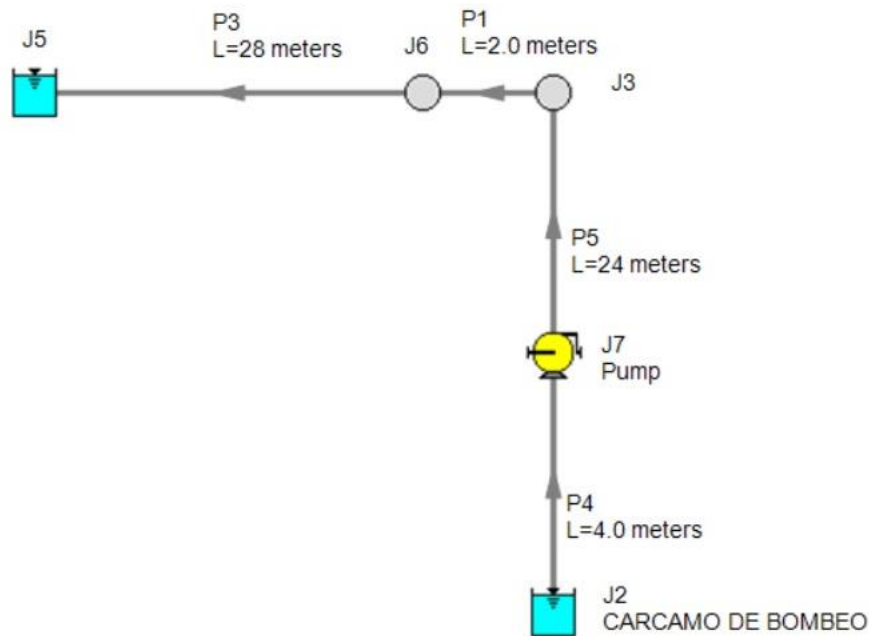


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Séptimo Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-28 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 31

Séptimo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 07)




Nota. La Figura, muestra el séptimo modelo, con una altura de avance del pique de 28 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 24 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 32

Características de la bomba-séptimo modelo (Estación 07)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	55.22	38.06	100.0	N/D	0.7242	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al séptimo modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 33

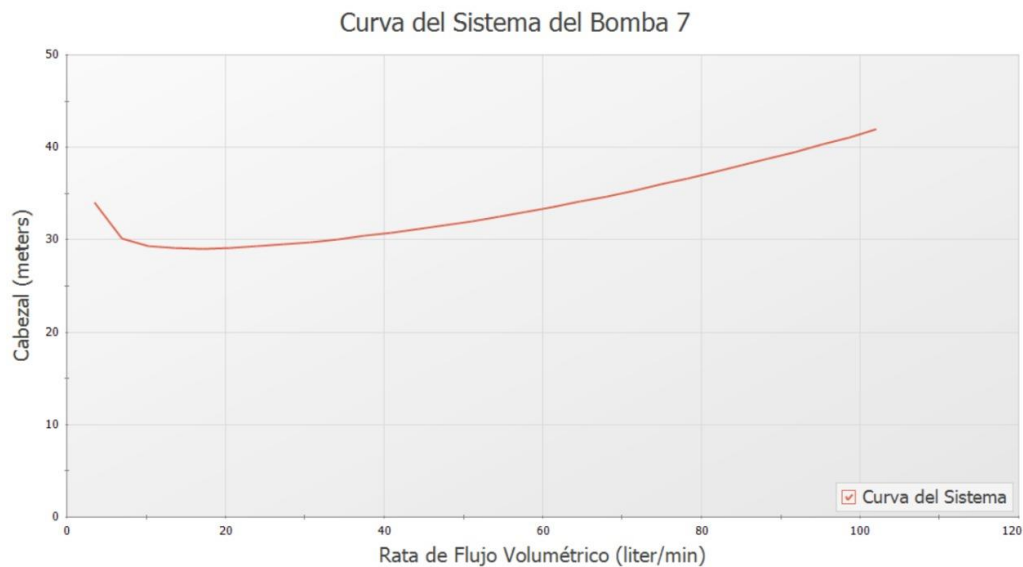
Características de las tuberías para el séptimo modelo (Estación 07)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1652	7.1652	0.000	16.2034	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	234.6	249.3	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	63.39	22.032	249.3	328.1	41.3588	41.3588	34.819	14.7891	63.39	22.032	63.76	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el séptimo modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 34

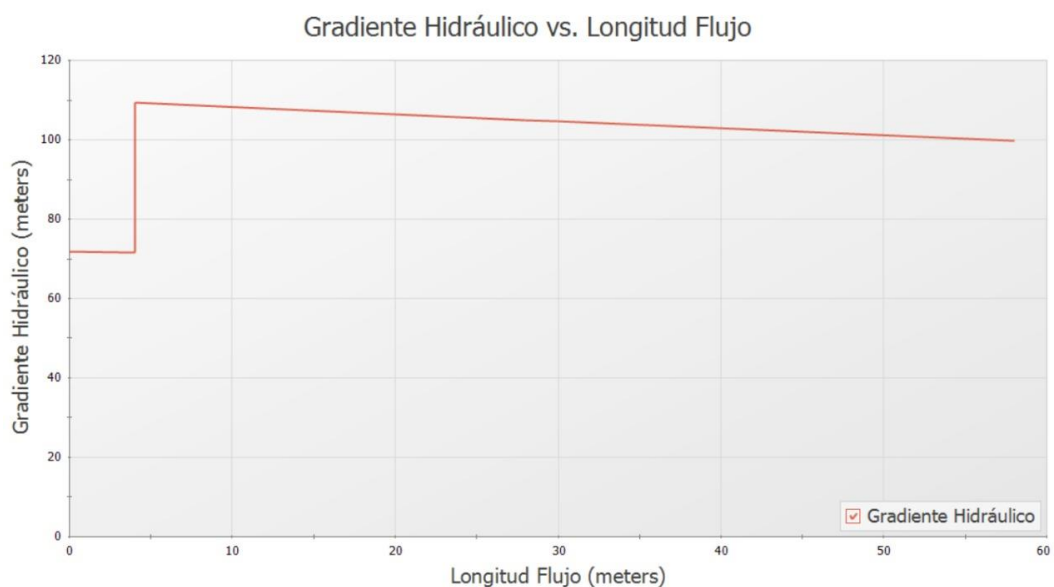
Curva del sistema-séptimo modelo (Estación 07)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 35

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-séptimo modelo (Estación 07)

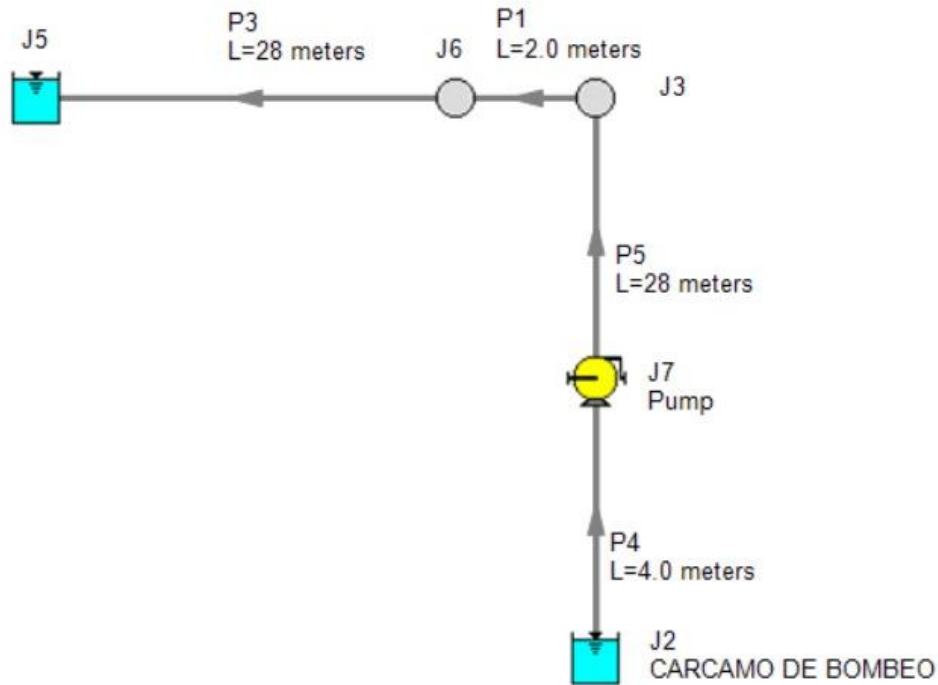


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Octavo Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-32 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 36

Octavo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 08)



Nota. La Figura, muestra el octavo modelo, con una altura de avance del pique de 32 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 28 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 37

Características de la bomba-octavo modelo (Estación 08)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar <input type="checkbox"/>	Pump	85.11	3.190	33.10	22.82	100.0	N/D	0.4341	N/D	N/D	25.76	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al octavo modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 38

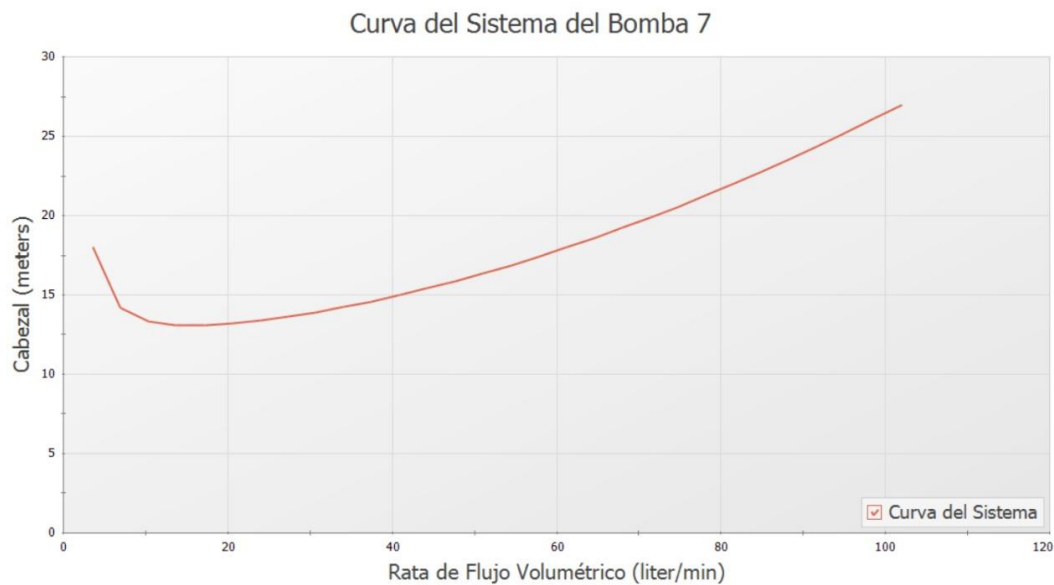
Características de las tuberías para el octavo modelo (Estación 08)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.49	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.00	1.2162	22.03	21.49	22.40	21.86
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.33	328.1	328.1	7.1652	7.1652	0.00	16.2035	21.49	14.33	21.86	14.70
4	Pipe	85.11	1.400	37.41	15.28	287.1	236.2	-22.1289	-22.1289	-22.49	0.8105	15.28	37.41	15.42	37.55
5	Pipe	85.11	2.228	70.28	22.03	236.2	328.1	48.2520	48.2520	40.62	17.2539	70.28	22.03	70.65	22.40

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el octavo modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 39

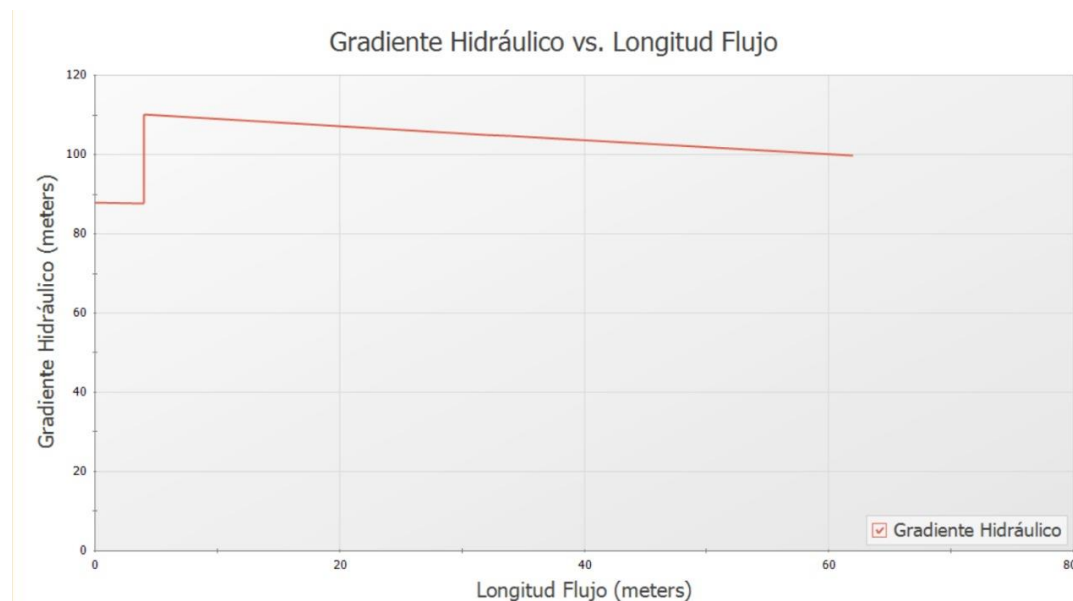
Curva del sistema- octavo modelo (Estación 08)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 40

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- octavo modelo (Estación 08)

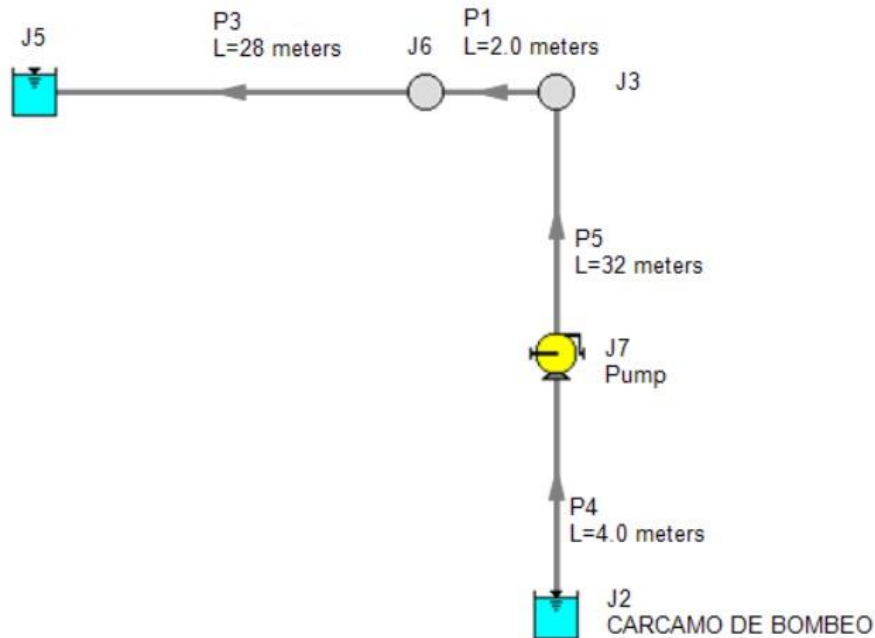


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Noveno Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-36 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 41

Noveno modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 09)




Nota. La Figura, muestra el noveno modelo, con una altura de avance del pique de 36 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 32 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 42

Características de la bomba-noveno modelo (Estación 09)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	39.99	27.57	100.0	N/D	0.5245	N/D	N/D	25.76	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al noveno modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 43

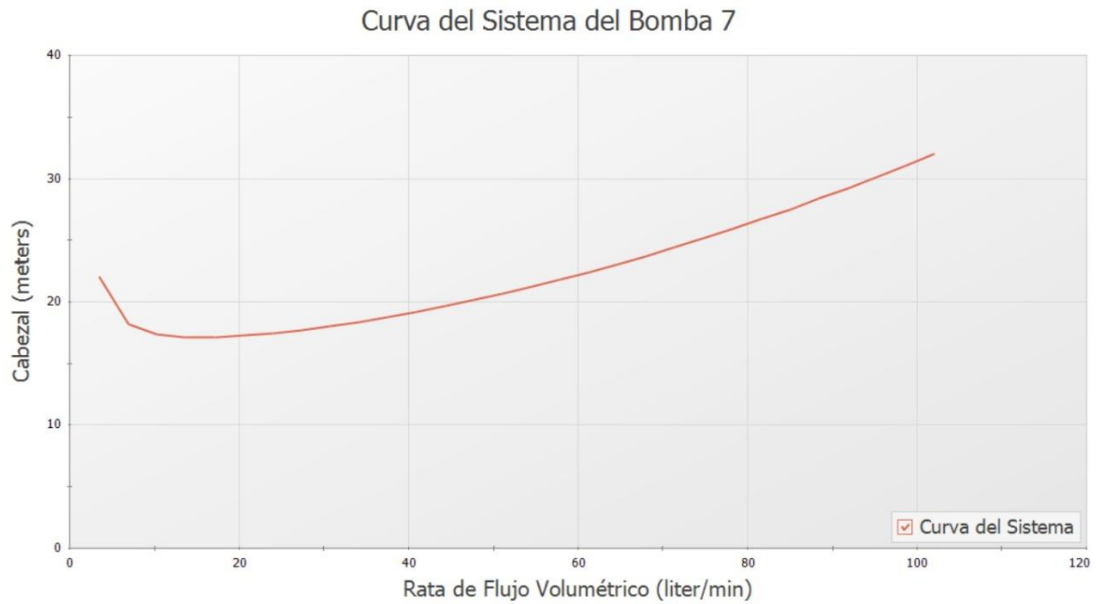
Características de las tuberías para el noveno modelo (Estación 09)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.49	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.00	1.2162	22.03	21.49	22.40	21.86
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.33	328.1	328.1	7.1653	7.1653	0.00	16.2037	21.49	14.33	21.86	14.70
4	Pipe	85.11	1.400	37.41	15.28	274.0	223.1	-22.1289	-22.1289	-22.49	0.8105	15.28	37.41	15.42	37.55
5	Pipe	85.11	2.228	77.18	22.03	223.1	328.1	55.1451	55.1451	46.43	19.7188	77.18	22.03	77.54	22.40

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el noveno modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 44

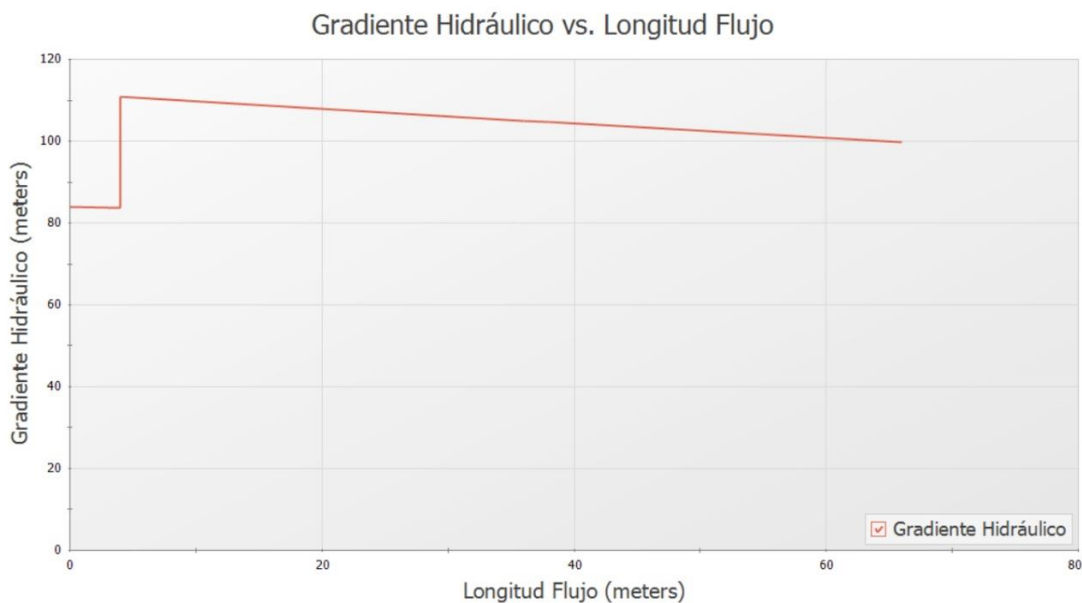
Curva del sistema- noveno modelo (Estación 09)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 45

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- noveno modelo (Estación 09)

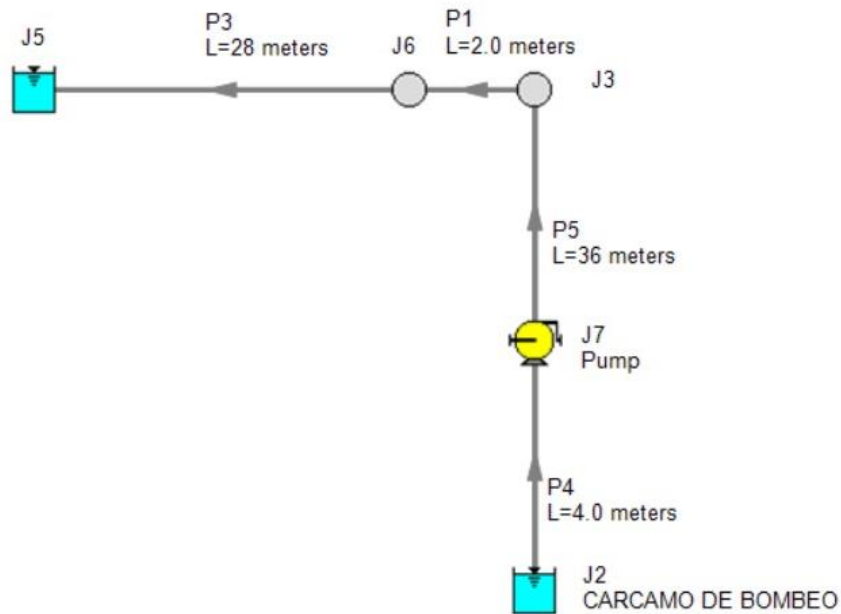


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Décimo Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-40 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 46

Décimo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 10)




Nota. La Figura, muestra el décimo modelo, con una altura de avance del pique de 40 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 36 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 47

Características de la bomba-décimo modelo (Estación 10)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	75.90	52.32	100.0	N/D	0.9953	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al décimo modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 48

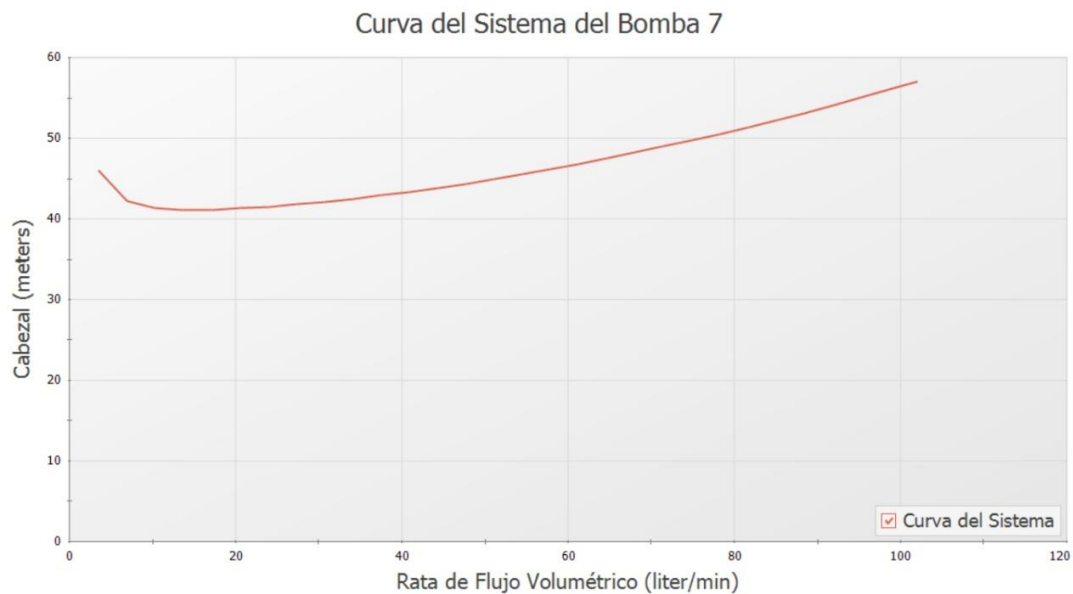
Características de las tuberías para el décimo modelo (Estación 10)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1654	7.1654	0.000	16.2038	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	195.2	210.0	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	84.07	22.032	210.0	328.1	62.0383	62.0383	52.229	22.1836	84.07	22.032	84.44	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el décimo modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 49

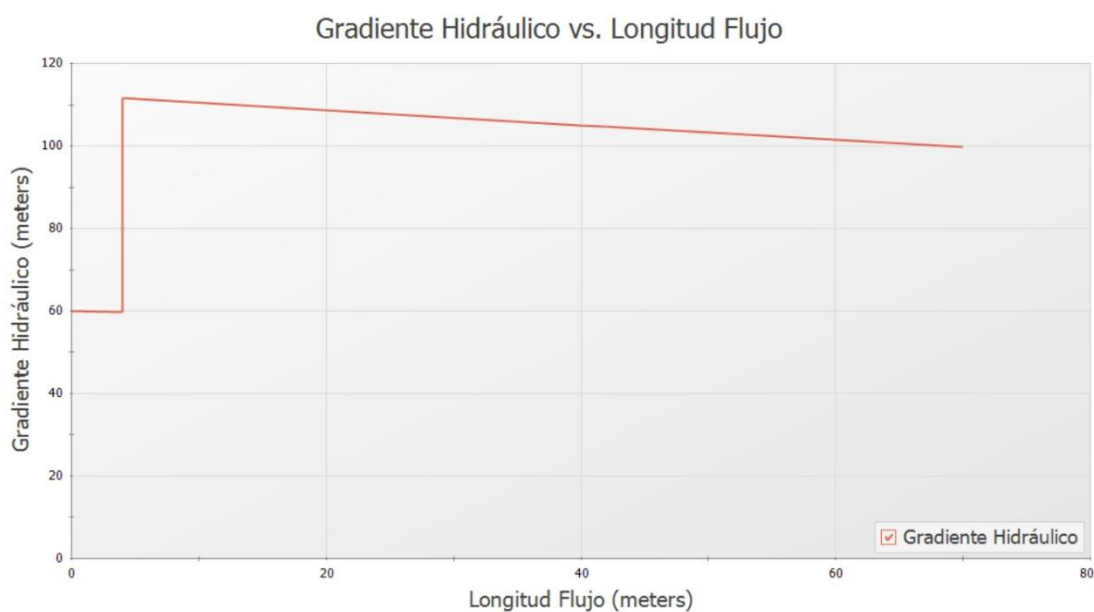
Curva del sistema- décimo modelo (Estación 10)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 50

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- décimo modelo (Estación 10)

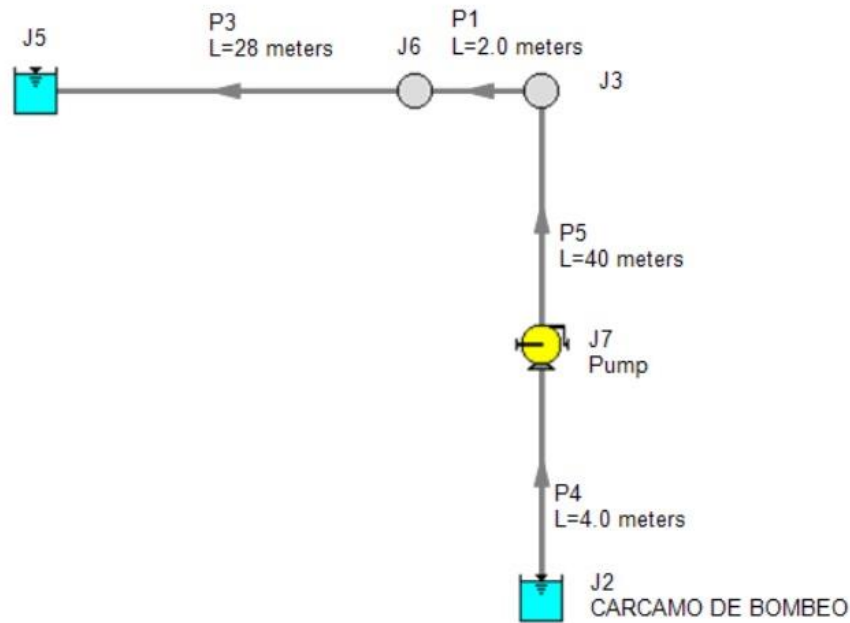


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Decimoprimer Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-44 Metros de Altura de Avance en el Pique

Figura 51

Decimoprimer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 11)



Nota. La Figura, muestra el decimoprimer, con una altura de avance del pique de 44 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 40 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 52

Características de la bomba- decimoprimer modelo (Estación 11)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar <input type="checkbox"/>	Pump	85.11	3.190	82.80	57.07	100.0	N/D	1.086	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al decimoprimer modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 53

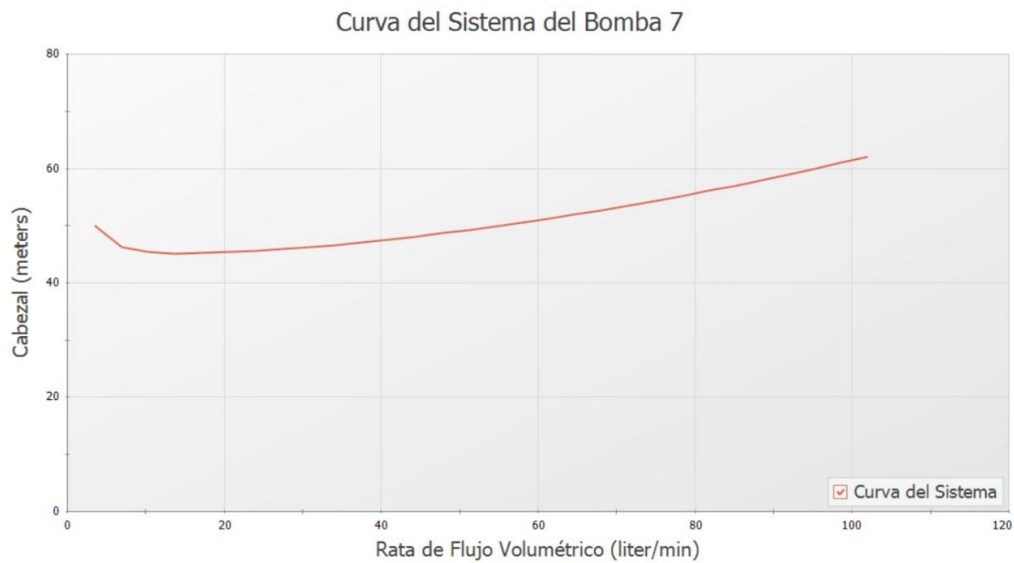
Características de las tuberías para el decimoprimer modelo (Estación 11)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1654	7.1654	0.000	16.2039	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	182.1	196.9	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	90.96	22.032	196.9	328.1	68.9314	68.9314	58.032	24.6485	90.96	22.032	91.33	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el decimoprimer modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 54

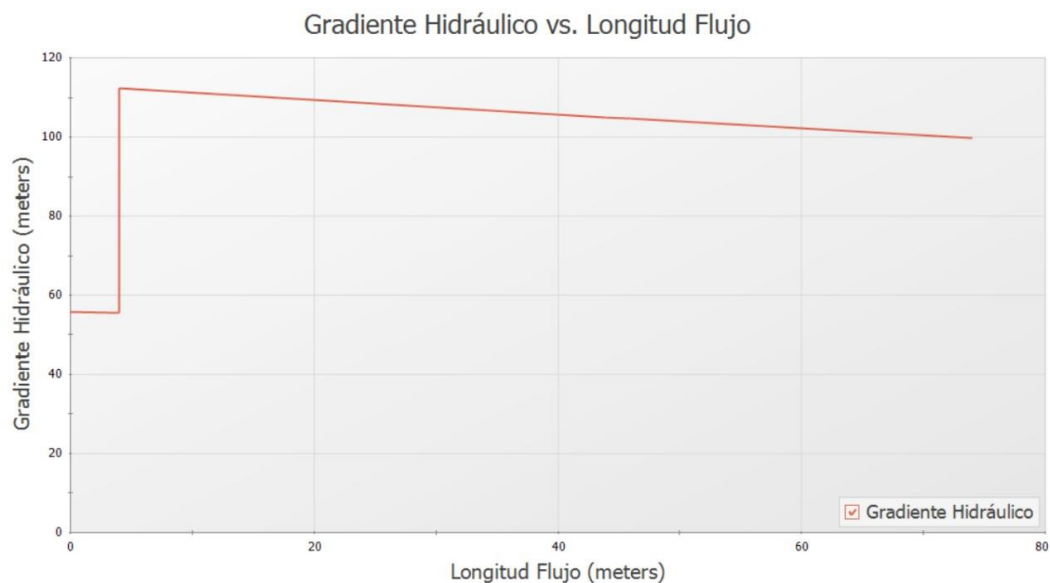
Curva del sistema – decimoprimer modelo (Estación 11)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 55

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-decimoprimer modelo (Estación 11)

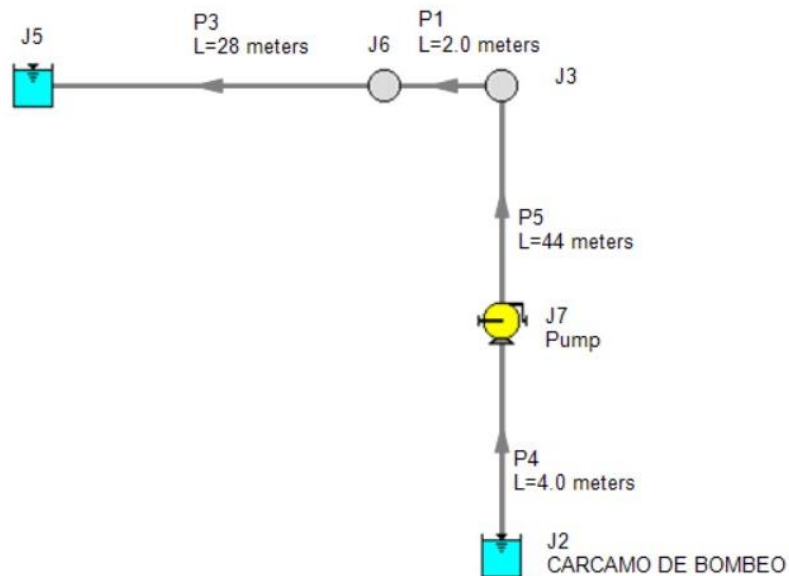


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

*Decimosegundo Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-48 Metros de Altura de Avance en
 el Pique*

Figura 56

Decimosegundo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 12)




Nota. La Figura, muestra el decimosegundo modelo, con una altura de avance del pique de 48 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 44 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 57

Características de la bomba- decimosegundo modelo (Estación 12)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	89.69	61.82	100.0	N/D	1.176	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al decimosegundo modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 58

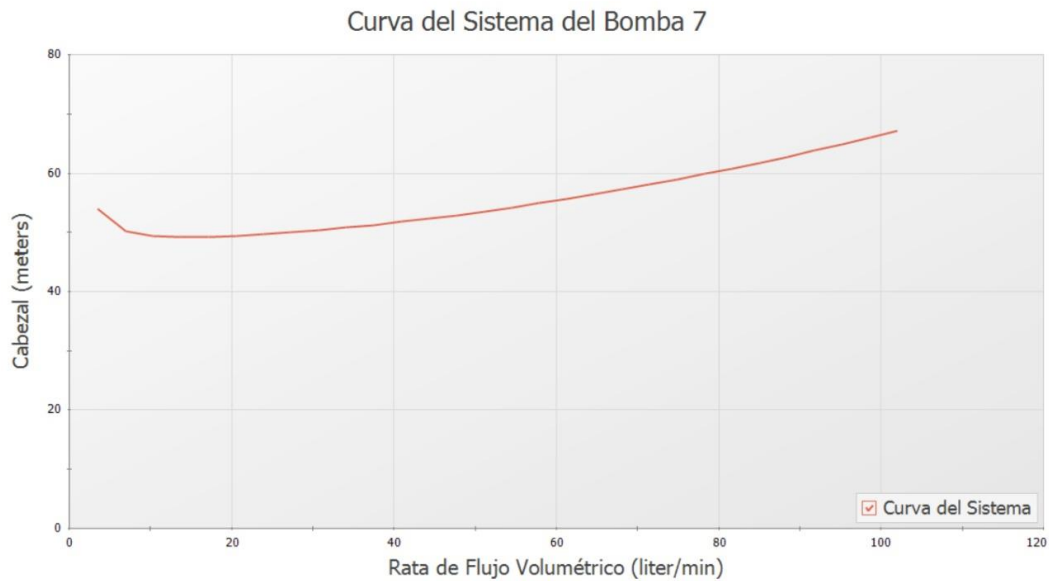
Características de las tuberías para el decimosegundo modelo (Estación 12)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1655	7.1655	0.000	16.2041	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	169.0	183.7	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	97.86	22.032	183.7	328.1	75.8246	75.8246	63.835	27.1133	97.86	22.032	98.22	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el decimosegundo modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 59

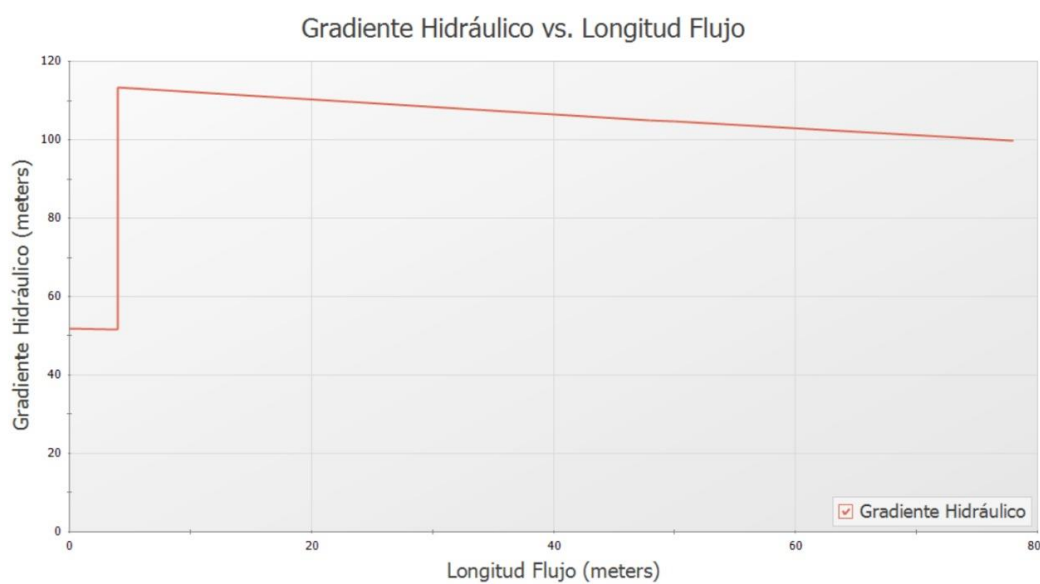
Curva del sistema- decimosegundo modelo (Estación 12)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 60

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- decimosegundo modelo (Estación 12)

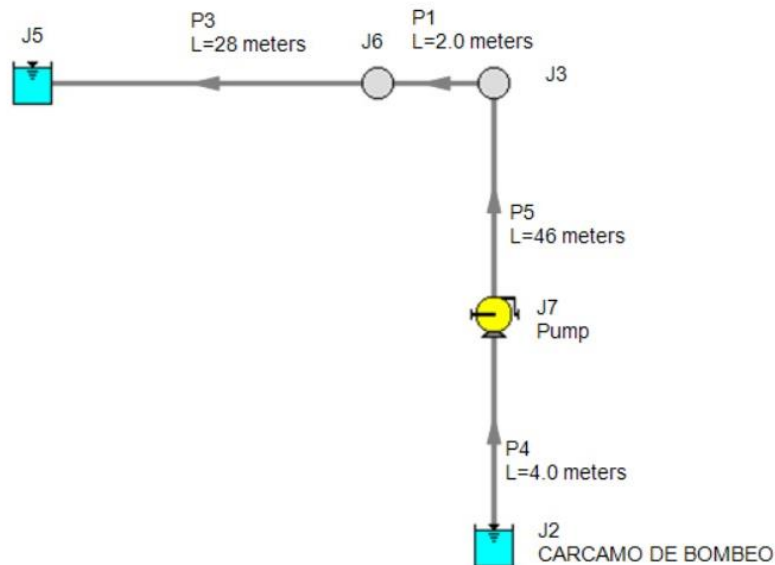


Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

*Decimotercero Modelo de Diseño del Sistema de Bombeo-46 Metros de Altura de Avance en
 el Pique*

Figura 61

Decimotercero modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 13)




Nota. La Figura, muestra el decimotercero modelo, con una altura de avance del pique de 50 metros de profundidad, donde J2 indica el cárcamo de bombeo, J5 indica la tubería de entrega, J3 es el punto de control y J7 es la bomba de succión negativa para este tipo de modelo situada a 46 metros del punto de control (J3).

P4, P5 y P1 son tuberías de succión, P3 es la tubería de impulsión con una longitud de descarga de 28 metros. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 62

Características de la bomba-decimotercero modelo (Estación 13)

Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)
7	Mostrar 	Pump	85.11	3.190	93.14	64.20	100.0	N/D	1.221	N/D	N/D	5.756	N/D

Nota. La figura muestra las características de la bomba correspondiente al decimotercero modelo, en el cual flujo Vol. indica el caudal en litros por minuto; flujo másico señala la velocidad del fluido que pasan por la bomba; dP Stan. se refiere a la presión total (Presión cinética + Presión interna); dH indica la altura de bombeo (diferencia de cotas + pérdidas totales, es decir las pérdidas de fricción y pérdidas locales); eficiencia general es igual a la eficiencia hidráulica del sistema; potencia general es la potencia hidráulica del sistema; NPSHA es la altura de aspiración neta positiva disponible (la diferencia entre la presión atmosférica de entrada y la presión de vapor); y el NPSHR es la altura de aspiración neta positiva requerida. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 63

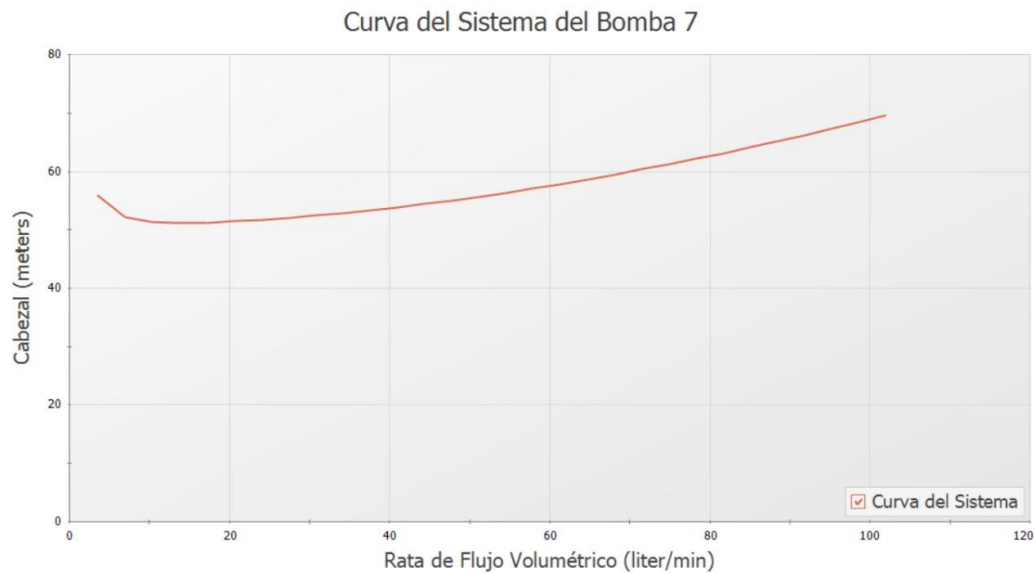
Características de las tuberías para el decimotercero modelo (Estación 13)

Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1655	7.1655	0.000	16.2041	21.49	14.329	21.86	14.696
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	162.4	177.2	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534
5	Pipe	85.11	2.228	101.30	22.032	177.2	328.1	79.2711	79.2711	66.737	28.3457	101.30	22.032	101.67	22.399

Nota. La figura muestra el cálculo de tuberías para el decimotercero modelo, en la cual rata de flujo Vol. se refiere al caudal en litros por minuto; la presión estática máxima y la mínima; dP se refiere a la diferencia de presiones totales (estancamiento, estática y gravedad); dH señala la diferencia de alturas, P estática En., P estática Sal., P Stag. En., P Stanc. Sal., indican la presión estática entrada, la presión estática salida, la presión de estancamiento de entrada y la presión de estancamiento de salida respectivamente; diámetro Hid., señala el diámetro hidráulico. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 64

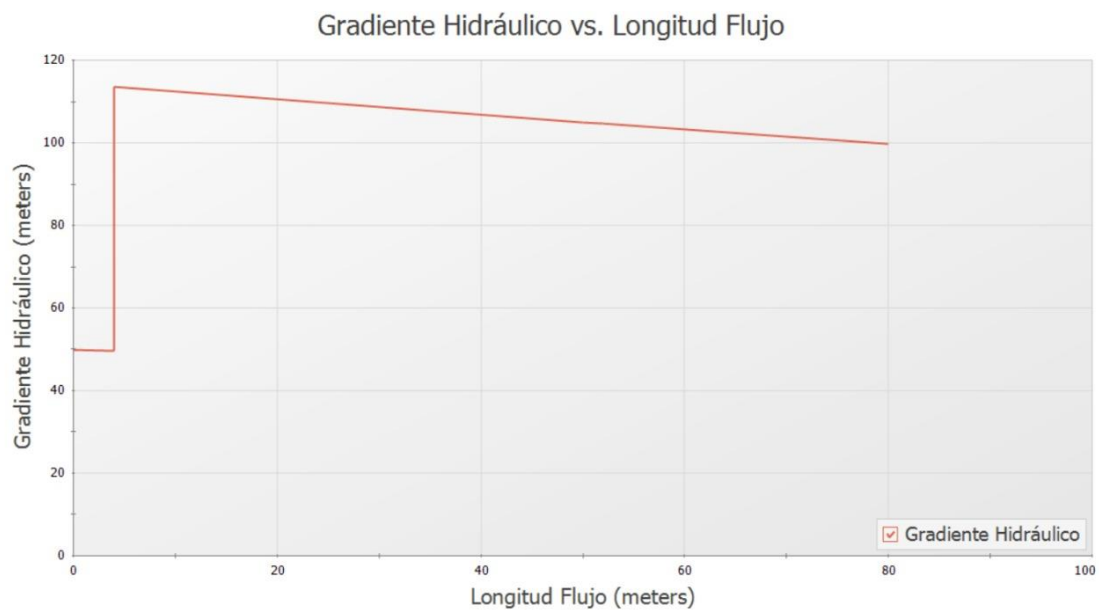
Curva del sistema- decimotercero modelo (Estación 13)



Nota. La figura muestra la relación entre el flujo volumétrico (caudal) y la altura de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 65

Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- decimotercero modelo (Estación 13)



Nota. La figura muestra el gradiente hidráulico en función a la longitud de bombeo. Fuente: Software AFT Fathom (2021).

3.3. Definición de materiales y selección de equipos de bombeo

Después de realizar los modelos de diseño del sistema de bombeo a 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48 y 46 metros de altura de avance en el pique, se procede a seleccionar el pulmón de aire, las tuberías, la bomba y la curva de bomba para el sistema.

Tabla 10

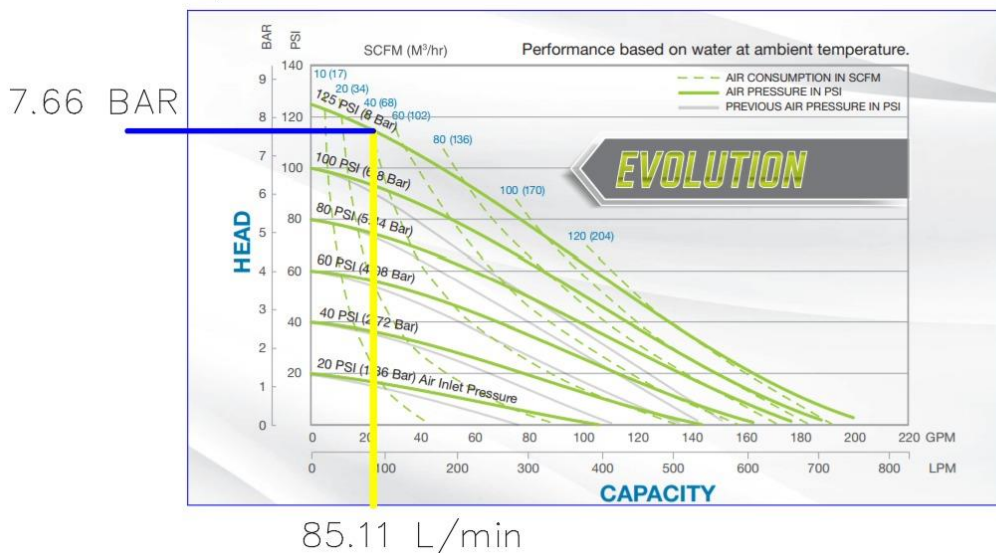
Parámetros requeridos para la selección de la bomba

Característica	Valor	Unidades
Caudal de bombeo de agua	85.11	L/min
	0.001419	m ³ /s
Altura dinámica total de la bomba seleccionada	7.66	Bar
	78.14	MCA
Presión de aire requerido	125	PSI
	8	Bar
Caudal de aire requerido	68	m/Hr

Nota. Esta tabla muestra los parámetros requeridos por la bomba, según el análisis de curva presentada en la figura 80. Fuente: Propia (2021).

Figura 66

Curva de bomba neumática según el proveedor



Nota. La figura muestra la determinación de la altura dinámica total, presión de aire requerido y caudal de aire requerido, teniendo en cuenta el caudal de bombeo de agua de 85.11 L/min. Fuente: SERVICLORO PERU S.A.C (2021).

Tabla 11

Especificaciones del tanque pulmón vertical de aire

Característica	Valor	Unidades
Capacidad	120	Gal
	0.4542	m ³
Modelo	TP-120VH	-
Marca	STONE®	-
Espesor de la plancha ASTM A36	3/16	In
	4.7	mm
Presión máxima de trabajo permitida (MAWP)	200	PSI
Válvula de Seguridad Italiana	3/4	In
Manómetro	0-300	PSI
Purga manual inoxidable	-	-
Color azul	-	-

Nota. La tabla muestra las especificaciones del tanque pulmón de aire, la cual fue proporcionado por el proveedor elegido según los parámetros requeridos por la bomba, la cual se muestra en la figura 66. Fuente: ABC Maquinarias, Herramientas y Equipos (2021).

Tabla 12

Especificaciones de la bomba neumática

Característica	Valor	Unidades
Capacidad	26.5	Gal/min
	100	l/min
	0.00166	m ³ /s
Modelo	Boxer 81	
Aspiración de descarga	1	In
Unión aire	3/8	In
Capacidad de aspiración en seco	6	m
Caudal máximo	29	Gal/min
	110	l/min
	0.00183	m ³ /s
Altura de elevación máxima	80	m
Presión aire alimentación máxima	8	BAR
Diámetro sólidos de paso máximo	4	mm
Aspiración máxima con succión negativa en seco	4	m
Peso neto PP	5	Kg

Nota. La tabla muestra las especificaciones la bomba, la cual fue proporcionado por el proveedor elegido según los parámetros requeridos por la bomba, la cual se muestra en la figura 84, 85, 86. Fuente: SERVICLORO PERU S.A.C (2021).

Tabla 13

Características de la bomba

Bomba neumática de doble diafragma	
Marca	Debem
Modelo	Boxer 81
Condiciones nominales	
Caudal máximo de bombeo	110 (l/min)
Presión máxima de bombeo	116.03 (psi)
Materiales	
Cuerpo hidráulico	Polipropileno
Membrana lado aire	Hytrel
Membrana lado líquido	Acero inoxidable
Bolas	Acero inoxidable
Asiento de esferas	PP Polipropileno
Anillos de refuerzo	Acero inoxidable

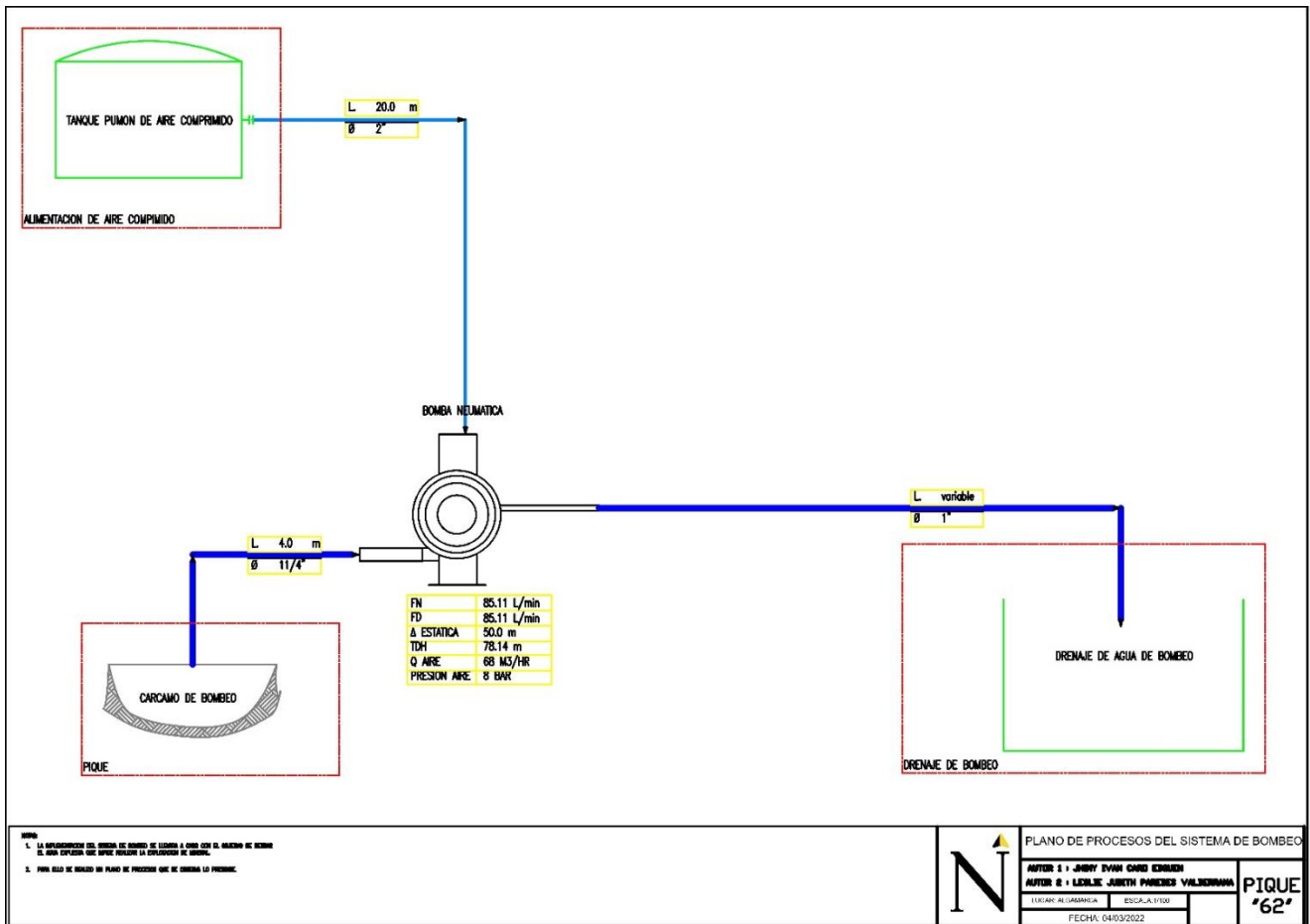
Nota. La tabla muestra las especificaciones la bomba, la cual fue proporcionado por el proveedor elegido, la cual se muestra en la figura 84 y 85. Fuente: SERVICLORO PERU S.A.C (2021).

Modelo de Diseño Para la Evacuación de Agua Subterránea en el Nivel el Quinto-Pique 62

Luego de realizar el análisis detallado de la instalación de la bomba y diámetro de tuberías a utilizar, cada determinada altura según el avance del pique, se procedió a elaborar el diagrama de procesos (ver Figura 67) y el diseño de la bomba en 3D (ver Figura 68) con el fin de analizar la ubicación de accesorios, ubicación de bomba y ubicación de tanque acumulador de aire comprimido que se va a utilizar.

Figura 67

Diagrama de procesos del sistema de bombeo

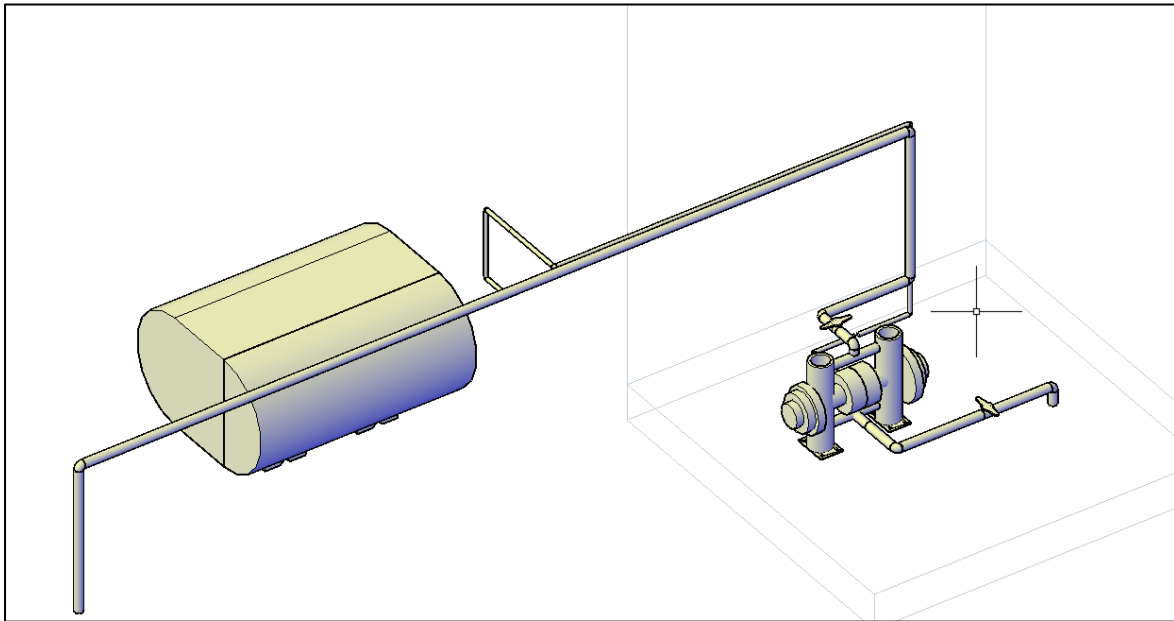


Nota. La figura muestra el plano de procesos; el cual empieza por un abastecedor de aire comprimido, cuya función es brindar un aire de calidad y cantidad necesaria según lo requerido, al abastecer de aire a la bomba, esta va a succionar el agua del final del pique, enviándolo hasta la parte superior mediante un cárcamo de bombeo el cual homogenizará la carga de bombeo.

Fuente: Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 68

Diseño de la bomba en 3D



Nota. La figura muestra el acumulador de aire abasteciendo a la bomba para su correcto funcionamiento, brindando un aire con calidad y cantidad necesario que llegará por medio de tuberías de 2” pulgadas hasta una distancia de 2 metros de la bomba, luego se reducirá la manguera para generar mayor presión de llegada del aire, utilizando una manguera de lona de ½”.

Con ayuda de la bomba, se podrá succionar e impulsar el líquido expuesto en el pique para ello se utilizará tubería de HDP de 2”, realizando una correcta distribución e incorporándolo válvulas de bola y colocando adecuadamente los codos de 45° para generar el cambio de trayecto del fluido. El fluido gracias a la implementación del sistema de bombeo podrá llegar de manera controlada hasta la galería principal, luego por método de canales se trasladará hasta la superficie. Fuente: Civil 3D (2021).

3.4 Cálculo del costo del sistema de bombeo el nivel el Quinto - Pique 62

En esta parte del capítulo se detalla los costos involucrados en el proyecto, que se muestran a continuación:

Tabla 14

Costo de bomba y tanque pulmón acumulador de aire comprimido

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario	Total
Bomba modelo Borex 81	2	Días	S/ 3,506.42	S/ 7,012.84
Pulmón acumulador de aire comprimido	1	Días	S/ 1,168.20	S/ 1,168.20
Costo total				S/ 8,181.04

Nota. Esta tabla muestra los costos de la bomba y el acumulador de aire comprimido, con las especificaciones técnicas requeridas, brindado por el asesor de ventas de la empresa “DEBEM DISTRIBUTOR” y “ABC MAQUINARIAS & EQUIPOS” (Ver Figura 84 y 87).

Tabla 15

Costo de mano de obra para instalación

Personal	Cantidad	Unidad de medida	Pago diario	Total
Supervisor	3	Días	S/ 180.00	S/ 540.00
Maestro en instalaciones de tuberías	3	Días	S/ 130.00	S/ 390.00
Ayudante en instalaciones de tuberías	3	Días	S/ 90.00	S/ 270.00
Costo total				S/ 1,170.00

Nota. Esta tabla muestra el personal que realizará el trabajo de instalación de la bomba y tuberías, se tuvo en cuenta a un supervisor, maestro en instalación de tuberías y ayudante; donde el maestro estimó que el trabajo lo realizará en 3 días hábiles.

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Total
Tubería de 2" de hdpe	70	Metros	S/ 5.49	S/ 384.30
Válvula de bola conexión para tuberías de 2"	5	Unidad	S/ 78.50	S/ 392.50
Codos de 45° para tubería de 2"	7	Unidad	S/ 21.00	S/ 147.00
Manómetro de alta presión	1	Unidad	S/ 125.00	S/ 125.00
Alcayatas	58	Unidad	S/ 3.00	S/ 174.00
Precintos	1	Caja	S/ 11.50	S/ 11.50
Cinta teflón de 1/2"	2	Rollo	S/ 1.90	S/ 3.80
Manguera de lona de 1/2"	5	Metros	S/ 14.00	S/ 70.00
Tubería de 4" de hdpe	70	Metros	S/ 17.00	S/1,190.00
Codos de 45° para tubería de 4"	4	Unidad	S/ 31.50	S/ 126.00
Tubería en forma de t de 4"	2	Unidad	S/ 24.50	S/ 49.00
Ferula para manguera hidráulica de 1/2"	1	Unidad	S/ 8.00	S/ 8.00
Válvula de bola conexión para tuberías de 4"	4	Unidad	S/ 85.00	S/ 340.00
Costo total final				S/ 3,021.10

Tabla 16

Costo de accesorios de instalación

Nota. Esta tabla muestra el análisis de costos de los accesorios que se utilizará para la correcta instalación del sistema de bombeo según el diagrama de procesos (ver Figura 67).

Tabla 17

Total de costos operacionales

Descripción	Total
Costo de mano de obra para instalación	S/ 1,170.00
Costo de accesorios de instalación	S/ 3,021.10
Costo total	S/ 4,192.10

Nota. Esta tabla muestra la valorización total de todos los costos que requiere la instalación de la bomba.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A partir de los hallazgos encontrados, se logra un balance hídrico en la zona de estudio con el fin de asegurar la capacidad del sistema y controlar todas las aguas de interior mina, obteniendo una mayor eficiencia a menor costo mediante la selección y ubicación de las estaciones de bombeo, tuberías y materiales, de tal manera se evitará retrasos en la operación y se mantiene condiciones de trabajo óptimas, minimizando la cantidad de aguas en circulación en las áreas de operación y mejorando el tratamiento y manejo de las aguas de escorrentía que afectan la operación tanto en épocas de lluvias como en épocas secas.

Muñoz (2016) en su tesis titulada “Optimización del sistema del bombeo y manejo de aguas residuales producto de la explotación minera en la mina de carbón San Fernando, Amaga-Antioquia” analizó parámetros fisicoquímicos del agua, en el cual el fluido a bombear tiene las siguientes características, el PH es de 8.26, conductividad 2780 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alcalinidad 1240 mg/L. Según nuestros resultados obtenidos en el laboratorio de aguas-Cajamarca, se tiene una turbidez de 28.6 NTU, PH a 25 °C de 3.2, L, conductividad de 101.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, asimismo se tomó en cuenta parámetros adicionales para tener un mejor diseño, tales como alcalinidad (CaCO_3) 61.5 mg CaCO_3 , temperatura 11 °C, densidad 1020 g/L, viscosidad 1 cp y % sólidos de 5%.

Los resultados se afianzan con Rafael (2019) debido a que en su estudio “Implementación de un sistema de bombeo integral para la evacuación de aguas subterráneas en minera KOLPA S.A.”; obtuvo como resultado un caudal de bombeo proyectado de 0.8368 m^3/s (83.68 l/s), asumiendo un caudal final de 0.95 m^3/s (95 l/s) producto de dos rampas, para el cálculo se consideró 125 días de temporada de lluvia y 240 días de temporada seca.

Asimismo, asume un sistema de bombeo eléctrico automatizado considera tuberías tipo Acero SCH 40, Bridas Clase, y HDPE SDR de diámetro de 10 pulgadas, con una altura estática de 362.69 PSI, una presión total de 390.09 PSI, y una potencia de bombeo de 342.74.

HP. Finalmente, en nuestros resultados obtenidos se tiene un caudal final de 0.001419 m³/s (85.11 l/min), para el cálculo se consideró 207 días de temporada lluviosa y 158 días de temporada seca, asumiendo un sistema de bombeo neumático que considera tuberías HDP de 2 pulgadas, con una presión estática máxima de 116.10 PSI, y una potencia de bombeo máxima de 3.327 HP, utilizando un tanque pulmón de aire de tipo de TP-120VH, con capacidad de 120 galones y una bomba neumática de membrana modelo Bóxer 81 con capacidad máxima de bombeo de 0.00183 m³/s (110 l/min).

El diseño del sistema de bombeo será capaz de evacuar 0.001419 m³/s empleando un tanque pulmón de aire de tipo de TP-120VH, con capacidad de 120 galones y una bomba neumática modelo Bóxer 81 con capacidad de bombeo de 0.00166 m³/s, con un costo operacional inicial de 4 192.10 soles. Estos resultados se respaldan con Alvarado (2018) en su estudio “Diseño de un sistema de bombeo estacionario automático para evacuación de 72 l/s subterráneas en la Minera Aurífera Retamas”, porque obtuvo como resultado el diseño de un sistema de bombeo estacionario automático evacuando 0.072 m³/s utilizando dos electrobombas horizontales de la marca KSB multietapas del tipo WKL 150/5 de 500hp en 4.16 kv con capacidad de evacuar 0.090 m³/s, captando la generación de aguas subterráneas de tres labores, asumiendo un costo total anual de 12 000 soles.

En la investigación el diseño del sistema de bombeo utiliza 13 estaciones de bombeo con 4 metros de succión, 01 bomba neumática de membrana modelo Bóxer 81, con una presión de aire de 125 PSI y un tanque pulmón de aire de tipo de TP-120VH. Estos resultados se afianzan en Muñoz (2016) en su investigación “Optimización del sistema de bombeo y manejo de las aguas residuales producto de la explotación mineral en la mina de carbón San Fernando,” al

obtener un resultado estándar de instalación y operación, empleando 10 estaciones de bombeo, en el cuál utilizó 4 bombas centrífugas eléctricas de tipo IHM 5X25 SM, AU 3, IHM 30HH-25TW, IHM D25 30X6 respectivamente y un motor anti explosión de tipo E1, con potencias nominales de los motores de 10, 25, 30 y 50 HP, conectados a un sistema trifásico de 460 V que bajo óptimas condiciones de funcionamiento ofrecerían un rendimiento no menor al 80% para evacuar un caudal medio de $0.003911 \text{ m}^3/\text{s}$. Por otro lado, Medrano (2019) en su estudio “Optimización en el sistema de bombeo y drenaje de la veta Ánimas Minera Bateas”, empleó 02 estaciones de bombeo, la primera conformada por 03 bombas horizontales centrífugas de $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$ -102 m, 01 bomba sumergible vertical, de $0.011 \text{ m}^3/\text{s}$ -25 m; la otra de : 03 bombas de alta presión, con capacidad de $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$ -186 m y 01 bomba sumergible vertical, de $0.011 \text{ m}^3/\text{s}$ -25 m.

4.2 Conclusiones

- Se diseñó un sistema de bombeo para la evacuación de agua subterránea desde la cota 2978 msnm hasta 3028 msnm, estos puntos van a variar según el avance de pique y la ubicación de las 13 estaciones de bombeo para evacuar $0.001419 \text{ m}^3/\text{s}$ empleando un tanque pulmón de aire de tipo de TP-120VH, con capacidad de 120 galones y una bomba neumática de membrana modelo Bóxer 81 con capacidad de bombeo de $0.00166 \text{ m}^3/\text{s}$ (100 l/min). Para obtener un correcto funcionamiento de la bomba neumática se tendrá que suministrar un correcto abastecimiento de fluido de aire, en nuestro caso la bomba es una Bóxer 81 que requiere de 125 PSI, además de ello se tendrá que realizar mantenimientos preventivos de manera trimestral, ayudando a mantener la vida útil y cumplir su ciclo de vida completo, ya que un equipo con buen mantenimiento requiere menos reparaciones y representa menos costo por mantenimiento correctivo para la empresa.

- El caudal máximo de bombeo es 85.11 l/min o 0.001419 m³/s y el caudal mínimo es 78.03 l/min o 0.001301 m³/s, pero la bomba seleccionada es capaz de bombear 0.00183 m³/s.
- Se determinó los parámetros para el diseño del sistema de bombeo en el nivel El Quinto – Pique 62, analizando la turbidez de agua de 28.6 NTU, pH de 3.2 a 25 °C, conductividad de 101.8 µS/cm a 25 °C, alcalinidad de 61.5 mg CaCO₃/L, salinidad de 0.421 PSU, densidad de 1020 g/L, viscosidad de 1 cp y 5% de porcentaje de sólidos, calculando un caudal de 85.11 l/min o 0.001419 m³/s.
- El material de la bomba a emplear será de polipropileno, hytrel, acero inoxidable, PP polipropileno y tuberías HDP de 1/2, 2 y 4 pulgadas. Para la elección de la bomba se consultó con tres proveedores, opción 1: bomba de marca Graco, modelo Husky 1050, teniendo como caudal máximo de bombeo de 189.271 litros por minuto a una presión máxima de 125 psi, el material de cuerpo hidráulico es de aluminio. El precio es de S/4841.2; opción 2: bomba de la misma marca Graco, modelo Husky, teniendo como caudal máximo de bombeo 340.687 litros por minuto a una presión de 125 psi, el material de cuerpo hidráulico de aluminio y su interior de santopreno; opción 3: bomba de marca Debem, modelo Boxer 8, teniendo como caudal de bombeo de 110 litros por minuto a una presión de 116.03 psi, el material de cuerpo hidráulico es de acero inoxidable y polipropileno. El precio es de S/3631.096. Se eligió la opción 3, debido a que se adecua a un menor precio, además el material que tiene la bomba Boxer 81 no reacciona contra el ácido sulfúrico; además de ser de mantenimiento sencillo y componentes fáciles de sustituir, otras ventajas técnicas son relativas a la regulación fina de la velocidad.

- Al analizar los costos del sistema de bombeo se incluye el costo de 02 bombas modelo BOREX 81 de S/ 3 506.42 cada una, 01 en funcionamiento y la otra en stand by, el pulmón acumulador de aire comprimido tipo TP-120VH de 120 Gal/200 PSI de S/ 1 168.20, el costo de accesorios de instalación de S/ 3 021.10 y mano de obra para la instalación con un valor de S/ 1 170.00, estos costos no incluyen costos de mantenimiento porque el sistema de bombeo es convencional.

Limitaciones y Recomendaciones

La principal limitación para la elaboración de esta investigación fue el acceso al lugar de estudio, por temas de confidencialidad de datos y procesos que se desarrolla en cada labor. Por otro lado, el Estado de Emergencia en nuestro país influyó en la ampliación del periodo de visitas al lugar de estudio para la recolección de datos. Por último, el acceso restringido a la información.

En la selección del tipo de bombas, se recomienda tener en cuenta las condiciones del ambiente de trabajo, el tipo de fluido a evacuar, la cantidad de sólidos en suspensión, para obtener un rendimiento óptimo del sistema y evitar una pérdida de eficiencia.

REFERENCIAS

- Alvarado Quiliche, A. G. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo estacionario automático para evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterráneas en la Minera Aurífera Retamas*. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27699/alvarado_qa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Condezo Acosta, H. A. (2019). *Mejoramiento del sistema de bombeo y drenaje de aguas subterráneas Unidad de producción Uchucchacua- Cia de Minas Buenaventura S.A.A.* Universidad Nacional carrión, Facultad de ingeniería de minas, Cerro de Pasco. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1784/1/T026_44923901_T.pdf
- DIGESA. (2016). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Perú: Gesta Agua. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf
- Magne, F. (2008). *Abastecimiento, Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Modernizando el Aprendizaje y Enseñanza en la Asignatura de Ingeniería I*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. Obtenido de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1522.pdf>
- Mendrano, D. (2019). *Optimización en el Sistema de Bombeo y Drenaje de la Veta Ánimas-Minera Bateas*. Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería, Huancayo. Obtenido de

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5927/1/IV_FIN_110_T
E_Medrano_Ventocilla_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5927/1/IV_FIN_110_T_E_Medrano_Ventocilla_2019.pdf)

Muñoz Ospino, A. (2016). *Optimización del sistema de bombeo y manejo de las aguas residuales producto de la explotación minera en la mina de carbón San Fernando, operada por carbones San Fernando SAS, Vereda paso nivel, Amaga- Antioquia*. Univerisda Pedagógica y tecnológica de Colombia, Facultad seccional Sogamoso, Sogamoso. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1613/1/TGT-348.pdf>

Ortíz Ramírez, G. E. (2014). *Diseño e implementación de sistema de bombeo principal del sector A-mina calenturitas, propiedad de C.I PRODECO S.A, la Loma, Cesar*. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Facultad sede seccional sogamoso, Sogamoso. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1517/1/TGT-258.pdf>

Rafael Barzola, J. E. (2019). *Implementación de un sistema de bombeo integral para la evacuación de aguas subterráneas en minera KOLPA S.A*. Universidad Nacional del centro del Perú, Facultad de ingeniería de minas, Huancayo. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5149/T010_73891431_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodriguez Ayala, Y. M. (2014). *Mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A- UNIDAD SAN CRISTOBAL*. Universidad Nacional del centro del Perú, Facultad de ingeniería Mecánica, Huancayo. Obtenido de <http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/3215/Rodriguez%20Ayala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz, J. (2014). *Diagnóstico Operativo del Sistema de Desalojo de Agua Residuales en la Estación de Bombeo "La Esperanza" Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México.*

México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de

https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1689/500_2006_ESIA-

[ZAC_SUPERIOR_ruiz_perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1689/500_2006_ESIA-ZAC_SUPERIOR_ruiz_perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANEXOS

Figura 69

Reporte del sistema de bombeo-estación N°1 a 4 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 20/12/2021 Page 1		AFT Fathom Model													
Model Reference Information															
General															
Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 20/12/2021 22:31:08 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\hbjr\20.bak\F-001.hb Escenario: Base EscenarioB Archivo de Salida: D:\leslie\hbjr\20.bak\F-001_F2.out															
Tiempo de Ejecución= 0.04 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tubos= 3 Número de Bombas= 4 Método Matricial= Eliminación Gaussiana															
Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rate de Flujo= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation* = (Automático) Presión Relaxación = (Automático)															
Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperature de Fluido= 212 deg. F Data Mín Temperature de Fluido= 32 deg. F Temperature= 11 deg. C Solid Name=															
Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.05988 lpm-hr-ft Presión de Vapor= 0.1627 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addis, Cliff															
Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 21.49 psia en la Tubería 3 Entrada Presión Estática Mínima es 8.343 psia en la Tubería 1 Salida															
Pump Summary															
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (ft ³ /min)	Flujo Mésico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (meters)		
8	Mostrar	Pump	85.11	3.190	13.37	9.217	100.0	ND	0.1754	ND	ND	5.725	ND		
Reservoir Summary															
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Lq. (meters)	Elevación del Lq. (meters)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (ft ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Mésico Net (lbm/sec)						
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infrito	ND	96.00	14.70	ND	ND	-22.48	-3.190						
5		Infrito	ND	100.00	14.70	ND	ND	22.48	3.190						
Pipe Output Table															
Tubería	Nombre	Rate de Flujo Vol (ft ³ /min)	Velocidad (ft/sec)	P Estática Mec (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (meters)	Elevación de Salida (meters)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (meters)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)
1	Pipe	85.11	4.594	8.389	8.343	100.00	100.00	0.04594	0.04594	0.000	0.03167	8.389	8.343	8.534	8.488
3	Pipe	85.11	7.309	21.494	14.329	100.00	100.00	7.16483	7.16483	0.000	4.93855	21.494	14.329	21.881	14.896
8	Pipe	85.11	4.594	15.276	8.389	96.50	100.00	8.88720	8.88720	8.529	0.24720	15.276	8.389	15.421	8.534
Tubería Diámetro Hc (Inches)															
1	1.414														
3	1.121														
8	1.414														
All Junction Table															
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rate de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)							
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.896	15.421	14.896	15.421	22.48	3.190	0							
3		8.389	8.389	8.534	8.534	22.48	3.190	0							
5		14.896	14.896	14.896	14.896	22.48	3.190	0							
8	Pump	8.343	21.494	8.488	21.881	22.48	3.190	0							

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 70

Reporte del sistema de bombeo-estación N°2 a 8 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 20/12/2021 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Fecha de Análisis en: 20/12/2021 22:34:39 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\hbj\20.batF-001.fth Escenario: Base Scenario/8.1 Archivo de Salida: D:\leslie\hbj\20.batF-001_F1.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.04 Segundos Número total de Iteraciones de Cabeza/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabeza= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo "Flow Relaxation"= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx. Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Min Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m³ Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Adde, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 28.92 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>20.76</td> <td>14.31</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.2722</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet³)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>301.8</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1649</td> <td>7.1649</td> <td>0.000</td> <td>16.2027</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>300.2</td> <td>315.0</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>28.92</td> <td>22.032</td> <td>315.0</td> <td>328.1</td> <td>6.8931</td> <td>6.8931</td> <td>5.803</td> <td>2.4648</td> <td>28.92</td> <td>22.032</td> <td>29.29</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>28.92</td> <td>8.534</td> <td>29.29</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	20.76	14.31	100.0	N/D	0.2722	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	301.8	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5		Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1649	7.1649	0.000	16.2027	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	300.2	315.0	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	28.92	22.032	315.0	328.1	6.8931	6.8931	5.803	2.4648	28.92	22.032	29.29	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3		22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5		14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6		21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	7	Pump	8.389	28.92	8.534	29.29	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	20.76	14.31	100.0	N/D	0.2722	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	301.8	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5		Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1649	7.1649	0.000	16.2027	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	300.2	315.0	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	28.92	22.032	315.0	328.1	6.8931	6.8931	5.803	2.4648	28.92	22.032	29.29	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3		22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5		14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6		21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
7	Pump	8.389	28.92	8.534	29.29	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 71

Reporte del sistema de bombeo-estación N°3 a 12 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 27/12/2021 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 27/12/2021 16:15:30 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\hbjb\Nueva carpeta\1.fth Escenario: Base Scenario\8_1\12 Archivo de Salida: D:\leslie\hbjb\Nueva carpeta\1_F2.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.12 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal= Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Min Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Cift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 29.98 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 2.586 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psia)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>27.62</td> <td>19.04</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.3622</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>1.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>288.7</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1649</td> <td>7.1649</td> <td>0.000</td> <td>16.2027</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>2.586</td> <td>287.1</td> <td>315.0</td> <td>12.6905</td> <td>12.6905</td> <td>12.332</td> <td>0.8113</td> <td>15.28</td> <td>2.586</td> <td>15.42</td> <td>2.731</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>29.98</td> <td>22.032</td> <td>315.0</td> <td>328.1</td> <td>7.9525</td> <td>7.9525</td> <td>5.803</td> <td>4.8604</td> <td>29.98</td> <td>22.032</td> <td>30.35</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pump</td> <td>2.586</td> <td>29.98</td> <td>2.731</td> <td>30.35</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psia)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	27.62	19.04	100.0	N/D	0.3622	N/D	N/D	1.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	288.7	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1649	7.1649	0.000	16.2027	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	2.586	287.1	315.0	12.6905	12.6905	12.332	0.8113	15.28	2.586	15.42	2.731	5	Pipe	85.11	2.228	29.98	22.032	315.0	328.1	7.9525	7.9525	5.803	4.8604	29.98	22.032	30.35	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	7	Pump	2.586	29.98	2.731	30.35	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psia)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	27.62	19.04	100.0	N/D	0.3622	N/D	N/D	1.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	288.7	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1649	7.1649	0.000	16.2027	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	2.586	287.1	315.0	12.6905	12.6905	12.332	0.8113	15.28	2.586	15.42	2.731																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	29.98	22.032	315.0	328.1	7.9525	7.9525	5.803	4.8604	29.98	22.032	30.35	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
7	Pump	2.586	29.98	2.731	30.35	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 72

Reporte del sistema de bombeo-estación N°4 a 16 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 27/12/2021 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																										
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 27/12/2021 16:25:28 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\hbjb11.fth Escenario: Base Scenario/8.1/15 Archivo de Salida: D:\leslie\hbjb11_F4.out</p> <p>Tiempo de Ejecución=0.09 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Mín Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 42.71 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>34.54</td> <td>23.81</td> <td>100.0</td> <td>ND</td> <td>0.4530</td> <td>N/D</td> <td>ND</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>ND</td> <td>275.6</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>ND</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>ND</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>ND</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1650</td> <td>7.1650</td> <td>0.000</td> <td>16.2030</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>274.0</td> <td>288.7</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>42.71</td> <td>22.032</td> <td>288.7</td> <td>328.1</td> <td>20.6794</td> <td>20.6794</td> <td>17.410</td> <td>7.3945</td> <td>42.71</td> <td>22.032</td> <td>43.08</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>42.71</td> <td>8.534</td> <td>43.08</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>													Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	34.54	23.81	100.0	ND	0.4530	N/D	ND	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	ND	275.6	14.70	N/D	ND	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	ND	328.1	14.70	N/D	ND	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1650	7.1650	0.000	16.2030	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	274.0	288.7	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	42.71	22.032	288.7	328.1	20.6794	20.6794	17.410	7.3945	42.71	22.032	43.08	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3		22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6		21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	7	Pump	8.389	42.71	8.534	43.08	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																															
7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	34.54	23.81	100.0	ND	0.4530	N/D	ND	5.756	N/D																																																																																																																																																																																															
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																																			
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	ND	275.6	14.70	N/D	ND	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																																			
5	Reservoir	Infinito	ND	328.1	14.70	N/D	ND	22.48	3.190																																																																																																																																																																																																			
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)																																																																																																																																																																																													
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																													
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1650	7.1650	0.000	16.2030	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																													
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	274.0	288.7	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																													
5	Pipe	85.11	2.228	42.71	22.032	288.7	328.1	20.6794	20.6794	17.410	7.3945	42.71	22.032	43.08	22.399																																																																																																																																																																																													
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																																				
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																																				
3		22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																																				
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																																				
6		21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																																				
7	Pump	8.389	42.71	8.534	43.08	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																																				

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 73

Reporte del sistema de bombeo-estación N°5 a 20 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 31/12/2021 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 31/12/2021 19:46:18 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\eslie\hbjb1.lth Escenario: Base Scenarios.1.20 Archivo de Salida: D:\eslie\hbjb1_F5.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.14 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Mín Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m³ Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 49.60 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>41.44</td> <td>28.56</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.5434</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet³)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>262.5</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1651</td> <td>7.1651</td> <td>0.000</td> <td>16.2031</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>260.8</td> <td>275.6</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>49.60</td> <td>22.032</td> <td>275.6</td> <td>328.1</td> <td>27.5726</td> <td>27.5726</td> <td>23.213</td> <td>9.8594</td> <td>49.60</td> <td>22.032</td> <td>49.97</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>49.60</td> <td>8.534</td> <td>49.97</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	41.44	28.56	100.0	N/D	0.5434	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	262.5	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1651	7.1651	0.000	16.2031	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	260.8	275.6	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	49.60	22.032	275.6	328.1	27.5726	27.5726	23.213	9.8594	49.60	22.032	49.97	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	7	Pump	8.389	49.60	8.534	49.97	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	41.44	28.56	100.0	N/D	0.5434	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	262.5	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1651	7.1651	0.000	16.2031	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	260.8	275.6	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	49.60	22.032	275.6	328.1	27.5726	27.5726	23.213	9.8594	49.60	22.032	49.97	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
7	Pump	8.389	49.60	8.534	49.97	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 74

Reporte del sistema de bombeo-estación N°6 a 24 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 3/12/2021 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 3/12/2021 19:50:28 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\hjb\1.fth Escenario: Base Scenario\8.1/20/24 Archivo de Salida: D:\leslie\hjb\1_F6.out</p> <p>Tiempo de Ejecución=0,07 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal=Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido=212 deg. F Data Min Temperatura de Fluido=32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor=0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Cift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 56.50 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>48.33</td> <td>33.31</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.6338</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>249.3</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1651</td> <td>7.1651</td> <td>0.000</td> <td>16.2033</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>247.7</td> <td>262.5</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>56.50</td> <td>22.032</td> <td>262.5</td> <td>328.1</td> <td>34.4657</td> <td>34.4657</td> <td>29.016</td> <td>12.3242</td> <td>56.50</td> <td>22.032</td> <td>56.86</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>56.50</td> <td>8.534</td> <td>56.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	48.33	33.31	100.0	N/D	0.6338	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	249.3	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1651	7.1651	0.000	16.2033	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	247.7	262.5	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	56.50	22.032	262.5	328.1	34.4657	34.4657	29.016	12.3242	56.50	22.032	56.86	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	7	Pump	8.389	56.50	8.534	56.86	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	48.33	33.31	100.0	N/D	0.6338	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	249.3	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1651	7.1651	0.000	16.2033	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	247.7	262.5	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	56.50	22.032	262.5	328.1	34.4657	34.4657	29.016	12.3242	56.50	22.032	56.86	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
7	Pump	8.389	56.50	8.534	56.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 75

Reporte del sistema de bombeo-estación N°7 a 28 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 19/01/2022 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 19/01/2022 21:23:49 Versión de Aplicación: AFT Fathom Versión 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\Leslie\MODELO20 Y 24\1.fth Escenario Base Scenari08_1/20/24 Archivo de Salida: D:\Leslie\MODELO20 Y 24\1_F5.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.07 Segundos Número total de Iteraciones de Cabeza/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabeza= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Mín Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Setting Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 63.39 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>55.22</td> <td>38.06</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.7242</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Lq. (feet)</th> <th>Elevación del Lq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>236.2</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1652</td> <td>7.1652</td> <td>0.000</td> <td>16.2034</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>234.6</td> <td>249.3</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>63.39</td> <td>22.032</td> <td>249.3</td> <td>328.1</td> <td>41.3588</td> <td>41.3588</td> <td>34.819</td> <td>14.7891</td> <td>63.39</td> <td>22.032</td> <td>63.76</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>63.39</td> <td>8.534</td> <td>63.76</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	55.22	38.06	100.0	N/D	0.7242	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Lq. (feet)	Elevación del Lq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	236.2	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5		Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1652	7.1652	0.000	16.2034	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	234.6	249.3	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	63.39	22.032	249.3	328.1	41.3588	41.3588	34.819	14.7891	63.39	22.032	63.76	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3		22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5		14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6		21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	7	Pump	8.389	63.39	8.534	63.76	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	55.22	38.06	100.0	N/D	0.7242	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Lq. (feet)	Elevación del Lq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	236.2	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5		Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1652	7.1652	0.000	16.2034	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	234.6	249.3	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	63.39	22.032	249.3	328.1	41.3588	41.3588	34.819	14.7891	63.39	22.032	63.76	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3		22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5		14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6		21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
7	Pump	8.389	63.39	8.534	63.76	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 76

Reporte del sistema de bombeo-estación N°8 a 32 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 19/01/2022 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p><u>General</u></p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 19/01/2022 21:27:46 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1.th Escenario: Base Scenario\8_12\20\24\30 Archivo de Salida: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1_FB.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.08 Segundos Número total de Iteraciones de Cabeza/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabeza= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data MIn Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Adde, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 70.28 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>62.12</td> <td>42.82</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.8146</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Lq. (feet)</th> <th>Elevación del Lq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>223.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1652</td> <td>7.1652</td> <td>0.000</td> <td>16.2035</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>221.5</td> <td>236.2</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>70.28</td> <td>22.032</td> <td>236.2</td> <td>328.1</td> <td>48.2520</td> <td>48.2520</td> <td>40.622</td> <td>17.2539</td> <td>70.28</td> <td>22.032</td> <td>70.65</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>70.28</td> <td>8.534</td> <td>70.65</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	62.12	42.82	100.0	N/D	0.8146	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Lq. (feet)	Elevación del Lq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	223.1	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1652	7.1652	0.000	16.2035	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	221.5	236.2	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	70.28	22.032	236.2	328.1	48.2520	48.2520	40.622	17.2539	70.28	22.032	70.65	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	7	Pump	8.389	70.28	8.534	70.65	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
7	Mostrar	Pump	85.11	3.190	62.12	42.82	100.0	N/D	0.8146	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Lq. (feet)	Elevación del Lq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	223.1	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1652	7.1652	0.000	16.2035	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	221.5	236.2	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	70.28	22.032	236.2	328.1	48.2520	48.2520	40.622	17.2539	70.28	22.032	70.65	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
7	Pump	8.389	70.28	8.534	70.65	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 77

Reporte del sistema de bombeo-estación N°9 a 36 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 19/01/2022 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 19/01/2022 21:31:23 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1.fth Escenario: Base Scenario\8.1\20\24\30\32 Archivo de Salida: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1_F8.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.07 Segundos Número total de Iteraciones de Cabeza/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabeza= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Min Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m³ Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 77.18 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>69.01</td> <td>47.57</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.9050</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet³)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>210.0</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1653</td> <td>7.1653</td> <td>0.000</td> <td>16.2037</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>208.3</td> <td>223.1</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>77.18</td> <td>22.032</td> <td>223.1</td> <td>328.1</td> <td>55.1451</td> <td>55.1451</td> <td>46.425</td> <td>19.7188</td> <td>77.18</td> <td>22.032</td> <td>77.54</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>77.18</td> <td>8.534</td> <td>77.54</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	69.01	47.57	100.0	N/D	0.9050	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	210.0	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1653	7.1653	0.000	16.2037	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	208.3	223.1	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	77.18	22.032	223.1	328.1	55.1451	55.1451	46.425	19.7188	77.18	22.032	77.54	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	9	Pump	8.389	77.18	8.534	77.54	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	69.01	47.57	100.0	N/D	0.9050	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	210.0	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1653	7.1653	0.000	16.2037	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	208.3	223.1	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	77.18	22.032	223.1	328.1	55.1451	55.1451	46.425	19.7188	77.18	22.032	77.54	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
9	Pump	8.389	77.18	8.534	77.54	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 78

Reporte del sistema de bombeo-estación N°10 a 40 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 19/01/2022 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 19/01/2022 21:34:31 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1.fth Escenario: Base Scenario\8.1\20\24\30\32\36 Archivo de Salida: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1_F9.out</p> <p>Tempo de Ejecución= 0.09 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal=Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data MIn Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Sólid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 84.07 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>75.90</td> <td>52.32</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>0.9953</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>196.9</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1654</td> <td>7.1654</td> <td>0.000</td> <td>16.2038</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>195.2</td> <td>210.0</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>84.07</td> <td>22.032</td> <td>210.0</td> <td>328.1</td> <td>62.0383</td> <td>62.0383</td> <td>52.229</td> <td>22.1836</td> <td>84.07</td> <td>22.032</td> <td>84.44</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>84.07</td> <td>8.534</td> <td>84.44</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	75.90	52.32	100.0	N/D	0.9953	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	196.9	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1654	7.1654	0.000	16.2038	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	195.2	210.0	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	84.07	22.032	210.0	328.1	62.0383	62.0383	52.229	22.1836	84.07	22.032	84.44	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	9	Pump	8.389	84.07	8.534	84.44	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	75.90	52.32	100.0	N/D	0.9953	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	196.9	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1654	7.1654	0.000	16.2038	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	195.2	210.0	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	84.07	22.032	210.0	328.1	62.0383	62.0383	52.229	22.1836	84.07	22.032	84.44	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
9	Pump	8.389	84.07	8.534	84.44	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 79

Reporte del sistema de bombeo-estación N°11 a 44 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 19/01/2022 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 19/01/2022 21:35:25 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\Leslie\MODELO20 Y 24\1.fth Escenario: Base Scenario\8_120\24\30\32\36\40 Archivo de Salida: D:\Leslie\MODELO20 Y 24\1_F10.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.07 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Mín Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Sólido Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/hr-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 90.96 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>82.80</td> <td>57.07</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>1.086</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>183.7</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1654</td> <td>7.1654</td> <td>0.000</td> <td>16.2039</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>182.1</td> <td>196.9</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>90.96</td> <td>22.032</td> <td>196.9</td> <td>328.1</td> <td>68.9314</td> <td>68.9314</td> <td>58.032</td> <td>24.6485</td> <td>90.96</td> <td>22.032</td> <td>91.33</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>90.96</td> <td>8.534</td> <td>91.33</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	82.80	57.07	100.0	N/D	1.086	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	183.7	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1654	7.1654	0.000	16.2039	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	182.1	196.9	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	90.96	22.032	196.9	328.1	68.9314	68.9314	58.032	24.6485	90.96	22.032	91.33	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	9	Pump	8.389	90.96	8.534	91.33	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	82.80	57.07	100.0	N/D	1.086	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	183.7	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1654	7.1654	0.000	16.2039	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	182.1	196.9	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	90.96	22.032	196.9	328.1	68.9314	68.9314	58.032	24.6485	90.96	22.032	91.33	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
9	Pump	8.389	90.96	8.534	91.33	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 80

Reporte del sistema de bombeo-estación N°12 a 48 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 19/01/2022 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 19/01/2022 21:36:36 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\Leslie\MODELO20 Y 24\1.fth Escenario: Base Scenarios\8.1\20\24\30\32\36\40\44 Archivo de Salida: D:\Leslie\MODELO20 Y 24\1_F11.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.07 Segundos Número total de Iteraciones de Cabeza/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabeza= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo "Flow Relaxation"= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Mín Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Solid Name= Concentración de Sólido= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m³ Viscosidad= 3.09586 lbfm/ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 97.86 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (lter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>89.69</td> <td>61.82</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>1.176</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Lq. (feet)</th> <th>Elevación del Lq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet³)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>170.6</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (lter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1655</td> <td>7.1655</td> <td>0.000</td> <td>16.2041</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>169.0</td> <td>183.7</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>97.86</td> <td>22.032</td> <td>183.7</td> <td>328.1</td> <td>75.8246</td> <td>75.8246</td> <td>63.835</td> <td>27.1133</td> <td>97.86</td> <td>22.032</td> <td>98.22</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>97.86</td> <td>8.534</td> <td>98.22</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (lter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	89.69	61.82	100.0	N/D	1.176	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Lq. (feet)	Elevación del Lq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	170.6	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (lter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1655	7.1655	0.000	16.2041	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	169.0	183.7	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	97.86	22.032	183.7	328.1	75.8246	75.8246	63.835	27.1133	97.86	22.032	98.22	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	9	Pump	8.389	97.86	8.534	98.22	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (lter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	89.69	61.82	100.0	N/D	1.176	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Lq. (feet)	Elevación del Lq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet ³)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	170.6	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (lter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1655	7.1655	0.000	16.2041	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	169.0	183.7	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	97.86	22.032	183.7	328.1	75.8246	75.8246	63.835	27.1133	97.86	22.032	98.22	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
9	Pump	8.389	97.86	8.534	98.22	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 81

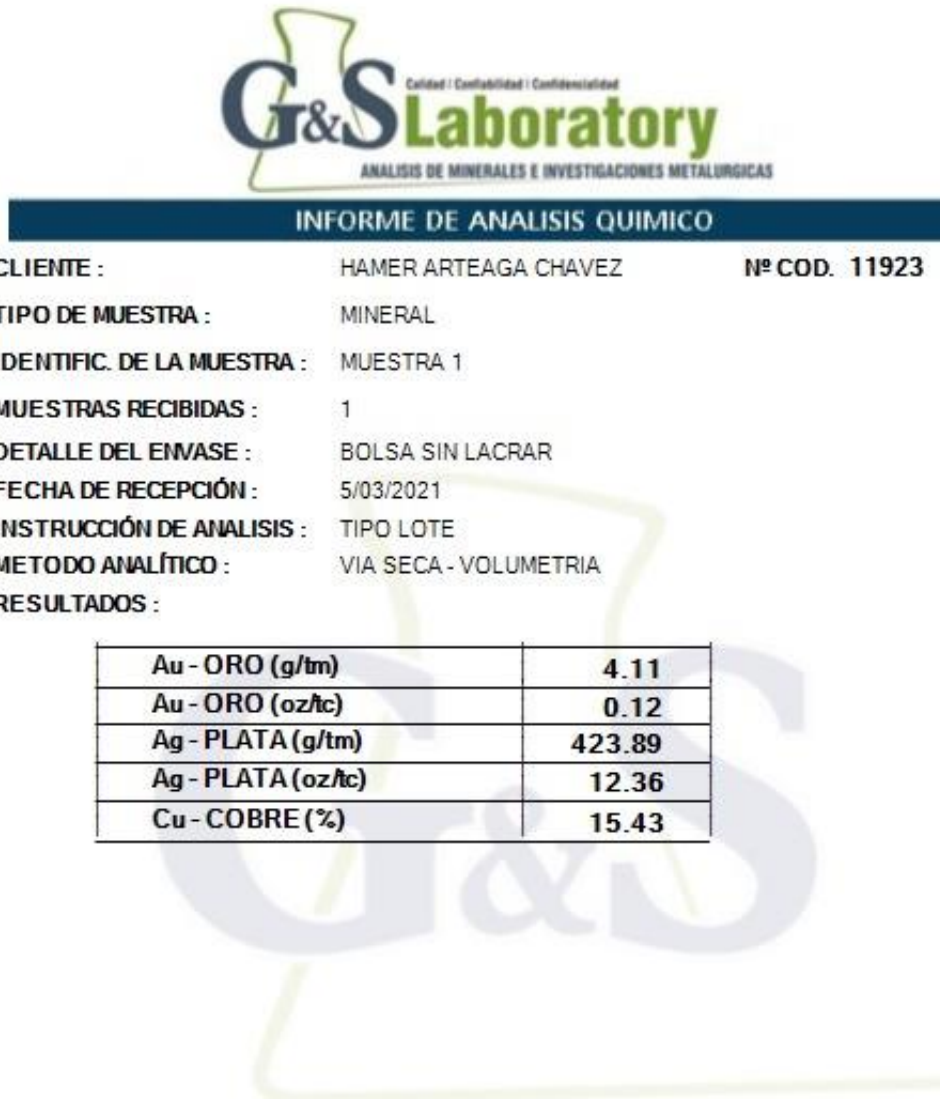
Reporte del sistema de bombeo-estación N°13 a 46 m de avance

AFT Fathom 10 (Output) 19/01/2022 Page 1		AFT Fathom Model																																																																																																																																																																																																	
<p>Model Reference Information</p> <p>General</p> <p>Título: AFT Fathom Model Corrida de Análisis en: 19/01/2022 21:37:41 Versión de Aplicación: AFT Fathom Version 10 (2018.07.13) Archivo de Entrada: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1.fth Escenario: Base Scenario\8_V20\24\30\32\36\40\44\46 Archivo de Salida: D:\leslie\MODELO20 Y 24\1_F12.out</p> <p>Tiempo de Ejecución= 0.08 Segundos Número total de Iteraciones de Cabezal/Presión= 0 Número total de Iteraciones de Flujo= 2 Número total de Iteraciones de Temperatura= 0 Número de Tuberías= 4 Número de Empalmes= 5 Método Matricial= Eliminación Gaussiana</p> <p>Tolerancia Presión/Cabezal= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Rata de Flujo= 0.0001 cambio relativo Tolerancia de Temperatura= 0.0001 cambio relativo *Flow Relaxation*= (Automático) Presión Relajación= (Automático)</p> <p>Modelo Constante de Propiedades de Fluido Base de Datos de Fluido: AFT Standard Fluido: Water slurry (Water at 1 atm) Data Máx Temperatura de Fluido= 212 deg. F Data Mín Temperatura de Fluido= 32 deg. F Temperatura= 11 deg. C Sóld Name= Concentración de Sóldo= 5 Percent Densidad= 1020.01 kg/m3 Viscosidad= 3.09586 lbm/ft-ft Presión de Vapor= 0.1827 psia Modelo de Viscosidad= Settling Slurry - Wilson, Addie, Clift</p> <p>Presión Ambiental (constante)= 1 atm Aceleración de Gravedad= 1 g Flujo Turbulento encima de Número de Reynolds= 4000 Flujo Laminar debajo de Número de Reynolds= 2300 Flujo Total de Entrada= 22.48 gal/min Flujo Total de Salida= 22.48 gal/min Presión Estática Máxima es 101.3 psia en la Tubería 5 Entrada Presión Estática Mínima es 8.389 psia en la Tubería 4 Salida</p> <p>Pump Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Resultados Diagrama</th> <th>Nombre</th> <th>Flujo Vol. (liter/min)</th> <th>Flujo Másico (lbm/sec)</th> <th>dP Stan. (psid)</th> <th>dH (meters)</th> <th>Eficiencia General (Percent)</th> <th>Velocidad (Percent)</th> <th>Potencia General (hp)</th> <th>BEP (gal/min)</th> <th>% de BEP (Percent)</th> <th>NPSHA (meters)</th> <th>NPSHR (feet)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9</td> <td>Mostrar</td> <td>Pump</td> <td>85.11</td> <td>3.190</td> <td>93.14</td> <td>64.20</td> <td>100.0</td> <td>N/D</td> <td>1.221</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>5.756</td> <td>N/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>Reservoir Summary</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Altura del Liq. (feet)</th> <th>Elevación del Liq. (feet)</th> <th>Presión en Superficie (psia)</th> <th>Volumen de Líquido (feet3)</th> <th>Masa de Líquido (lbm)</th> <th>Flujo Volumétrico Net (gal/min)</th> <th>Flujo Másico Net (lbm/sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>164.0</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>-22.48</td> <td>-3.190</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>Infinito</td> <td>N/D</td> <td>328.1</td> <td>14.70</td> <td>N/D</td> <td>N/D</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pipe Output Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubería</th> <th>Nombre</th> <th>Rata de Flujo Vol (liter/min)</th> <th>Velocidad (meters/sec)</th> <th>P Estática Max (psia)</th> <th>P Estática Min (psia)</th> <th>Elevación de Entrada (feet)</th> <th>Elevación de Salida (feet)</th> <th>dP Stag. Total (psid)</th> <th>dP Estática Total (psid)</th> <th>dP gravedad (psid)</th> <th>dH (feet)</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stanc. Sal (psia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>0.5378</td> <td>0.5378</td> <td>0.000</td> <td>1.2162</td> <td>22.03</td> <td>21.494</td> <td>22.40</td> <td>21.861</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>328.1</td> <td>328.1</td> <td>7.1655</td> <td>7.1655</td> <td>0.000</td> <td>16.2041</td> <td>21.49</td> <td>14.329</td> <td>21.86</td> <td>14.696</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>1.400</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>162.4</td> <td>177.2</td> <td>6.8873</td> <td>6.8873</td> <td>6.529</td> <td>0.8112</td> <td>15.28</td> <td>8.389</td> <td>15.42</td> <td>8.534</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pipe</td> <td>85.11</td> <td>2.228</td> <td>101.30</td> <td>22.032</td> <td>177.2</td> <td>328.1</td> <td>79.2711</td> <td>79.2711</td> <td>66.737</td> <td>28.3457</td> <td>101.30</td> <td>22.032</td> <td>101.67</td> <td>22.399</td> </tr> </tbody> </table> <p>All Junction Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Empal</th> <th>Nombre</th> <th>P Estática En (psia)</th> <th>P Estática Sal (psia)</th> <th>P Stag. En (psia)</th> <th>P Stag. Sal (psia)</th> <th>Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)</th> <th>Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)</th> <th>Factor de Pérdida (K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>CARCAMO DE BOMBEO</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>14.696</td> <td>15.42</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Branch</td> <td>22.032</td> <td>22.03</td> <td>22.399</td> <td>22.40</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Reservoir</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>14.696</td> <td>14.70</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Branch</td> <td>21.494</td> <td>21.49</td> <td>21.861</td> <td>21.86</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Pump</td> <td>8.389</td> <td>101.30</td> <td>8.534</td> <td>101.67</td> <td>22.48</td> <td>3.190</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)	9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	93.14	64.20	100.0	N/D	1.221	N/D	N/D	5.756	N/D	Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)	2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	164.0	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190	5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190	Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)	1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861	3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1655	7.1655	0.000	16.2041	21.49	14.329	21.86	14.696	4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	162.4	177.2	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534	5	Pipe	85.11	2.228	101.30	22.032	177.2	328.1	79.2711	79.2711	66.737	28.3457	101.30	22.032	101.67	22.399	Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)	2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0	3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0	5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0	6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0	9	Pump	8.389	101.30	8.534	101.67	22.48	3.190	0
Empal	Resultados Diagrama	Nombre	Flujo Vol. (liter/min)	Flujo Másico (lbm/sec)	dP Stan. (psid)	dH (meters)	Eficiencia General (Percent)	Velocidad (Percent)	Potencia General (hp)	BEP (gal/min)	% de BEP (Percent)	NPSHA (meters)	NPSHR (feet)																																																																																																																																																																																						
9	Mostrar	Pump	85.11	3.190	93.14	64.20	100.0	N/D	1.221	N/D	N/D	5.756	N/D																																																																																																																																																																																						
Empal	Nombre	Tipo	Altura del Liq. (feet)	Elevación del Liq. (feet)	Presión en Superficie (psia)	Volumen de Líquido (feet3)	Masa de Líquido (lbm)	Flujo Volumétrico Net (gal/min)	Flujo Másico Net (lbm/sec)																																																																																																																																																																																										
2	CARCAMO DE BOMBEO	Infinito	N/D	164.0	14.70	N/D	N/D	-22.48	-3.190																																																																																																																																																																																										
5	Reservoir	Infinito	N/D	328.1	14.70	N/D	N/D	22.48	3.190																																																																																																																																																																																										
Tubería	Nombre	Rata de Flujo Vol (liter/min)	Velocidad (meters/sec)	P Estática Max (psia)	P Estática Min (psia)	Elevación de Entrada (feet)	Elevación de Salida (feet)	dP Stag. Total (psid)	dP Estática Total (psid)	dP gravedad (psid)	dH (feet)	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stanc. Sal (psia)																																																																																																																																																																																				
1	Pipe	85.11	2.228	22.03	21.494	328.1	328.1	0.5378	0.5378	0.000	1.2162	22.03	21.494	22.40	21.861																																																																																																																																																																																				
3	Pipe	85.11	2.228	21.49	14.329	328.1	328.1	7.1655	7.1655	0.000	16.2041	21.49	14.329	21.86	14.696																																																																																																																																																																																				
4	Pipe	85.11	1.400	15.28	8.389	162.4	177.2	6.8873	6.8873	6.529	0.8112	15.28	8.389	15.42	8.534																																																																																																																																																																																				
5	Pipe	85.11	2.228	101.30	22.032	177.2	328.1	79.2711	79.2711	66.737	28.3457	101.30	22.032	101.67	22.399																																																																																																																																																																																				
Empal	Nombre	P Estática En (psia)	P Estática Sal (psia)	P Stag. En (psia)	P Stag. Sal (psia)	Rata de Flujo Vol. a través del Emp (gal/min)	Flujo de Masa a través del Emp (lbm/sec)	Factor de Pérdida (K)																																																																																																																																																																																											
2	CARCAMO DE BOMBEO	14.696	15.42	14.696	15.42	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
3	Branch	22.032	22.03	22.399	22.40	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
5	Reservoir	14.696	14.70	14.696	14.70	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
6	Branch	21.494	21.49	21.861	21.86	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											
9	Pump	8.389	101.30	8.534	101.67	22.48	3.190	0																																																																																																																																																																																											

Fuente: Software AFT Fathom (2021).

Figura 82

Análisis químico de muestras de mineral del pique 62



Fecha de Emisión: 5/03/2021

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL

*Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.


*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.


Ing. Julio Oscar Ancoaran
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 185126

Fuente: G&S Laboratory - Análisis de minerales e investigaciones metalúrgicas (2021).


Figura 83

Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
DA - Peru
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0618316

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

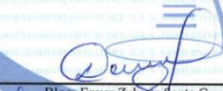
Razon Social/Usuario	PAREDES VALDERRAMA LESLIE JUDITH		
Dirección	Jr. Los Ingenieros N° 156		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	lesleyparedesvalderrama@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo	06.10.21	Hora:	18:00
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	01 Muestra	N° Frascos x muestra	02
Ensayos solicitados	Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el personal usuario		
Procedencia de la Muestra:	ALGAMARCA		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 344	Cadena de Custodia	CC - 570 - 21
N° Orden de Trabajo	0618316		
Fecha y Hora de Recepción	05.10.21	12:00	Inicio de Ensayo
Reporte Resultado	12.10.21	08:00	



Enver Zulueta Santa Cruz
Responsable Técnico (e)
CBP: 9778

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 12 de octubre de 2021

Página: 1 de 3

“LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO”
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FON0: 599000 anexo 1140



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0618316

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	MUESTRA 01		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0618316-01		-	-	-	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	MINA		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	ALGAMARCA		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.021	0.371	-	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	30.98	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	10.58	-	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.022	0.202	-	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	143.0	-	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.031	-	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.015	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	<LCM	-	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.008	1.751	-	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	152.2	-	-	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0050	4.398	-	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.022	-	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	18.16	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	10.10	-	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.021	4.80	-	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	-	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	7.530	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.053	-	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	<LCM	-	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.021	<LCM	-	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	30.25	-	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	10.71	-	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.464	-	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	0.021	-	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.252	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	3.977	-	-	-	-	-

Cajamarca, 12 de octubre del 2021

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

IE 0618316

ENSAYOS			INFORME DE ENSAYO N°						QUÍMICOS						
Código Cliente	MUESTRA 01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0618316-01		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Descripción	MINA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	ALGAMARCA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados												
Turbidez	NTU	0.09	28.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
* pH a 25°C	pH	NA	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	101.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(*) Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	0.5	61.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(*) Salinidad	PSU	NA	0.421	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura	°C	NA	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad	g/L	NA	1020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viscosidad	cp	NA	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% Sólidos	%	NA	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[Firma]
Ing. Marjano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Tl, Sn, Ti, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130, B, 23rd Ed. 2017. Turbidity, Nephelometric Method
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value, Electrometric Method
Conductividad a 25°C	µS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510, B, 23rd Ed. 2017. Conductivity, Laboratory Method
Salinidad (NaCl)	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2520 B, 23rd Ed. 2017. Electrical Conductivity Method

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT-1-5.10-01 Rev: N°05 Fecha: 06/10/2021

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2008.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 12 de octubre del 2021

Página: 3 de 3

Figura 84


Características de bomba

 SERVICLORO Perú S.A.C RUC 20563417570		Profesionales en dosificación de químicos, equipos de medición en línea y de caudal, en procesos para tratamientos de agua potable, residual e industrial. Av. Paseo de la Republica N° 3800, Oficina N° A Teléfono: (511) - 4217971 San Isidro Lima - Perú info@servicloro.com www.servicloro.com		
SEÑORES: UNIDAD MINERA "SAN BLAS" DE ALGAMARCA Sr. Jhimy Iván Caro Edquen Jhimy_octnov_12@hotmail.com Tel: +51 930259280 Cajamarca- Perú		Fecha: diciembre 13 de 2021 Oferta # AQ-00402 PAG. 1 Validez de la Oferta: Treinta (30) días Entrega: Inmediato salvo venta previa F. de pago: Anticipado para proceder a despacho		
Solicitado por: UNIDAD MINERA "SAN BLAS" DE ALGAMARCA				
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Bomba Neumática - Doble Diafragma para trabajo con solución alta en azufre, Q=85.11 L/min				
1	<p>Bomba neumática de membrana Modelo Boxer 81 Con capacidad 100 l/min (26,5 GPM) marca DEBEM de Fabricación Europea. La series Boxer 81 son de mantenimiento sencillo y rápido y con componentes fáciles de sustituir, las bombas de membrana Boxer son alimentadas con aire no lubricado y tienen caudal y altura de elevación regulables..</p> <p>Otras ventajas técnicas son relativas a la regulación fina de la velocidad; manteniendo alta la presión, la posibilidad; de desdoblar los colectores y de montar las uniones en 3 posiciones en empuje y en aspiración. Además, estas bombas neumáticas de membrana trabajan en seco sin problemas y están equipadas con intercambiador interno coaxial patentado.</p> <p>Datos técnicos Modelo Boxer 81 Uniones aspiración descarga (pulgadas): G 1" Unión aire (pulgadas): G 3/8" Capacidad de aspiración en seco máx. (m) :6 Caudal máx. (l/min): 110 (29 GPM) Altura de elevación máx. (m): 80 Presión aire alimentación máx. (bar): 8 Diámetro sólidos de paso máx. (mm):4 Aspiración máx. con succión negativa – en seco (m): 4 Peso neto PP (kg): 5</p>	1	USD 785	USD 785
			I.G.V.	USD 141.30
			TOTAL	USD 926.30
T.Entrega: Inmediato salvo venta previa				
				
OBSERVACIONES:				
Ing. Alan Eduardo Quintana Zamudio Coordinador Regional Perú ventas.peru@servicloro.com				

Fuente: SERVICLORO PERU S.A.C (2021).


Figura 85

Materiales de la bomba



Conexiones aspiración / impulsión	G 1" o DN 25(*)
Conexión aire	G 3/8" f
Caudal máx.*	110 l/min
Presión aire alimentación máx.	8 bar
Altura máx.*	80 m
Aspiración máx. con succión negativa - en seco*	4 m
Aspiración máx. con succión negativa - con bomba cebada	9,5 m
Diám. máx. sólidos en suspensión	4 mm
Ruido	70 dB
Volumen por golpe	100 cc

(*) conexiones NPT bajo pedido
 ** El valor depende de la configuración de la bomba.

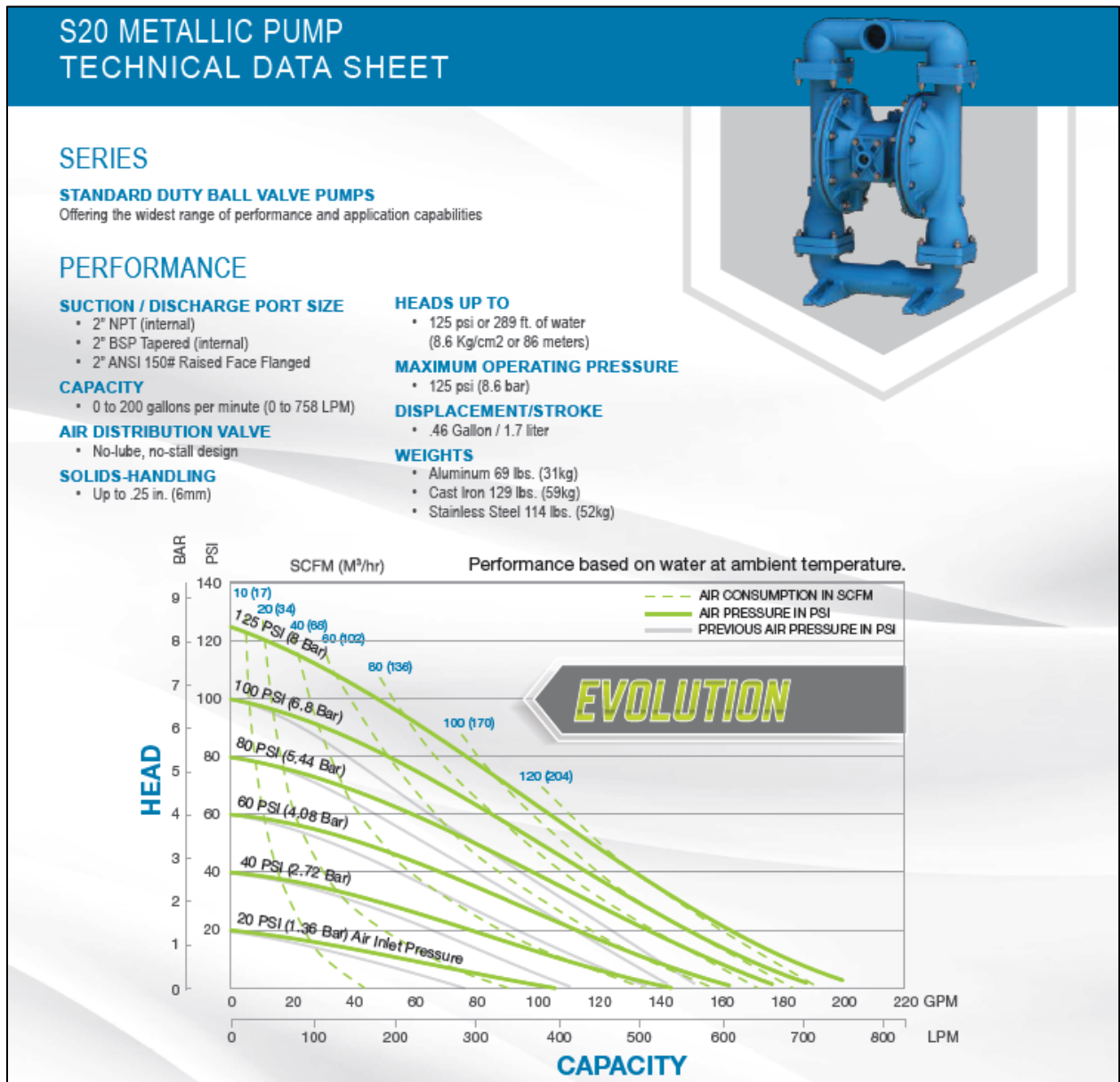


- Producto diseñado y fabricado en Italia
- Circuito neumático antibloqueo PATENTADO
- Funcionamiento con aire NO lubricado
- AUTOCEBADO
- Soporta el funcionamiento en seco
- Certificación ATEX para ZONA 1 - ZONA 2
- Certificación IECEX
- Posibilidad de regular la velocidad de funcionamiento
- Versatilidad de uso
- Adecuada para desplazar fluidos de alta viscosidad y para aplicaciones pesadas
- Posibilidad de mover fluidos con sólidos en suspensión.
- Posibilidad de instalación suspendida.
- Colectores disponibles con anillos de refuerzo de acero inoxidable para bombas en PP - PP + CF - PVDF
- Apta para el servicio continuo

Fuente: SERVICLORO PERU S.A.C (2021).

Figura 86


Curva de bomba proporcionada por el proveedor




Fuente: SERVICLORO PERU S.A.C (2021).

Figura 87


Características tanque pulmón vertical de aire



MAQUINARIAS
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS



999227770
Plataforma WhatsApp




MANTENIMIENTO.pe
SEMPRE OPERATIVOS

AbcMaquinarias.com
Mantenimiento.pe
PeruTank.com
Compresores.pe
Compresoras.pe
Motobombas.pe

COTIZACION

2022 00060



EMPRESA : SERVICIORDO PERU S.A.C.
RUC : 20563417570
ATENCION : JHIMY CARD FECHA : 1/31/2022
REFERENCIA : TANQUE PULMON 120 GAL 300 PSI

En atención a su amable requerimiento, detallamos lo siguiente:

ITEM	CANT	DESCRIPCION	SUBTOTAL	TOTAL
1	1	TANQUE PULMON VERTICAL DE 120 GALONES, FABRICADO EN PLANCHA ASTM A36 DE 3/16" (4.7MM) DE ESPESOR, MAWP- 200PSI, COLOR AZUL (OTRO INDICAR), CON CERTIFICADO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA A 250 PSI, MARCA- STONE®), MODELO- TP-120VH INCLUYE- -VÁLVULA DE SEGURIDAD ITALIANA 3/4" CERTIFICADA -MANOMETRO 0-300 PSI -PURGA MANUAL INOXIDABLE	990,00	990,00
			Valor venta	990,00
			IGV	178,20
			Total con IGV	1.168,20

CONDICIONES GENERALES DE VENTA

TIPO DE MONEDA :	USO DOLARES AMERICANOS	LUGAR DE ENTREGA :	SU ALMACEN
FORMA PAGO :	CONTADO/DEPOSITO BANCARIO	EMBALAJE :	PARHUELA MADERA
TIEMPO ENTREGA ITEM 1 :	8 DIAS UTILES	GARANTIA ITEM 1 :	12 MESES
TIEMPO ENTREGA ITEM 2 :	NO APLICA	GARANTIA ITEM 2 :	NO APLICA
TIEMPO ENTREGA ITEM 3 :	NO APLICA	GARANTIA ITEM 3 :	NO APLICA
TIEMPO ENTREGA ITEM 4 :	NO APLICA	GARANTIA ITEM 4 :	NO APLICA
TIEMPO ENTREGA ITEM 5 :	NO APLICA	GARANTIA ITEM 5 :	NO APLICA

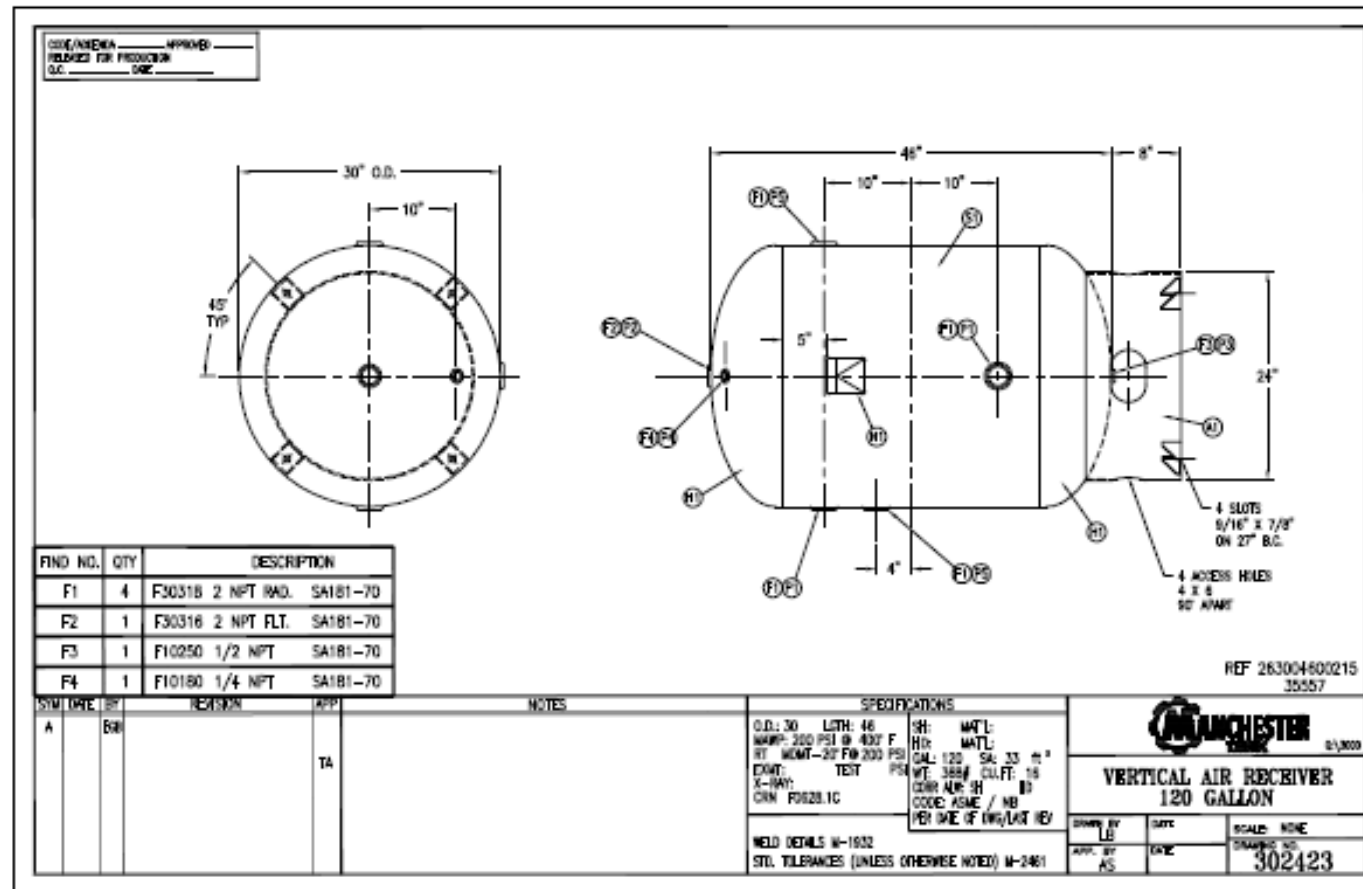
VALIDEZ DE LA COTIZACIÓN: 07 DÍAS ÚTILES.
Por favor indicar en OC: Razón social a facturar, RUC, dirección de almacén, horario de recepción y requisitos para ingreso (SCTR, prueba COVID-19, EPPs, etc)
Enviar el voucher digitalizado o constancia de transferencia a: contabilidad@abcmquinarias.com
Tiempo de entrega contabilizado a partir de procesado el pago.
Depósito de cheque en mismo banco 24 horas útiles en procesar, otro banco 48 horas útiles en procesar.
El delivery es gratuito en los sgtes distritos: Callao, Lima conrado, Carabaylla, Puente Piedra, Camas, Las olivos, Independencia, SMP, Rímac, Breña, La victoria, San Luis, Magdalena, San Miguel, Santa Anita, SJL, Miraflores, San Isidro, Surco, Lince. Otras ubicaciones consultar.
No incluye la descarga con montacargas, esta debe ser asumida por el cliente. El transporte es a la puerta de la dirección indicada en la orden de compra.

ABC MAQUINARIAS SAC >> RUC- 20600185170 >> ventas@abcmquinarias.com >> servicios@mantenimiento.pe

Fuente: ABC Maquinarias, Herramientas y Equipos (2021)

Figura 88

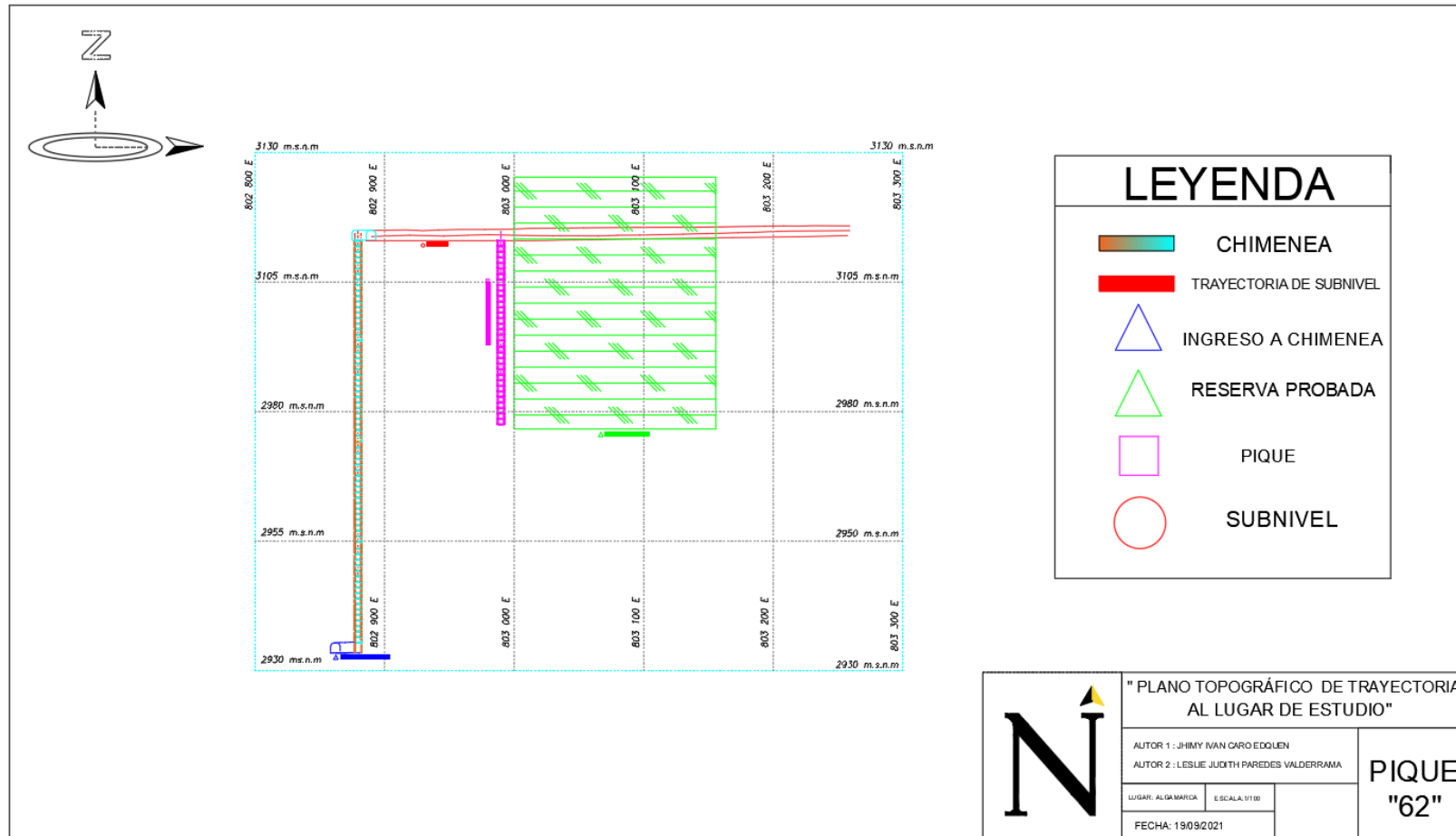
Descripción del tanque pulmón vertical de aire



Fuente: ABC Maquinarias, Herramientas y Equipos (2021).

Figura 89

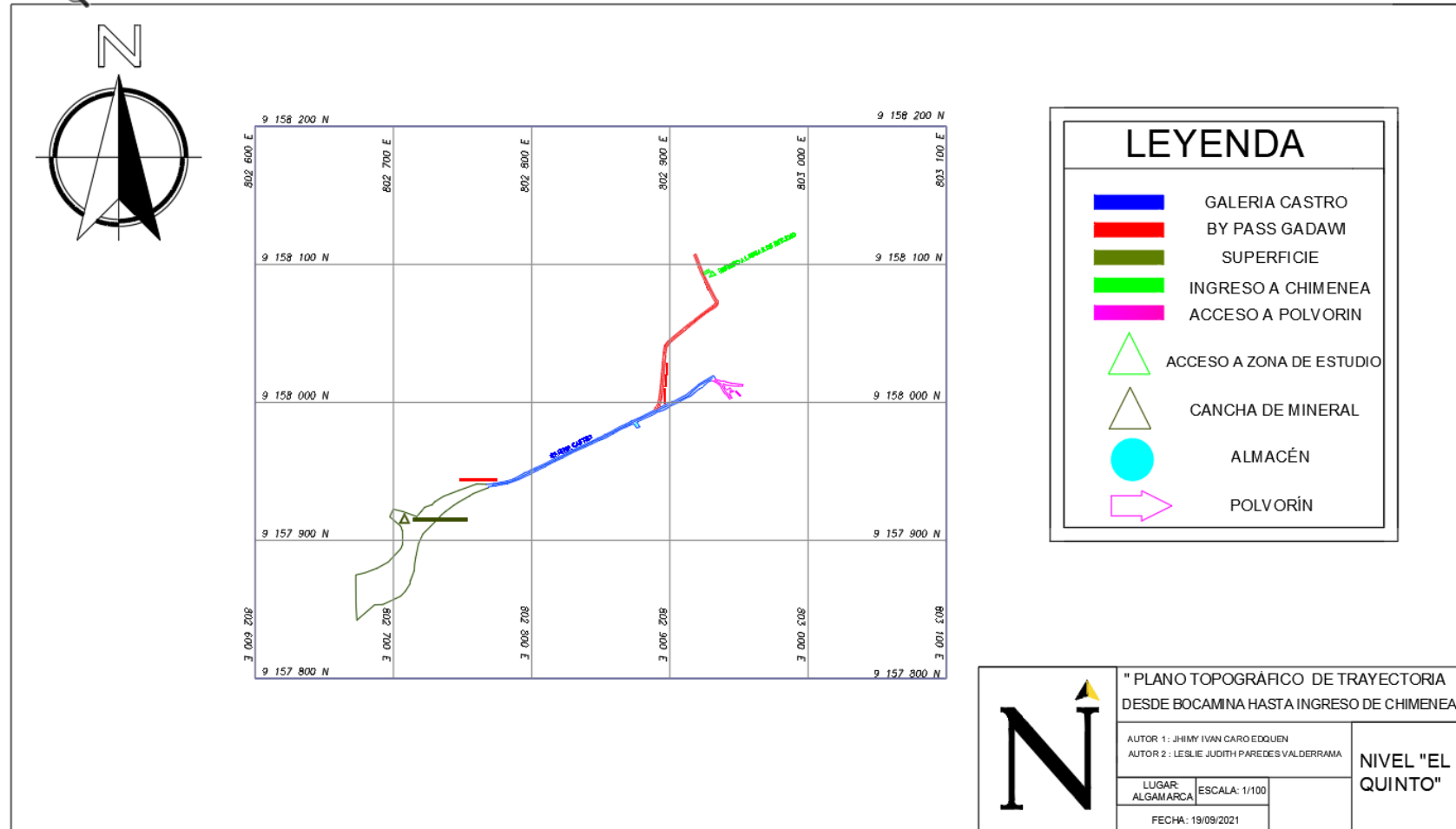
Plano de trayectoria del lugar de estudio



Fuente: AutoCAD (2021).

Figura 90

Plano topográfico de la bocamina hasta la chimenea



Fuente: AutoCAD (2021).

Figura 91

Ingreso a mina convencional nivel El Quinto



Fuente: Propia (2021).

Figura 92

Filtración de agua por fisuramiento en el macizo rocoso



Fuente: Propia (2021).

Figura 93

Acumulación de agua en punto inicial del Pique 62



Fuente: Propia (2021).

Figura 94

Medición de caudal al inicio del pique



Fuente: Propia (2021).

Figura 95

Visita a la zona de estudio



Fuente: Propia (2021).

Figura 96

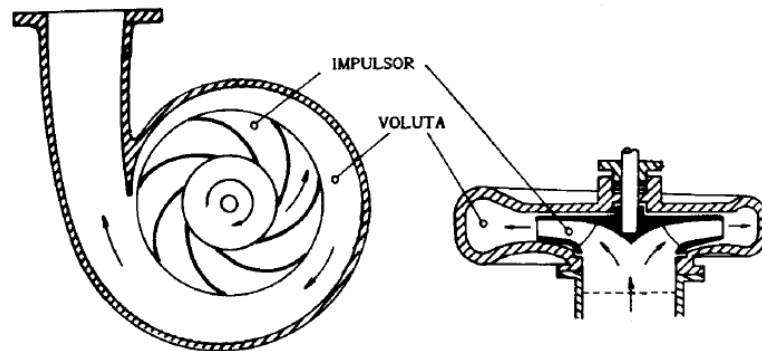
Acceso de la galería principal al subnivel



Fuente: Propia (2021).

Figura 97

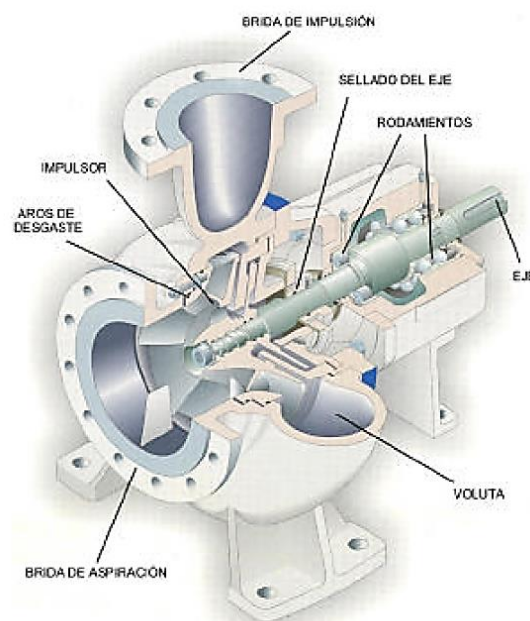
Voluta e impulsor de una bomba centrífuga



Nota. La figura muestra los elementos principales de una bomba centrífuga: la voluta y el impulsor, los cuales son los encargados de conducir el fluido hasta una guía de descarga. Tomado de *Clasificación y Tipos de Bombas* [Fotografía], Ingeniería Mecánica, 2016, <https://ingenieriamecanica.blogspot.com>.

Figura 98

Principales elementos de las bombas



Nota. La Figura ilustra los elementos existentes en la mayoría de los modelos de bombas, en una vista seccional de una bomba de aspiración axial con impulsor en voladizo. Tomado de *Clasificación y Tipos de Bombas* [Fotografía], Ingeniería Mecánica, 2016, <https://ingenieriamecanica.blogspot.com>.