

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
HIDRÁULICA**



TESIS

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TANQUES DE
REBOMBEO DE AGUA EN EL TAJO TAPADO OESTE
EN MINERA YANACocha, 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO HIDRÁULICO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA:
JORGE ANDERSON GONZALES GONZALES**

ASESOR:

Dr. Ing. GASPAR VIRILO MENDEZ CRUZ

CAJAMARCA-PERÚ

2021

Copyright © 2021 by
JORGE ANDERSON GONZALES GONZALES
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Ing. Gaspar Virilo Mendez Cruz, asesor de tesis, por guiarme y brindarme consejos los cuales permitieron realizar esta investigación.

Al ingeniero del departamento de los Recursos Hídricos de la Universidad Nacional de Cajamarca, Ing. Jairo Isaí Alvarez Villanueva, por su constante colaboración y desarrollo de la de la presente investigación, en la búsqueda de la excelencia académica.

DEDICATORIA

A Dios, que me ha brindado el camino a seguir y lograr encontrar lo que tengo que hacer con mi vida.

A mis padres, Jorge Gonzales Vargas y Marlene Gonzales Guerra, que me formaron como una persona de bien y me brindaron el ejemplo de excelentes profesionales.

A mis hermanos mayores, Juan Antonio Gonzales y Cristhian Paul Gonzales, que han sido mi ejemplo de superación y exigencia académica.

A mi hermana menor, Nicolle Anthonela Gonzales que siempre me brindo su cariño para seguir adelante.

A todos los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca, que nos formaron tanto personal como académicamente, siempre exigiéndonos para revelar lo mejor de sus estudiantes.

Jorge Anderson Gonzales

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5. LIMITACIONES	4
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1.1 Antecedente internacional	5
2.1.2 Antecedentes nacionales	6
2.1.3 Antecedentes locales	6
2.2 BASES TEÓRICAS	7
2.2.1 Explotación de minas a tajo abierto	7
2.2.2 Minería a tajo abierto	7
2.2.3 Manejo integral del agua en minería	8
2.2.4 Sistemas de control de agua	9
2.2.5 Drenaje en minas a tajo abierto	10
2.2.6 Sistema de tanques de rebombeo	11
2.2.7 Bombas	12
2.2.8 Curvas características de bombas	15
2.2.9 Sistemas de bombeo	17
2.2.10 Aplicaciones de bombeo	18
2.2.10.1 Estaciones de refuerzo	18
2.2.10.2 Balsas flotantes	19

2.2.11 Consideraciones en estaciones de bombeo	19
2.2.12 Flexibilidad para la instalación de una bomba	20
2.2.13 Evaluación en sistemas de rebombeo	22
2.2.14 Drenaje en tajo abierto con tuberías de polietileno de alta densidad	22
2.2.15 Consideraciones para el diseño de conducción de tuberías	24
2.2.16 Curvas características de tuberías (pérdida de energía)	25
2.2.17 Métodos principales de pérdida de energía en una tubería	26
2.2.18 Diseño de conducción con tuberías	27
2.2.19 Sistema de conducción en tajo abierto	27
2.2.20 Diseño de tanques de rebombeo en un tajo abierto	29
2.2.21 Plan de minado para la implantación de tanques de rebombeo en tajo abierto	29
2.2.22 Modelo computacional de sistemas de rebombeo	31
2.2.23 Simulación dinámica	31
2.2.23.1 Modelo computacional para sistemas de bombeo	32
2.2.24 Etapas del modelamiento del sistema de bombeo	35
2.2.24.1 Simulación en estado estable	35
2.2.24.2 Simulación dinámica	36
2.2.25 Calibración del modelo	37
2.2.26 Verificación y validación del modelo	37
2.2.26.1 ASME V y V20	38
2.2.27 Precipitación	43
2.2.27.1 Medición de la precipitación	43
2.2.28 Problemas en un sistema de bombeo en un tajo abierto	44
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	48
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	50
3.1 MATERIALES Y EQUIPOS	50
3.1.1 Materiales	50
3.1.2 Equipos	50
3.2 METODOLOGIA	51
3.2.1 Localización y ubicación del área de estudio	51
3.2.2 Acceso a la zona de estudio	51
3.2.3 Características físicas de la zona de estudio	53
3.3.4 Metodología	68

3.3.4.1 Recopilación de información	70
3.3.4.2 Visita a la zona de estudio	72
3.3.4.3 Información de parámetros	72
3.3.4.4 Construcción del modelo	76
3.3.4.5 Verificación de capacidades hidráulicas del modelo	77
3.3.4.6 Calibración del modelo	80
3.3.4.7 Verificación y validación del modelo	81
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN Y ANALISIS	82
4.2 INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DE LOS RESULTADOS	84
4.2.1 Cartografía y topografía	84
4.2.2 Hidrología e hidráulica	84
4.2.3 Modelamiento hidráulico	86
4.2.4 Verificación de las capacidades hidráulicas	89
4.2.5 Calibración del modelo	90
4.2.6 Verificación y validación del modelo	92
4.2.7 Alternativa de solución	94
4.2.8 Protocolo de evaluación para sistemas de tanques de rebombeo a tajo abierto	95
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
5.1 CONCLUSIONES	100
5.2 RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS	106

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Presiones nominales de las tuberías de HDPE, de acuerdo a su SDR	23
Tabla 2. Parámetros de la sustancia	33
Tabla 3. Precipitación media anual (PMA) para estaciones locales	56
Tabla 4. Tipos de tuberías HDPE utilizadas en el tajo “Tapado Oeste”	60
Tabla 5. Características técnicas de la bomba turbina vertical HMSS	61
Tabla 6. Desagüe (dewatering) del tajo	73
Tabla 7. Capacidad de EWTP y AWTP	74
Tabla 8. Registro de parámetros de pozos de drenaje subterráneo	80
Tabla 9. Resultados de la simulación dinámica del sistema “Pumping System”	82
Tabla 10. Línea de conducción HDPE 16” de los tanques N°05 y N°06	83
Tabla 11. Resultados del modelamiento estacionario	85
Tabla 12. Condiciones iniciales del modelamiento computacional	86
Tabla 13. Registro de parámetros de pozos de drenaje subterráneo	88
Tabla 14. Comparativa entre parámetros registrados y parámetros obtenidos en el modelamiento	91
Tabla 15. Aplicación de la Norma V & V20-2009	92
Tabla 16. Intervalo del error estimado en la Norma V & V20-2009	92
Tabla 17. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “Carachugo”	111
Tabla 18. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “Maqui Maqui”	111
Tabla 19. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “Yanacocha”	112
Tabla 20. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “La Quinoa”	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Minería a tajo abierto – tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 6/12/2018.	7
Figura 2. Manejo integral de aguas en minera Yanacocha	8
Figura 3. Estación de bombeo TR1 – tajo “Chaquicocha”. Visitada el 6/12/2018.	9
Figura 4. TR “Huayna Picchu” – Minera Yanacocha. Visitada el 6/12/2018.	10
Figura 5. Sistema de tanques de rebombeo – tajo “El Tapado”. Visitada el 6/12/2018	11
Figura 6. Sistema de drenaje de agua subterránea	12
Figura 7. Bombas centrífugas, lobulares y pistón circunferencial externo	13
Figura 8. Electrobomba monoblock ISO 2858	13
Figura 9. Bomba turbina vertical HMSS	14
Figura 10. Bomba turbina sumergible	14
Figura 11. Prueba de bomba centrífuga	15
Figura 12. Curvas características de una bomba centrífuga	16
Figura 13. Curva de la cabeza del sistema de bombeo	16
Figura 14. Sistema de drenaje de agua subterránea	17
Figura 15. Tanques de rebombeo – minera “Yanacocha”. Visitada el 6/12/2018	18
Figura 16. Balsa tipo flotante con bomba turbina vertical. Visitada el 6/12/2018	19
Figura 17. Componentes de altura de bombeo	20
Figura 18. Característica combinada para dos bombas en serie	21
Figura 19. Característica combinada para dos bombas en paralelo	21
Figura 20. Tuberías de HDPE – tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 6/12/2018	23
Figura 21. Esquema conceptual del sistema de conducción - tajo “Tapado Oeste”	28
Figura 22. Plan de minado y niveles freáticos para el tajo “Tapado Oeste”- 2015	29
Figura 23. Esquema conceptual de la implementación de un sistema de tanques de rebombeo “TR Lagarto” – tajo “Tapado Oeste”.	30
Figura 24. Demostración drenaje de mina a tajo abierto	32
Figura 25. Pestaña de simulación dinámica de progreso “Pumpsim 3D”	36
Figura 26. Gráfico de simulación dinámica “Pumpsim 3D”	37
Figura 27. Esquema del enfoque de validación ASME V y V20.	42
Figura 28. Ejemplo donde puede producirse la cavitación	45
Figura 29. Ubicación geográfica de minera “Yanacocha”	51
Figura 30. Tajo abierto “Tapado Oeste” – Minera “Yanacocha”.	52

Figura 31. Topografía del sistema de bombeo – tajo el “Tapado Oeste”.	53
Figura 32. Sistema de manejo integral de aguas - tajo “Tapado Oeste”	54
Figura 33. Precipitación anual de las estaciones “Carachugo”, “Maqui Maqui”, “Yanacocha” y “La Quinoa”.	57
Figura 34. Manejo de agua en tajo abierto	58
Figura 35. Diagrama de flujo para el circuito de agua de contacto	59
Figura 36. Bomba Turbina vertical HMSS	63
Figura 37. Bomba turbina vertical HMSS. Visitada el 23/05/2018	64
Figura 38. Ubicación de la bomba turbina vertical HMSS. Visitada el 06/05/2019	64
Figura 39. Tanques de bombeo. Visitada el 23/05/2018	65
Figura 40. Diagrama del plan de contingencia	67
Figura 41. Visita técnica al tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 06/12/2018	70
Figura 42. Tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 06/05/2019	71
Figura 43. Proyección de desagüe	72
Figura 44. Disposición de tuberías en los tanques de bombeo	75
Figura 45. Gráfico de simulación dinámica	79
Figura 46. Modelamiento del drenaje de mina a tajo abierto “Tapado Oeste”	87
Figura 47. Líneas de conducción del drenaje de mina a tajo abierto “Tapado Oeste”	87
Figura 48. Sistema de tanques de bombeo “Pumping System” mina a tajo abierto “Tapado Oeste”	88
Figura 49. Calibración del caudal de la bomba (TOPW-19) – Pumpsim 3D	90
Figura 50. Implementación de válvulas mariposa en tuberías HDPE de ingreso en los tanques de bombeo “Pumping System”	94
Figura 51. Verificación de presiones en las líneas de conducción del sistema de bombeo “Pumping System”	96

RESUMEN

Pocas personas piensan que el desagüe de minas en una operación de superficie es un problema importante en comparación con otras tareas de producción, como fragmentación, carga, acarreo, trituración, etc. Sin embargo, si se descuida, no es posible realizar otras operaciones en la mina. El desagüe (dewatering) de minas requiere la aplicación de los conocimientos de muchos campos para crear sistemas prácticos, rentables y eficientes para gestionar el agua. Es así la importancia de gestionar el sistema de drenaje de manera correcta durante su vida útil, con la ayuda de nuevas herramienta y nuevas tecnologías que nos permita representar, identificar y corregir los diferentes tipos de problemas que se pueden presentar en estos diseños hidráulicos. Realizando la evaluación del sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” en el tajo “Tapado Oeste” para el periodo 2020, se buscó determinar un modelo conceptual del sistema de drenaje, realizando el modelamiento dinámico en el software “Pumpsim” determinando su validación y calibración. La evaluación se realizó caracterizando todo el sistema de drenaje desde su punto más bajo del tajo (pozos de bombeo) hasta la parte de retención en la parte superior (poza de retención), es así que la evaluación del sistema se realizó con datos de diseño para el periodo de análisis (parámetros máximos) y los datos de registros realizados por la empresa minera (parámetros mínimos). Finalmente se observó un alto número de tiempos inoperativos del sistema de tanques de rebombeo “Pumping System”, motivo por el cual se planteó una alternativa de solución y un protocolo de evaluación para poder mejorar la implementación, el manejo y la operación de sistemas de tanques de rebombeo durante todo su tiempo de vida útil en la zona de explotación.

Palabras clave:

Drenaje de minas, desagüe, sistemas de bombeo, tanques de rebombeo, modelamiento dinámico computacional, tiempos inoperativos, protocolo de evaluación.

ABSTRACT

Few people think that mine dewatering in a surface operation is a major problem compared to other production tasks such as shredding, loading, hauling, crushing, etc. However, if it is neglected, it is not possible to carry out other operations in the mine. Mine dewatering (dewatering) requires the application of knowledge from many fields to create practical, cost-effective, and efficient systems for managing water. Thus, the importance of managing the drainage system correctly during its useful life, with the help of new tools and technologies that allow us to represent, identify, and correct the different types of problems that can occur in these hydraulic designs. Carrying out the evaluation of the system of re-pumping tanks "Pumping System" in the pit "Tapado Oeste" for the period 2020, it was sought to determine a conceptual model of the drainage system, performing the dynamic modeling in the software "Pumpsim" determining its validation and calibration. The evaluation was carried out by characterizing the entire drainage system from its lowest point of the pit (pumping wells) to the retention part in the upper part (retention pond), thus, the evaluation of the system was carried out with design data. for the analysis period (maximum parameters) and the data from records made by the mining company (minimum parameters). Finally, there is a high number of inoperative times of the pumping tank system "Pumping System", which is why an alternative solution and an evaluation protocol were proposed in order to improve the implementation, management, and operation of tank systems. pumping throughout its useful life in the operating area.

Key words:

Mine drainage, dewatering, pumping systems, pumping tanks, dynamic computational modeling, downtime, evaluation protocol.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el tajo “Tapado Oeste” a los 3500 m.s.n.m., administrada por la empresa Minera “Yanacocha” S.R.L. Actualmente en el tajo “Tapado Oeste” de dicha empresa se realizó un sistema de tanques de rebombeo para evacuar aguas de excedencia producto de aguas meteóricas estancadas y aguas subterráneas de la parte interior de dicho tajo. La investigación pretende evaluar un sistema de rebombeo instalado en el interior del tajo minero, donde se evaluó su ubicación, eficiencia, rendimiento, balance óptimo de evacuación de agua y características estructurales. La evaluación se realizó frente a un problema de diseño de rebombeo presentado por Barbagelata (2016) para la empresa Minera “Yanacocha”, actualmente puesto en operación.

La investigación abordó temas de hidráulica e hidrología. Para el estudio se buscó información de caudales de operación (máximos y mínimos), se elaboró un modelo conceptual y posteriormente se realizó modelamiento hidráulico mediante el software “Pumpsim” al sistema de rebombeo instalado en el tajo “Tapado Oeste” para así, observar su comportamiento mediante simulación dinámica.

La investigación estuvo delimitada en tres aspectos: a) Temporal, se evaluó la información registrada del periodo 2020 del tajo “Tapado Oeste” de propiedad de “Yanacocha”.; b) Espacial, se realizó en el tajo “Tapado Oeste” en provincia de Cajamarca, específicamente en la Minera “Yanacocha”; y, c) Conceptual, en cual se abordó temas relacionados con la topografía, hidráulica, y no se asumió aspectos relacionados con los impactos mineros, como calidad de agua y análisis físico químico del agua.

El objetivo general fue evaluar el sistema de tanques de rebombeo llamado “Pumping System” del tajo “Tapado Oeste”, en función del rendimiento y eficiencia del sistema, mediante simulación dinámica (modelamiento) para el periodo 2020. Para ello, se formularon los siguientes objetivos específicos:

a) Procesar información cartográfica y topográfica del tajo “Tapado Oeste”, durante el periodo 2020; b) Obtener y procesar información hidrológica e hidráulica del tajo “Tapado Oeste”, durante el periodo 2020; c) Describir el sistema de drenaje de agua del tajo “Tapado Oeste”, durante el periodo 2020; d) Analizar el comportamiento de descargas máximas y mínimas con el software “Pumpsim” del sistema de drenaje del tajo “Tapado Oeste”, para diferentes periodos tanto de estiaje como en periodos de precipitaciones.

Además, en la presente investigación se demostró la hipótesis planteada, la cual indica que “La evaluación del sistema de tanques de rebombeo de agua en el tajo “Tapado Oeste” en la minera Yanacocha durante el periodo 2020, permitirá mejorar el funcionamiento del sistema de drenaje”, siguiendo una metodología desarrollados en los siguientes capítulos:

Capítulos I. Contiene justificación del problema, objetivos e hipótesis.

Capítulo II. Aborda marco teórico, antecedentes teóricos y términos básicos.

Capítulo III. Describe materiales y métodos, ubicación, metodología y procedimientos.

Capítulo IV. Presenta resultados y discusión.

Capítulo V. Contiene conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Capítulo VI. Contiene lista de referencias bibliográficas.

Capítulo VII. Contiene anexos.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un evento equivalente a un periodo de retorno de 10 años (73.9 mm) ocurrió en el año 2004, el cual se consideró como uno de los años más húmedos del registro histórico en la empresa minera “Yanacocha”. Frente a estas precipitaciones pluviales extraordinarias que se están presentando en el tajo “Tapado Oeste” en minera “Yanacocha” muestra dificultad de drenaje tanto superficial como subterráneo en la parte interna del tajo abierto (Barbagelata 2016). Actualmente en el tajo “Tapado Oeste” presenta inactividad en pozos de bombeo perimetrales, los cuales mantienen el nivel freático por debajo de la zona de explotación. Además, los actuales sistemas de rebombeo presentan baja capacidad generando por problemas continuos en las electrobombas, una dificultad al momento de extraer agua del fondo del tajo. Frente al aumento de lluvias intensas, la falla de este sistema generaría una inundación en el fondo del tajo “Tapado Oeste” trayendo problemas económicos y ambientales, que sería un punto de inflexión para la aprobación social frente a este tipo de explotación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La evaluación del sistema de tanques de rebombeo de agua en el tajo “Tapado Oeste” en minera “Yanacocha” durante el periodo 2020, permitirá reducir los tiempos muertos de funcionamiento del sistema?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación permitió aplicar nuevos conocimientos de hidráulica dirigidos a las mineras a tajo abierto. Realizando una nueva metodología de evaluación de sistemas de bombeo, además se aplicó un nuevo modelo hidráulico computacional llamado “Pumpsim” para la simulación dinámica del sistema de bombeo del tajo abierto “Tapado Oeste”. La investigación permitió evaluar y analizar el funcionamiento hidráulico del sistema de tanques de rebombeo “Pumping System”, determinando desde el punto de vista operacional reducir los tiempos muertos de funcionamiento del sistema, coincidiendo las entradas de flujo a los tanques para equivaler los ciclos. Con la finalidad de mejorar la implementación, el manejo y la operación de sistemas de tanques de rebombeo durante todo su tiempo de vida útil en la zona de explotación.

1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca para el periodo 2020, en la zona de operación de la empresa minera “Yanacocha” en el tajo abierto “Tapado Oeste”. Asimismo, se realizó la simulación dinámica computacional del tajo “Tapado Oeste” mediante el software “Pumpsim”, analizando el sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” incorporado en el sistema total de drenaje.

1.5. LIMITACIONES

No se tocó temas de hidrogeología, análisis fisicoquímico del agua y análisis de suelos.

No se consideró la intervención de personas, ni los sedimentos del agua en el modelamiento dinámico computacional del sistema.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el funcionamiento hidráulico del sistema de tanques de rebombeo en el tajo “Tapado Oeste” en Minera “Yanacocha”, 2020.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- a) Procesar información cartográfica y topográfica del tajo “Tapado Oeste”.
- b) Obtener información hidrológica e hidráulica del tajo “Tapado Oeste”.
- c) Describir el sistema de drenaje de agua del tajo “Tapado Oeste”.
- d) Analizar el comportamiento de descargas máximas y mínimas mediante el software Pumpsim del sistema de drenaje del tajo “Tapado Oeste”.
- e) Proponer un protocolo de evaluación cualitativo para sistemas de tanques de rebombeo a tajo abierto mediante el uso del software Pumpsim.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedente internacional

Según Peppers (2011, p. 748), indica que:

“Entre 1993 y 1995, la mina “Valdez Creek” de Cambior Alaska en la Cordillera de Alaska estaba llegando al final de las reservas de la mina. El principal desafío definitorio de esta operación minera fue la infiltración de agua subterránea. El flujo en “Valdez Creek” corrió durante todo el año a lo largo de todo el reclamo minero y recargó continuamente el acuífero subsuperficial. El agua subterránea fluyó a través de la grava en lo profundo del depósito durante todo el año, aunque las paredes del pozo se congelaron a una profundidad de 3.0 a 4.6 (m), bloqueando el flujo durante el invierno. Las explosiones ocasionalmente rompieron esta pared congelada, lo que resultó en entradas repentinas de agua y sedimentos en el pozo. El flujo de entrada aumentó durante la ruptura anual de primavera con un aumento significativo en el volumen de agua a medida que las paredes se descongelaron, drenando el agua retenida durante el invierno”.

También Peppers (2011, p. 749), manifiesta que:

“La administración programó el cierre de la mina por congelamiento en el otoño de 1995 debido al agotamiento de reservas y la economía marginal. La compañía estaba bajo presión para limitar el gasto, particularmente en infraestructura fija que tendría que abandonar o desechar al cierre. La ubicación remota requirió más tiempo y esfuerzo logístico que la mayoría de las minas para realizar mejoras importantes. La adición de bombas incrementales con motor diésel fue factible con algún aviso, pero agregar capacidad de tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) fue difícil, costoso y requirió un largo tiempo de entrega. Esta inundación resultó en la pérdida de aproximadamente 3,000 a 4,000 onzas de oro contenidas en el mineral que fue descubierto y en espera de transporte a la planta de lavado. La mina perdió la batalla del agua a fines del verano cuando se produjo una entrada adicional de 442 (l/s) a través de la pared del pozo, lo que obligó inmediatamente a la operación a abandonar los esfuerzos de producción y comenzar la recuperación”.

2.1.2 Antecedentes nacionales

El sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” no tiene precedentes en el país.

2.1.3 Antecedentes locales

Vargas (2015, p. 152), indica que en el distrito de Cajamarca prevalece un patrón de precipitaciones bien definidas por cada estación del año. Los datos sobre precipitaciones de las estaciones “Yanacocha” y “La Quinua” indican que los meses más lluviosos son febrero y marzo, mientras que julio y agosto son los meses más secos. La precipitación acumulada durante los meses húmedos puede exceder los 200 milímetros (mm/mes).

Según Barbagelata (2016, p. 1), manifiesta que en los planes de bombeo de los pozos del tajo “Tapado Oeste” para el periodo enero– junio 2012 se definieron con un caudal de 360 (l/s), el cual luego se incrementaba a un caudal aproximadamente de 450 (l/s). Durante el periodo de enero – junio del 2012 se tuvo un caudal total de los pozos del dewatering del tajo “Tapado Oeste” de aproximadamente 250 (l/s), muy por debajo del plan de bombeo del dewatering en el periodo descrito.

Herrera (2018), el tajo “Tapado Oeste” se cuenta con 13 pozos de bombeo con los que se ha alcanzado un máximo flujo promedio semanal de 650 (l/s) y un usage promedio un 80% (tiempo operativo de un total de 24 horas por día). Con ello se ha logrado un descenso promedio de 0.12 (m/día). Todo esto con la meta de mantener el nivel freático lo más bajo en la parte inferior del tajo “Tapado Oeste” para que las operaciones mineras se desenvuelvan con total normalidad (p. 12).

Herrera (2018), también indica que en julio de 2014 el nivel freático en el tajo “Tapado Oeste” estaba en la cota 3,288 msnm. y el banco final de la Fase 2 llegaba al nivel 3,228 msnm en octubre de 2015, es decir, se necesitaba deprimir el nivel freático 60 (m); en la etapa de minado “Tapado Oeste Layback” el banco final de minado llegaría al nivel 3,168 msnm en 2019, es decir, se requería deprimir el nivel freático otros 60 (m) a partir del banco final de la Fase 2. El flujo promedio para lograr los descensos en las fechas requeridas fue estimado en 850 (l/s) con un usage promedio de 70% (p. 14).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Explotación de minas a tajo abierto

Según Barbagelata (2016), para la explotación de una mina a tajo abierto, es necesario excavar, con medios mecánicos los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento. Estos materiales se denominan, genéricamente, “desmonte”, mientras que a la formación a explotar se le llama “mineral” (p. 80). También Hartman (1992) indica que, si bien algunos trabajos de exploración y desarrollo continúan necesariamente durante la vida útil de una mina, el énfasis en la etapa de explotación está en la producción. Solo se realiza un desarrollo suficiente antes de la explotación para garantizar que la producción, una vez iniciada, pueda continuar ininterrumpidamente durante la vida útil de la mina (p. 857).

2.2.2 Minería a tajo abierto

Barbagelata (2016) indica que, los tajos abiertos son instalaciones de operación de donde se extrae el mineral que luego será acarreado a la pila de lixiviación o al depósito de desmonte (p. 62). También Peppers (2011) manifiesta que, en indicaciones actuales la producción de minas a tajo abierto ha alcanzado su punto máximo (p. 744).



Figura 1. Minería a tajo abierto – tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 6/12/2018.

En la Figura 1 se observa el tajo abierto en explotación, con presencia de maquinaria encargada del proceso de minado, se encuentran en la parte profunda del tajo gracias al acceso de tránsito. El tajo “Tapado Oeste” no tiene cobertura vegetal y las dimensiones de los bancos en el tajo varían de 10 y 12 metros de altura.

2.2.3 Manejo integral del agua en minería

El manejo integral de las aguas en minería de tajo abierto se realiza siguiendo las etapas de cualquier sistema integrado de abastecimiento (Barbagelata, 2016, p. 82).

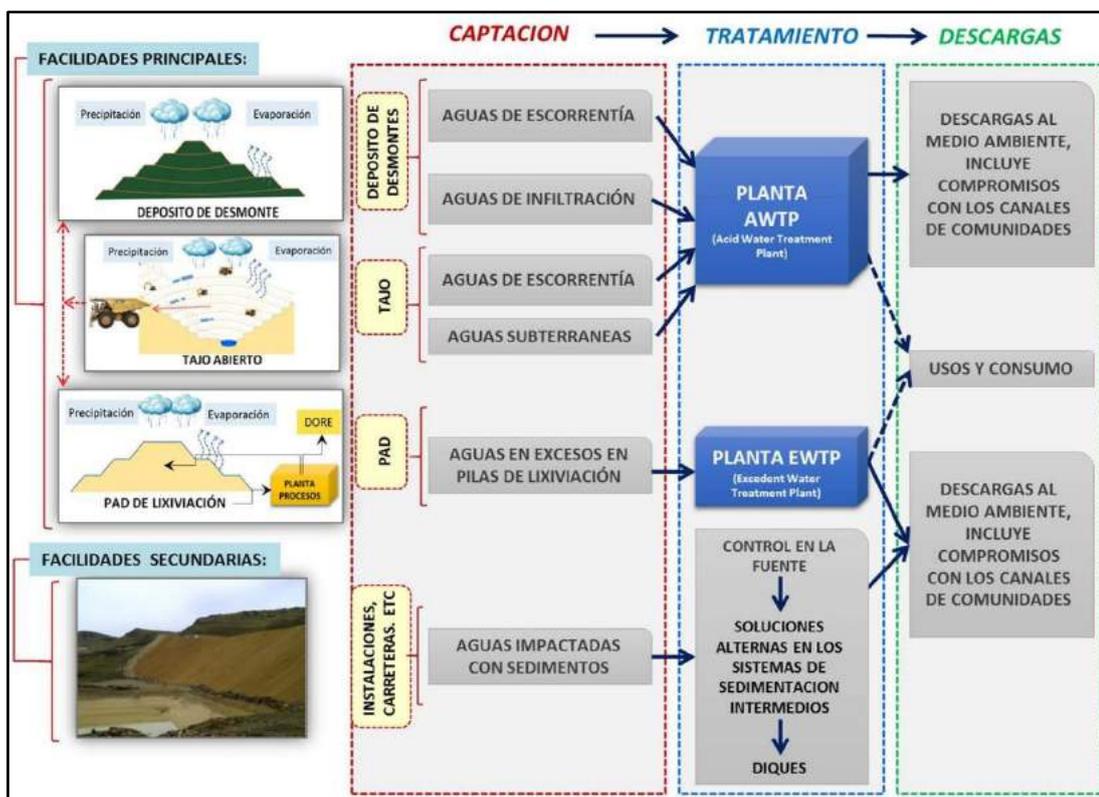


Figura 2. Manejo integral de aguas en minera Yanacocha

Fuente: Barbagelata, 2016, p.82

En la Figura 2 se observa las aguas captadas en los tajos abiertos (escorrentía y subterránea) son transportadas mediante sistemas de bombeo a las plantas de tratamiento de aguas acidas (AWTP), donde el tratamiento finaliza con el agua dentro de los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) que luego será descargada en el medio ambiente y posteriormente utilizada por las comunidades como un compromiso ambiental de la empresa minera.

2.2.4 Sistemas de control de agua

Hartman (1992), da un enfoque integral multifacético para el control de aguas pluviales, aguas molestas, erosión y sedimentos, completamente integrado a lo largo de toda la vida planificada de la mina, puede reducir los posibles impactos ambientales, aumentar la productividad de la mina y lograrse de manera rentable. Los tipos de controles utilizados con frecuencia son: (1) estructuras de transporte de agua, (2) instalaciones de retención, (3) disipadores de energía y (4) bombas (p. 858).

También Hartman (1992) indica que, las estructuras más comunes diseñadas para minimizar el impacto hidrológico de la minería son: las cuencas de sedimentos, los desvíos, las alcantarillas, los disipadores de energía y los sistemas de desagüe (p. 859).



Figura 3. Estación de bombeo TR1 – tajo “Chaquicocha”. Visitada el 6/12/2018.

En la Figura 3 se observa una estación de tanque de rebombeo (TR1) del tajo “Chaquicocha”, el cual está implementado con un tanque de almacenamiento temporal de agua bombeada proveniente de la parte profunda del tajo, tuberías y accesorios de conducción tanto de ingreso y salida de los tanques / electrobombas y las electrobombas con sus componentes eléctricos: transformadores y tableros de distribución. Este sistema de rebombeo es de vital utilidad para minimizar las cabezas de impulsión de las bombas del tajo “Chaquicocha” y mejorar su funcionamiento.

2.2.5 Drenaje en minas a tajo abierto

Es extremadamente importante controlar el agua molesta en una mina; Si no se controla, el agua molesta puede tener un efecto severo en el transporte, la ventilación, la producción, la salud y seguridad de los mineros. Para controlar el agua en las minas, se sigue un proceso de cuatro pasos, mencionados por (Bise, 2003, p. 121): (1) prevención, (2) recolección, (3) transporte y (4) tratamiento.

También Bise (2003) manifiesta que, un sistema de drenaje de minas no es más que una colección de puntos de reunión (sumideros), máquinas que imparten energía al fluido (bombas), conductos de transporte (tuberías) y dispositivos de control (accesorios, válvulas, etc.) (p. 123).



Figura 4. TR “Huayna Picchu” – Minera Yanacocha. Visitada el 6/12/2018.

En la Figura 4 se visualiza un sistema de tanques de rebombeo (TR) “Huayna Picchu” que está situado a los 3603.18 m.s.n.m. implementado con 2 tanques de almacenamiento temporal de agua provenientes del tajo “Tapado Oeste”, 8 electrobombas que trabajan 4 al mismo tiempo en turnos de 12 horas cubriendo las 24 horas del día, tuberías y accesorios de conducción tanto de ingreso y salida de los tanques / electrobombas. El sistema transporta caudales entre 300 a 450 l/s provenientes de los pozos de bombeo (agua subterránea).

2.2.6 Sistema de tanques de rebombeo

Herrera (2018) manifiesta que, en la actualidad las operaciones de drenaje en minera “Yanacocha” están utilizando tanques y pozas de rebombeo en los tajos para reducir la altura de bombeo de los pozos, pero ambos sistemas son fijos y su construcción requiere espacios apropiados y estables. Las facilidades de los tanques de rebombeo son su portabilidad ya que ocupan muy poco espacio, pueden ser montados junto con sus bombas en una plataforma de una cama baja para ser fácilmente transportados y son modulares, es decir que de necesitar más capacidad de rebombeo de estos tanques se pueden conectar 2 o más tanques entre sí (p. 16).



Figura 5. Sistema de tanques de rebombeo – tajo “El Tapado”. Visitada el 6/12/2018

En la Figura 5 se observa el sistema de tanques de rebombeo (TR) “Pumping System” que está situado a los 3337 m.s.n.m. implementado con 4 tanques de almacenamiento temporal de agua provenientes de los pozos de bombeo situados en la parte interna del tajo “Tapado Oeste”, las electrobombas se encuentran en la parte superior de tanque, tuberías y accesorios de conducción tanto de ingreso y salida de los tanques. El sistema transporta (rebombea) caudales desde los pozos de bombeo hasta el TR “Huayna Picchu”, disminuyendo la cabeza de impulsión de los pozos.

2.2.7 Bombas

Según Mataix (1986), una bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa energía hidráulica y también como lo indica Blanco et al. (1996) las bombas son los elementos que aportan energía para vencer las pérdidas de carga y la diferencia de alturas entre dos puntos. Fuerzan al fluido a circular en un determinado sentido (p. 9). Peppers (2011) manifiesta que, las bombas como las tuberías, tienen valores máximos de presión de carcasa interna de diseño para evitar sobre presionar y agrietar las carcasas (p. 750).

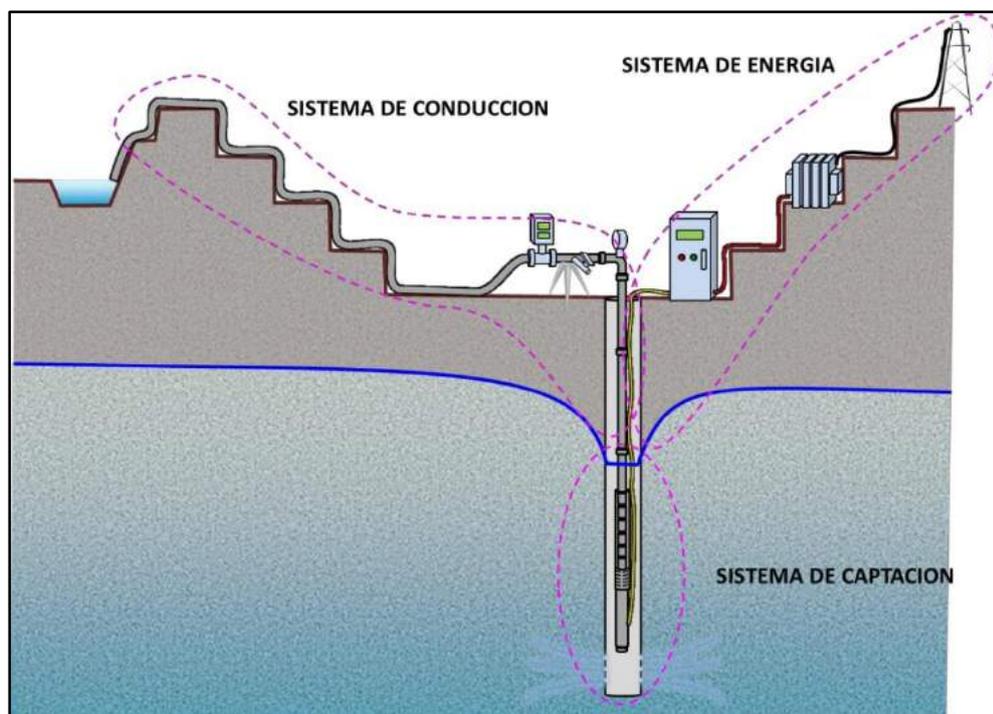


Figura 6. Sistema de drenaje de agua subterránea

Fuente: Herrera, 2018

Tipos de bombas

Mataix (1986) indica que, las bombas rotodinámicas son las únicas que se las consideran turbomáquinas, las cuales son siempre rotativas y la dinámica de la corriente juega un papel importante en la transmisión de la energía. Pero extraer agua de un pozo o sondeo es necesario utilizar bombas que se ajuste a las condiciones específicas de cada caso (p. 369). Las bombas pueden ser de tres tipos, como lo expresa (Villanueva et al. 1984, p. 127):

a) **Alternativos**, las bombas alternativas de émbolo o pistón son máquinas prácticamente en desuso en el campo de la hidrología. Este tipo de máquina puede extraer pequeños caudales con alturas de elevación importantes. Su funcionamiento consiste en un movimiento alternativo y rectilíneo de un pistón que empuja al líquido a elevar hasta la cámara de alta presión



Figura 7. Bombas centrífugas, lobulares y pistón circunferencial externo

Fuente: Hidrostal, 2020

b) **Rotativos**, las bombas rotativas tienen un funcionamiento semejante a las alternativas de émbolo. Su curva característica (altura-caudal) es teóricamente paralela al eje de alturas; es decir, están específicamente diseñadas para dar un caudal casi invariable, dentro de un reducido abanico de alturas manométricas. Como ya se ha indicado este tipo de bombas, juntamente con las alternativas, no tienen aplicación en sondeos profundos con caudales importantes, limitándose su uso al transporte de líquidos de alta viscosidad.



Figura 8. Electrobomba monoblock ISO 2858

Fuente: Hidrostal, 2020

- c) **Centrífugas**, las bombas centrífugas comúnmente disponibles tienen rangos de carga de hasta aproximadamente 107 m en configuraciones de una sola etapa con caudales de hasta 681 m³/h. Hay bombas disponibles que tienen capacidades superiores a estas, pero son menos comunes. Las bombas centrífugas se pueden agrupar en categorías según sus configuraciones, como lo indica (Peppers, 2011):
- **Las bombas de succión final**, utilizan un solo ojo de succión abierto desde el lado del impulsor con el motor de accionamiento en el otro lado. Estas son las bombas de una etapa que se usan con mayor frecuencia, pero requieren una Altura de Succión Positiva Neta alta (NPSHr), por sus siglas en inglés.
 - **Las bombas de doble succión**, usan un colector para dirigir la succión desde ambos lados del impulsor. El eje del motor impulsor pasa a través de ambos lados de la caja de la bomba y puede accionarse desde cualquier lado. Estas son bombas NPSHr moderadas.
 - **Las turbinas verticales**, usan múltiples etapas impulsadas desde un eje común y generan alturas de descarga muy altas. Por lo general, se montan a través de una plataforma horizontal con el motor arriba y requieren que la campana de succión se sumerja debajo de la barcaza o en un pozo profundo. Estas bombas requieren el menor NPSHr porque la succión y las primeras etapas de la bomba están sumergidas.

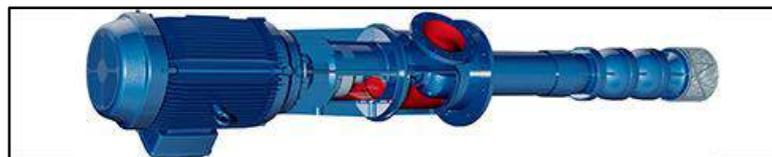


Figura 9. Bomba turbina vertical HMSS

Fuente: Hidrostral, 2020

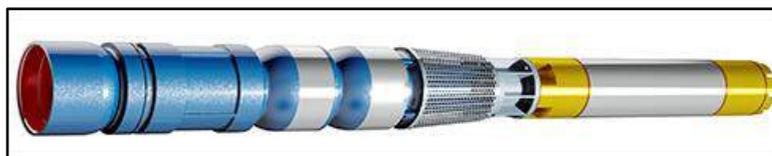


Figura 10. Bomba turbina sumergible

Fuente: Hidrostral, 2020

2.2.8 Curvas características de bombas

Bise (2003) indica que, el rendimiento de la bomba se representa en un gráfico como una indicación de sus características. El venturi calibrado se usa para medir la cantidad, el manómetro mide la presión y el vatímetro mide la potencia de entrada, se puede visualizar la ubicación de estos medidores en la Figura 11. Se obtienen diversas presiones de descarga estrangulando con una válvula de compuerta en la tubería de descarga. La cantidad y la potencia se miden en cada uno de estos niveles de presión, lo que proporciona los datos necesarios para trazar las curvas características (p. 122).

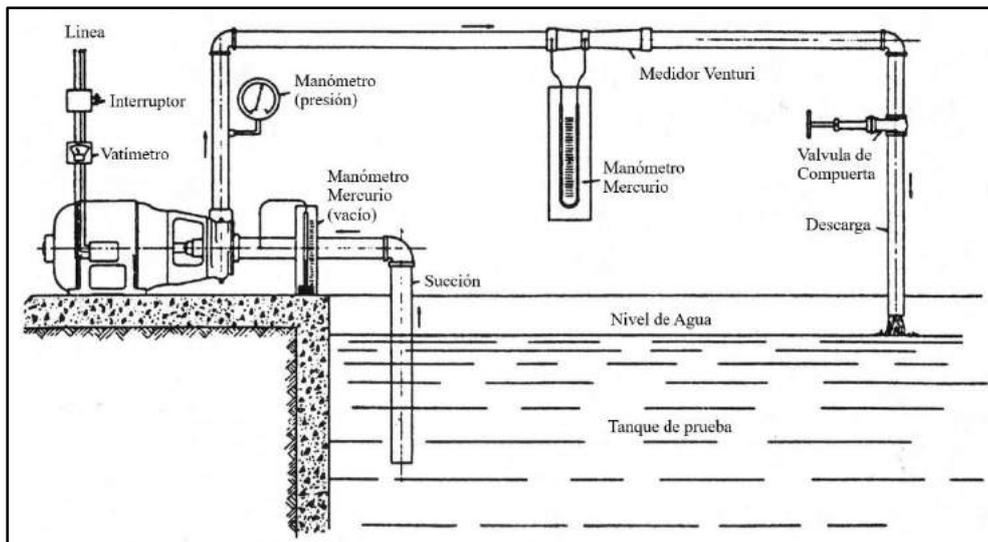


Figura 11. Prueba de bomba centrífuga

Fuente: Modificado de (Bise, 2003, p. 122)

La Figura 12 muestra las curvas características típicas para una bomba centrífuga, donde la presión se mide en pies de la columna de agua vertical por encima del nivel de salida o cabeza. Conociendo la cantidad (en galones por minuto), la altura (en pies) y la potencia de entrada (como potencia de frenado), la eficiencia de la bomba se puede trazar según la siguiente relación (Bise, 2003, p. 121):

$$E = \frac{QxHx(8.33 \text{ lb de agua por galón})}{(33,000 \text{ pie-lb por min})(\text{Potencia de freno})} \quad (1)$$

Donde:

Q = Caudal de bombeo.

H = Altura de bombeo.

E = Eficiencia de la bomba.

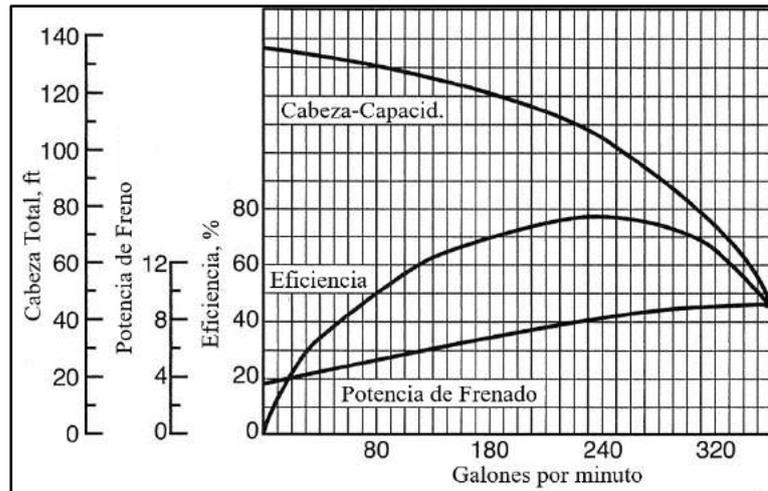


Figura 12. Curvas características de una bomba centrífuga

Fuente: Modificado de (Bise, 2003, p. 122)

Peppers (2011) señala, que los fabricantes generalmente suministrarán una tarjeta de línea que muestra los rangos de cada familia de bombas que ofrecen, cubriendo una amplia gama de requisitos de carga/flujo. Esta es la herramienta que utilizan la mayoría de los diseñadores para el análisis preliminar de las especificaciones para encontrar una bomba con la capacidad adecuada para la aplicación. Después de seleccionar una familia general de bombas, se obtienen las especificaciones detalladas de los datos del fabricante (p.751).

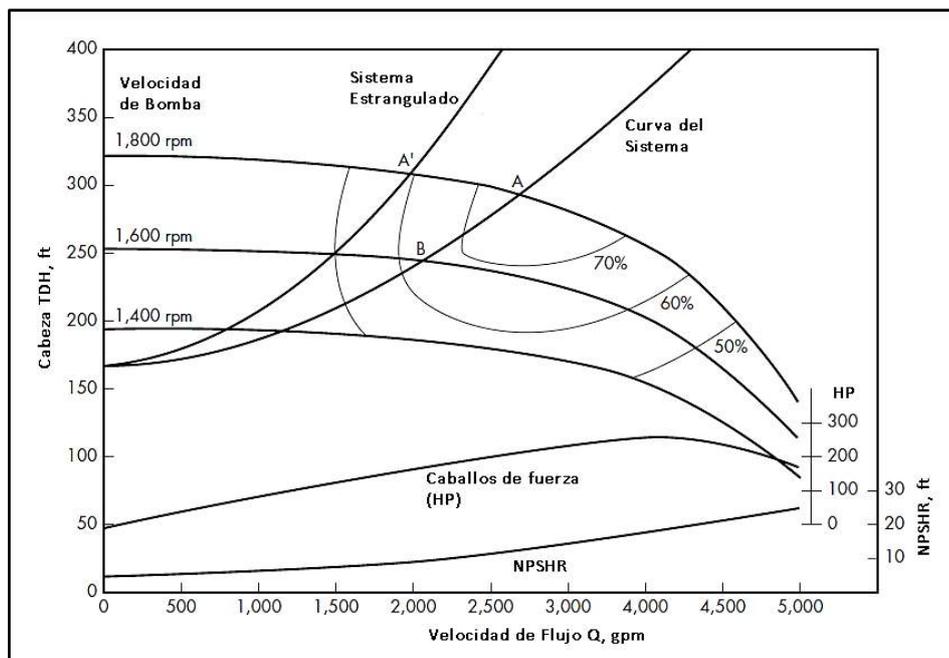


Figura 13. Curva de la cabeza del sistema de bombeo

Fuente: Modificado de (Peppers, 2011, p. 752)

Las siguientes son algunas de las especificaciones más importantes que el diseñador del sistema debe determinar a partir de las curvas de características de operación de la bomba del fabricante, indicado por (Peppers, 2011, p. 753):

- Requisitos de rango: la altura dinámica total (TDH), por sus siglas en ingles con el flujo (caudal)
- Revoluciones por minuto (RPM): velocidad de rotación del motor
- Tipo de controlador, acoplamiento y eficiencia
- Potencia: caballos de fuerza (HP), por sus siglas en ingles
- Cabeza neta de succión positiva requerida (NPSHr)

2.2.9 Sistemas de bombeo

Según Blanco et al. (1996), 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, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos (p. 1).

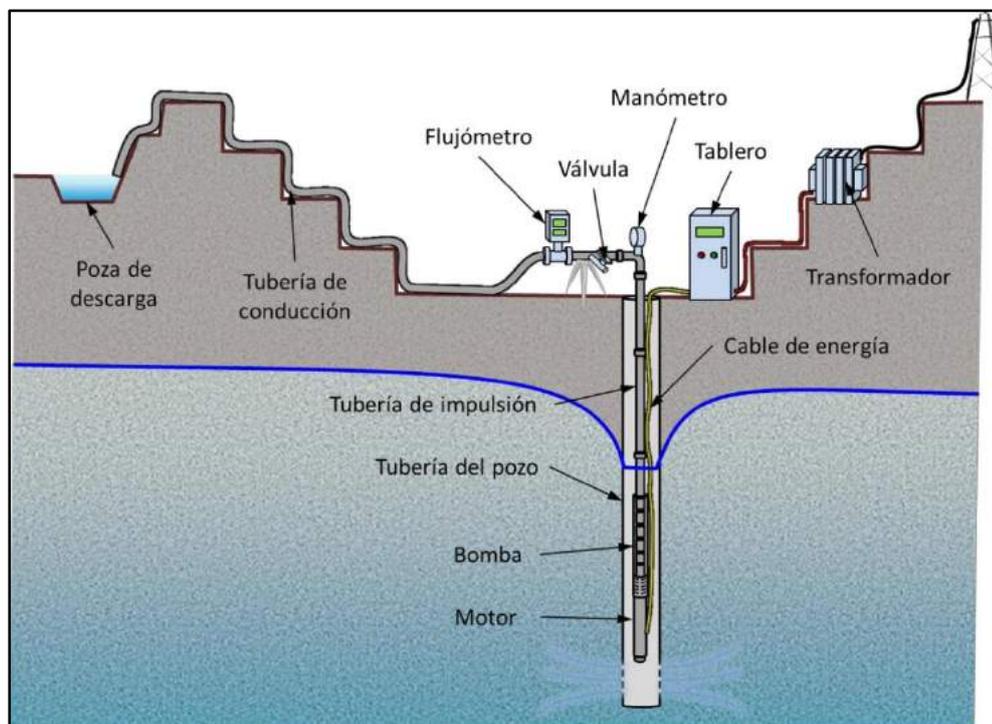


Figura 14. Sistema de drenaje de agua subterránea

Fuente: Herrera, 2018

2.2.10 Aplicaciones de bombeo

Según Bise (2003), indica que las bombas se usan básicamente de dos maneras en situaciones de drenaje de minas: (1) servicio de estación y (2) desagüe. Una aplicación típica de servicio de estación consiste en una bomba con una línea de succión corta (menos de 6 metros) que elimina el agua de un sumidero grande y la descarga contra un cabezal estático constante. Un sistema de desagüe es mucho más complejo que un sistema de servicio de estación (p. 121).

2.2.10.1 Estaciones de refuerzo

Peppers (2011) señala que, las estaciones de refuerzo fijas pueden alimentarse en línea o en tanque con controles de nivel que hacen que las bombas hagan ciclos para que coincidan las entradas. Las bombas de refuerzo alimentadas por tanque normalmente están diseñadas para mantener el nivel de agua por encima del ojo de succión de la bomba, asegurando un cabezal de succión positivo ($NPSHr > 0$). Las bombas de refuerzo fijas mantienen cabezales de descarga constantes porque la elevación hidrostática a la ubicación de descarga no cambia (p. 755).



Figura 15. Tanques de rebombeo – minera “Yanacocha”. Visitada el 6/12/2018.

2.2.10.2 Balsas flotantes

Peppers (2011) señala que, la decisión de utilizar un sistema de balsas flotantes suele ser una buena opción cuando se bombea el agua de una poza a largo plazo con niveles fluctuantes debido a entradas irregulares o estacionales. Los cambios de elevación del agua provocan cambios en las condiciones de elevación estática de la bomba que pueden afectar la capacidad de la bomba. Las bombas de barcaza requieren mucho menos mano de obra para operar, pero es probable que sus costos de instalación y mantenimiento sean más altos (p. 757).



Figura 16. Balsa tipo flotante con bomba turbina vertical. Visitada el 6/12/2018.

2.2.11 Consideraciones en estaciones de bombeo

Peppers (2011) manifiesta que, el diseño de las estaciones de bombeo debe equilibrar una serie de restricciones competitivas en el sistema de bombeo, especialmente la disponibilidad de energía eléctrica. La vida de diseño de la estación de bombeo en una ubicación particular determinará el esfuerzo que se requiere para su diseño y construcción. La calidad de acceso y la disponibilidad de espacio para la estación también pueden limitar la selección. Decidir sobre el tipo de motor para accionar la bomba es una de las principales limitaciones de diseño (p. 758).

2.2.12 Flexibilidad para la instalación de una bomba

Según Bise (2003), una bomba a menudo es inapropiada para un conjunto dado de condiciones. En estos casos, la bomba puede ser alterada por etapas o por un cambio de velocidad. Se pueden colocar dos o más bombas en serie/paralelo o se puede equipar una sola bomba con más de un impulsor en el mismo eje para operar en cabezales más altos (p. 124).

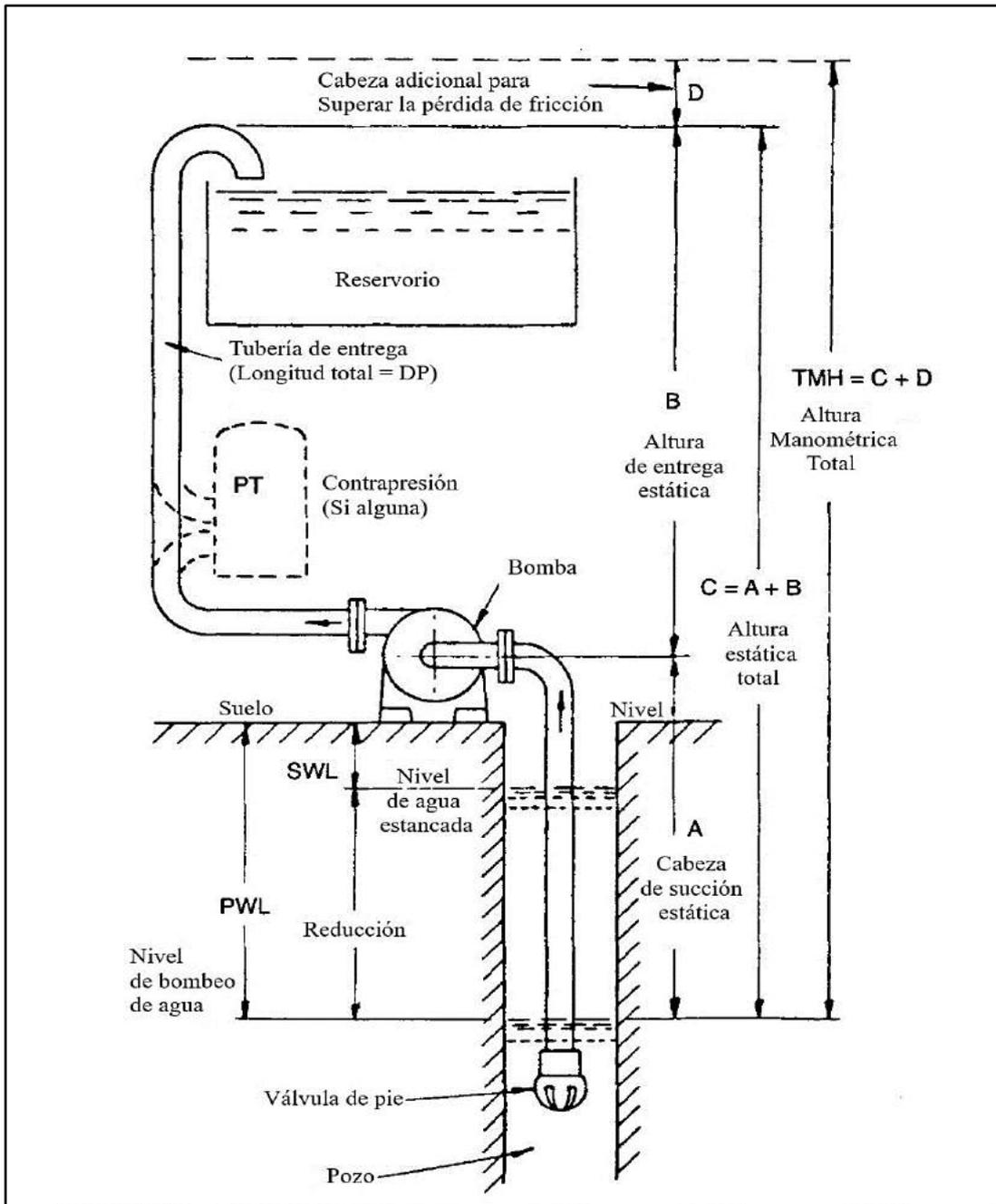


Figura 17. Componentes de altura de bombeo

Fuente: Modificado de (Bise, 2003, p. 125)

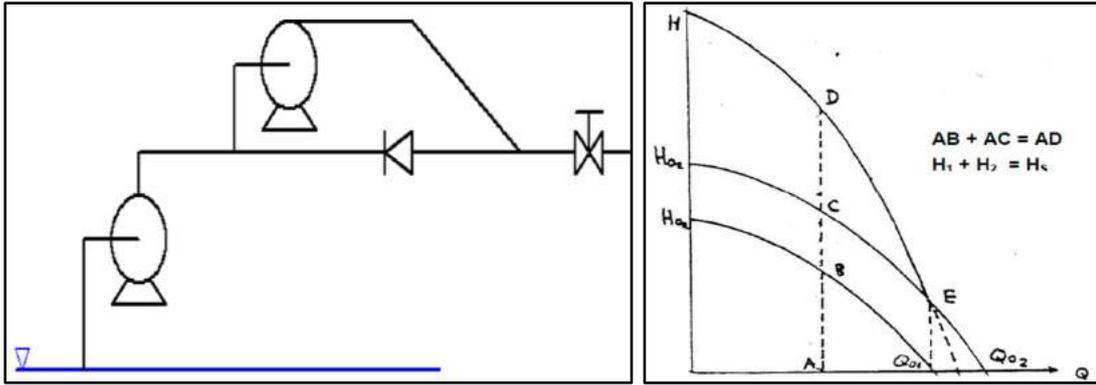


Figura 18. Característica combinada para dos bombas en serie

Fuente: Modificado de (Bise, 2003, p. 126)

La Figura 18 indica la combinación de bombas con diferente poder (HP), los cuales se encuentran en un sistema de serie para aumentar la cota de bombeo según requerimientos de diseño. El acoplamiento en serie de bombas resulta de interés cuando hay que suministrar alturas elevadas y existe limitación de diámetros. La curva “D” representa la combinación de dos bombas en serie.

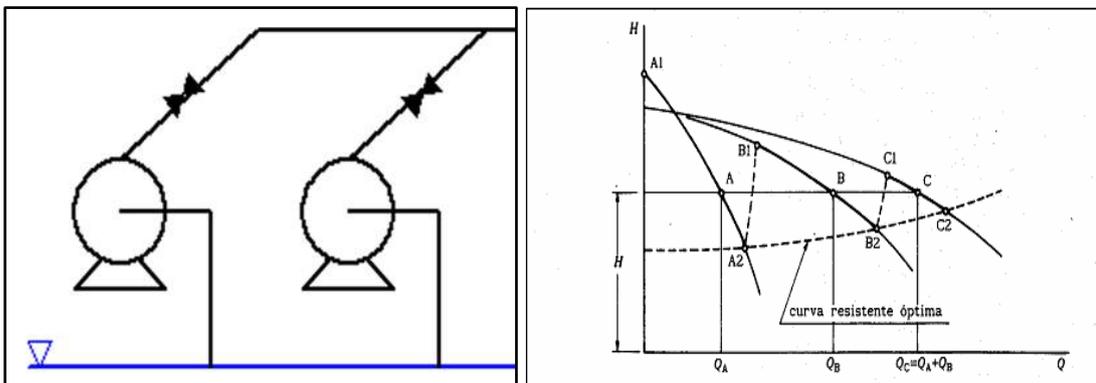


Figura 19. Característica combinada para dos bombas en paralelo

Fuente: Modificado de (Bise, 2003, p. 126)

La Figura 19 muestra un sistema de bombeo donde el acoplamiento de las bombas se encuentra de forma paralela, que son instalaciones importantes en las que se prevé una significativa fluctuación (aumento) de caudal. La curva “C” representa la combinación de dos bombas en paralelo. Esta disposición de bombas es la utilizada en el sistema de tanques de rebombeo (TR) “Pumping System” y en los tanques de rebombeo “Huayna Picchu” en la zona de operación del tajo “Tapado Oeste”.

2.2.13 Evaluación en sistemas de rebombeo

Hartman (1992) manifiesta que, el enfoque de sistemas de bombeo para el problema de seguridad se centra en el sistema en su conjunto, y no en sus partes por separado. Implica la interacción de personas, máquinas y el entorno dentro de las limitaciones de procedimiento. No implica que el sistema deba estar libre de riesgos, sino que el riesgo puede identificarse, cuantificarse, gestionarse y controlarse. Este enfoque sistemático aplicado a la seguridad de la mina debe incluir todas las fases desde la formulación conceptual del sistema hasta el análisis, síntesis, diseño, prueba, evaluación, construcción, capacitación, aprobación, operación y mantenimiento del sistema (p. 860).

2.2.14 Drenaje en tajo abierto con tuberías de polietileno de alta densidad

Según Peppers (2011), la invención de la tubería de Polietileno de Alta Densidad, por sus siglas en inglés (HDPE) se encuentra entre los productos más influyentes que aparecen en la minería desde 1960. Su combinación sin igual de bajo peso, resistencia, flexibilidad, facilidad de instalación y resistencia a la corrosión revolucionó los procesos de bombeo en la minería (p. 760). También Peppers (2011) indica que, la tubería de HDPE tiene muchas ventajas sobre la tubería de acero para su uso en el ambiente hostil de la mina. Es mucho más flexible que el acero, lo que permite la instalación en áreas donde no sería posible instalar tuberías de acero. El HDPE es resistente a la mayoría de los productos químicos y no está sujeto a la corrosión, características cruciales cuando se trata con soluciones de lixiviación ácida o cáustica (p. 761).

Herrera (2018) señala que, las tuberías en tajo “Tapado Oeste” son de HDPE (ver Figura 20) y son usadas para la conducción de agua subterránea desde la boca de los pozos hasta los tanques de rebombeo (TR) y de estos hasta la planta de tratamiento de aguas acidas (AWTP). Las presiones que pueden soportar las tuberías de HDPE dependen del espesor (SDR, relación de dimensión estándar) de estas y de las alturas de bombeo que tendrán que superar según lo indicado en la Tabla 1 (p. 20).



Figura 20. Tuberías de HDPE – tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 6/12/2018.

SDR	Ø NORMA ASTM F714 RESISTENCIA ESTÁNDAR			Brida ANSI
32.50	3.50 Bar	35.67 mca	50 PSI	150
17.00	6.90 Bar	70.61 mca	100 PSI	150
11.00	11.00 Bar	112.09 mca	160 PSI	150
9.00	13.80 Bar	140.62 mca	200 PSI	300
7.30	17.50 Bar	178.33 mca	254 PSI	300

SDR	Ø NORMA ASTM F714 RESISTENCIA CON RESINA PE4710			Brida ANSI
32.50	4.41 Bar	44.94 mca	63 PSI	150
17.00	8.75 Bar	89.16 mca	125 PSI	150
11.00	14.00 Bar	142.66 mca	200 PSI	300
9.00	17.50 Bar	178.33 mca	250 PSI	300
7.30	22.19 Bar	226.12 mca	317 PSI	300

Tabla 1. Presiones nominales de las tuberías de HDPE, de acuerdo a su SDR

Fuente: Herrera, 2018

En la Tabla 1 se presentan dos tipos de Normas: Norma de Resistencia (sin resina PE4710) y Norma ASTM F714 resistencia con resina PE 4710, está última usada en la actualidad en el Área de Planeamiento de Aguas de minera “Yanacocha”. La Relación de Dimensión Estándar (SDR) es la relación entre el diámetro externo y el espesor de la tubería que se utiliza para evaluar la resistencia de las tuberías a la presión, la cual está representada para diferentes unidades de medida con sus equivalentes entre estas.

2.2.15 Consideraciones para el diseño de conducción de tuberías

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo. Se denomina también caudal volumétrico o índice de flujo / fluido, y que puede ser expresado en masa o en volumen. Para el cálculo de caudal en una tubería de sección llena, se utiliza la fórmula de Hazen-Williams que tiene la siguiente expresión (Herrera, 2018, p. 23):

$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * S^{0.54} \quad (2)$$

Dónde:

Q = Caudal o flujo volumétrico (m³/s).

D = Diámetro interior (m).

S = Pendiente (pérdida de carga por unidad de longitud del tubo) (m/m).

C = Coeficiente que depende de la rugosidad del tubo (150 para tubos de HDPE).

Los diámetros de las tuberías son pre-dimensionados con la ecuación de continuidad (Potter et al, 2002, p. 124).

$$Q = v * A \quad (3)$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/s).

V = Velocidad promedio (considerando velocidades de entre 0.5 m/s y 3.0 m/s).

A = Área (m²).

Herrera (2018) indica que, el diámetro se seleccionará de acuerdo al caudal a aplicar para lo cual se recomienda mantener la velocidad en tuberías HDPE entre 0.5 m/s y 5.0 m/s. La velocidad mínima se recomienda con la finalidad de evacuar la presencia de sedimentos en la línea y la velocidad máxima con la finalidad de prevenir un desgaste prematuro en la línea (p. 25).

2.2.16 Curvas características de tuberías (perdida de energía)

La altura total contra la cual opera una bomba se basa en siguiente ecuación de Bernoulli modificada (Bise, 2003, p. 122).

$$H = h_s + h_f + h_v + h_{sh} \quad (4)$$

Donde:

h_s = es la distancia vertical, en pies, desde el nivel del líquido de succión hasta el nivel del líquido de descarga (altura estática total).

h_f = es la cabeza equivalente, expresada como pies de líquido, requerida para superar la fricción causada por el flujo a través de la tubería (cabeza de fricción).

h_v = es la cabeza, en pies, requerida para crear la velocidad de flujo (velocidad de la cabeza).

h_{sh} = es la cabeza, en pies, requerido para superar las pérdidas por choque debido a los cambios en el flujo de agua producidos por los accesorios.

Tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, este valor es insignificante y a menudo se ignora. La cabeza de fricción generalmente se expresa usando la siguiente ecuación basada en el número de tramos de tubería de 100 pies (30 metros) en la siguiente ecuación modificada (Bise, 2003, p. 123).

$$h_f = 0.2083 (100/C)^{1.85} \left(\frac{q^{1.85}}{d^{4.8655}} \right) \quad (5)$$

Donde:

C = es una constante, generalmente 100, que representa la rugosidad de la superficie.

q = es el flujo (galones por minuto).

d = es el diámetro interno de la tubería (pulgadas).

El cabezal de velocidad, aunque a menudo se ignora, se puede calcular utilizando la siguiente fórmula (Bise, 2003, p. 123).

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Donde:

v = es la velocidad del líquido (pies por segundo).

g = es la aceleración debida a la gravedad, (pies por segundo al cuadrado).

Bise (2003) menciona que, al seleccionar varias cantidades, la altura total se puede representar mediante una curva llamada curva característica de la tubería. Cuando se traza en el gráfico que contiene la curva característica de la bomba, se determina un punto de intersección, conocido como el punto de operación (p. 125).

2.2.17 Métodos principales de pérdida de energía en una tubería

Según Rocha (2007), las pérdidas de carga continuas son proporcionales a la longitud, se deben a la fricción y se calculan por medio de la fórmula de Darcy – Weisbach. Las pérdidas de carga locales o singulares ocurren en determinados puntos de la tubería y se deben a la presencia de algo especial que se denomina genéricamente singularidad: un codo, una válvula, un estrechamiento, etc. (p. 163).

Ecuación de Darcy – Weisbach

Bise (2003) indica que, a fines del siglo pasado experimentos realizados con tuberías de agua de diámetro constante demostraron que la pérdida de carga era directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media de la tubería y a la longitud de la tubería e inversamente proporcional al diámetro de la misma (p. 124).

La fórmula fundamental que expresa lo anterior (Bise, 2003, p. 124):

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Donde:

H_{rp} = pérdida de carga primaria.

λ = coeficiente de pérdida de carga primaria.

L = longitud de la tubería (m).

D = diámetro de la tubería (m).

v = velocidad media del fluido (m/s).

g = velocidad gravitacional (m/s^2).

Para obtener el coeficiente λ es necesario acudir a tablas, curvas, ábacos y monogramas, que llevados a la (Ecuación 7) nos da la pérdida de carga primaria (H_{rp}).

También Bise (2003) expresa que, a partir de 1940, se ha venido usando cada vez más un ábaco llamado diagrama de Moody, que actualmente se ha difundido en el mundo entero (p. 125).

Según Bise (2003, p. 126), el diagrama de Moody:

- Resuelve todos los problemas de pérdidas de carga primaria en las tuberías en cualquier diámetro, cualquier material de tubería y cualquier caudal.
- Puede emplearse en tuberías de sección no circular sustituyendo el diámetro por el radio hidráulico.
- Se usa para determinar el coeficiente λ .

2.2.18 Diseño de conducción con tuberías

Rocha (2007) expresa que, en todo caso debe tenerse presente que en el diseño de una conducción uno de los primeros problemas que deben analizarse es el número de tuberías a usarse. Aquí intervienen razones de seguridad, costo y disponibilidad del mercado (p. 224).

2.2.19 Sistema de conducción en tajo abierto

Según Vélez (2011), un sistema de conducción está conformado por todas las tuberías y sus accesorios que conectan los pozos con la tubería matriz y/o el punto de descarga, estas tuberías tienen derivaciones, uniones, válvulas, etc., que se utilizan de acuerdo al requerimiento. Dependiendo de la altura total de bombeo, se debe seleccionar adecuadamente el material de las tuberías y accesorios, ya que alturas grandes requieren materiales más resistentes o espesores mayores (p. 219).

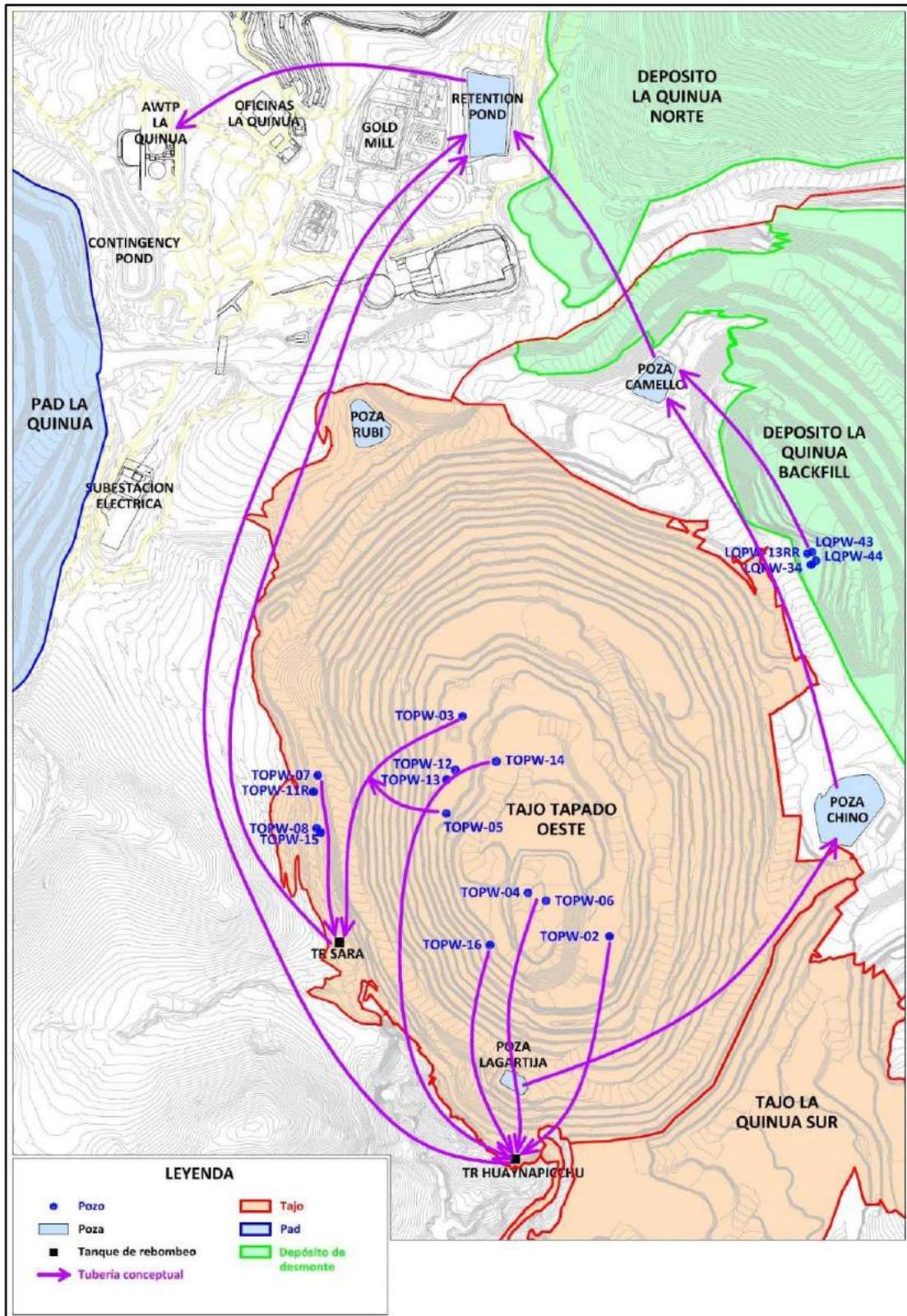


Figura 21. Esquema conceptual del sistema de conducción - tajo “Tapado Oeste”

Fuente: Herrera, 2018

En la Figura 21 se observa las líneas de conducción (conceptual) de aguas subterráneas usadas para el drenaje del interior del tajo “Tapado Oeste”.

2.2.20 Diseño de tanques de rebombeo en un tajo abierto

Herrera (2018) manifiesta que, el diseño del tanque de rebombeo se realiza explicando ampliamente el sistema de bombeo para el drenaje subterráneo, en este caso el del tajo “Tapado Oeste” en su etapa de explotación “Layback” (expansión) y sus planes de descenso del nivel freático de acuerdo al avance vertical de minado. Es de resaltar que los tanques y pozas de rebombeo tienen la función de romper la presión de la cabeza de bombeo en las tuberías y rebombar el agua, no tienen función de almacenar agua por largos periodos de tiempo (p. 26).

2.2.21 Plan de minado para la implantación de tanques de rebombeo en tajo abierto

Según Herrera (2018), el área de planeamiento de aguas de minera “Yanacocha” estima un flujo promedio para lograr los descensos en las fechas requeridas con un usages promedio de 70%, visualizar plan de flujo (Ver Figura 22). Para ello se implementan tanques de rebombeo y nuevas bombas con mayor cabeza y flujo que las que existían en operación (2015) para alcanzar el flujo objetivo (p. 31). Herrera (2018), señala que un plan de minado nos representa el banco final de minado a lo largo de la vida útil de un tajo abierto “Tapado Oeste”, para un periodo estimado (5 años) (p. 32).

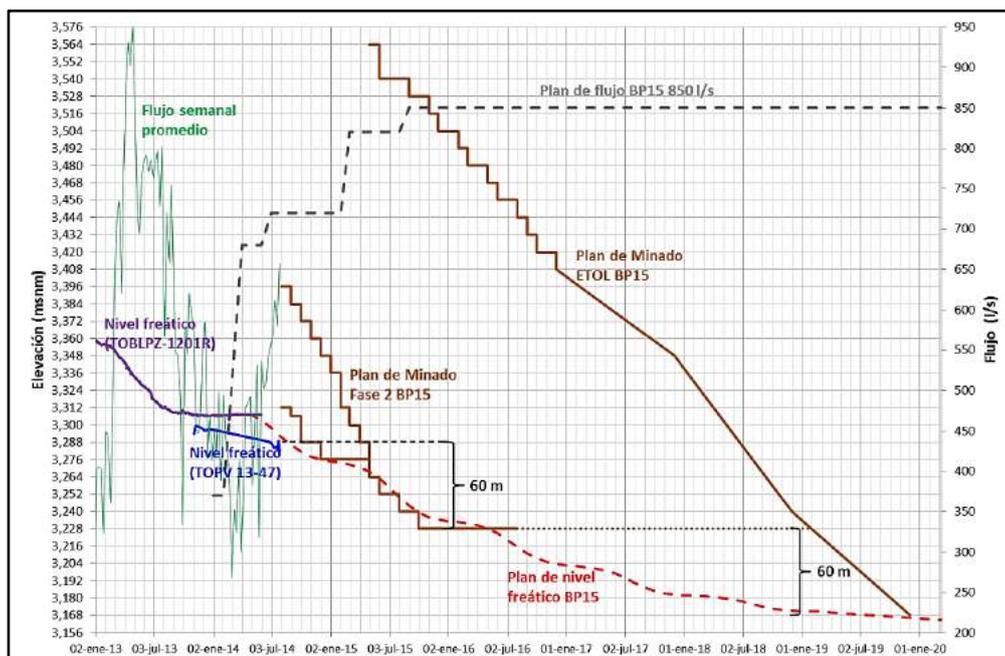


Figura 22. Plan de minado y niveles freáticos para el tajo “Tapado Oeste”- 2015

Fuente: Herrera, 2018

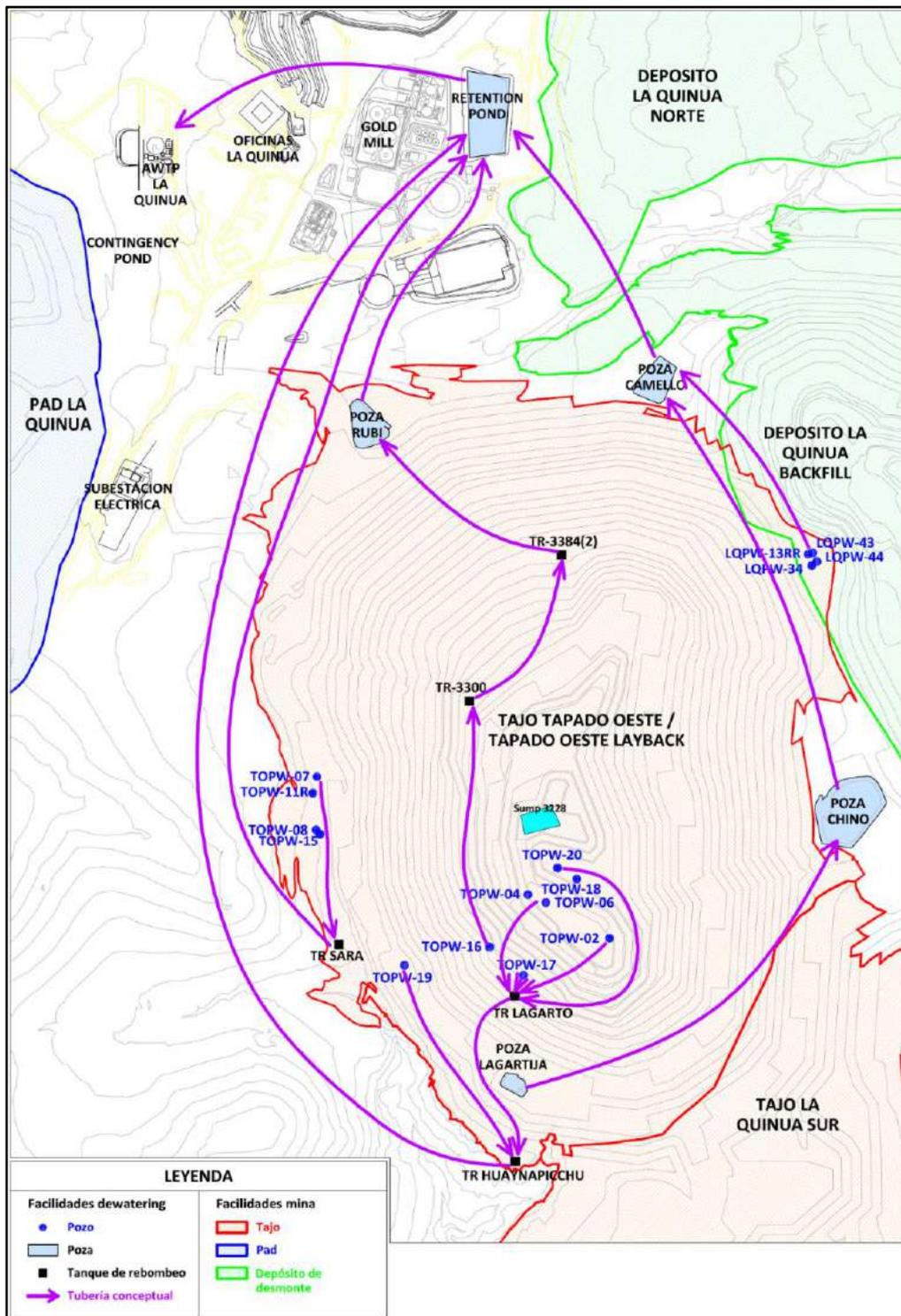


Figura 23. Esquema conceptual de la implementación de un sistema de tanques de rebombeo “TR Lagarto” – tajo “Tapado Oeste”.

Fuente: Herrera, 2018

En la Figura 23, después de realizar un plan de minado se procede a realizar un esquema conceptual de los nuevos sistemas de conducción y rebombeo necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema de drenaje interno del tajo “Tapado Oeste”.

2.2.22 Modelo computacional de sistemas de rebombeo

Hartman (1992) indica que, el objetivo principal de la aplicación informática es simplificar el proceso de recopilación, recuperación, análisis y modelado de datos. Además, el modelado por computadora elimina la posibilidad de un error no detectado en el cálculo y permite la evaluación de más alternativas en un período de tiempo más corto de lo que es posible mediante el enfoque manual. Como resultado, el modelado por computadora ayudará a lograr el objetivo final de la planificación minera, que es proporcionar la "mejor" estrategia para desarrollar y extraer un depósito (p. 863).

2.2.23 Simulación dinámica

Según Howden (2018, p. 144), la simulación dinámica:

“(...) permite la simulación del comportamiento del modelo de la bomba, de la tubería durante un período de tiempo. Pueden crear eventos pre programados para controlar el comportamiento de las bombas, tanques y válvulas dentro de la red. Otros usos comunes incluyen cielo abierto, represas o túneles inundados. Durante la simulación dinámica, el contenedor 3D se vaciará o llenará, y registrará datos tales como el nivel de agua, para su análisis”.

Tipos de modelos computacionales

Hartman (1992) indica que, las opciones de modelado son amplias y dependen del tipo de depósito, el producto que se está modelando, el valor de interés, la complejidad del depósito geológico y la aceptación y familiaridad del usuario con diversas técnicas de modelado. Los tres procesos principales de modelado son el modelo de cuadrícula, el modelo de bloque y el modelo de sección transversal. Cada uno de estos modelos se utiliza para condiciones específicas y operaciones mineras específicas (p. 870).

2.2.23.1 Modelo computacional para sistemas de bombeo

a) PUMPSIM 3D (Software de simulación de bombeo)

Es una herramienta de modelado, de estado estacionario y dinámico (basado en tiempo) para el flujo de fluido incompresible (agua) mediante tubos y bombas. Sus características incluyen: modelar el rendimiento completo del sistema en momentos distintos y demandas variadas, asegurar que las bombas, tanques de almacenamiento sean dimensionados de forma correcta para picos de demanda (Pumpsim, 2016, p. 2).

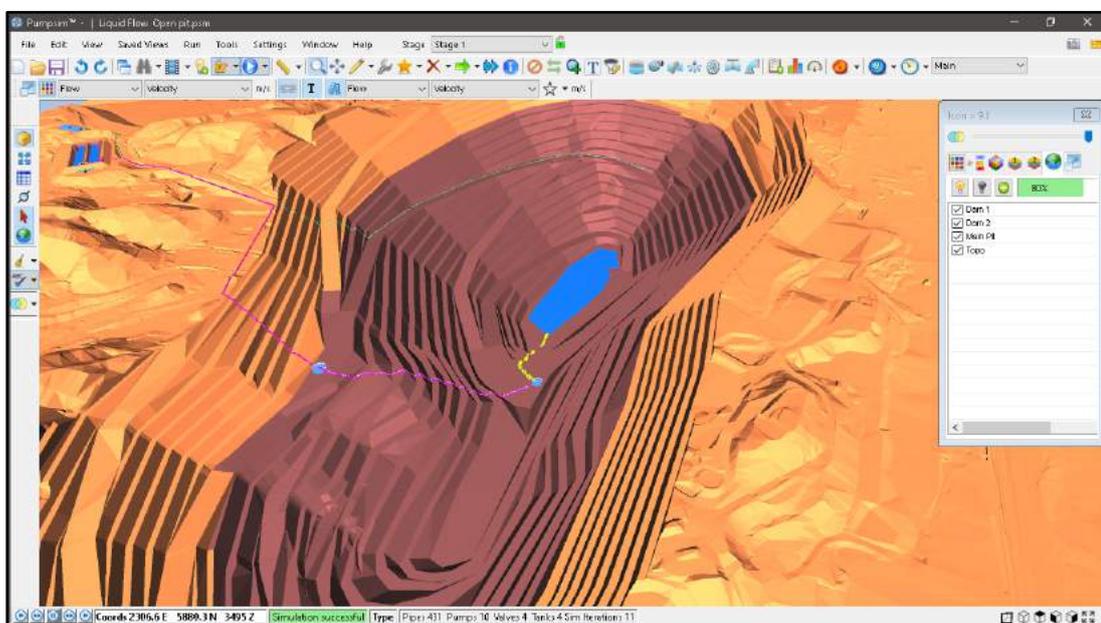


Figura 24. Demostración drenaje de mina a tajo abierto

Fuente: Modificado de (Pumpsim, 2016)

Según Howden (2018), el software Pumpsim utiliza un enfoque visual para la creación de modelos y la estructura fundamental (forma) de los modelos puede ser construida de forma manual o importada desde un programa de CAD (p. 174). También Howden (2018) indica que, aunque un modelo puede construirse esquemáticamente en Pumpsim, está muy recomendado que, de ser posible, se construya un modelo 3D a una escala verdadera para permitir a Pumpsim de forma automática usar los parámetros como tamaño, largo y profundidad para la simulación. Para crear un modelo verdaderamente representativo, la resistencia y tamaños del tubo deben ser establecidos de forma precisa y muchos otros factores importantes tales como empalmes deben ser considerados (p. 122).

Modelos Matemáticos usados en el programa Pumpsim 3D

a) Ecuación de Antoine

Howden (2018) indica que, los parámetros para la simulación de cavitación que utiliza “Pumpsim” son la constante de fluido de la ecuación de Antoine para calcular la presión de vapor (p. 169). La ecuación de Antoine describe la relación entre la temperatura y la presión de saturación del vapor de sustancias puras. De gran importancia para el análisis de la cavitación en sistemas de bombeo (Smith et al, 2008, p. 129).

$$P = 10^{A - \frac{B}{C-T}} \quad (8)$$

$$\log_{10}P = A - \frac{B}{T} \quad (9)$$

Donde:

P = presión, generalmente en mmHg

T = temperatura, generalmente en °C

A, B y C = parámetros empíricos, específicos para el agua

	A	B	C	T min. °C	T máx. °C
Agua	8.07131	1730.63	233.426	1	100

Tabla 2. Parámetros de la sustancia

Fuente: Modificado de (Smith et al, 2008, p.130).

Según Smith *et al.*, (2008), los coeficientes de la ecuación de Antoine se dan normalmente en milímetros de Mercurio (mmHg), aunque hoy en día donde el SI recomienda pascales (Pa). El uso de unidades anteriores al SI solo tiene razones históricas y se origina directamente de la publicación original de Antoine. Sin embargo, es fácil convertir los parámetros a diferentes unidades de presión y de temperatura. Para pasar de grados Celsius (°C) a Kelvin (°K) es suficiente restar 273,15 del parámetro C (p. 130).

b) Método Hardy-Cross

Howden (2018) indica que, el método de simulación utilizado por Pumpsim para realizar el cálculo del flujo en un modelo. Utiliza un método de estimación iterativo (Hardy-Cross) que ajusta los flujos a través de un modelo hasta que los errores de estimación se encuentren dentro de límites aceptables. Pumpsim utiliza un método modificado que tiene en cuenta los cambios de densidad y los equilibrios de flujo másico (p. 175).

Según Hartman (1992), la técnica Hardy Cross, probablemente la más utilizada en el análisis simple de fluidos (por ejemplo, líneas de agua, ventilación de minas), supone que la conservación de la masa regirá el proceso de iteración, y que la conservación de la energía se obtendrá a través de sucesivas iteraciones (p. 1681).

El método Hardy-Cross, parte del concepto fundamental (Hartman ,1992, p. 1682).

La pérdida de presión para cualquier rama de tubería en la red se puede escribir de forma simplificada, ya que:

$$\Delta p = KQ^2 \quad (10)$$

Donde:

K = Característica de la tubería que incluye el coeficiente de fricción y el diámetro

Q = Caudal del flujo

Δp = Pérdida de presión en la tubería

2.2.24 Etapas del modelamiento del sistema de bombeo

Un modelo debe tener una serie de componentes claves para ejecutar con éxito una simulación. Algunas reglas simples para la construcción de un modelo son los indicados por (Howden ,2018, p. 122):

- Todos los tubos en un modelo deben estar conectados en ambos extremos a otro tubo, a no ser que estén conectadas a la superficie o a un tanque o a un rociador o 'sellado" como un extremo cerrado.
- Cualquier flujo fijo no debe restringir a otro flujo fijo en cualquier lugar en un modelo, o ser demasiado restringido por una alta resistencia impasible.

Estas reglas que contribuyen a un funcionamiento de un modelo son también responsables de alrededor del 90% de los errores de simulación y problemas observados en “Pumpsim” (Howden, 2018, p. 123).

2.2.24.1 Simulación en estado estable

La Simulación en estado estable simula el modelo computacional con características fijas. Los niveles de agua del tanque permanecen igual durante la simulación. En el modelamiento pueden presentarse distintos tipos de advertencias (Howden, 2018, p. 132)

- Si la simulación no se realiza de forma exitosa, aparecerá un mensaje de error para tratar de ayudar a resolver el problema.
- La simulación también puede tener éxito con advertencias, lo cual implica que algo durante la simulación fue anormal.
- Las advertencias pueden aparecer debido a un problema con el diseño, presiones demasiado altas / bajas, o debido al modelo (por ejemplo, un tubo no conectado correctamente)

Howden (2018) indica que, en la simulación del cebado de la bomba realiza una simulación de la parte del modelo que contiene una bomba y comprueba si será capaz de funcionar sin la ayuda de la succión. Se utiliza esta característica de modelamiento si la bomba tiene que bombear hacia arriba y luego hacia abajo. La simulación normal, podría demostrar que, con la ayuda de la succión en la parte descendente, la bomba funciona correctamente, pero hasta que el tubo esté lleno de agua, no habrá succión (p. 132)

2.2.24.2 Simulación dinámica

Howden (2018) manifiesta que, la simulación dinámica se pondrá en marcha cuando se desee realizar la simulación para especificaciones de tiempo. Para cada paso temporal, una simulación se ejecutará y el nivel de agua del tanque va a cambiar dependiendo del flujo de entrada y salida del tanque. El escenario se puede cambiar según los requerimientos de la persona que está realizando el modelamiento (p. 133).

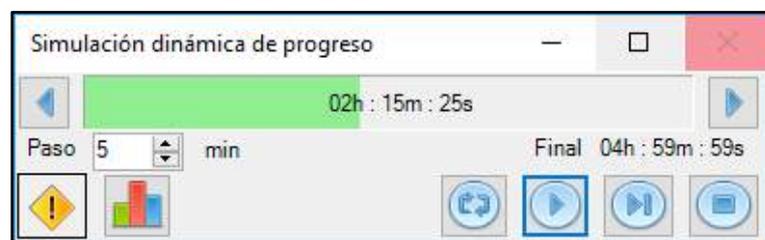


Figura 25. Pestaña de simulación dinámica de progreso “Pumpsim 3D”

Fuente: Modificado de (Howden, 2018)

También Howden (2018) indica que, el paso temporal es un paso temporal máximo; lo que significa que se puede reducir si se produce un evento dentro del paso temporal. En este caso, el paso temporal se ejecutará hasta el evento y parada. Después de la simulación, el gráfico se puede visualizar como se observa en la Figura 26 y los datos se registrarán en cada elemento del sistema de bombeo (tubería, bomba, tanque, etc.) (p. 133).

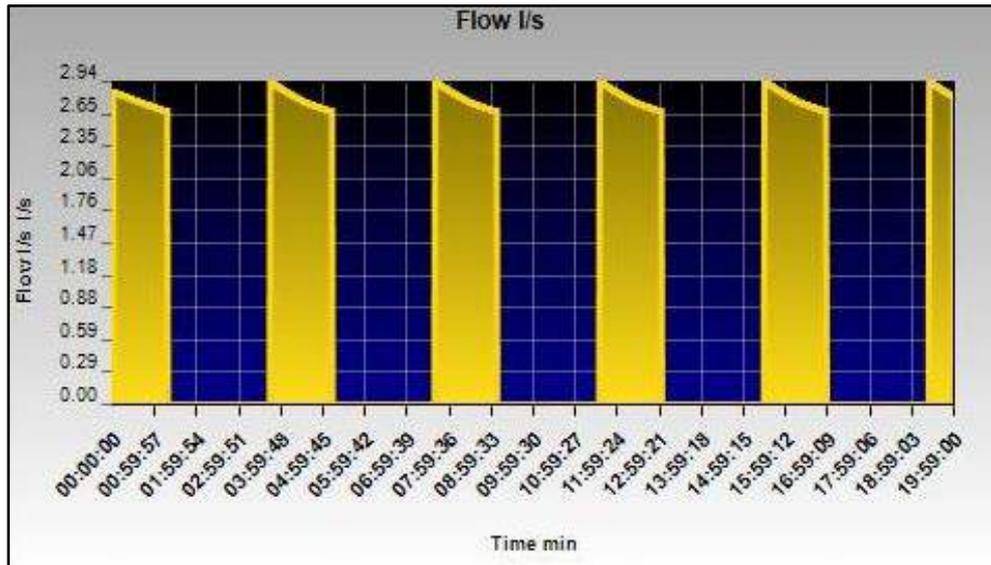


Figura 26. Gráfico de simulación dinámica “Pumpsim 3D”

Fuente: Modificado de (Howden, 2018)

2.2.25 Calibración del modelo

Alvarez (2018) señala que, la calibración es un proceso de ajuste, el cual consiste en realizar modificaciones numéricas al rango de los parámetros obtenidos para un modelo matemático, a través de observaciones de los resultados de las pruebas, hasta lograr que los valores de los parámetros simulados sean similares a los parámetros reales (p. 33). Según Llamas (1993, citado en Alvarez, 2018), indica que una calibración es estimar parámetros y evaluarlos de forma deductiva o a través observación de resultados (p. 33).

2.2.26 Verificación y validación del modelo

Según Llamas (1993, citado en Alvarez, 2018), indica que la calidad del modelo consiste en comparar la respuesta teórica, obtenida desde el modelo, con la obtenida por observación directa (p. 33).

Fattorelli y Fernandez (2011, citado en Alvarez, 2018), establece que toda información disponible ayuda a realizar extrapolaciones estadísticas para lograr calibrar y verificar modelos matemáticos (p. 33).

ASME (2009) indica que, para generar un enfoque de verificación y validación que cuantifique el grado de precisión inferido de la comparación de la solución y los datos para una variable específica en un punto de validación específico, el enfoque debe utilizar los conceptos del análisis experimental de incertidumbre para considerar los errores e incertidumbres tanto en la solución como en los datos (p. 50).

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, por sus siglas en inglés (ASME) proporciona una metodología de validación para evaluar la precisión del modelo que incluye incertidumbres numéricas, experimentales y paramétricas en la Norma V&V 20-2009, que es un documento estándar del Instituto Americano de Estándares Nacionales.

2.2.26.1 ASME V y V20

Según Felipe (2017), el objetivo principal del documento de verificación y validación (V&V) 20 de ASME es proporcionar un estándar para cuantificar la incertidumbre del modelo calculado a partir de la comparación de la solución y los datos experimentales para una variable especificada en un punto de validación especificado (p. 25).

Errores e incertidumbre

- **Error (de medición) (δ):** resultado de una medición menos un valor verdadero del mensurando.
- **Incetidumbre (de medición) (u):** parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente podrían atribuirse al mensurando.

Felipe (2017) indica que, bajo estas definiciones, un error (δ), es una cantidad que tiene un signo y una magnitud particulares, y un error específico, (δ_i), es la diferencia causada por una fuente de error entre una cantidad (medida o simulada) y su verdadero valor. Se supone que el error cuyo signo y magnitud se conoce se elimina mediante corrección en este estándar. Por lo tanto, se dice que cualquier error restante es de signo y magnitud desconocidos, y la incertidumbre, (u), se estima con la suposición de que, ($\pm u$), caracteriza el rango que contiene (δ) (p. 25).

Enfoque de validación

Felipe (2017) manifiesta que, el proceso de validación ASME V y V20 compara un resultado de simulación (solución) y un resultado experimental (datos) para variables especificadas bajo ciertas condiciones con el fin de cuantificar el grado en que un modelo es una representación precisa del mundo real desde la perspectiva de la intención usos del modelo (en pocas palabras, el error de cuantificación en el modelo δ_{modelo}). Para iniciar el enfoque de validación, se denota el valor predicho - de una variable de interés U - a partir de una solución de simulación como S , el valor determinado a partir de datos experimentales como D y el valor verdadero como T . El error de comparación de validación, E , se define como la diferencia entre el valor de la solución (S) y el valor experimental (D) (Felipe, 2017, p. 26).

$$E = S - D \quad (11)$$

El error en el valor de la solución, S , se define como la diferencia entre S y el valor verdadero T .

$$\delta_S = S - T \quad (12)$$

De manera similar, el error en el valor experimental, D , se define como la diferencia entre D y el valor verdadero T .

$$\delta_D = D - T \quad (13)$$

Usando la ecuación 11, ecuación 12 y la ecuación 13 el error de validación, E , se expresa como (Felipe, 2017, p. 26).

$$E = S - D = (T + \delta_S) - (T + \delta_D) = \delta_S - \delta_D \quad (14)$$

Por lo tanto, el error de comparación de validación E es la diferencia de todos los errores en el resultado de la simulación y el resultado experimental, y su signo y magnitud se conocen una vez que se determinan S y D . Los errores en el resultado de simulación predicho, S , se pueden asignar a tres categorías (Felipe, 2017, p. 26).

- a) δ_{modelo} = se debe a supuestos y aproximaciones de modelado
- b) δ_{numero} = se debe a la resolución numérica de las ecuaciones del modelo
- c) $\delta_{entrada}$ = se debe a un error en los parámetros de entrada de simulación

El error de simulación total, S , es la suma de los tres errores mencionados anteriormente.

$$\delta_S = \delta_{modelo} + \delta_{numero} + \delta_{entrada} \quad (15)$$

Felipe (2017) refiere que, el objetivo del ejercicio de validación, sin embargo, es estimar δ_{modelo} dentro de un rango de incertidumbre. Usando la ecuación 14 y ecuación 15, el modelo se define como (p. 27):

$$\delta_{modelo} = E - (\delta_{numero} + \delta_{entrada} - \delta_D) \quad (16)$$

Bajo el supuesto de que S y D se han determinado, el signo y la magnitud de E se conocen de la ecuación 11. Sin embargo, las magnitudes y signos de δ_{numero} , $\delta_{entrada}$ y δ_D aún se desconocen.

Según Felipe (2017), una vez que se han determinado S y D , sus valores siempre diferirán en una cantidad fija equivalente del valor verdadero T . Por lo tanto, todos los errores que afectan a S y D se consideran fosilizados y δ_{numero} , $\delta_{entrada}$, δ_{modelo} y δ_D se consideran errores sistemáticos. Esto indica que u_{numero} , $u_{entradas}$ y u_D son incertidumbres sistemáticas asociadas con los errores sistemáticos mencionados anteriormente (p. 28).

Según las directrices ISO (1995), no existe una distinción matemática entre las incertidumbres definidas como "sistemáticas" y "aleatorias". Un error sistemático es una realización única de una población parental de posibles valores de una fuente de error sistemático, y la incertidumbre sistemática correspondiente, u , es la desviación estándar estimada de esa población parental (p. 254).

Felipe (2017) aplica las definiciones matemáticas de error sistemático e incertidumbre, una incertidumbre estándar de validación, u_{val} , se define como la estimación de la desviación estándar de la población parental de errores combinados ($\delta_{numero} + \delta_{entrada} - \delta_D$). Donde, si los tres errores son efectivamente independientes, u_{val} se expresa como (p. 28):

$$u_{val} = \sqrt{u_{num}^2 + u_{entradas}^2 + u_D^2} \quad (17)$$

Usando la relación que se muestra en la ecuación 16 y ecuación 17,

$$E \pm u_{val} \quad (18)$$

Caracteriza el intervalo dentro del cual cae δ_{modelo} . Más explícitamente

$$\delta_{modelo} \in [E - u_{val}, E + u_{val}] \quad (19)$$

Felipe (2017) indica que, si se considera que las contribuciones de incertidumbre a u_{val} tienen en cuenta todas las fuentes de error en δ_{numero} , $\delta_{entrada}$ y δ_D , entonces se dice que el modelo solo incluye errores que surgen de supuestos y aproximaciones de modelado. El enfoque de validación completa se muestra esquemáticamente en la Figura 27 a continuación (p. 28):

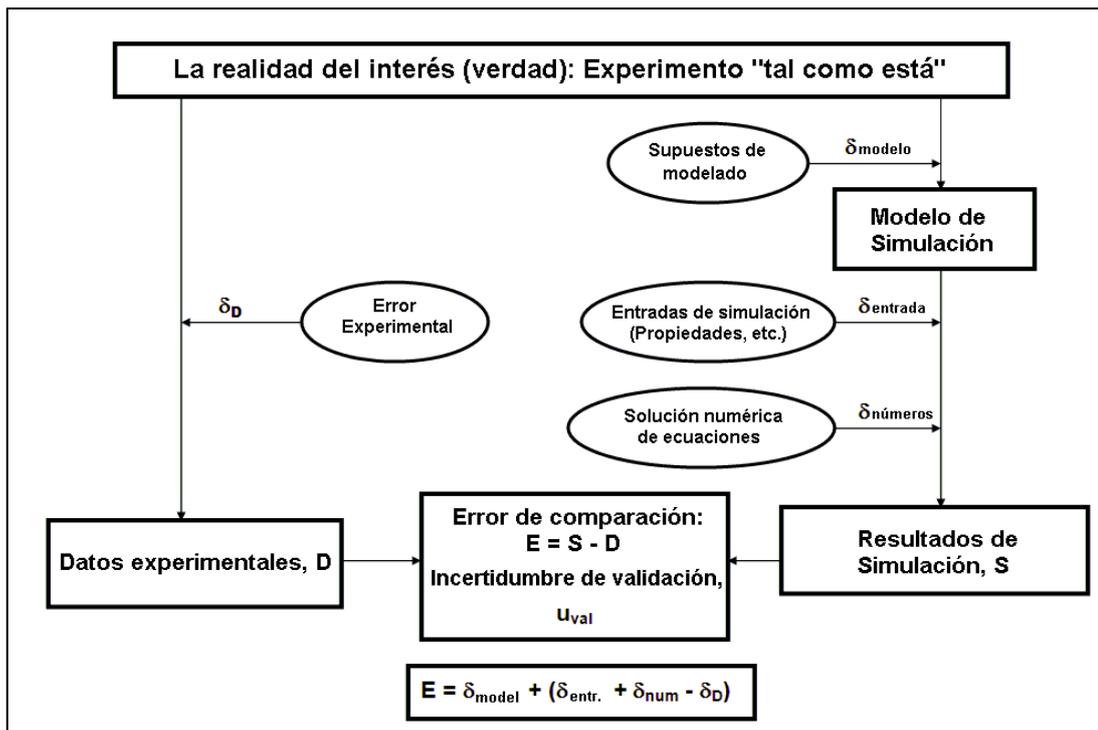


Figura 27: Esquema del enfoque de validación ASME V y V20.

Fuente: Modificado de (Felipe, 2017, p. 28)

Estimación de incertidumbre numérica (u_{num})

Según Felipe (2017), los procesos de verificación de código y verificación de solución dan como resultado la estimación de u_{num} . La verificación del código garantiza que los modelos matemáticos incorporados en el código brinden soluciones precisas para simulaciones de interés, mientras que la verificación de la solución estima la precisión numérica de una solución en particular. En este estudio solo analiza el proceso de verificación de la solución, ya que se supone que la verificación del código ha sido realizada por el proveedor del código "Pumpsim" (p. 29).

Estimación de incertidumbre de entrada (u_{entrada})

Felipe (2017) indica que, las simulaciones computacionales contienen parámetros determinados experimentalmente que tienen una cierta incertidumbre asociada a ellos. Estas incertidumbres se propagan a través del modelo del sistema que se evalúa (p. 29).

En el estándar ASME V y V20 se presenta un método global y local para cuantificar la incertidumbre de entrada. Esta investigación utiliza el enfoque local sugerido en el estándar para estimar la entrada de la incertidumbre $u_{entrada}$ (p. 29).

Incertidumbre experimental (u_D)

Felipe (2017) manifiesta que, el análisis de incertidumbre experimental se utiliza para determinar la estimación de incertidumbre u_D . El proceso para el análisis experimental de la incertidumbre es calcular las incertidumbres de las variables medidas individuales y usar esas incertidumbres para estimar la incertidumbre de la solución experimental, D , derivada de esas variables. Este estudio tiene acceso a las incertidumbres experimentales de “Pumpsim”, por lo tanto, el estudio completo de validación del modelamiento del sistema de tanques de rebombeo “Pumpsim System” puede completarse (p. 30).

2.2.27 Precipitación

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestres, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua (Villon, 2002, p. 69).

2.2.27.1 Medición de la precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros (mm). Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y fluviógrafos (Villon, 2002, p. 73).

2.2.28 Problemas en un sistema de bombeo en un tajo abierto

En los sistemas de bombeo se presentan diferentes tipos de peligros durante su vida útil, entre principales peligros en los sistemas de bombeo se encuentran:

a) Error del operador

Peppers (2011) indica que, debido a que las bombas son máquinas simples que son buenas para empujar el agua, un sistema de bombeo que falla repentinamente es muy probable debido a un error del operador (p. 1031).

b) Cavitación

Peppers (2011) manifiesta que, la cavitación ocurre donde las condiciones de flujo local reducen la presión absoluta por debajo de la presión de vapor del fluido. El agua que se mueve rápidamente crea áreas de baja presión, particularmente al pasar a través de estructuras que resultan en la reducción del área de flujo, lo que resulta en la formación de burbujas. La velocidad aumenta en las válvulas de control de flujo, las restricciones en el área de la sección transversal o alrededor de los extremos de los componentes que se mueven rápidamente a medida que reducen la presión, lo que hace que el fluido comience a vaporizarse. Las burbujas en sí mismas no son dañinas, pero, después de la restricción, el fluido se ralentiza y la presión aumenta por encima de la presión de vapor. Esto hace que las burbujas colapsen repentinamente, lo que resulta en ondas de choque localizadas y picaduras (p. 1032).

También Peppers (2011) indica que, ocurre en las bombas cuando NPSHa (cabezal de succión positivo neto disponible) es menor que NPSHr (cabezal de succión positivo neto requerida) debido a que el diseño de la tubería de entrada no logra mantener una altura de succión positiva adecuada. Los accesorios y los codos demasiado cerca de la entrada de la bomba pueden causar restricciones y turbulencias, lo que lleva a pérdidas por fricción excesivas (p. 1032).

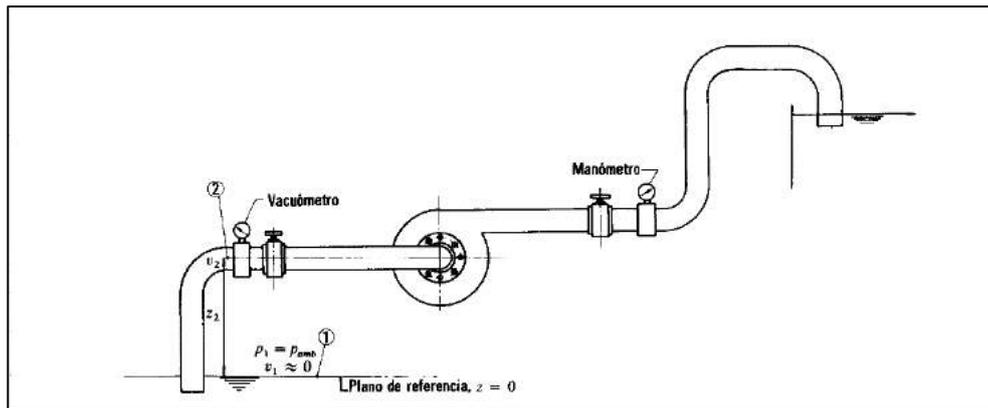


Figura 28. Ejemplo donde puede producirse la cavitación (Z_2 demasiado grande)

Fuente: Mataix, 1986, p. 319

c) Cabeza de succión insuficiente

Según Peppers (2011), muchos problemas de bombeo ocurren cuando la bomba se encuentra demasiado lejos de la superficie del agua de la fuente de alimentación. La diferencia de elevación entre el ojo de succión de la bomba y la superficie del agua varía a medida que cambia el nivel del sumidero. La presión del fluido debe ser mayor que la presión de vapor en el ojo de succión de la bomba a la temperatura de funcionamiento, o puede producirse cavitación. Las bombas son eficientes para empujar el agua a lo largo de las tuberías, que es la razón principal por la que son útiles en la minería (p. 1033).

d) Cebado

Peppers (2011) refiere que, cebar la bomba es la operación que elimina el aire del cuerpo de la bomba y lo llena de líquido. Las bombas centrífugas no pueden manejar mucho aire en la cámara de la bomba; generalmente es aceptable menos del 0.5%, pero por encima del 6% en volumen, la capacidad de la bomba se degrada seriamente. Es necesario eliminar el aire de la cámara de la bomba para permitir que se desarrolle una elevación de succión positiva (p. 1033).

d) Sedimentos, escombros y pantallas

Peppers (2011) indica que, la fuente principal de desechos que ingresan al sistema de bombeo es a través de una tubería de admisión que no se mantiene adecuadamente. Obviando una pantalla apropiada sobre la tubería de succión, ingresarán sólidos grandes en la succión de la bomba y también si la manguera de succión no se mantiene por encima del fondo del sumidero el flujo aspirará los desechos hacia la pantalla (p. 1034).

e) Flujo mínimo

Según Peppers (2011), el fluido que fluye a través de la bomba transporta el calor de las pérdidas mecánicas e hidráulicas en el sistema. Si las válvulas cerradas, el cabezal de succión insuficiente o la presión del cabezal de descarga insuficiente impiden que el sistema fluya para superar el cabezal estático del sistema, la mayoría de estas pérdidas se convierten en calor, lo que eventualmente hace que el agua dentro de la carcasa de la bomba hierva (p. 1034).

Peppers (2011) también indica que las explosiones son posibles si la presión debido a la expansión del vapor excede la presión máxima de la carcasa. Se producirá un daño significativo al impulsor de la bomba por cavitación a temperaturas muy por debajo del punto de ebullición normal. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la presión de vapor del fluido, lo que resulta en más cavitación. Esto tiene el mismo efecto de operar la bomba con NPSH insuficiente al aumentar la presión estática necesaria para evitar la vaporización (p. 1034).

f) Tuberías de bloqueo de aire

Peppers (2011) manifiesta que, el aire en la tubería puede consumir toda la energía de la bomba disponible tratando de empujar el aire contra el elevador hidrostático. Bajo condiciones de aire menos extremas, el fluido en la tubería puede fluir bajo una bolsa de aire relativamente estable. Incluso en las áreas planas de la tubería, las burbujas de aire restringen el área de la sección transversal, aumentando la velocidad del flujo y las pérdidas por fricción en la tubería (p. 1035).

- La eliminación del aire de todas las tuberías terrestres evita la pérdida de eficiencia de bombeo.
- La turbulencia aumenta las pérdidas por fricción, y la compresibilidad del gas roba el sistema de energía, convirtiéndola en calor.

g) Golpe de ariete

Según Mataix (1986), el golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por lo tanto de régimen variable, en que la tubería no es rígida y el líquido es compresible. Este fenómeno se produce en los conductos al cerrar o abrir una válvula y al parar o poner en marcha una maquina hidráulica o también al disminuir bruscamente el caudal. En la válvula se ha originado una onda de presión que se propaga con velocidad, la cual en el instante considerado tiene direcciones contrarias a la velocidad del fluido: se ha creado una onda elástica o sea una onda de presiones que se propaga por la tubería, se refleja en el embalse, vuelve a la válvula, de nuevo al embalse y así sucesivamente originando sobrepresiones y depresiones en la tubería, la cual se dilata o contrae al pase de la onda (p. 312).

Peppers (2011) señala que, sumado a la presión hidrostática, los picos de esta magnitud pueden sobrecargar las tuberías, válvulas y bombas, causando fallas estructurales significativas. El golpe de ariete puede causar oscilaciones en las excursiones positivas y negativas (limitadas por la presión de vapor y la cinética) en un sistema, lo que da como resultado daños (p. 1036).

h) Purga de presión a través de válvulas de retención

Según Peppers (2011), en un sistema de múltiples etapas de gran elevación, la presión puede purgarse a través de las válvulas de retención, causando una presión hidrostática excesiva en las etapas más bajas y resultando en rupturas de la tubería cuando se inicia el sistema de bombeo. Los sistemas pueden experimentar problemas con la división de segmentos de tubería en la etapa inferior de una serie de bombas debido al arranque de las bombas contra el exceso de carga hidrostática. Esto puede ser un problema cuando se usan bombas en serie sin una interrupción de la presión atmosférica entre etapas (p. 1037).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

AWTPs (Acid water treatment plant): plantas de neutralización de agua ácida, plantas de neutralización AWTP se lleva el agua que proviene principalmente del bombeo del agua subterránea de los tajos, la cual no tuvo ningún contacto con cianuro (Barbagelata, 2016).

Carga (presión): Estimación de cuánta carga o peso se desarrollaría una pérdida de presión en una resistencia (Howden, 2018).

Densidad: La densidad de un material se define como su volumen de "masa por unidad". La densidad influye en muchas propiedades psicométricas (Howden, 2018).

Empalme: Un punto que define donde dos o más extremos de tubos comparten la misma posición. El flujo en este punto puede dividir o unir, dependiendo de la dirección del flujo (Howden, 2018).

EWTP (Excess water treatment plant): en las plantas EWTP se trata el agua que proviene del circuito cerrado de producción de oro que tuvieron contacto con solución cianurada (Barbagelata, 2016).

Factor de Fricción / Factor K: El factor de fricción de Atkinson, que describe la aspereza o irregularidad de una pared. Afecta directamente la resistencia de una tubería. Los factores de fricción se miden a una densidad específica, normalmente normalizada a 998 kg / m³ (Howden, 2018).

Layback: Una expansión es un terreno que se abre, previa planificación minera, para seguir explotando un área de una mina al cielo abierto. Se habla de las expansiones del tajo (WSP, 2018).

Pérdida de choque: Un factor que estima el efecto que un cambio en la dirección o el tamaño del accionamiento tiene sobre el flujo. Cualquier cambio de este tipo aumentará la turbulencia en un flujo y, por lo tanto, desarrollará pérdidas de energía que pueden equipararse a un aumento en la resistencia de la tubería (Howden, 2018).

Pérdida de fricción: Un componente de la caída de presión a lo largo de una tubería causada por la resistencia de la tubería (Howden, 2018).

Pérdida de presión: La pérdida de presión a lo largo de una longitud de tubería debido a la pérdida por fricción, ventiladores, presiones fijas o cantidades fijas, etc. (Howden, 2018).

Rama: Una tubería o canal que transporta flujo (Howden, 2018).

Red: Una serie de ramas interconectadas que juntas forman el modelo de un diseño de flujo (Howden, 2018).

Resistencia: Un valor que describe la dificultad del fluido tendrá que descender por una tubería. Se deriva de una combinación de tamaño de tubería, factor de fricción, longitud, pérdidas por choque, densidad y viscosidad (Howden, 2018).

SDR (Relación de dimensión estándar): Se define como la relación que existe entre el diámetro nominal y el espesor de la tubería, es el espesor nominal de la pared de la tubería. Un número SDR inferior indica que un tubo puede soportar más presión, un número SDR alto indica que un tubo puede soportar menos presión (Barbagelata, 2016).

Unión: Un punto que define dónde dos o más extremos de tubería comparten la misma posición. El flujo en este punto puede dividirse o unirse, dependiendo de la dirección del flujo (Howden, 2018).

Usage: Se refiere a los procedimientos, equipos de izaje, materiales y tiempos utilizados en la instalación de los sistemas de bombeo, así como las demoras o fallas, producidas durante la operación (Herrera, 2018)

Viscosidad: La viscosidad es la resistencia del fluido al esfuerzo cortante (Howden, 2018).

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1 Materiales

- Libros especializados de hidráulica y maquinas hidráulicas
- Informes públicos de minera Yanacocha (2020)
- Información técnica de las bombas (Hidrostral, Hydroflo Pumps y US Motors)
- Memoria USB
- Wincha métrica
- Imágenes satelitales
- Software Auto CAD Civil 3D 2018, Google Earth Pro, Microsoft Professional Plus 2019 (Word, Excel), Pumpsim 3D 2016.

3.1.2 Equipos

Equipo de Campo

- Cámara fotográfica digital
- Celular Motorola Moto G5 Plus
- Cinta Métrica de 50 metros
- Equipo de protección personal (EPP)

Equipo de Gabinete

- Impresora multifuncional Brother DCP-T500W
- Laptop HP Envy dv6 Notebook PC

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Localización y ubicación del área de estudio

Minera “Yanacocha” está localizada en el distrito minero de “Yanacocha”, al noreste del Perú aproximadamente a 45 Km al norte de la ciudad de Cajamarca (Ver Figura 29), entre 3500 y 4100 metros sobre el nivel del mar. El centro geográfico del complejo minero tiene aproximadamente las siguientes coordenadas UTM: 774 260m E y 9 227 050m S, o 6° 59' S latitud, 78° 31' O longitud.

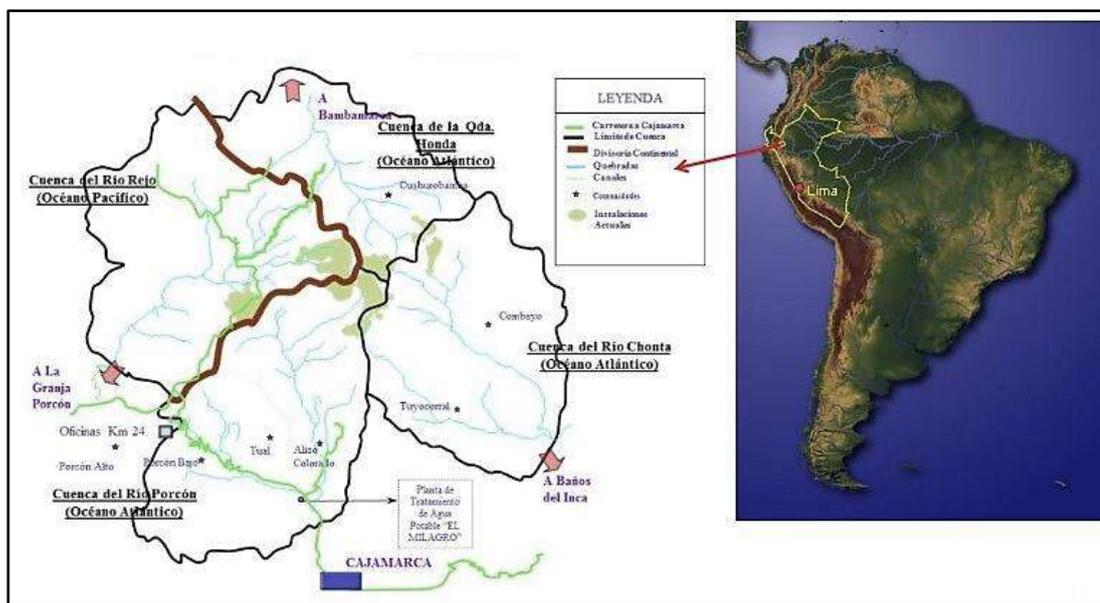


Figura 29. Ubicación geográfica de minera “Yanacocha”

Fuente: Modificado de (Docplayer, 2020)

3.2.2 Acceso a la zona de estudio

El acceso a Minera “Yanacocha” desde la capital del Perú, puede realizarse a través de autopista en dos tramos. El primero de 694 Km hacia el norte a través de la vía Panamericana 1N hasta Pacasmayo y posteriormente hacia el este 191 Km hasta Cajamarca, el trayecto de Cajamarca a Lima y viceversa por tierra tarda aproximadamente 14 horas. También se puede llegar por el aire desde el Aeropuerto Jorge Chávez en Lima hasta el Aeropuerto Armando Revoredo Iglesias en Cajamarca, en un trayecto que dura un menos de 1 hora.

Desde la ciudad de Cajamarca está a 45 km a través de la carretera pública Cajamarca-Bambamarca, a base de asfalto en todo su trayecto y toma aproximadamente 45 minutos de viaje. En la mina se cuenta con helipuertos los cuales ocasionalmente se utilizan para el traslado de personal de Cajamarca hacia la mina y viceversa. Están ubicados en la zona de Yanacocha norte, “La Quinua” y las oficinas administrativas en el Km. 24.



Figura 30. Tajo abierto “Tapado Oeste” – Minera “Yanacocha”.
Visitada el 6/12/2018.

En la Figura 30, se puede visualizar el tajo “Tapado Oeste”, que pertenece al Área de la “Quinua” de minera “Yanacocha”, característico por los bancos del tajo a lo largo de todo su emplazamiento. La interceptación de las aguas por escorrentía se realiza con la construcción de canales de coronación, con la finalidad de reducir la cantidad de agua a ser tratada y la erosión de los taludes. El control de las filtraciones al interior del tajo se logra con la construcción de canales de derivación y sumideros que derivan el agua de precipitación que llega al tajo, conduciéndola a puntos donde es bombeada a la planta de neutralización. Los pozos de bombeo, que han sido instalados para bombear el agua subterránea de la zona de las operaciones del tajo, se usan para deprimir la napa freática a una elevación que esté por debajo de la base del piso del tajo, el agua captada es conducida hacia la planta de tratamiento de aguas acidas (AWTP) “La Quinua”.

3.2.3 Características físicas de la zona de estudio

SISTEMAS DE DRENAJE EN MINA

El tajo “Tapado Oeste” inició su operación en 2009, sin embargo, los trabajos de drenaje subterráneo iniciaron en 2007, con la construcción y bombeo de algunos pozos profundos, puesto que el abatimiento del nivel freático se previó más lento que el avance del minado. En la Figura 32 muestran la ubicación de los pozos con la topografía, pero, se debe considerar que fueron construidos en diferentes épocas y que varios quedaron inoperativos debido al impacto del minado.

Estos cambios y el abatimiento propio de los pozos ocasionaron que los sistemas de bombeo también debieran cambiar, y los principales cambios incluyeron tanques de rebombeo (TR), nuevos equipos de bombeo y optimizaciones en los procesos de la instalación de pozos e interacción con el minado.



Figura 31. Topografía del sistema de rebombeo – tajo el “Tapado Oeste”.

Visitada 6/06/2019

En la Figura 31, se visualiza la ubicación del sistema de tanques de rebombeo “Pumping System”, localizado sobre los 3337 m.s.n.m. implementado con 6 tanques de almacenamiento.

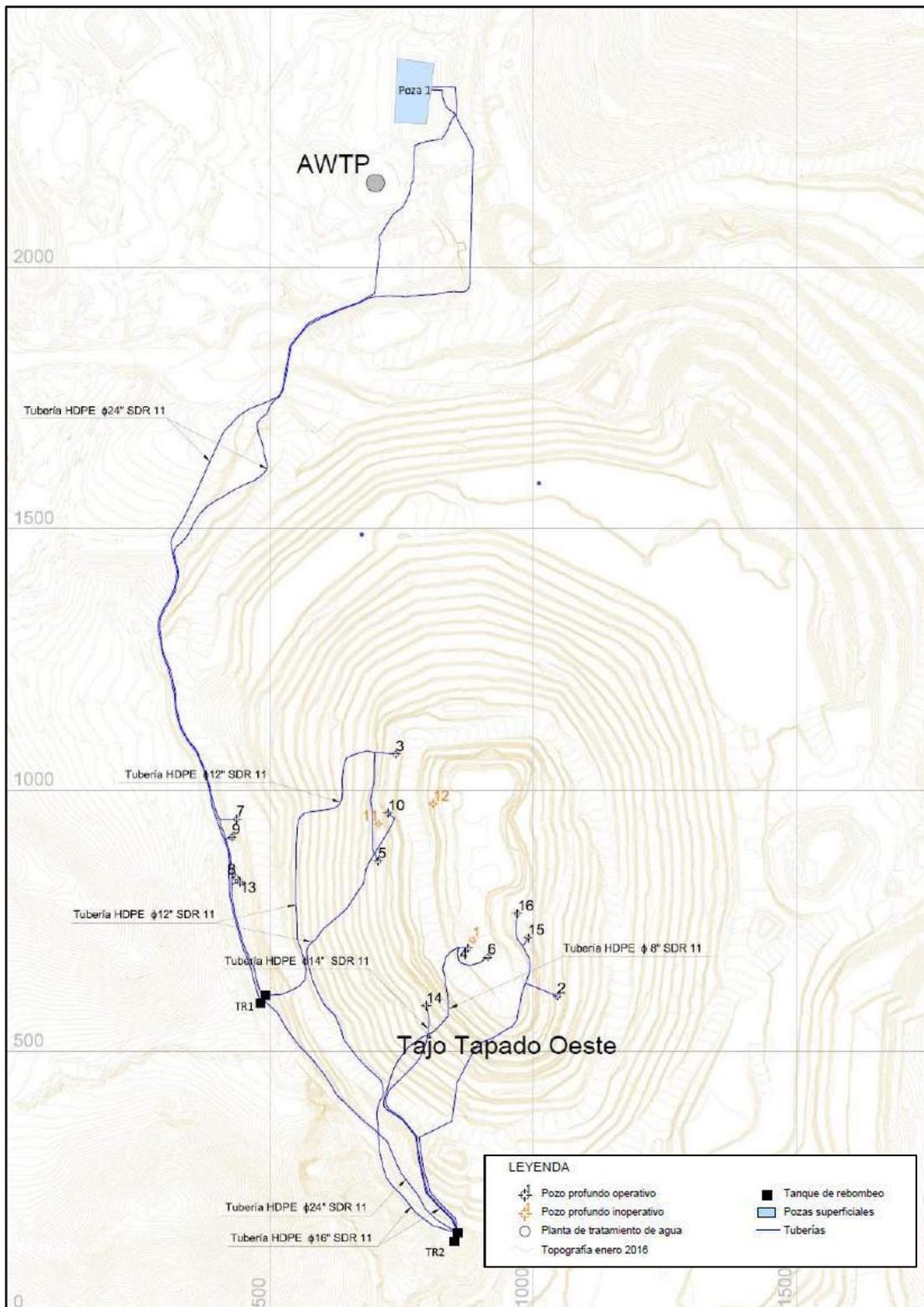


Figura 32. Sistema de manejo integral de aguas - tajo "Tapado Oeste"

Fuente: Herrera, 2018

ESTABILIDAD DEL TAJO ABIERTO

La empresa minera “Yanacocha” ha establecido diferentes criterios para garantizar la estabilidad física de sus instalaciones, para tajos abiertos son:

Factor de Seguridad (FS), igual o mayor que el utilizado durante sus operaciones para condiciones estáticas, es decir $> 1,3$ para pilas de lixiviación y depósitos de desmonte, mientras que para los depósitos de material de desbroce se utiliza un valor promedio de 1,3 y para las paredes de los tajos se usa 1,2, los cuales se consideran técnicamente conservadores y se aplican para el diseño del cierre final de las instalaciones.

Barreras anti erosión, para ayudar a reducir la velocidad del agua de escorrentía superficial provocada por la lluvia, permite minimizar la pérdida del suelo y finalmente la vegetación reducirá la posibilidad de que el suelo superficial se desplace y se erosione, considerando que la forestación asociada a esta actividad propiciaría la generación de terrazas de formación lenta.

Las paredes de los tajos, deberán quedar físicamente estables, durante la explotación de la pared final de los tajos se deberán considerar actividades especiales como voladura controlada, desquinche y perfilado de las mismas.

Construcción de una berma perimetral, que restrinja el acceso a la cresta del tajo en las zonas que se determine que existe riesgo de caída de personas y animales. La berma perimetral deberá tener las siguientes características: mínimo 1.5 m de altura, taludes 2.0 H: 1 V y una distancia con respecto a la cresta de no menos de 15 metros.

Instalación un sistema de drenaje permanente, que sea capaz de soportar un evento de tormenta 100 años/24 horas.

Canales de coronación, alrededor de la cresta del tajo deben tener la capacidad de soportar un evento de tormenta como mínimo de 100 años/24 horas dependiendo de las consideraciones específicas de cada lugar.

HIDROLOGÍA

Regionalmente, el área de operaciones minera “Yanacocha” está comprendida entre cuatro cuencas hidrográficas. Las cuencas corresponden a: río “Chonta”, río “Porcón”, río “Rejo” y el río “Quebrada Honda”. La cuenca del río “Rejo” se ubica en la parte occidental de la divisoria continental y fluye hacia el océano Pacífico a través del río Jequetepeque. Las otras tres cuencas están en el lado oriental de la divisoria continental y fluye hacia el océano Atlántico a través del río Amazonas.

En el distrito de Yanacocha prevalece un patrón de precipitaciones bien definido por estación del año. Los datos sobre precipitaciones de las estaciones “Yanacocha” y “La Quinoa” indican que los meses más lluviosos son febrero y marzo, mientras que julio y agosto son los meses más secos. La precipitación acumulada durante los meses húmedos puede exceder los 200 milímetros (mm)/mes, mientras que durante los meses secos la precipitación mensual acumulada puede ser menor de 10 mm. La precipitación acumulada anual promedio durante el periodo (1999 – 2016) fue de 1399.5 mm para la estación Yanacocha y 1441.2 mm para la estación La Quinoa (Tabla 3).

En el sector de operaciones de minera “Yanacocha” posee 4 estaciones locales que registran datos de precipitación y evaporación con un paso de tiempo diario; a partir de los registros proporcionados por WSP (Consultores de gestión del agua, por sus siglas en ingles), se ha analizado y caracterizado la precipitación en la zona de estudio. El resumen de algunas de las principales características registradas (Tabla 3), nos indica la estación “La Quinoa” donde se encuentra la zona de operación del tajo “Tapado Oeste”.

Estación	Periodo de registro	Elevación (msnm)	PMA (mm) Periodo original
Carachugo	1994 – 2016	4,196	1,355.4
Maqui Maqui	1995 – 2016	4,112	1,204.5
Yanacocha	1999 – 2016	3,816	1,399.5
La Quinoa	1999 – 2016	3,455	1,441.2

Tabla 3. Precipitación media anual (PMA) para estaciones locales

Fuente: WSP, 2018, p.11

Con respecto a las precipitaciones máximas diarias de la estación Carachugo, de los registros se observó la ocurrencia de 7 eventos equivalentes a un periodo de retorno de 2 años (50.7 mm), 2 eventos equivalentes a un periodo de retorno de 5 años (64.6 mm) y 1 evento equivalente a un periodo de retorno de 10 años (73.9 mm). Este último evento ocurrió en el año 2004, el cual se considera como uno de los años más húmedos del registro histórico.

Los (Anexos 3) muestran, para las cuatro estaciones meteorológicas locales. Se aprecia que los valores obtenidos para todas las estaciones son consistentes entre sí lo cual indica que las mediciones han sido consistentes y que, a pesar de lo extenso de la propiedad minera, el régimen climático presenta un comportamiento relativamente similar en todos los sectores a escala mensual y anual.

Los registros históricos de cada estación se recopiló con el propósito de determinar que no sólo la precipitación media generada por el modelo es representativa del conjunto climático histórico, sino también los valores extremos, como lo indica la Figura 33 que pertenece a las precipitaciones en la estación “La Quinoa”, la cual indica que en el mes de marzo del 2018 se registró una precipitación mensual promedio de 11.43 (mm) diarios con una desviación estándar del 12.05 (mm).

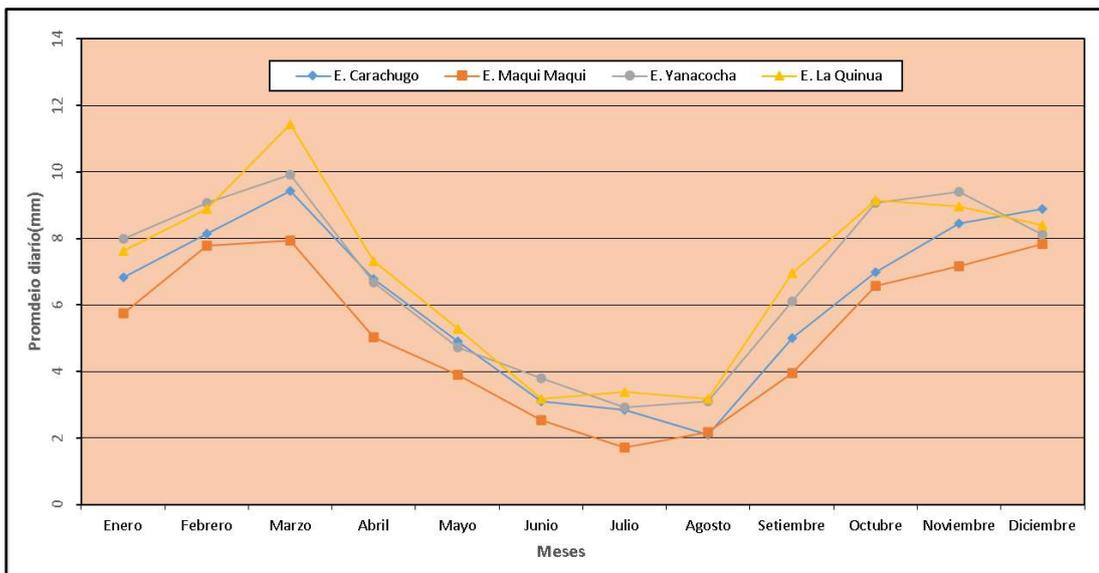


Figura 33. Precipitación anual de las estaciones “Carachugo”, “Maqui Maqui”, “Yanacocha” y “La Quinoa”.

HIDRÁULICA

Debido a que el desarrollo del tajo “Tapado Oeste” se realiza en zonas mineralizadas, las aguas productos del bombeo de los pozos subterráneos y el agua de escorrentía deberán ser captados y derivados hacia las plantas de neutralización. El manejo de aguas dentro de los tajos se realiza mediante 2 sistemas:

- **Sistema de drenaje subterráneo**, que tiene como finalidad deprimir la napa freática del tajo a fin de permitir el minado. Las aguas bombeadas de estos sistemas se conducen mediante tuberías a pozos intermedias para que sean rebombeadas hacia la planta de tratamiento de aguas acidas (AWTP).
- **Sistema de drenaje superficial**, cuya función es canalizar las aguas de las precipitaciones en pozos intermedias en donde se bombean hacia pozos principales fuera del tajo, que a su vez son bombeadas o por medio de la gravedad enviadas a la planta (AWTP) para su tratamiento.

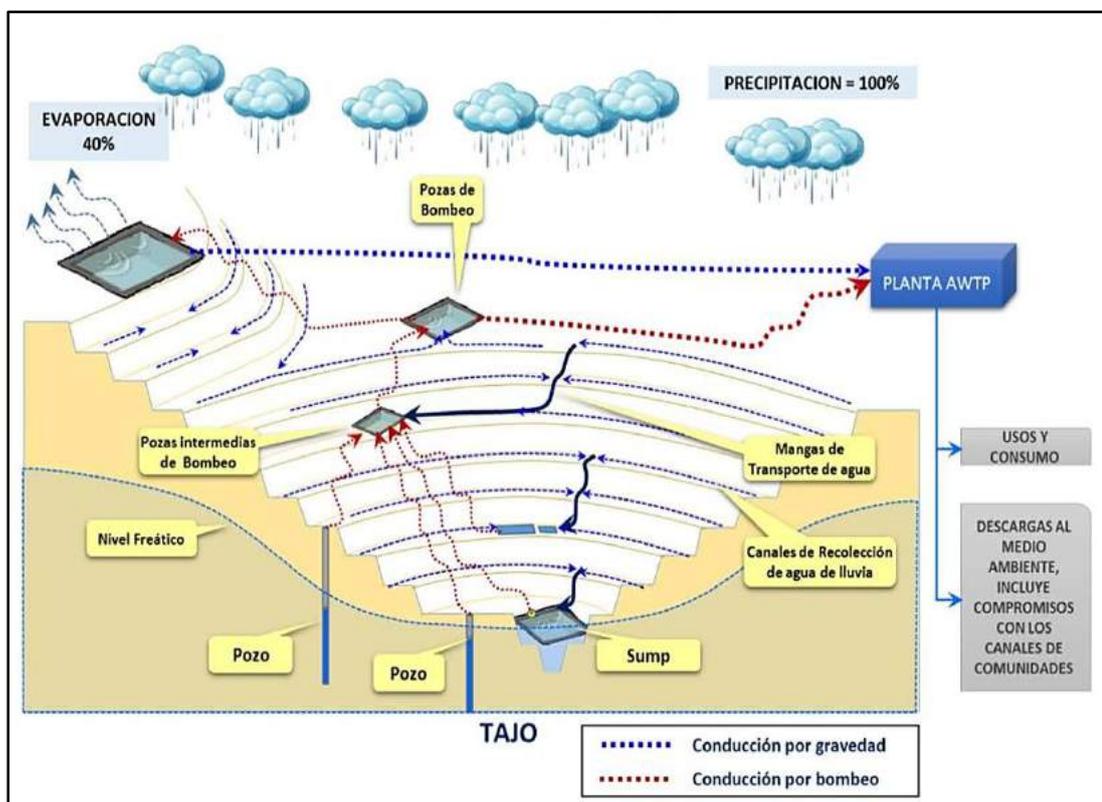


Figura 34. Manejo de agua en tajo abierto - Dewatering

Fuente: Barbagelata, 2016, p. 105

El manejo de agua empleado por “Yanacocha” se inicia con la captación/ intercepción del agua que proviene de la precipitación y que es interceptada por la infraestructura minera y el área no disturbada que se encuentra dentro de los límites de propiedad de “Yanacocha”, la conducción del agua captada/ interceptada hacia las plantas de tratamiento con la finalidad de alcanzar la calidad de agua que requiere los estándares de calidad de agua y descarga del agua tratada, para compensar el impacto al flujo base y devolver agua del desagüe de los tajos. En ese sentido, toda el agua que ingresa en el sistema de manejo de agua de “Yanacocha” debe ser descargada a los cursos de agua naturales, con la finalidad de que sea reutilizada por las comunidades.

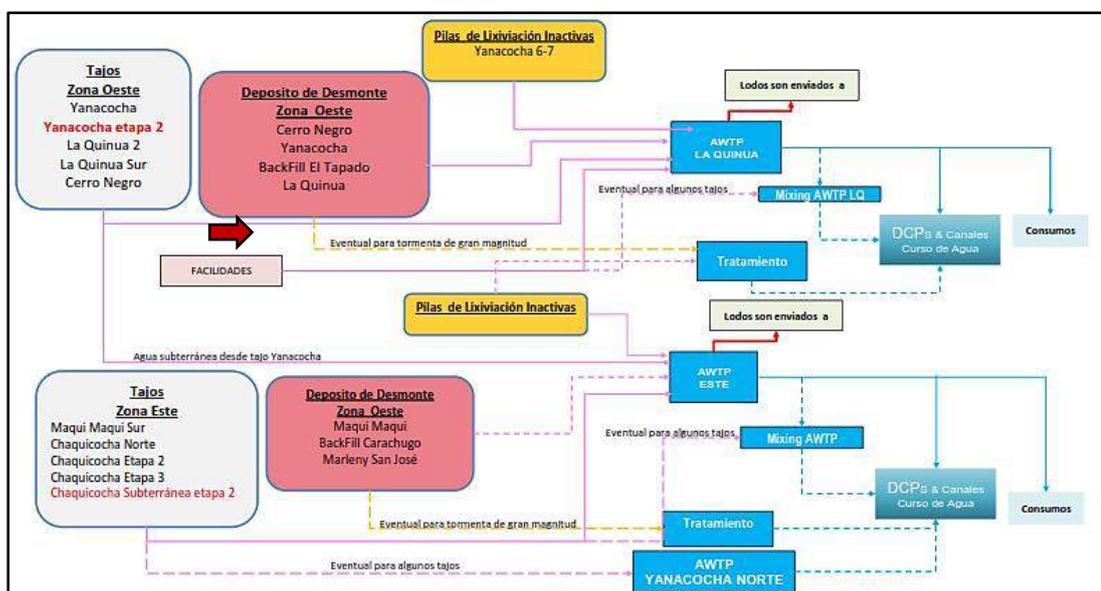


Figura 35. Diagrama de flujo para el circuito de agua de contacto

Fuente: WSP, 2018, p. 9

En Figura 35 se puede visualizar el diagrama de flujo de los circuitos de contacto de minera “Yanacocha” para el manejo de Agua. Se visualiza el flujo para el “Tapado Oeste Layback” donde en situaciones normales se realiza el bombeo de agua hasta el (AWTP) “La Quinua” donde posteriormente es llevado a curso del agua donde es utilizado para el consumo de las comunidades. En caso de que se dé un evento de fuertes lluvias que colme la capacidad de tratamiento de las (AWTPs), en cuyo caso se deberán de apagar las bombas del drenaje subterránea para dar prioridad al bombeo del agua superficial de las lluvias y evitar que esté escape al medio ambiente, el agua de exceso es llevado a una planta de tratamiento de contingencia.

TUBERÍAS DE HDPE EN SISTEMAS DE TAJO ABIERTO

Dependiendo de la altura total de bombeo, se debe seleccionar adecuadamente el material de las tuberías y accesorios, ya que alturas grandes requieren materiales más resistentes o espesores mayores. También se investigó el uso de una nueva resina (PE4710) que incrementa la resistencia de la tubería a la presión del agua, entre 20 m y 50 m adicionales; además la empresa coordinó con el proveedor para que las nuevas tuberías se rotulen en fábrica de acuerdo al SDR y que su identificación en campo sea más fácil (Tabla 4).

SDR	Resistencia		Rotulado	Muestra
	MCA	PSI		
17	89	125	Verde	
11	143	200	Azul	
9	178	250	Amarillo	
7.3	226	317	Anaranjado	

Tabla 4. Tipos de tuberías HDPE utilizadas en el tajo “Tapado Oeste”

Fuente: Modificado (Herrera, 2018)

Para el diseño del sistema de drenaje, se utiliza un cuadro más completo con las características técnicas de las tuberías de HDPE. (Ver Anexo 8)

BOMBAS

Las bombas utilizadas por la minera “Yanacocha” en el drenaje subterráneo de tajo “Tapado Oeste” fueron las “Hydroflo” 9ML y 9HL. Las bombas 9ML se caracterizan por que son las que más altura alcanzan y que las 9HL son las que mayor flujo alcanzan. El número de etapas permite incrementar la altura de bombeo para el mismo modelo de bomba. Las curvas de las bombas implementadas en el sistema de drenaje 9ML de 7 etapas y 9 HL de 8 etapas (Ver Anexo 03).

La bomba más usada, corresponde a la 9HL de 8 etapas, debido a la gran cantidad de flujo que se requiere bombear. Las mejoras en los equipos de bombeo, deben contribuir al incremento de los flujos de drenaje subterráneo; sin embargo, como la bomba 9HL no puede vencer grandes alturas como la 9ML, no es suficiente este cambio de equipos, sino se implementaron algunas medidas adicionales que permitan reducir la altura de bombeo.

Estas alturas de bombeo fueron reducidas con los tanques de rebombeo “Pumping System” que utilizan las bombas “Hidrostral” de turbina vertical HMSS, son una unidad de bombeo diseñada para operar en pozos profundos, cisternas o encapsulada en un barril como elevadora de presión. Son capaces de soportar una gran fuerza axial. Permite una fácil regulación de la luz y su construcción vertical reduce el espacio requerido para la instalación y permite el uso de una cimentación sencilla.

En el sistema de tanques de rebombeo se utilizaron 6 bombas de la Marca “Hidrostral”, con las siguientes características:

Tipo	BOMBA B14C - M - 06/12 DX - 10x10x1.15/16 HMSS W		
Serie N°	2014086097	H RUTA	61183
Caudal	90 l/s	DIM	248
A.D.T.	185 m	HP	300
HMSS	4L- Rev.2	RPM	1790

Tabla 5. Características técnicas de la bomba turbina vertical HMSS

Fuente: Hidrostral, 2020

En el diseño del “Pumping System” se presenta un sistema de rebombeo en paralelo, con la intención de aumentar la capacidad de caudal de bombeo. Entre las principales características del sistema es la distribución y posicionamiento de las bombas centrífugas sobre los tanques de rebombeo. Donde se mejoran las características hidráulicas y funcionales de uso al reducir el espacio de trabajo y de emplazamiento.

Componentes de la bomba turbina vertical HMSS

Eje de transmisión, el eje de la bomba turbina vertical se divide en varios tramos, empezando de abajo hacia arriba tenemos:

- Primer tramo: Eje de la bomba. Una sola sección sobre la cual están fijos los impulsores.
- Segundo tramo: Eje de la columna. Compuesto por varias secciones de 10 pies de longitud cuyo número depende de la longitud de la columna, una sección de 5 pies de longitud en el extremo inferior y una sección de longitud variable en el extremo superior.
- Tercer tramo: Eje espaciador. Todas las secciones del eje se unen entre sí por medio de coples y bridas.

Columna, está formada por la columna exterior y la columna interior. La columna exterior comprende los tubos exteriores que se conectan entre sí por medio de uniones roscadas. La columna interior, formada por el eje de transmisión y la funda (sólo en el caso de las lubricadas por aceite), está centrada en la columna exterior por medio de los separadores de jebe (arañas).

Cuerpo de la bomba, de una o varias etapas, está formado por el conjunto de tazones e impulsores. El número de etapas depende del ADT, caudal y velocidad (rpm) requeridos. Los impulsores están fijados al eje por medio de cuñas cónicas o collets. Los tazones están equipados con bocinas reemplazable. Los impulsores varían según la aplicación.

Linterna de descarga, se une a la columna mediante una brida roscada. La descarga lateral se une a la tubería de descarga mediante una brida estándar ASA 125. La linterna de descarga puede ser de fierro fundido o de fierro soldado y en su parte inferior existe una brida que sirve como base para soportar el peso total de la unidad completa o como brida de montaje para un tanque o instalación en barril.

Soporte vertical HMSS, contiene el conjunto de rodamientos diseñados para soportar la carga axial y al ratchet que evita el giro inverso. Está diseñado para soportar la carga axial y puede ser acoplado a motores eléctricos verticales, a cabezales de engranajes o a cabezales mixtos.

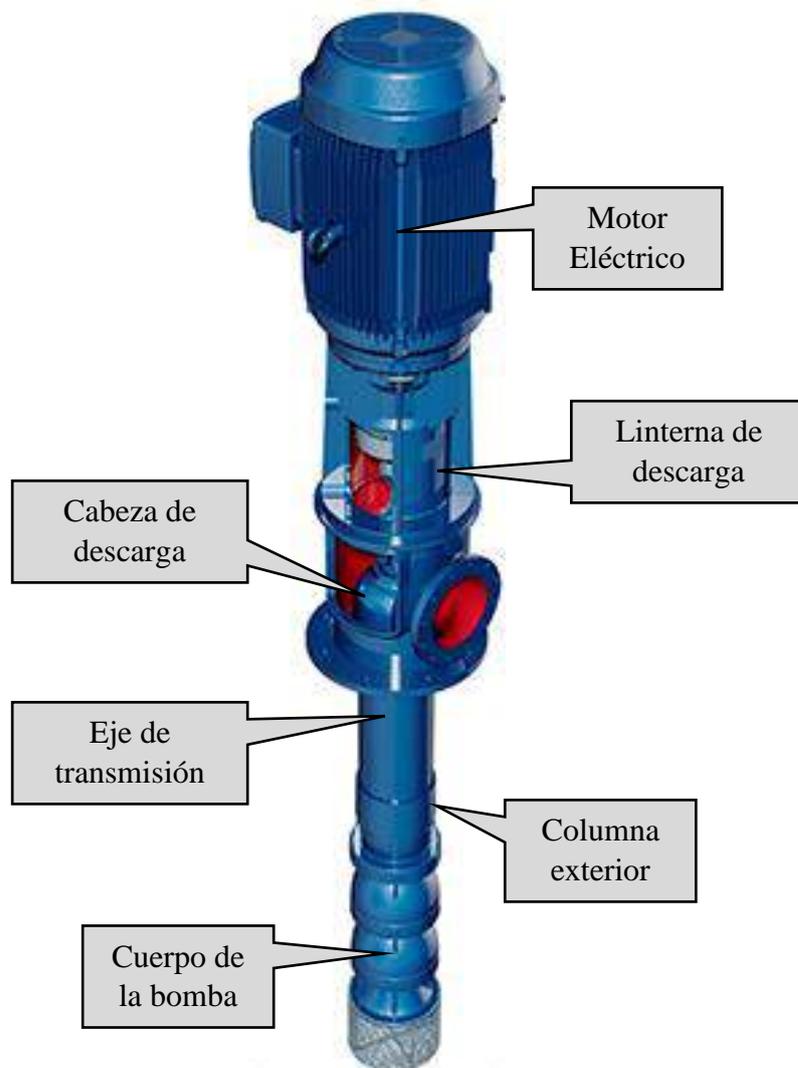


Figura 36. Bomba Turbina vertical HMSS

Fuente: Modificado de (Hidrostral, 2020)



Figura 37. Bomba turbina vertical HMSS. Visitada el 23/05/2018

En la Figura 38 se visualiza un tanque de rebombeo acoplado con la bomba turbina vertical HMSS en la parte superior de tanque, se visualiza la tubería de HDPE de 16” con disposición de ingreso directo por la forma de tubería por la parte superior del tanque y también la tubería de HDPE que es de 8”, donde tiene la función de expulsión en el sistema de bombeo. La disposición completa de todo el sistema de tanques de rebombeo (TR) se puede visualizar en el (Anexo 6).



Figura 38. Ubicación de la bomba turbina vertical HMSS. Visitada el 06/05/2019

TANQUES DE REBOMBEO

Las operaciones de dewatering están usando tanques y pozas de rebombeo en los tajos para reducir la altura de bombeo de los pozos, ambos sistemas son fijos y su construcción requiere espacios apropiados y estables. Esto representa una dificultad cuando el minado se encuentra cerca, ya que no se los puede mover o proteger adecuadamente y los taludes pueden desestabilizarse. Pero los sistemas de tanques de rebombeo del “Pumping System” utilizados en el tajo “Tapado Oeste” tiene facilidades de desacoplamiento del todo el sistema, lo cual lo hace más versátil para su reutilización de todos los componentes que lo conforman, lo único que dejaría de ser útil sería el emplazamiento de concreto donde se asienta el sistema. Esta facilidad sería de gran utilidad para futuros proyectos de minera “Yanacocha” como son “Quecher Main” y “Yanacocha Sulfuros” los cuales van a realizarse con explotación a tajo abierto.



Figura 39. Tanques de rebombeo. Visitada el 23/05/2018

En la Figura 39 se observa que cada tanque de rebombeo móvil cuenta con 27 m³ de capacidad (3.0 m x 3.0 m de base x 3.0 m de altura), fabricado con planchas de acero inoxidable de 1/4" espesor y soportes de 3"x3". Tiene diferentes puntos a acoplamiento para las tuberías de HDPE y el emplazamiento donde se asienta es una placa de concreto de 30 (cm) de espesor.

PLAN DE CONTINGENCIA

El balance de agua de “Yanacocha” viene siendo actualizado desde 2008, con el objetivo de comprender y extrapolar alternativas de tratamiento de agua ácida y de proceso para toda la mina “Yanacocha” a efectos de satisfacer las necesidades de tratamiento de agua del plan de mina vigente y cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente.

Teniendo una capacidad total de tratamiento de 2,500 m³/h en la planta AWTP “La Quinoa”, la cual recibe por gravedad las aguas de la poza de retención, y esta a su vez recibe las aguas del bombeo de los sistemas de: drenaje superficial del tajo, drenaje subterráneo del tajo y las aguas de escorrentía e infiltración de los depósitos de desmonte.

Durante los meses de altas precipitaciones la cantidad de agua enviada de dichos sistemas excede la capacidad de la planta AWTP. Esto debido principalmente a que la cantidad de agua del drenaje superficial y agua de escorrentía aumentan considerablemente. Debido a ello se ejecuta un plan interno de parada de pozos, el cuál consiste en apagar uno o varios pozos del drenaje subterráneo, afectando así el usage de los mismos. Para poder minimizar este impacto, se desarrolló un proyecto para mezclar las aguas tratadas de la planta de tratamiento, con las aguas de ciertos pozos del dewatering resultando en un agua que cumple los requerimientos legales actuales.

Para ello la calidad de agua de los pozos escogidos para este fin deben estar por debajo de los límites permisibles (LMPs) en los siguientes parámetros: Cianuro total, Arsénico total, Cadmio total, Cromo, Cobre, Hierro total, Plomo total, Mercurio total, Selenio total y Zinc total (RM-011-96 EM/VMM y DS 010-2010 MINAM).

Asimismo, la relación que existe entre la cantidad de agua de los pozos que no recibirán tratamiento versus la cantidad de agua que tratará la planta no debe exceder de la relación 1:3. Esto para garantizar un tratamiento óptimo y minimizar los riesgos con el cumplimiento de la calidad de agua ya tratada.

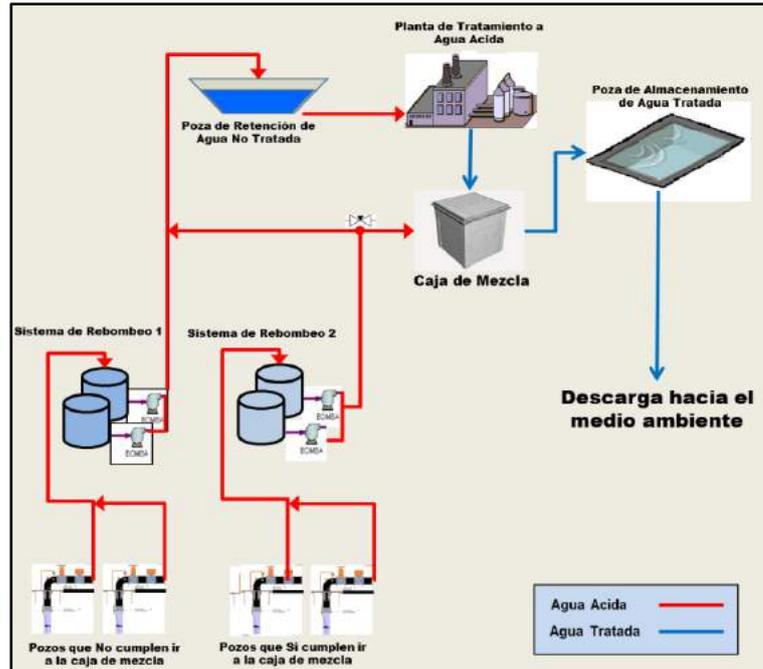


Figura 40. Diagrama del plan de contingencia

Fuente: Barbagelata, 2016, pág. 179

Es importante respetar las siguientes consideraciones:

- El monitoreo y caracterización de la calidad de agua de los pozos para determinar cuáles cumplen con su ingreso a la caja de mezcla debe ser respetando un plan quincenal.
- La regulación de los ingresos de los pozos a la caja de mezcla es importante para mantener una relación de 1:3.
- El control de los pH debe realizarse cada 30 minutos durante la mezcla de aguas al ingreso y a la descarga de la poza de almacenamiento de agua tratada para garantizar un rango de pH de <6-9>.
- En caso se tuvieran valores fuera del rango de pH <6-9> se realizará la derivación de las aguas hacia la poza de retención y así evitar el agua hacia la caja de mezcla.

3.3.4 Metodología

La investigación utilizó información pública de minera “Yanacocha”, respecto a las características cartográficas, topográfica e hidráulicas del sistema de bombeo del tajo “Tapado Oeste” para el periodo 2020. De gran importancia para poder obtener una buena representación de la realidad en el modelamiento dinámico de todo el sistema de drenaje. La investigación evaluó los parámetros (caudales, presiones y velocidad de la bomba (RPM)); de origen del drenaje únicamente subterráneo. Donde obteniendo el modelo verificado y calibrado, se realizó el análisis del comportamiento del sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” en distintos tipos de escenarios con la finalidad de mejorar su funcionamiento. Para ello se realizaron las siguientes etapas:

Etapas 1: Recopilación de información

Se realizó la recolección de la información pública referente al manejo de aguas del tajo “Tapado Oeste”, principalmente al sistema de drenaje subterráneo que se aplica en esta zona de minería a tajo abierto. Las consideraciones de búsqueda están enfocadas en puntos específicos de un periodo de tiempo (2020) o lo más cercano, ya que en el plan de minado del tajo tiene un cambio constante en función a la explotación de la mina. En la etapa actual que se encuentra la explotación minera es “El Tapado Oeste Layback” donde existen mucho cambio dentro del tajo lo cual hace variar el sistema de drenaje (subterráneo) como son las conexiones y las bombas (pozos). Lo cual hace variar significativamente una representación fiable del modelo.

Etapas 2: Visita a la zona de estudio

Se realizaron visitas técnicas donde se determinó el posicionamiento de cada uno de los elementos que conforman el sistema de drenaje (pozos, tanques de rebombeo, sistemas de conducción, pozas de almacenamiento, etc.) y realizando una representación de todo el sistema en su conjunto. En esta etapa se consideró verificar los sistemas de tuberías y conexiones entre estos elementos, analizando cuales con las características técnicas de las tuberías (diámetro interno, diámetro exterior, SDR, material, etc.). Con la información de caudales anuales (m³/s) registrados por la misma empresa, se obtuvo los caudales de diseño, pero para realizar la calibración se buscó los parámetros (caudal, velocidad de la bomba, presión, etc.) diarios generados y registrados en cada uno de los pozos de bombeo (agua subterránea).

Etapas 3: Procesamiento de información

Toda la información de los parámetros registrados fue almacenada en el software Microsoft Professional Plus 2019 Excel, esta información paso por un proceso de análisis de verificación de datos (diseño y registrados). Realizado el análisis de verificación se procedió a expresarlos en el modelo computacional dinámico (Pumpsim 3D), lo cual logra incorporar toda la información del sistema (elementos y sus parámetros) en el modelo conceptual representado en el software Pumpsim 3D.

Etapas 4: Modelamiento en el software “Pumpsim”

En el proceso de modelamiento se expresó en primera instancia el flujo de drenaje en un estado estático, donde representa el movimiento de flujo para las características mencionadas en un tiempo inicial. Para poder representarlo de manera real el modelo, tiene que ser de manera dinámica donde en los puntos de retención de agua (tanques de rebombeo) tienen una variación de volumen (m³) de almacenamiento con el flujo de ingreso y salida de flujo. Para lo cual se establece un punto de operación real en un tiempo determinado de etapas, donde el modelo generado ya expresa información en cada uno de los elementos a analizar. Con el objetivo de enfocarnos en el funcionamiento operacional del sistema de tanques de rebombeo “Pumping System”.

Etapas 5: Calibración

En la investigación se establece que el software realiza la calibración de caudal generado por las bombas y se establece la frecuencia según los registros obtenidos. Los parámetros observados y los generados fueron analizados (presión, frecuencia y caudal) donde el análisis se centrará en las presiones generados y observados para su posterior verificación y validación.

Etapas 6: Verificación y validación

Esto permitió evaluar los resultados del modelo computacional dinámico, para determinar que el modelo que estima parámetros hidráulicos de diseño son los más aproximados a los parámetros observados, demostrando de esta manera la similitud hidráulica del sistema de drenaje. En donde ya se realizaría el análisis de cada uno de los elementos y verificando la eficiencia y rendimiento, en busca de mejoras en función de capacidades de drenaje (flujo). Para la elaboración de la siguiente investigación se siguió la siguiente metodología.

3.3.4.1 Etapa 1: Recopilación de información

La investigación, realizó la búsqueda de información relacionada a sistemas de drenaje a tajo abierto específicamente a sistemas de tanques de rebombeo, también en temas de modelamiento de dicho tipo de sistemas que considere todos los elementos que los conforman (tuberías, bombas, tanques, etc.) y el ingreso de parámetros de funcionamiento (caudal, presión y velocidad de la bomba). Así también se realizó la revisión de bibliografía de nuevas metodologías para la verificación y validación de sistemas en dinámica de fluidos computacional. De igual manera, se hizo uso del internet como medio de búsqueda de bibliografía, estudios realizados por la empresa, estudios de impacto ambiental de la zona e información en drenaje a tajos abiertos.

3.3.4.2 Etapa 2: Visita a la zona de estudio

Durante la investigación, se visitó la minera “Yanacocha” principalmente el tajo abierto “El Tapado Oeste” que se encuentra en la parte sur de la zona de explotación minera. Durante el recorrido se visitó diferentes puntos: en la parte superior externa los tanques de rebombeo “Huayna Picchu” (Ver Figura 41) y el recorrido de la tubería de HDPE 24” SDR 11 hasta la Poza de Retención cerca al AWTP “La Quinua”.



Figura 41. Visita técnica al tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 06/12/2018

En la parte intermedia del tajo se visitó los tanques de rebombeo (TR) “Pumping System” donde se determinó las características de diseño, dimensiones, las características técnicas de cada uno de los elementos que lo conforman (tuberías, bombas, válvulas, conexiones, etc.) y establecer un diagrama de flujo del sistema de bombeo en paralelo. Establecer las características de bombeo y los rangos de funcionamiento de las bombas, las cuales tienen sensores de funcionamiento que establecen el inicio o apagado según las cotas internas en los tanques de rebombeo.

Por último, se visitó la parte interna del tajo, donde se encuentran los pozos de bombeo de agua subterránea. Las cuales se encontraron en funcionamiento 8 pozos identificados y posicionados en zonas estratégicas del tajo para que no genere interrupciones en el minado. De los pozos se obtuvieron las características técnicas y los parámetros de control (flujo instantáneo, presión, corriente, frecuencia, voltaje) que serán de gran utilidad para la calibración del modelo computacional dinámico del sistema de drenaje. Asimismo, se observó el comportamiento general del todo el sistema de drenaje en su conjunto para representar las direcciones de flujo y la complejidad que lleva a cabo estos tipos de diseño a gran escala y lograr representarlo con la mayor exactitud en el modelo computacional dinámico del software Pumpsim.



Figura 42. Tajo “Tapado Oeste”. Visitada el 06/05/2019

3.3.4.3 Información de parámetros

CAUDALES PROYECTADOS EN LA ZONA DE ESTUDIOS

En la investigación se consideró la proyección de desagüe (dewatering) según últimas simulaciones del modelo hidrogeológico numérico, efectuadas en diciembre de 2017 (Ver Figura 43). Estos flujos corresponden sólo al aporte subterráneo. La componente de escorrentía de bancos se adiciona internamente en el modelo en función de la condición climática simulada. En la Tabla 6 se muestra desagüe para el periodo (2017-2042) para los diferentes tajos en operación de minera “Yanacocha”.

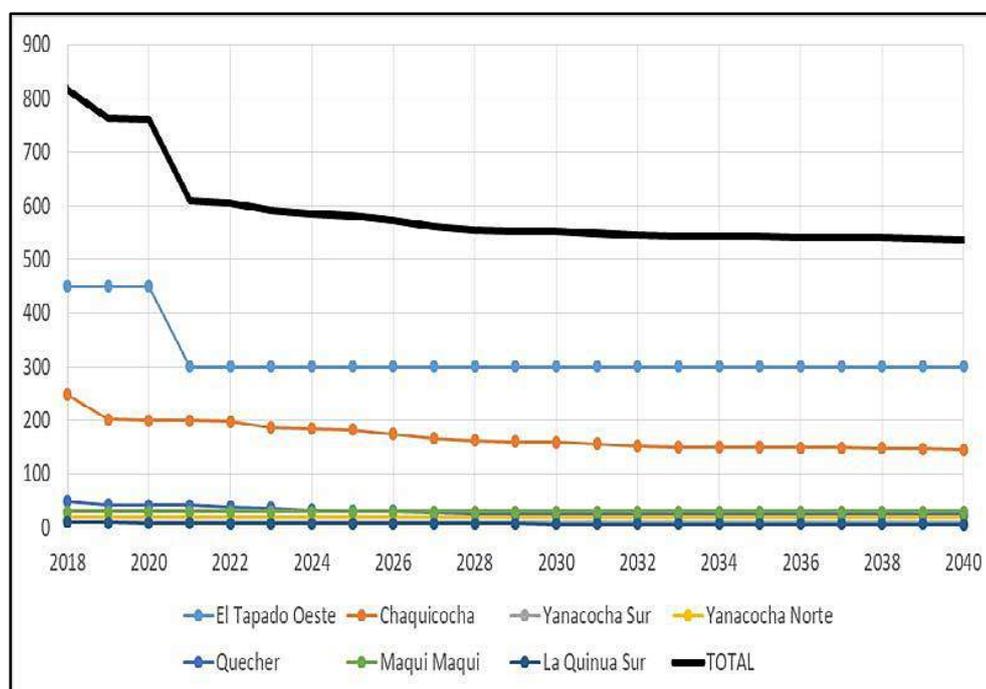


Figura 43. Proyección de desagüe (dewatering)

Fuente: WSP, 2018, p. 17

Caudal de aporte subterráneo en el tajo “Tapado Oeste”

Se obtuvo información de caudales promedio y principales parámetros de análisis para el modelo computacional dinámico, los caudales promedio para cada pozo en el tajo “Tapado Oeste” es de 60 (l/s), para la construcción del modelo computacional en estado estático. Los controles de pozos de drenaje subterráneo (diferentes parámetros registrados) serían utilizados para la calibración del modelo computacional dinámico.

Año	Tajo El Tapado Oeste	Tajo Yanacocha	Tajo Chaquicocha	Tajo Chaquicocha Etapa 3	Tajo Maqui Maqui	Tajo la Quinua Sur	Total
2017	450	30	361	50	30	10	931
2018	450	30	247	49	30	10	816
2019	450	30	202	43	30	10	764
2020	300	30	200	42	30	9	611
2021	300	30	200	42	30	8	610
2022	300	30	198	39	30	8	604
2023	300	30	187	36	30	8	591
2024	300	30	185	33	30	8	585
2025	300	30	183	31	30	7	581
2026	300	30	175	30	30	7	573
2027	300	30	166	28	30	7	561
2028	300	30	162	26	30	7	556
2029	300	30	160	26	30	7	553
2030	300	30	160	26	30	7	552
2031	300	30	157	26	30	7	549
2032	300	30	152	26	30	7	544
2033	300	30	150	26	30	7	542
2034	300	30	150	26	30	7	542
2035	300	30	150	26	30	6	542
2036	300	30	150	26	30	6	542
2037	300	30	150	26	30	6	541
2038	300	30	148	26	30	6	540
2039	300	30	147	26	30	6	538
2040	300	30	145	26	30	6	536
2041	300	30	142	26	30	6	533
2042	300	30	141	26	30	6	532

Tabla 6. Desagüe (dewatering) del tajo (L/s)

Fuente: WSP, 2018, p. 18

Caudales en las plantas EWTP y AWTP

También se consideró analizar los componentes asociados al manejo del agua encontrados en las plantas de tratamiento de los dos circuitos de agua que posee “Yanacocha”: agua de excesos y aguas ácidas, mencionado anteriormente tienen a ser mezclados durante fuertes precipitaciones como medida de contingencia. La capacidad actual de las plantas de tratamiento se muestra en la Tabla 7 con la finalidad de tener establecido las capacidades de almacenamiento en el AWTP “La Quinua” (Poza de Retención), así lograr un punto máximo de flujo y establecer mayores capacidades de drenaje con finalidad de mejoras del sistema.

Plantas	Nombre	Capacidad actual (m3/h)		Capacidad + PIA 2017 ⁽¹⁾ (m3/h)		Comentarios
		Ingreso	Permeado	Ingreso	Permeado	
EWTP	Yanacocha	1,200	800	1,600	1,000	A partir de Marzo de 2018
	La Quinoa	470	300	780	450	A partir de Junio de 2019
	Pampa Larga	1,400	900	-	-	No se han planificado mejoras para esta EWTP
AWTP	La Quinoa	2,800 (+ 1,000 mixer)		2,800		Mezclador hasta diciembre 2020
	Este	1,500 (+1,200 mixer)		1,500		Mezclador hasta diciembre 2020
	Yanacocha Norte	-		500		A partir de Enero del 2021

Tabla 7. Capacidad de EWTP y AWTP

Fuente: WSP, 2018, p. 19

1. La capacidad máxima de las EWTP:
 - a. Para las EWTP 01 y 02 Yanacocha y planta de Osmosis inversa (RO) la capacidad máxima de entrada es 1,200 m3/h y la capacidad de permeado es 800 m3/h.
 - b. Para la EWTP Pampa Larga y planta de Osmosis inversa (RO) la capacidad de entrada es 1,400 m3/h y la capacidad de permeado es 750 m3/h.
 - c. EWTP La Quinoa, con una capacidad de entrada de 470 m3/h y una capacidad de permeado de 300 m3/h.

2. La capacidad máxima de las AWTP es:
 - a. AWTP Este: 1,600 m3/h.
 - b. AWTP Yanacocha: 500 m3/h.
 - c. AWTP La Quinoa: 2,800 m3/h.

3. Se considera que existen dos pozas de ingreso a la planta AWTP Este, las capacidades de estas pozas son: para la Poza de pre tratamiento: 5,000 m3 y para la Poza Surge Pond: 10,000 m3.

4. Se considera que el flujo proveniente de la pila de lixiviación Carachugo Etapa 9 (CA-9) ya no ingresa al sistema de agua de procesos (EWTP), para este caso el flujo será dirigido hacia el sistema de agua ácida (AWTP Este).

5. Se considera un desvío de 100 m3/hr desde la pila de lixiviación LQ1-7 hacia la planta AWTP La Quinoa (áreas de reclamación).

TUBERIAS (características físicas)

En las características de las tuberías, se estableció los diferentes tipos de materiales que utiliza la empresa minera para las operaciones de drenaje. Entre la principal son HDPE y acero inoxidable, donde las tuberías y las características técnicas de cada una de ellas se estableció de una manera precisa para lograr una representación fiable en el modelo computacional. Entre las principales características técnicas que se consideraron son: material, diámetros, SDR, presiones, capacidades y velocidad.

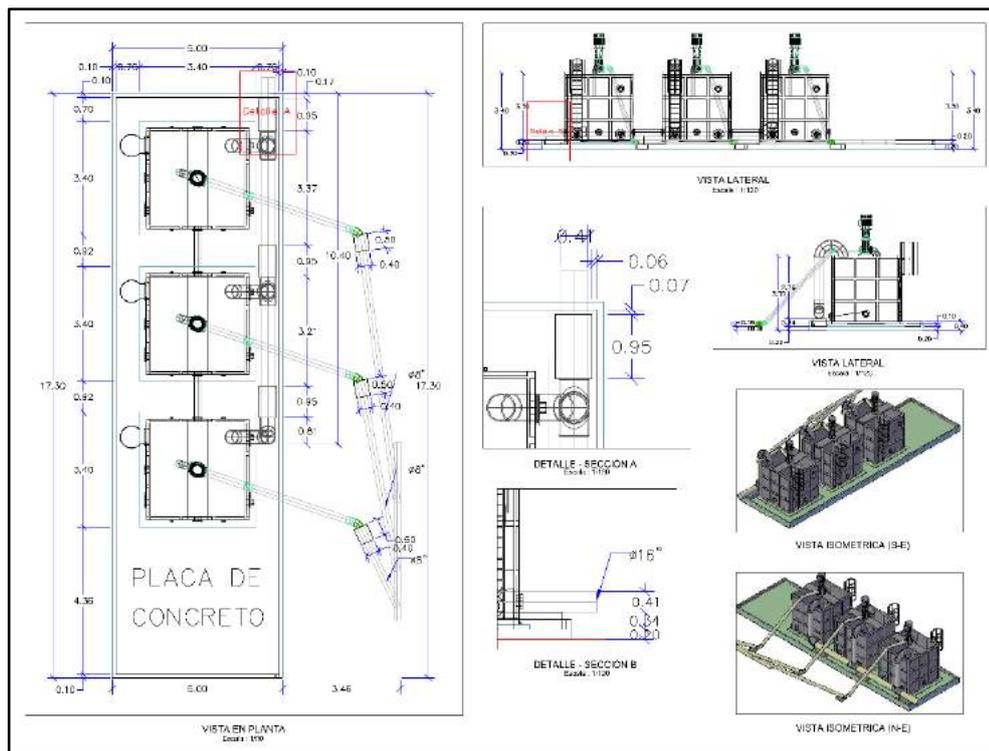


Figura 44. Disposición de tuberías en los tanques de rebombeo

BOMBAS (características físicas)

En la investigación se tuvo mayor énfasis en la información obtenida de cada una de las bombas utilizadas por la empresa minera, entre las principales características técnicas de la bomba se obtuvieron: tamaño, tipo, velocidad de funcionamiento, diámetro, dimensiones (aspiración y descarga), potencia y altura. También se consideró obtener las curvas de rendimiento (%) en los distintos fabricantes (Hidrostral, Hydroflo Pumps, US Motors) considerando que es de suma importancia para obtener los puntos óptimos de funcionamiento para el análisis operacional del sistema.

3.3.4.4 Construcción del modelo

El proceso constructivo del modelo computacional, se realizaron en diferentes etapas, entre las primeras etapas de construcción son la ubicación de las tuberías y las bombas (sumergibles y en los tanques de rebombeo), que fueron representados de forma precisa gracias a los formatos de trabajo que nos permite el software Pumpsim.

Se realizó la importación de datos gráficos de un archivo de gráfico DWG en Pumpsim y convertir los datos en tubos y bombas en coordenadas tridimensionales (3D). En resumen, los pasos realizados para la construcción del modelo computacional en el software Pumpsim fueron los siguientes:

1. Construcción de la tubería utilizando la función de importación, asegurando que todos los tubos se unan correctamente. Considerando herramientas de filtro que están disponibles en el software para ayudar a asegurar que los tubos se unan entre sí. También ubicar y acoplar las bombas de los pozos con sus características de cada una de estas, estableciendo sus parámetros de funcionamiento.
2. Se añadieron los tanques de almacenamiento (rebombeo) y pozas utilizando la edición del software para editar los tubos abiertos y estableciendo la condición de abierto en los formularios. También se ubican las bombas utilizadas con sus características de cada una de estas y estableciendo sus parámetros de funcionamiento que se acoplan al sistema de drenaje en sus diferentes puntos.
3. Se insertaron los controles de flujo (válvulas) especificando sus ubicaciones y las características técnicas: diámetro, resistencia y abertura.
4. Se colocaron los nodos (uniones) para aumentar la exactitud del modelo. Lo cual se realizó para representar de manera exacta uniones de las tuberías, pero en otros casos se utilizaron accesorios de unión (empalmes) según se encuentran en campo.
5. Finalmente, se realizó la simulación del sistema, donde realizado correctamente su construcción los datos de flujo y las direcciones de flujo indican una correcta simulación y analizamos los resultados indicados en cada uno de los elementos.

3.3.4.5 Verificación de capacidades hidráulicas del modelo

Realizado la construcción del modelo y al generar simulación en cada uno de los parámetros de análisis (flujo, cambio de presión, velocidad de la bomba) es necesario verificar las capacidades hidráulicas que por defecto genera el software Pumpsim, los cuales son de gran importancia para la obtener una similitud hidráulica computacional correcta del sistema. Las capacidades hidráulicas del modelo computacional fueron:

CAVITACIÓN

La simulación de cavitación mostró advertencias de activo o no activo, donde la simulación de cavitación es expresada en:

- **A, B, C:** Son las constantes de fluido de la ecuación de Antoine para calcular la presión de vapor y compararlo con la presión atmosférica.

DINÁMICA

Establece el número de iteraciones entre las actualizaciones de la pantalla (frecuencia), los cuales están expresados en:

- **Tiempo máximo:** El tiempo máximo para la simulación (min).
- **Paso de tiempo:** Incremento de tiempo para que se ejecute la simulación (min).

ENTORNO

Expresa los diferentes parámetros relacionados con características externas o del medio ambiente que afectan al fluido (agua), es decir: al nivel del agua de un tanque o a la salida de un tubo. Para realizar cambios generales de todo el sistema del modelo computacional y representarlos en condiciones similares.

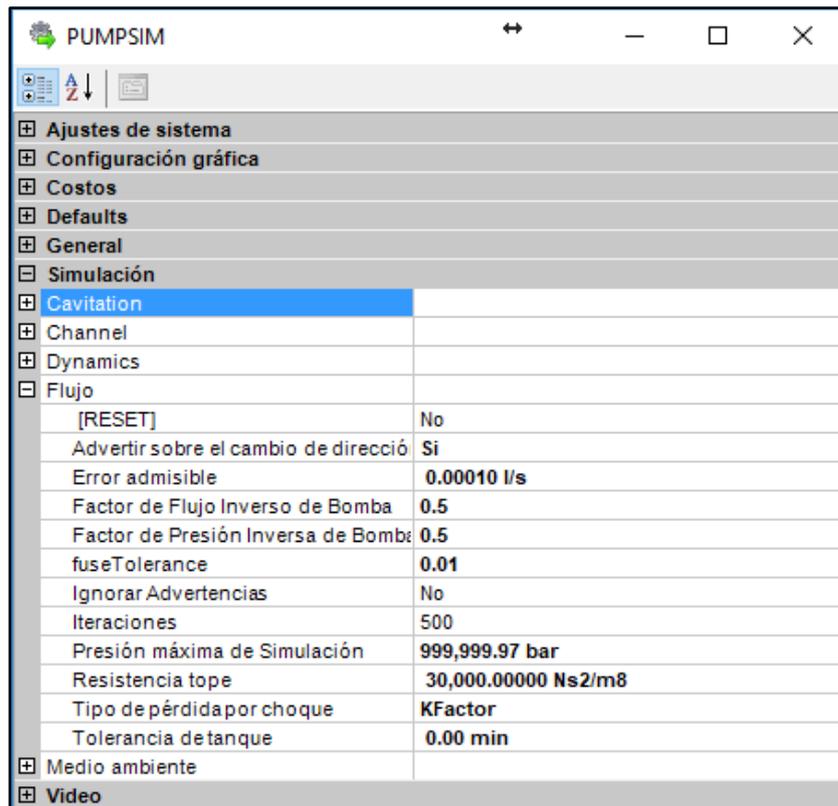
- **Aceleración por gravedad:** La aceleración por gravedad estándar (m/s^2).
- **Densidad del agua estándar:** La densidad del fluido en el sistema (kg/m^3)
- **Viscosidad de agua estándar:** La viscosidad del fluido en el sistema (MPa).
- **Presión barométrica de la superficie:** La presión fuera del sistema (bar).
- **Temperatura:** La temperatura del fluido en el sistema ($^{\circ}C$).

FLUJO

Las configuraciones del flujo de agua de simulación influyen directamente en cómo funciona la simulación del flujo del agua. Los cuáles serán utilizados para la validación del modelo y así establecer condiciones de precisión del modelo.

- **Error permisible:** Define el nivel de precisión que Pumpsim debe resolver hasta que aparezca una solución aceptable. Esto normalmente se debe establecer a un error inferior a 0.1 m³/s. Si se requiere un análisis final, puede ser aconsejable establecerlo a 0.01 m³/s o más bajo. Cuanto menor sea el valor, más preciso es el proceso de simulación, pero más tiempo puede tomar.
- **Iteraciones:** Establece el número de intentos que Pumpsim puede tomar para lograr un error aceptable, antes de que el programa abandone el proceso de simulación.
- **Presión de simulación máxima:** La presión de simulación máxima permitirá entre las vías fluviales antes de que se informe de un error de simulación. Este error puede indicar flujos fijos irrazonables o resistencias que interactúan y provocan grandes cambios de presión en el modelo.
- **Factor de presión de bomba en reverso, Factor de flujo de bomba en reverso:** Define el valor por defecto del rendimiento de la bomba en reverso con respecto a la curva de bomba original para la presión y la cantidad de una bomba que opera en reverso. Estos factores disminuyen el rendimiento de las bombas configuradas a funcionar en reverso (para casos de emergencia).
- **Tipo de pérdida de choque:** Define el método de pérdida de choque a usar. Pumpsim puede configurarse para calcular las pérdidas de choque mediante el método de longitud equivalente, o el método del factor de choque (K). Los cálculos de pérdida de choque son necesarios para estimar la pérdida de presión debido a la turbulencia del agua por un cambio en la dirección de la vía fluvial, un empalme o un cambio en el tamaño del tubo.

- **Paro de resistencia:** Define la resistencia mínima a la que Pumpsim detendrá totalmente todo el flujo en un tubo. Todas las resistencias preestablecidas por encima de este valor causarán que el flujo establecido en la vía fluvial pare por completo. Solamente un solo valor de **Resistencia preestablecida** debe ser mayor que el valor de **Resistencia de parada**. Esta función restringe el flujo de modo artificial y tiene el potencial para causar problemas de simulación si se utiliza en demasiadas vías fluviales. La simulación comprobará y asegurará que solamente una (o ninguna) de las resistencias preestablecidas sean mayor que este valor.
- **Advertencia sobre un cambio de dirección:** Si establece en verdadero, y una vía fluvial se especifica en el formulario de edición con una dirección fija, Pumpsim compara las direcciones de las vías fluviales antes y después de una simulación y avisa cuales de las vías fluviales tienen un flujo de agua que ha cambiado de dirección durante la simulación.



PUMPSIM		
+	Ajustes de sistema	
+	Configuración gráfica	
+	Costos	
+	Defaults	
+	General	
-	Simulación	
+	Cavitation	
+	Channel	
+	Dynamics	
-	Flujo	
	[RESET]	No
	Advertir sobre el cambio de direcció	Si
	Error admisible	0.00010 l/s
	Factor de Flujo Inverso de Bomba	0.5
	Factor de Presión Inversa de Bomba	0.5
	fuseTolerance	0.01
	Ignorar Advertencias	No
	Iteraciones	500
	Presión máxima de Simulación	999,999.97 bar
	Resistencia tope	30,000.00000 Ns2/m8
	Tipo de pérdida por choque	KFactor
	Tolerancia de tanque	0.00 min
+	Medio ambiente	
+	Video	

Figura 45. Gráfico de simulación dinámica (Flujo)

Fuente: Modificado de (Pumpsim, 2016)

3.3.4.6 Calibración del modelo

En la calibración, se buscó ajustar los parámetros de diseño (caudales promedio de los pozos) con los parámetros registrados (caudal, presión y velocidad de la bomba). Para calibrar los parámetros primero se representaron las características técnicas de los diferentes elementos del sistema de drenaje (tuberías, bombas, tanques, etc.) y después se expresaron los parámetros observados con datos de registro de los pozos (6 pozos operativos) de drenaje subterráneo realizado en el transcurso del año 2020, que presentan registro relacionado al funcionamiento de las bombas (Ver Tabla 8).

La contrastación de los parámetros obtenidos tiene que estar expresados en el modelo computacional dinámico (simulación dinámica), tanto las características técnicas de los elementos como los parámetros de los pozos de drenaje subterráneo. Para lograr la calibración se utilizó la siguiente información registrada en campo (Ver registros completos en el Anexo 01).

Fecha de registro: 14/09/2020

TAJO EL TAPADO OESTE					
POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	09:25	41	13.79	2880	
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	10:45	53	-	2880	
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	10:21	63	11.03	3360	
TOPW -22	10:32	48.3	11.03	2880	
TOPW -23	10:20	43	-	2870	
TOPW -24	09:18	50	13.10	2880	

Tabla 8. Registro de parámetros de pozos de drenaje subterráneo

Información utilizada en la calibración:

a. Bombas

Parámetros: Velocidad de las bombas (RPM) y cantidad de flujo instantáneo (l/s).

Ubicación: Bomba turbina sumergible de cada pozo.

b. Tuberías de los pozos

Parámetro: Presión nominal (bar).

Ubicación: Árbol de descarga de cada pozo.

3.3.4.7 Verificación y validación del modelo

La verificación y validación del modelamiento del sistema de drenaje subterráneo del tajo “Tapado Oeste” se realizó con la información de parámetros observados y parámetros generados en el modelamiento dinámico (escenarios establecidos y calibrados), principalmente: presiones (registradas y modeladas), realizando la verificación y validación con el Método (V&V) 20 de ASME.

En V & V20-2009, la validación es una evaluación del error del modelo, independientemente de que la evaluación satisfaga los requisitos de validación. Por lo tanto, la validación no se considera un ejercicio de aprobado / reprobado. El propósito del procedimiento de validación es la estimación de la precisión de un modelo matemático para variables de validación específicas (presiones) en un punto de validación específico (árbol de descarga) para los casos en los que las condiciones de la realidad se simulan los experimentos (condiciones de contorno). El procedimiento propuesto se puede aplicar a variables definidas por un escalar.

El desarrollo y los supuestos detrás del procedimiento V & V20-2009 que requiere el conocimiento de los valores experimentales D y los valores de simulación S en el punto de ajuste y una estimación de las incertidumbres experimentales, numéricas y de los parámetros. La diferencia E entre S y D es el centro del intervalo que debe contener el error del modelo (con cierto grado de confianza) y la amplitud del intervalo se obtiene a partir de la incertidumbre de validación que es consecuencia de la combinación de lo experimental, incertidumbres numéricas y de parámetros.

El objetivo del Estándar V&V 20-2009 es la estimación de la precisión de un modelo matemático para variables de validación específicas en un punto de validación específico para los casos en los que se simulan las condiciones del experimento real. Como se mencionó anteriormente, las variables de validación también se conocen como cantidades de interés, cantidades de respuesta del sistema o cifras de mérito.

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN Y ANALISIS

Durante la evaluación del sistema de tanques de rebombeo en el tajo “Tapado Oeste” en minera “Yanacocha” para el periodo 2020, se obtuvieron como resultado los tiempos muertos en cada uno de los modelamientos realizados. En la evaluación para (08) registros de funcionamiento en los pozos de drenaje, se obtuvieron en promedio un tiempo acumulado de 18h: 19m: 12s para las (06) bombas turbina vertical en tiempos muertos durante la evaluación entre los meses de septiembre y octubre para un modelado de 12 horas para cada uno de los registros (Ver Tabla 9). Este resultado indica que durante un funcionamiento continuo de 12 horas en el sistema de rebombeo “Pumping System” se simula que en funcionamientos mínimos de las bombas turbina vertical HMSS de la marca “Hidrostral” implementados en los tanques de rebombeo a una frecuencia de las bombas de 1320 RPM, frecuencia utilizada de la bomba 73.75% y una eficiencia del 80.30%. Se evalúa que, durante un periodo determinado, existe un alto número de tiempos inoperativos (muertos) de las bombas turbina vertical HMSS “Hidrostral”, considerando que todas funcionan de forma continua para los parámetros iniciales del modelamiento (Ver resultados completos en el Anexo 05).

Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL				
Potencia total del sistema	22951.7 HP			
Fecha de simulación dinámica	14/09/2020			
Tiempo de proceso de simulación dinámica	11h : 59m : 59s			
Líquido Flujo				
Volumen total de bombeo	25.569.30 m ³			
TANQUES DE REBOMBEO				
PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 52m : 33s	09h : 07m : 04s	24.0%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 14m : 24s	08h : 45m : 13s	27.0%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 17m : 20s	08h : 42m : 16s	27.4%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 10m : 37s	08h : 49m : 00s	26.5%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 21m : 53s	09h : 37m : 43s	19.7%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	01h : 24m : 00s	10h : 35m : 36s	11.7%

Tabla 9. Resultados de la simulación dinámica del sistema “Pumping System”

En la distribución de las líneas de conducción del “Pumping System” se evaluó que en el sistema en paralelo se ubican sólo conexiones entre bombas agrupadas de 2 unidades de salida, donde se encontraron (03) líneas de conducción de salida del sistema hasta la poza “Lagartija” en la implementación de los (06) tanques de rebombeo. Entre las principales características comparadas son el SDR, para los puntos de conexión entre los cuales se encontraron presiones máximas de 10.32 (bar) en un funcionamiento óptimo. Según lo indicado en la Tabla 9, la línea de conducción (Bomba de TR N°05 y Bomba de TR N°06) puede resistir una presión máxima de 22.19 (bar) para Norma ASTM F714 resistencia con resina PE 4710 en una tubería de HDPE de 16” con un SDR 7.3, está tubería estaría trabajando a 46.51% (10.32 bar) de su capacidad de diseño. Esta línea de conducción estaría sobredimensionada, considerando que para su elección e implementación se tomaron criterios de seguridad, costos y sobre todo disponibilidad en mina (Ver resultados completos en el Anexo 05).

LÍNEA DE CONDUCCIÓN	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m ²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m³/s)	389.96 l/s
Sim Iteraciones	6

Tabla 10. Línea de conducción HDPE 16” de los tanques N°05 y N°06

4.2 INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DE LOS RESULTADOS

4.2.1 Cartografía y topografía

El sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” en el tajo abierto “Tapado Oeste” se encuentra entre las coordenadas geográficas Sur $7^{\circ} 00' 7.2''$ y Oeste $78^{\circ} 32' 39.78''$ a una altitud de entre los 3337.0 m.s.n.m. En el posicionamiento topográfico se ubica en la parte Este intermedia del tajo abierto, que se encuentra localizado en la parte colindante del camino de acceso para la parte interna del tajo. El tajo “Tapado Oeste” no tiene cobertura vegetal y las dimensiones de los bancos en el tajo varían de 10 y 12 metros de altura. Entre las principales características se muestran la ubicación de los pozos con la topografía, pero, se debe considerar que fueron construidos en diferentes épocas y que varios quedaron inoperativos debido al plan de minado, donde una las características de dicho plan es la modificación del tajo por etapas. La magnitud de la etapa de explotación y el área de expansión que tiene en la actualidad es de 190 hectáreas en total (Ver Planos de tuberías, ubicación de pozos, tanques y pozas de rebombeo en el Anexo 08).

4.2.2 Hidrología e hidráulica

Los valores extremos registrados en las precipitaciones de la estación “La Quinoa” indican que precipitación mensual promedio de 11.43 (mm) diarios en un área de lo cual nos indica que en ciertos periodos de funcionamiento del sistema de drenaje del tajo “Tapado Oeste” se presentan en caso de que se dé un evento de fuertes lluvias que colme la capacidad de tratamiento de las (AWTPs) (Ver registros completos en el Anexo 02). En la evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” se verificó que los valores del flujo se encuentren entre 0.5 y 3.0 (m/s), las capacidades de presiones (bar) de las tuberías de HDPE y las bombas sean las correctas. Entre los resultados hidráulicos principales se encontraron: cantidad, velocidad, flujo masa, presiones, pérdidas de presiones, ganancia de presiones, NPSHa, NPSHr y los volúmenes totales de bombeo en la simulación dinámica computacional del sistema (Ver resultados completos en el Anexo 05).

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3205.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-17

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	0.8348
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	0.68
Potencia	138.6 HP
Potencia en el eje	214.3 HP
Flujo	
Velocidad	1.40 m/s
Cantidad	41.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 25.20 bar
Cambio de presión	
Presión	25.20 bar

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	0.8348
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	0.725
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-17 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	41.01 l/s
Velocidad	1.6 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	40.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	13.28 bar
Pérdidas de presión	
Presion por fricción (accesorios y rozamiento)	0.06 bar
Presión por gravedad	12.92 bar
Suma total de pérdidas	12.98 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presion por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

Tabla 11. Resultados del modelamiento estacionario

4.2.3 Modelamiento hidráulico

En la realización del modelamiento hidráulico, se verificaron cada una de las etapas de construcción del modelo que sean lo más aproximadas a la realidad, para ello se decidió construir el modelo computacional a escala real. Entre los puntos principales fueron las condiciones iniciales del modelamiento que son la base de todos los resultados obtenidos durante este proceso (Ver Tabla 12). Las características principales es la topografía la cual considerándose el constante cambio que tiene el tajo “Tapado Oeste” según el plan de minado BP15.

Se observo que, en el proceso de inspección del sistema, ya se tenía un área sectorizada e identificada para las líneas de conducción, las cuales se verificaron que durante el periodo de esta investigación no se realizaron cambios significativos respectó a las bombas del sistema de drenaje del tajo abierto.

CONDICIONES INICIALES DEL MODELAMIENTO		
Fecha de modelamiento:	16/12/2020	
Programa:	Pumpsim 3D	
Investigador:	Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales	
Dinamico		
Frecuencia temporal	1.00	min
Duración del modelamiento	12.00	hr
Tiempo de inicio	0.00	min
Simulación		
Error admisible	0.01	l/s
Factor de flujo inverso de bomba	0.50	
Factor de presion inversa de bomba	0.50	
Iteraciones máximas	500.00	
Presion máxima de simulación	10,000	bar
Resistencia máxima	1x10 ⁹	N/m ²
Medio Ambiente		
Aceleración de gravedad	9.81	m/s ²
Año actual	2020	
Densidad de agua estandar	998.00	kg/m ³
Presion barometrica en la superficie	1.01	bar
Temperatura	20.00	°C
Temperatura en kelvin	293.15	°K
Viscosidad de agua estandar	1.00	MPa

Tabla 12. Condiciones iniciales del modelamiento computacional

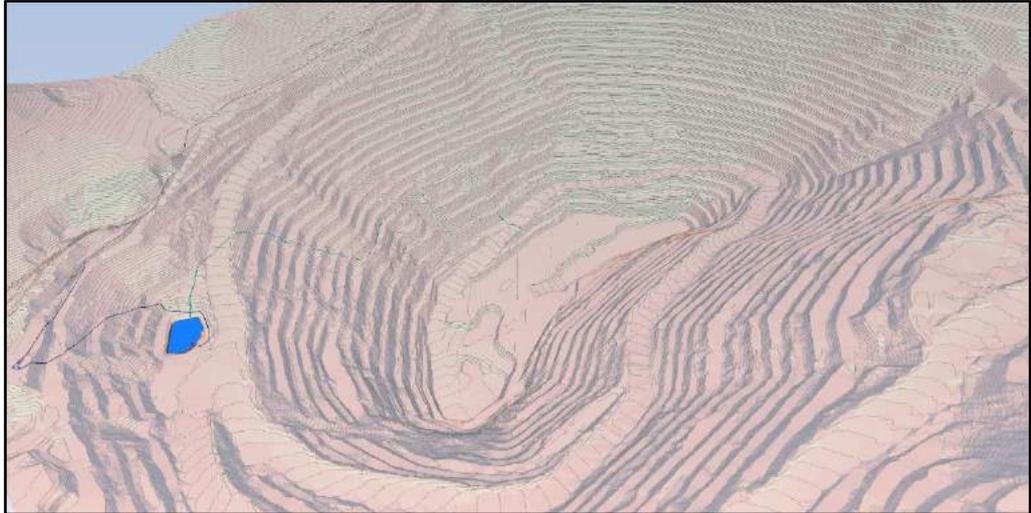


Figura 46. Modelamiento del drenaje de mina a tajo abierto “Tapado Oeste”

La representación de las líneas de conducción para el tiempo de evaluación no se tuvieron cambios significativos que presenten una modificación en los resultados obtenidos, donde se realizaron la construcción de las líneas, accesorios principales y las líneas principales de llegada hacia los tanques de rebombeo del “Pumping System”.

Estas líneas se construyeron de forma más aproximada a la realidad, donde el ingreso a los tanques y la salida de estas con las conexiones a las bombas turbinas verticales están en disposiciones similares (Ver figura 48).

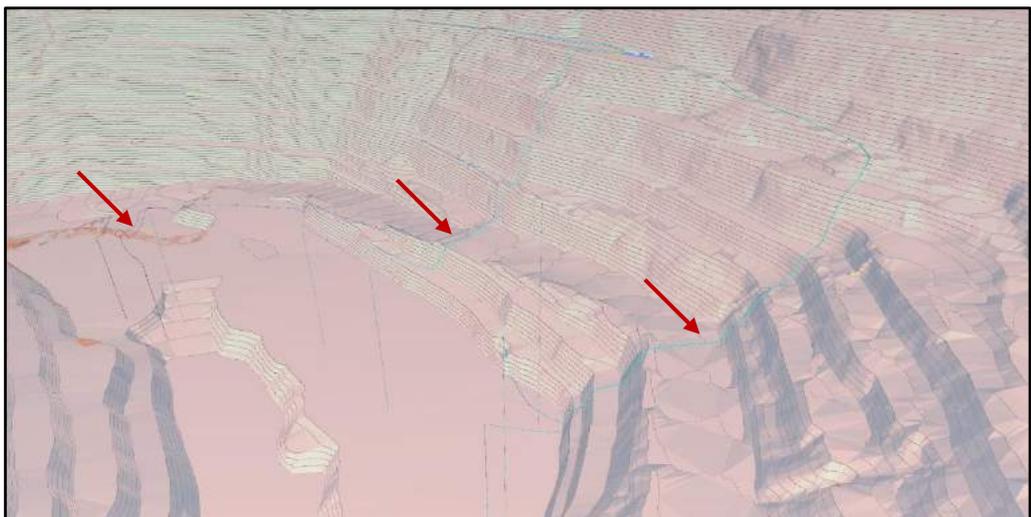


Figura 47. Líneas de conducción del drenaje de mina a tajo abierto “Tapado Oeste”

El proceso de análisis del modelamiento se inició con un flujo acumulado total de 450 (l/s) que es la capacidad máxima de funcionamiento según el balance de aguas establecido por Estudio Hidrológico para la Modificación del EIA [7]. Esta capacidad máxima de funcionamiento nos brinda el límite y las capacidades (límites) iniciales hidráulicas de modelamiento establecido.

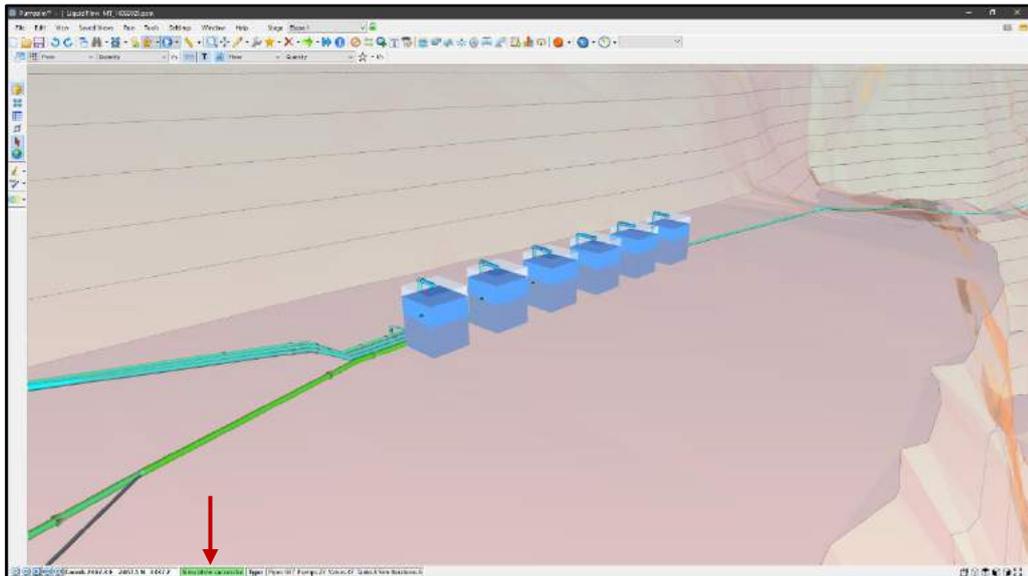


Figura 48. Sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” mina a tajo abierto “Tapado Oeste”

Al verificar las capacidades hidráulicas y que el software Pumpsim 3D no arrojará errores de funcionamiento, se estableció el modelo conceptual para iniciar el modelo computacional dinámico con los registros obtenidos en campo (Ver Tabla 13) para diferentes fechas y cambios de funcionamiento de las bombas en el sistema de drenaje (Ver registros completos en el Anexo 01).

Fecha de registro: 22/09/2020

TAJO EL TAPADO OESTE					
POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	09:08	42	13.79	2880	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	09:10	53	-	2880	Acceso restringido
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	08:52	63	11.03	3360	
TOPW -22	08:55	48.9	11.03	2880	
TOPW -23	08:58	43	-	2970	Acceso restringido
TOPW -24	09:05	55	13.44	3000	Se subio de 2880 a 3000 RPM

Tabla 13. Registro de parámetros de pozos de drenaje subterráneo

4.2.4 Verificación de las capacidades hidráulicas

En la etapa de verificación se inició con el modelo conceptual completado en el software Pumpsim 3D y con las condiciones iniciales de funcionamiento establecidos, en esta etapa de verificación se analizaron los puntos principales:

- 1. Bombas:** Se establecieron las curvas características e inicio de funcionamiento de frecuencia (RPM) para una profundidad promedio de 60 (m), con estas características iniciales se establecieron en las bombas TOPW -17 / TOPW -19 / TOPW -21 / TOPW -22 / TOPW -23 / TOPW -24, para cada uno de los registros obtenidos en campo (Ver Anexo 01).
- 2. Tuberías:** Se indico en cada una de las líneas de conducción, puntos de acople entre líneas de conducción y puntos de acoplamiento con las bombas que sean de las mismas características (diámetro externo, diámetro interno, SDR, material, ubicación, etc.) con los cuales al simular el funcionamiento de las bombas (sumergibles, turbinas verticales) se verificaron los puntos óptimos de funcionamiento en cada uno de los puntos de todo el sistema, pero principalmente en los puntos iniciales como puntos finales del sistema de rebombeo “Pumping System”. Entre las variables analizadas son (velocidad del flujo, presión en el punto inicial, cantidad del flujo, perdidas de presión en la línea de conducción, etc.)
- 3. Tanques de rebombeo:** En la disposición de los tanques de rebombeo se realizó de forma similar a la que se encuentra en el tajo “Tapado Oeste” con una disposición de un sistema en paralelo, los tanques de rebombeo son (06) los cuales pueden ver sus dimensiones (Ver Anexo 08). Estos tanques de rebombeo fueron dispuestos con las conexiones de las tuberías y de las bombas turbina vertical de la marca “Hidrostral” de 7 etapas. En esta característica se verificó que en el ingreso de flujo a los tanques de rebombeo en el “Pumping System” sea de forma similar al establecido en campo. Teniendo esta disposición se verificaron los ingresos, salidas de flujo y el sistema en funcionamiento con sus sensores de cota de agua en los tanques.

4.2.5 Calibración del modelo

Ya verificado el funcionamiento del sistema en capacidades máximas, se empezó a realizar la simulación con la información registrada en campo. La variable inicial de funcionamiento en las bombas sumergibles es la frecuencia (RPM) la cual puede establecerse en el software “Pumpsim 3D” y la calibración está sujeta a la cantidad de flujo (l/s) generado (modelado) y el registrado para cada una de las bombas, esta calibración de cantidad de flujo es inversamente proporcional a su profundidad (m). Esta calibración se realizó en cada una de las bombas sumergibles “Hydroflo Pumps” 9HL de 8 Etapas (TOPW-17/TOPW-19/TOPW-22/TOPW-23/TOPW-24) y 9HL de 7 Etapas (TOPW-21).

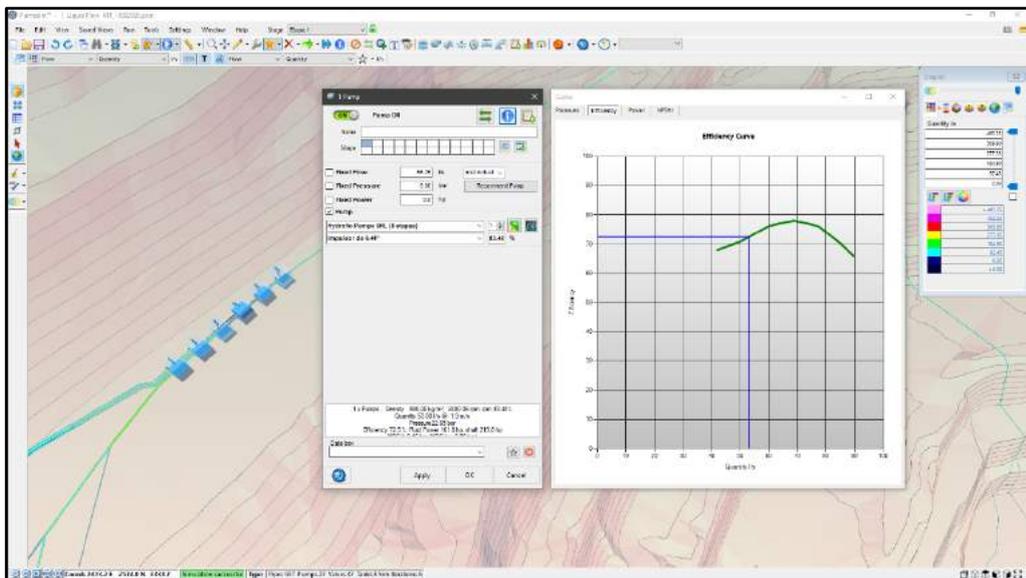


Figura 49. Calibración del caudal de la bomba (TOPW-19) – Pumpsim 3D

La calibración en cada una de las bombas (frecuencia y cantidad de flujo), nos generan un funcionamiento único del modelo para cada registro y se realiza la comparación de presión (bar) (registrado/modelado) en el mismo punto de registro de la línea de conducción (árbol de descarga del pozo). Debido a la gran cantidad de información que nos requiere el software para su funcionamiento óptimo, no tiende a variar significativamente los valores modelados con los valores registrados (Ver Tabla 14). Posteriormente se realizó la verificación y validación en dinámica computacional del modelo con la metodología ASME V y V20 para poder brindar el grado de similitud entre lo modelado y lo real.

VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN EN DINÁMICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS - ASME V y V20

Fecha de registro: 14/09/2020													
POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24		
	Registrado	Modelado											
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	41.00	41.00	53.00	53.00	63.00	63.00	48.30	48.30	43.00	43.01	50.00	50.0	
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2870	2870	2880	12.3	
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.14	-	7.33	13.10	12.3	

Fecha de registro: 19/09/2020													
POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24		
	Registrado	Modelado											
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	41.00	41.00	53.00	53.00	64.00	64.00	49.00	49.00	43.00	43.00	50.00	50.01	
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	2880	2880	
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.14	-	7.33	13.44	12.29	

Fecha de registro: 20/09/2020													
POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24		
	Registrado	Modelado											
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	41.80	41.80	53.00	53.00	63.00	63.00	49.00	49.00	43.00	43.00	50.00	50.01	
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	2880	2880	
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.14	-	7.33	13.44	12.29	

Fecha de registro: 22/09/2020													
POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24		
	Registrado	Modelado											
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	42.00	42.00	53.00	53.00	63.00	63.00	48.90	48.90	43.00	43.00	55.00	55.00	
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	3000	3000	
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.15	-	7.33	13.44	12.33	

Tabla 14. Comparativa entre parámetros registrados y parámetros obtenidos en el modelamiento

4.2.6 Verificación y validación del modelo

La validación del modelo computacional se realizó con estimaciones en precisión del modelo computacional para variables de validación específicas (frecuencia, cantidad de flujo y presión) en una ubicación de validación específica (árbol de descarga) en las condiciones establecidas se simulan los registros obtenidos. Se requirió obtener los valores registrados y los valores de simulación en el punto de ajuste (calibración) y una estimación de las incertidumbres experimentales, numéricas y de los parámetros (Ver cuadros comparativos completos en el Anexo 06).

S	D	$E = S - D$	δ_{numero}	δ_D	$\delta_{entrada}$	δ_{modelo}	u_{val}^2	u_{val}
13.28	13.79	-0.51				-0.86		
11.03	11.37	-0.33	0.01	0.34	0.00	-0.68	0.1157	0.3401
11.03	12.15	-1.12				-1.47		
13.44	12.33	1.11				0.76		
12.16	12.24	-0.42	0.01	0.34	0.00	-0.77	0.12	0.34

Tabla 15. Aplicación de la Norma V & V20-2009

El error del modelo (δ_{modelo}) que es la consecuencia de los supuestos y aproximaciones de modelado (Ver Ecuación 16). El error numérico (δ_{numero}) se originó en la solución numérica del modelo matemático que es establecido por el software en (0.01). El error de medición experimental (δ_D) es el error en S debido a condiciones de experimentación inexactas, para efectos de aplicación en el modelo realizado se supuso (0.34) como el valor extremo de registro para los mismos valores de proximidad (Ver Anexo 06). El error de entrada ($\delta_{entrada}$), al no tener patrones de variabilidad entre las variables de modelamiento, se consideró suponer que el software arroja la información indicada, por ello es valor es de (0.00).

$E - u_{val}$	δ_{modelo}	$E + u_{val}$
-0.85	-0.86	-0.17
-0.67	-0.68	0.01
-1.46	-1.47	-0.78
0.77	0.76	1.45
-0.76	-0.77	-0.08

Tabla 16. Intervalo del error estimado en la Norma V & V20-2009

La estimación de (u_{val}) es, por tanto, el núcleo de la metodología presentada en la Norma V & V20-2009 y, por lo tanto, la evaluación de las incertidumbres numéricas, de entrada y experimentales es una parte fundamental de la calidad del procedimiento de validación y su evaluación naturalmente se verá penalizada por trabajo experimental y/o de una descuidada simulación. Entre los resultados obtenidos (Ver Tabla 16), se considera que la hipótesis de verificación y validación para un punto de validación específico (presiones), tanto en la realidad (registros) como para la simulación (modelo), es el deseado porque el objetivo del procedimiento es estimar (δ_{modelo}).

Las grandes incertidumbres para los errores numéricos de simulación, los errores de entrada de la simulación y los errores de medición experimentales darán como resultado una estimación deficiente del (δ_{modelo}), es decir, una amplia gama de valores posibles para el error del modelo matemático.

Hay observaciones principales que deben repetirse para evitar el mal uso de V & V20-2009:

- a) El procedimiento no se puede aplicar sin las estimaciones de incertidumbres experimentales y numéricas. Las incertidumbres de los parámetros de entrada pueden incluirse en el error del modelo (versión fuerte del modelo) o contabilizarse en el procedimiento de validación.
- b) El valor de la incertidumbre de validación no refleja la calidad del modelo, u_{val} depende de la calidad del experimento u_D , calidad de las simulaciones numéricas u_{numero} y definición de los parámetros de entrada $u_{entrada}$.
- c) No hay suposición sobre las distribuciones de probabilidad que caracterizan las incertidumbres experimentales, numéricas y de los parámetros de entrada. Sin embargo, la determinación del grado de confianza del intervalo estimado requiere el conocimiento (o supuestos) sobre el tipo de distribución.

4.2.7 Alternativa de solución

Regulación de flujo de ingreso a los tanques de rebombeo

Al realizarse la evaluación de los tanques de rebombeo del tajo “Tapado Oeste” se obtuvieron resultados competentes a los tiempos de operación de las bombas turbina vertical “Hidrostral” que, al tener un sistema automático de funcionamiento respecto a la cota del tanque, estos tenían un tiempo de operación cambiante respecto al ingreso de flujo a cada uno de los tanques y la disposición de estos en el sistema de bombeo “Pumping System” en paralelo.

Realizando la evaluación del sistema se registró que, al tener una diferencia mínima entre los flujos de ingreso y salida, se optimizaba considerablemente los tiempos de parada de las bombas. La forma más económica y practica de poder disminuir la diferencia de flujos es homogeneizar el ingreso de flujo cada uno de los tanques. Para ello se tiene que realizar la instalación válvulas mariposa (200 mm) regulables a las tuberías de ingreso de 16” SDR 11, los cuales, al tener un registro diario de funcionamiento y disposición de operación en campo, es fácil realizar cambios respecto al porcentaje (%) de apertura en cada uno de ellos, previamente simulados en el software Pumpsim 3D, para determinar esas variaciones en campo y lograr optimizar el sistema.

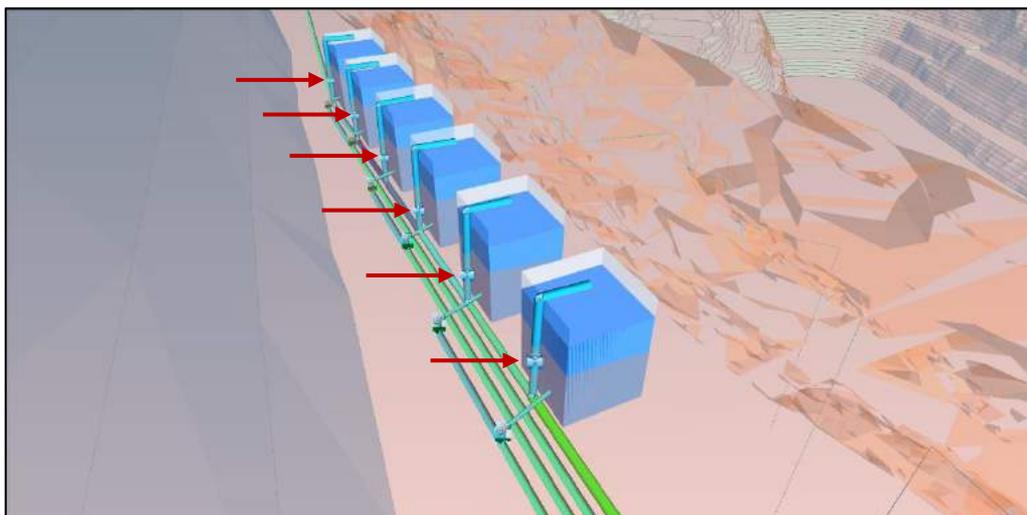


Figura 50. Implementación de válvulas mariposa en tuberías HDPE de ingreso en los tanques de rebombeo “Pumping System”

4.2.8 Protocolo de evaluación para sistemas de tanques de rebombeo a tajo abierto

1. Instalación del sistema de tanques de rebombeo

- Verificar que la zona de ubicación del sistema de rebombeo no esté afectada por el plan de minado, así se evita reubicaciones anticipadas.
- Verificar la correcta implementación de los tanques de rebombeo en un sistema en paralelo y lograr implementar las bombas adecuadas según la cabeza de impulsión solicitada. Con la finalidad de aumentar la cantidad de flujo en un menor tiempo, así mejorando el tiempo de respuesta en eventos no previstos.
- Se recomienda que las líneas de conducción de ingreso a los tanques de rebombeo tengan una línea única de llegada, así como la presentada (Ver Anexo 08).
- Se recomienda la utilización de tanques de rebombeo móviles (Ver Anexo 08), donde se logre tener disponibilidad de reubicar el sistema completo a otros puntos de trabajo futuros según se solicite.
- Considerar la implementación de válvulas mariposa al ingreso de los tanques de rebombeo, es gran utilidad para lograr homogeneizar el flujo entre todos los tanques de rebombeo y así mejorar el funcionamiento del sistema.

2. En las bombas:

2.1. Problema: cavitación

- Verificar el problema de cavitación en las líneas de conducción, en los puntos donde el flujo local reduce la presión absoluta por debajo de la presión de vapor del fluido. Esto se logra analizando las líneas de conducción las cuales se verifican en el modelamiento del software Pumpsim 3D, visualizando el calibrador de presión para las líneas de conducción (Ver figura 51).

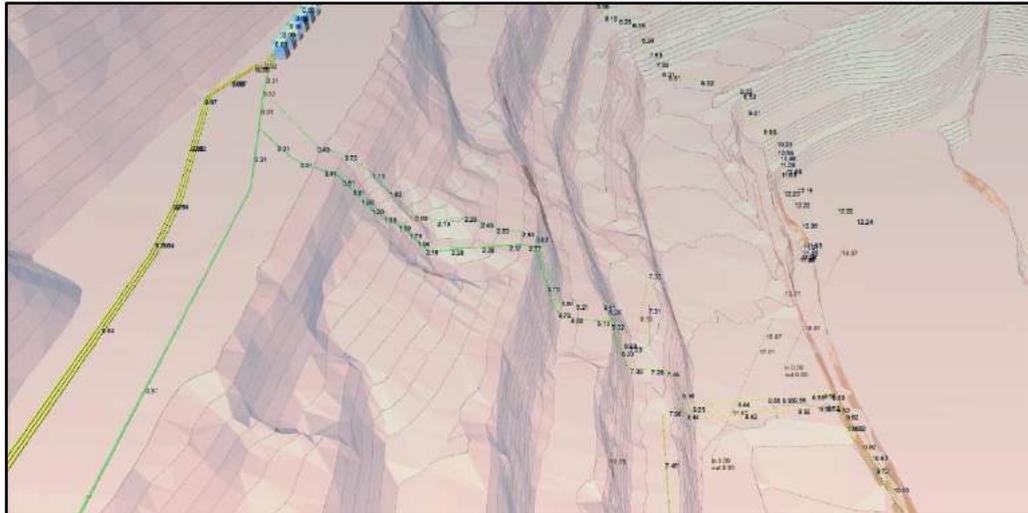


Figura 51. Verificación de presiones en las líneas de conducción del sistema de rebombeo “Pumping System”

2.2. Problema: cabeza de succión insuficiente

- Verificar que en las bombas el NPSHa tiene que ser mayor que NPSHr (Ver Anexo 03), así el diseño de la tubería de entrada logra mantener una altura de succión positiva adecuada. Este análisis puede ser verificado en cada bomba del modelo por el software Pumpsim 3D (Ver Anexo 05).

3. En las tuberías:

3.1 Problema: tuberías de bloqueo de aire

- Verificar la eliminación del aire de todas las líneas de conducción para evitar la pérdida de eficiencia en el sistema de bombeo.

4. En las válvulas:

4.1 Problema: purga de presión a través de válvulas de retención

- Verificar la realización de purga en las válvulas de retención instalados en las diferentes etapas de las líneas de conducción (gran elevación) y evitar rupturas de la tubería cuando se inicia el sistema de bombeo.

5. En el caudal:

5.1 Problema: flujo mínimo

- Verificar el flujo mínimo necesario de funcionamiento óptimo de las bombas, las cuales están indicadas en sus curvas de funcionamiento brindadas por el fabricante (Ver Anexo 03).
- Considerar que el fluido que fluye a través de la bomba transporta el calor de las pérdidas mecánicas e hidráulicas en el sistema, por lo cual el flujo mínimo ayuda a la refrigeración de las bombas y así alargar su vida útil.

6. En los sedimentos:

6.1 Problema: sedimentos, escombros y pantallas

- Verificar la correcta colocación del filtro sobre el cuerpo de succión, en la bomba turbina vertical de los tanques de rebombeo.
- Establecer un mantenimiento periódico de los posibles sedimentos que se encuentren en el fondo de los tanques de rebombeo y darles limpieza periódica.
- Establecer una altura mínima del cuerpo de la bomba sobre el tanque de rebombeo.
- Considerar que si el cuerpo de succión no se mantiene por encima del fondo el flujo aspirará los desechos hacia el interior de la bomba, generando desgaste interno.

7. En la operación:

7.1 Problema: error del operador

- Verificar si las válvulas de control están mal ajustadas.
- Verificar si los ejes de las válvulas están rotos.
- Asegurarse de que el tanque de rebombeo tenga agua y que el motor tenga energía antes de culpar a la bomba.

- Determinar si las presiones de descarga son como se esperaba y que las tuberías de descarga hayan tenido tiempo de llenarse de agua. Considerando que el tiempo de llenado de las tuberías en largas extensiones y más aún en diámetros grandes puede demorar.

7.2 Problema: golpe de ariete

- Evitar cerrar o abrir una válvula de forma brusca o repentina.
- Evitar parar o poner en marcha una maquina hidráulica de forma brusca o repentina.
- Evitar disminuir bruscamente el caudal de las bombas turbina vertical.
- Considerar determinar la presión pico que relaciona empíricamente los picos de presión de las líneas de conducción (Ver Anexo 04) de salida y las transiciones causadas por el cierre rápido de las válvulas. Estableciendo que a la presión pico adicionado al del sistema, puede generar rupturas o daños a las líneas de conducción.

7.3 Problema: cebado

- Verificar la eliminación del aire de la cámara y llenado de líquido de la bomba para permitir que se desarrolle una elevación de succión positiva en las bombas.
- Verificar si el software Pumpsim 3D no indica “error de simulación” de cebado en las bombas, el software realiza una simulación de la parte del modelo que contiene una bomba y comprueba si será capaz de funcionar sin la ayuda de la succión.
- Considerar que en las bombas es aceptable menos del 0.5% de aire, pero por encima del 6% en volumen, la capacidad de la bomba se degrada seriamente.

8. Mantenimiento del sistema de bombeo

- Las actividades de mantenimiento en sistemas de tanques de rebombeo se dividen en tres tipos, según el objetivo específico que se persiga con cada una de ellas:

8.1 Actividades con el objetivo de prevenir problemas.

Dentro de las principales actividades que se practican como parte de este tipo de mantenimiento cabe destacar: inspección al equipo, limpieza, lubricación y sustitución de componentes.

8.2 Actividades con el objetivo de identificar problemas.

Este mantenimiento está basado en el monitoreo, registro y análisis del comportamiento de las principales variables de operación del equipo y de las instalaciones, con la finalidad de verificar que su funcionamiento sea el correcto y, en caso de que se presente una desviación de las condiciones de operación normales, programar las actividades correctivas correspondientes.

8.3 Actividades con el objetivo de corregir problemas.

Las actividades de este tipo de mantenimiento pueden ser planeadas o no planeadas. Las actividades planeadas son aquellas que se programan como resultado de la identificación de algún problema potencial y las no planeadas son aquellas que hay que realizar para corregir o reparar una falla en el equipo.

9. Seguridad y control de riesgos del sistema de bombeo

Las medidas de control deben realizarse en el tiempo estimado y en su ejecución se deben considerar las siguientes precauciones de seguridad:

- Mantener las distancias mínimas de seguridad con las partes energizadas o en movimiento.
- Utilizar ropa y equipo de seguridad adecuados a las tensiones suministradas.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó la evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema de tanques de rebombeo en el tajo “Tapado Oeste” en Minera “Yanacocha” para el año 2020, realizando el modelamiento dinámico computacional se verificó la capacidad hidráulica de cada tanque de rebombeo del sistema “Pumping System” ubicado en el tajo abierto “Tapado Oeste”. Con la finalidad de analizar su funcionamiento en condiciones normales y verificar las capacidades de hidráulicas, funcionamiento y analizando el sistema de drenaje completo. Obteniendo resultados referentes a tiempos inoperativos (muertos) del sistema y presentando una alternativa de solución.

Se determino, que en la simulación el tiempo muerto máximo fue en el TR-02 para la fecha del 23/09/2020 con 4h: 15m: 12s que representa el 35.5% del tiempo total de 12 horas, con un flujo de entrada 42.60 (l/s) y un flujo de salida de 65.77 (l/s) con una variación entre éstas de 23.17 (l/s) y el tiempo muerto mínimo fue en el TR-06 para la fecha del 22/09/2020 con 01h: 09m: 54s que representa el 9.7% del tiempo total de 12 horas, con un flujo de entrada de 57.08 (l/s) y un flujo de salida 63.42 (l/s) con una variación entre estas de 6.34 (l/s).

- ✓ Se planteó una alternativa de solución frente a los tiempos inoperativos (muertos) de las bombas, obteniendo mejoras de optimización del drenaje del tajo abierto “Tapado Oeste” considerando criterios de seguridad, costo y disponibilidad del mercado. Con la finalidad de aumentar la eficiencia y el rendimiento de todo el sistema de tanques de rebombeo “Pumping System”.

Implementado la instalación de válvulas mariposa (200 mm) regulables a las tuberías (16” con clase SDR 11) de ingreso a los tanques de rebombeo, los cuales, al tener un registro diario de funcionamiento del sistema y disposición de operación en campo, es fácil realizar cambios respecto al porcentaje (%) de apertura de flujo en cada uno de ellos, previamente simulados en el software Pumpsim 3D.

- ✓ Se realizó el procesamiento de la información cartográfica y topográfica del tajo “Tapado Oeste”, determinando que el sistema de tanques de rebombeo “Pumping System” en el tajo abierto “Tapado Oeste” se encuentra entre las coordenadas geográficas Sur $7^{\circ} 00' 7.2''$ y Oeste $78^{\circ} 32' 39.78''$ a una altitud de entre los 3337.0 m.s.n.m. El tajo “Tapado Oeste” no tiene cobertura vegetal y las dimensiones de los bancos en el tajo varían de 10 y 12 metros de altura.
- ✓ Se logró obtener la información hidrológica con datos sobre precipitaciones de las estaciones “Yanacocha” y “La Quinoa” indican que los meses más lluviosos son febrero y marzo, mientras que julio y agosto son los meses más secos. La precipitación acumulada durante los meses húmedos puede exceder los 200 milímetros (mm)/mes, mientras que durante los meses secos la precipitación mensual acumulada puede ser menor de 10 mm. Respecto a la información hidráulica del tajo “Tapado Oeste”, se registró un flujo máximo de 76.6 (l/s) con una presión de flujo de 13.44 (bar) y una velocidad de bomba de 3180 (RPM) para el TOPW-24 con fecha de 13/10/2020 y un flujo mínimo de 41 (l/s) con una presión de flujo de 13.79 (bar) y una velocidad de 2880 (RPM) para el TOPW-17 con fecha de 14/09/2020 que son bombas sumergibles “Hydroflo Pumps” 9HL de 8 Etapas.
- ✓ Se logró describir el sistema de drenaje de agua del tajo “Tapado Oeste”, representándolo desde los pozos de bombeo hasta las pozas de retención, procesando toda la información y representándola en un modelo conceptual para luego trasladarlo al modelamiento computacional en el software Pumpsim.
- ✓ Se analizó el comportamiento de descargas máximas y mínimas mediante el software Pumpsim 3D del sistema de drenaje del tajo abierto “Tapado Oeste”, obteniendo una descarga máxima total del sistema de 26,165.50 (m³) con una potencia total de 23,752.0 (HP) para un tiempo de simulación dinámica de 12 horas y una descarga mínima total del sistema de 22,659.20 (m³) con una potencia total de 20285.0 (HP) para un tiempo de simulación dinámica de 12 horas.
- ✓ Se logró proponer un protocolo de evaluación cualitativo para sistemas de tanques de rebombeo a tajo abierto mediante el uso del software Pumpsim 3D que se puede visualizar en el Anexo 07.

5.2 RECOMENDACIONES

- a) Utilizar esta metodología de investigación en otros proyectos de explotación minera a tajo abierto, como son los proyectos futuros de minera “Yanacocha”: “Quecher Main” y “Yanacocha Sulfuros”. Con la finalidad de mejorar y optimizar sus sistemas de manejo de aguas de desaguado (dewatering) con nuevas herramientas de trabajo y diseños para sistemas de tanques de rebombeo.
- b) Validar con otros modelos computacionales, a fin de comparar cuales son los resultados más representativos a la realidad a fin de obtener información referente a mejoras de diseño y optimización del sistema de drenaje.
- c) Realizar el modelamiento con mayores parámetros de análisis, a fin de poder calibrar con mayor exactitud los parámetros obtenidos con los parámetros observados.
- d) Considerar en los caudales de escorrentía del tajo para el modelamiento, con la finalidad de abarcar todo el sistema de agua (subterráneo y escorrentía) y realizar un balance de agua de manera completa para todo el sistema de drenaje del tajo abierto “Tapado Oeste”.
- e) Evaluar como parámetro fundamental los sistemas de energía eléctrica de cada uno de los componentes electromecánicos del sistema de drenaje. Es un punto fundamental de análisis de costo/beneficio de todo proyecto a largo plazo para complementar esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVAREZ, Jairo. Aporte de agua de la microcuenca Grande, en función del caudal recesivo de su cauce principal, mediante modelamiento matemático exponencial y potencial, en el periodo de estiaje 2014-2016. Tesis de Posgrado – Maestro en ciencias. Cajamarca - Perú, 2018. 107 pp.
- [2] APARICIO, Javier. Fundamentos de hidrología de superficie. Ciudad de México, México. Editorial: Limusa, 1992. 302 pp.
- [3] BARBAGELATA, Jesús. Optimización de Flujos de los Pozos del Dewatering del Tajo Tapado Oeste en MYSRL. Tesis – Ing. de Minas. Lima – Perú, 2016. 215 pp.
- [4] BISE, Christopher. Mining Engineering Analysis. 2da Ed. Littleton, Colorado, Estados Unidos. SME (Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración), 2003. 2268 pp.
- [5] BLANCO, Eduardo; VELARDE, Sandra; FERNÁNDEZ, Joaquín. Sistemas de Bombeo. Universidad de Oviedo, Departamento de Energía. Gijón, España, 1994. 215 pp.
- [6] FELIPE, Andrés. Evaluación de la aplicabilidad del estándar ASME V & V20 para la cuantificación de incertidumbre de CFD en el modelado de fluidos de sistemas nucleares. Licenciatura en Ciencias en Ciencias Nucleares e Ingeniería. Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Massachusetts - Estados Unidos, 2017. 76 pp.
- [7] HARTMAN, Howard. Mining Engineering Handbook. 2da Ed. Littleton, Colorado, Estados Unidos. SME (Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración), 1992. 2268 pp.
- [8] HERRERA, Juan. 6 dic. Visita técnica a la plataforma de rebombeo Huaynapicchu en la Minera Yanacocha. Cajamarca, Perú, 2018.
- [9] HOWDEN. Manual de usuario: Pumpsim 3D (Software de simulación de bombeo). Versión 3.0, 2018. 189 pp.

- [10] ISO. Guía para la expresión de incertidumbre en la medición, 1995. 134 pp.
- [11] MARTÍNEZ, Angela. Metodología de análisis estadístico de roturas en redes de distribución de agua. Tesis Doctoral. Madrid – España, 2015. 218 pp.
- [12] MATAIX, Claudio. Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas. 2da Ed. Madrid, España. Editorial: Del Castillo, 1986. 660 pp.
- [13] PEPPERS, Paul. (2011). Mining Engineering Handbook. 3ra Ed. Green Valley, Arizona, Estados Unidos. SME (Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración). 1840 pp.
- [14] POTTER, Merle y WIGGERT, David. Mecánica de Fluidos. 3ra Ed. México D.F; México. Editorial Internacional Thomson, 2002. 769pp.
- [15] ROCHA, Arturo. Hidráulica de Tuberías y Canales. 1ra Ed. Lima, Perú. Editorial: UNI (Universidad de Lima), 2007. 530 pp.
- [16] SMITH, J; VAN NESS, H; ABBOTT, M. Introducción a la termodinámica de la ingeniería química. 6ta Ed. Universidad de California, Los Ángeles, Estados Unidos, Editorial McGraw-Hill, 2008. 1656 pp.
- [17] VARGAS, Claudio. La actividad minera de Yanacocha y el impacto ambiental en áreas de influencia. Rev. del Instituto de Investigación, (RIIGEO). UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Lima, Perú. v. 18, t. 36, 2015. pp. 149- 155.
- [18] VÉLEZ, María. Hidráulica de Aguas Subterráneas. 3ra Ed. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, 2011. 393pp.
- [19] VILLANUEVA, Manuel y IGLESIAS, Alfredo. Pozos y Acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. 1ra Ed. Madrid, España. Instituto Geológico y Minero de España, 1984. 435 pp.
- [20] VILLON, Máximo. Hidrología. 2da Ed. Lima; Perú. Editorial Villon, 2002. 216pp.

LINKOGRAFIA

- [1] ASME. Norma para la verificación y validación en dinámica de fluidos computacional y transferencia de calor (VV 20 – 2009). 2009.
Disponible en

- [2] HIDROFLO PUMP USA. Bombas de turbina vertical y sumergible. 2020.
Disponible en <http://www.hydroflopumps.com/>

- [3] HIDROSTAL S.A. Productos. Bombas Hidrostral. 2020.
Disponible en <http://www.hidrostal.com.pe/>

- [4] PUMPSIM. Software de simulación de bombeo 3D. 2016.
Disponible en <http://www.pumpsim.com/es/>

- [5] WSP PERÚ S.A. Estudio Hidrológico para la Modificación del EIA Yanacocha. Balance de Aguas. 2018.
Disponible en <http://extranet.minem.gob.pe/>

ANEXOS

Anexo 1. Control de parámetros de pozos de drenaje subterráneo

REGISTRO DE PARAMETROS DE POZOS DE DRENAJE SUBTERRANEO

Fecha de registro: 14/09/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	09:25	41	13.79	2880	
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	10:45	53	-	2880	
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	10:21	63	11.03	3360	
TOPW -22	10:32	48.3	11.03	2880	
TOPW -23	10:20	43	-	2870	
TOPW -24	09:18	50	13.10	2880	

Fecha de registro: 19/09/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	15:38	41	13.79	2880	
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	14:58	53	-	2880	Acceso restringido
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	15:43	64	11.03	3360	
TOPW -22	15:46	49	11.03	2880	
TOPW -23	14:55	43	-	2970	Acceso restringido
TOPW -24	15:35	50	13.44	2880	

Fecha de registro: 20/09/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	09:15	41.8	13.79	2880	
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	08:42	53	-	2880	Acceso restringido
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	09:20	63	11.03	3360	
TOPW -22	09:25	49	11.03	2880	
TOPW -23	08:40	43	-	2970	Acceso restringido
TOPW -24	09:10	50	13.44	2880	

Fecha de registro: 22/09/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	09:08	42	13.79	2880	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	09:10	53	-	2880	Acceso restringido
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	08:52	63	11.03	3360	
TOPW -22	08:55	48.9	11.03	2880	
TOPW -23	08:58	43	-	2970	Acceso restringido
TOPW -24	09:05	55	13.44	3000	Se subio de 2880 a 3000 RPM

Fecha de registro: 23/09/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	09:05	53	-	2880	
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	09:26	63	11.03	3360	
TOPW -22	09:30	49.4	11.03	2880	
TOPW -23	09:07	43	-	2970	
TOPW -24	09:17	55	13.44	3000	

Fecha de registro: 12/10/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	08:57	53	-	2880	Acceso restringido
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	09:06	62	11.03	3360	
TOPW -22	09:12	55	11.03	3000	
TOPW -23	08:50	43	-	2970	Acceso restringido
TOPW -24	08:58	70	13.79	3300	

Fecha de registro: 13/10/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	-	-	-	-	Por control del nivel de la napa freatica
TOPW -18	-	-	-	-	Por mantenimiento de nivel freatico
TOPW -19	15:12	53	-	2880	Acceso restringido
TOPW -20	-	-	-	-	Por mantenimiento de nivel freatico
TOPW -21	09:35	62	11.03	3360	
TOPW -22	09:38	54.7	11.03	3000	
TOPW -23	15:30	43	-	2975	Acceso restringido
TOPW -24	09:10	76.6	13.44	3180	

Fecha de registro: 15/10/2020

TAJO EL TAPADO OESTE

POZO	HORA	FLUJO INSTANTANEO (l/s)	PRESION (bar)	FRECUENCIA (RPM)	OBSERVACIONES
TOPW -17	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -18	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -19	14:20	53	-	2880	Acceso restringido
TOPW -20	-	-	-	-	Apagado de acuerdo al plan de bombeo
TOPW -21	11:38	62	11.03	3360	
TOPW -22	11:40	48	11.03	2880	
TOPW -23	14:50	43	-	2970	Acceso restringido
TOPW -24	11:25	76	13.44	3180	

**Anexo 2. Hidrología de precipitación anuales de las estaciones
Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua.**

Mes	Promedio diario (mm)	Desviación estándar (mm)
Enero	6.84	8.46
Febrero	8.14	8.96
Marzo	9.42	10.44
Abril	6.79	8.21
Mayo	4.90	6.87
Junio	3.11	4.79
Julio	2.84	4.59
Agosto	2.10	2.68
Setiembre	5.00	6.02
Octubre	6.98	8.01
Noviembre	8.45	9.35
Diciembre	8.89	9.42

Tabla 17. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “Carachugo”

Fuente: WSP, 2018, p.12

Mes	Promedio diario (mm)	Desviación estándar (mm)
Enero	5.74	6.65
Febrero	7.78	8.66
Marzo	7.93	7.70
Abril	5.04	6.39
Mayo	3.91	5.55
Junio	2.55	4.45
Julio	1.72	3.09
Agosto	2.18	3.48
Setiembre	3.95	4.79
Octubre	6.57	8.05
Noviembre	7.16	7.93
Diciembre	7.84	8.45

Tabla 18. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “Maqui Maqui”

Fuente: WSP, 2018, p.13

Mes	Promedio diario (mm)	Desviación estándar (mm)
Enero	8.00	10.54
Febrero	9.07	9.91
Marzo	9.91	11.03
Abril	6.67	7.75
Mayo	4.73	6.41
Junio	3.80	4.96
Julio	2.93	3.89
Agosto	3.11	3.77
Setiembre	6.11	7.46
Octubre	9.06	9.27
Noviembre	9.41	10.09
Diciembre	8.11	8.73

Tabla 19. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “Yanacocha”

Fuente: WSP, 2018, p.13

Mes	Promedio diario (mm)	Desviación estándar (mm)
Enero	7.62	10.27
Febrero	8.89	9.28
Marzo	11.43	12.05
Abril	7.31	8.40
Mayo	5.28	6.19
Junio	3.19	4.09
Julio	3.38	5.28
Agosto	3.19	5.29
Setiembre	6.97	8.34
Octubre	9.14	11.48
Noviembre	8.97	9.23
Diciembre	8.41	9.83

Tabla 20. Precipitaciones mensuales del año 2018 estación “La Quinoa”

Fuente: WSP, 2018, p.14

Anexo 3. Curvas de bombas de los pozos y las turbinas verticales

Empresa: 2G Servicios Generales SRL
 Nombre: Jorge Anderson Gonzales
 Fecha: 04/16/2020



Bomba:

Tamaño:	9HL (stages: 7)	Dimensiones
Tipo:	Submersible	Aspiración: 6 in
Velocidad de sinc:	3600 rpm	Descarga: 8 in
Diámetro:	6.44 in	Turbina vertical:
Curvas:	9HL	Area aspiración: 16.9 in ²
Impulsor:	9HL SS ENCL	Tamaño del tazc: 9.25 in
		Parte lateral má: 0.75 in
		Factor k de emp: 9 lb/ft

Fluido:

Nombre:	Water	Presión de vapor:	0.256 psi a
SG:	1	Presión atm:	14.7 psi a
Densidad:	62.4 lb/ft ³		
Viscosidad :	1.1 cP		
Temperatura:	60 °F	Proporción de mar:	1

Límites de la bomba:

Temperatura:	140 °F	Tamaño de la esfera:	0.25 in
Wkg Pressure:	420 psi g	Potencia:	300 hp

Motor:

Estándar:	NEMA	Potencia:	350 hp
Caja:	WP1	Velocidad:	3600 rpm
Tamaño motor:	447TS		
Criterios de medición: Potencia máxima en la curva característica			

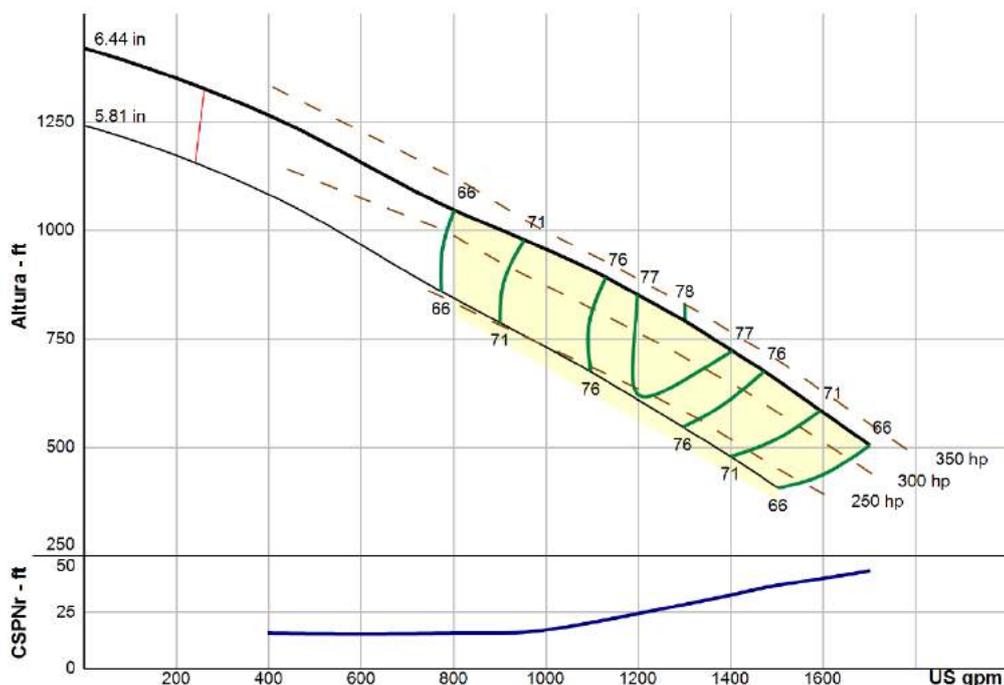
Criterios de búsqueda

Caudal:	---	Casi un fallo:	---
Altura:	---	Altura Estática:	0 ft

Advertencias para la selección de bomba

La potencia máxima de la curva de diseño excede el límite para la bomba.
 La desconexión dP de la bomba excede el límite para la bomba.

--- Datos del punto	
Caudal:	1301 US gpm
Altura:	791 ft
Rend:	78%
Potencia:	333 hp
CSPNr:	28.5 ft
Velocidad:	3450 rpm
--- Curva característica:	
altura v. cerrada:	1421 ft
dP v. cerrada:	615 psi
Caudal mínimo:	260 US gpm
BEP:	78% @ 1301 US gpm
Potencia NOL:	
	335 hp @ 1129 US gpm
--- Curva máxima -	
Potencia máxima:	
	335 hp @ 1129 US gpm



Evaluación de rendimiento:

Caudal	Velocidad	Altura	Rendimiento	Potencia	CSPNr
US gpm	rpm	ft	%	hp	ft
1633	3450	555	69.2	330	41.1
1361	3450	751	77.4	333	31
1089	3450	912	74.9	334	20.3
817	3450	1040	66.5	322	15.7
544	3450	1187	48.9	323	15.6

Empresa: 2G Servicios Generales SRL
 Nombre: Jorge Anderson Gonzales
 Fecha: 04/16/2020



Bomba:

Tamaño:	9HL (stages: 8)	<u>Dimensiones</u>
Tipo:	Submersible	Aspiración: 6 in
Velocidad de sinc:	3600 rpm	Descarga: 8 in
Diámetro:	6.44 in	<u>Turbina vertical:</u>
Curvas:	9HL	Area aspiración: 16.9 in ²
Impulsor:	9HL SS ENCL	Tamaño del tazc: 9.25 in
		Parte lateral má: 0.75 in
		Factor k de emp: 9 lb/ft

Fluido:

Nombre:	Water	Presión de vapor:	0.256 psi a
SG:	1	Presión atm:	14.7 psi a
Densidad:	62.4 lb/ft ³		
Viscosidad :	1.1 cP		
Temperatura:	60 °F	Proporción de mar:	1

Límites de la bomba:

Temperatura:	140 °F	Tamaño de la esfera:	0.25 in
Wkg Pressure:	420 psi g	Potencia:	300 hp

Motor:

Estándar:	NEMA	Potencia:	400 hp
Caja:	WP1	Velocidad:	3600 rpm
Tamaño motor:	449TS		
Criterios de medición: Potencia máxima en la curva característica			

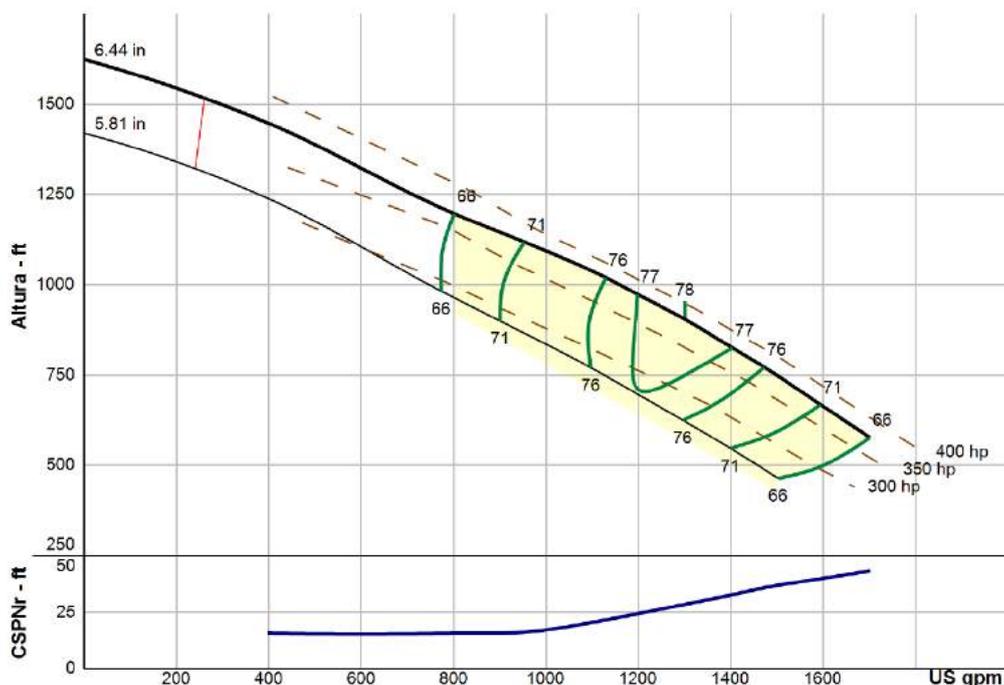
Criterios de búsqueda

Caudal:	---	Casi un fallo:	---
Altura:	---	Altura Estática:	0 ft

Advertencias para la selección de bo

La potencia máxima de la curva de diseño excede el límite para la bomba.
 La desconexión dP de la bomba excede el límite para la bomba.

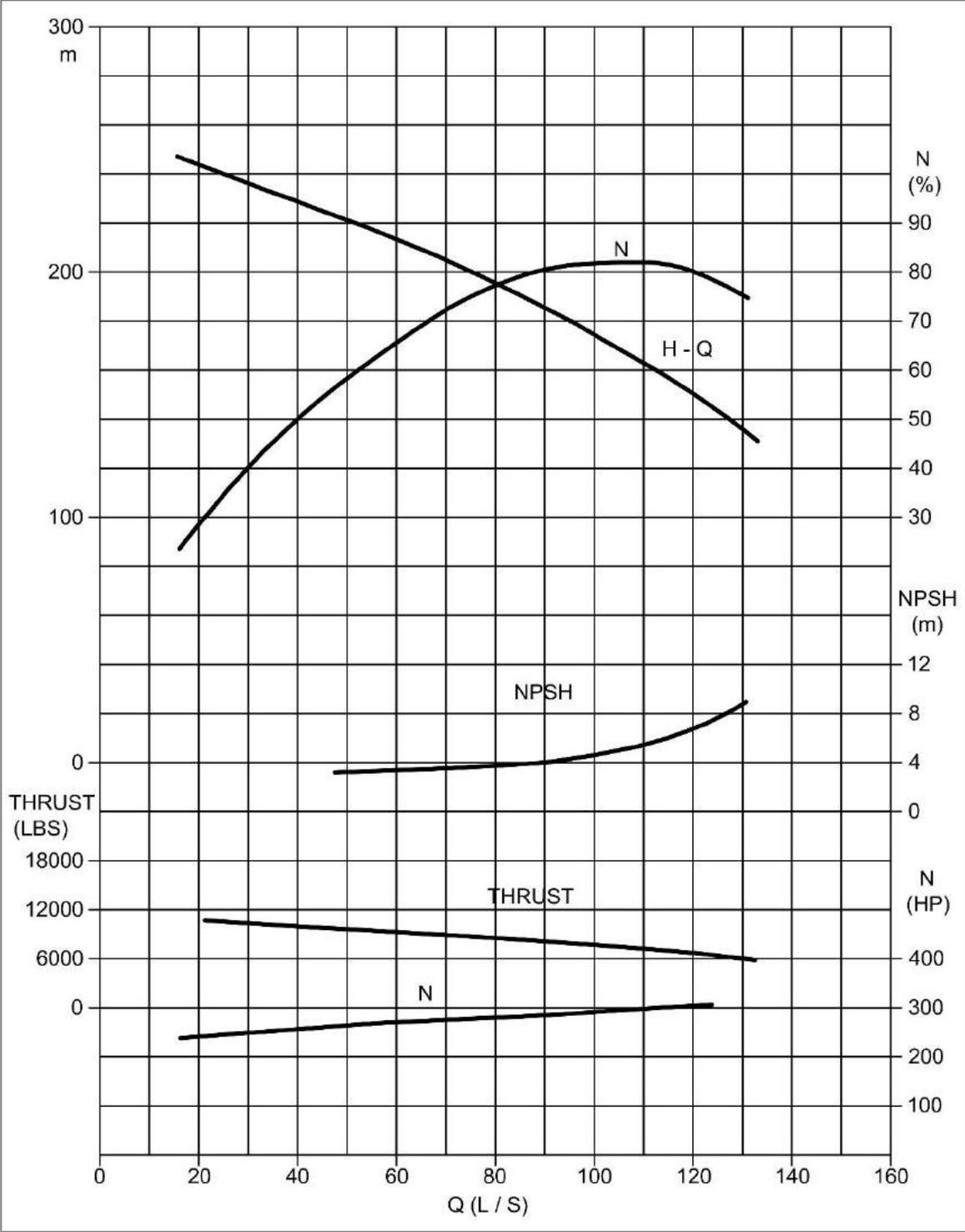
--- Datos del punto	
Caudal:	1301 US gpm
Altura:	904 ft
Rend:	78%
Potencia:	381 hp
CSPNr:	28.5 ft
Velocid:	3450 rpm
--- Curva característica:	
altura v. cerrada:	1624 ft
dP v. cerrada:	703 psi
Caudal mínimo:	260 US gpm
BEP:	78% @ 1301 US gpm
Potencia NOL:	383 hp @ 1129 US gpm
--- Curva máxima -	
Potencia máxima:	383 hp @ 1129 US gpm



Evaluación de rendimiento:

Caudal	Velocida:	Altura	Rendimiento	Potencia	CSPNr
US gpm	rpm	ft	%	hp	ft
1633	3450	635	69.2	378	41.1
1361	3450	858	77.4	380	31
1089	3450	1042	74.9	382	20.3
817	3450	1189	66.5	368	15.7
544	3450	1357	48.9	370	15.6

CURVA DE BOMBA TURBINA VERTICAL HMSS



Anexo 4. Diseño para sistemas de tuberías de HDPE

SISTEMA DE TUBERÍAS HDPE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA HDPE NORMA ASTM F714

Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL	Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL
Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s	Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s
6 "	32.50	0.204	6.22	48.98 L/s	14 "	32.50	0.431	13.14	218.65 L/s
	17.00	0.390	5.85	43.29 L/s		17.00	0.824	12.35	193.27 L/s
	11.00	0.602	5.42	37.24 L/s		11.00	1.273	11.45	166.19 L/s
	9.00	0.736	5.15	33.65 L/s		9.00	1.556	10.89	150.17 L/s
	7.30	0.908	4.81	29.31 L/s		7.30	1.918	10.16	130.87 L/s

Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL	Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL
Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s	Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s
8 "	32.50	0.265	8.10	83.03 L/s	18 "	32.50	0.554	16.89	361.46 L/s
	17.00	0.507	7.61	73.40 L/s		17.00	1.059	15.88	319.53 L/s
	11.00	0.784	7.06	63.10 L/s		11.00	1.636	14.73	274.78 L/s
	9.00	0.958	6.71	57.03 L/s		9.00	2.000	14.00	248.29 L/s
	7.30	1.182	6.26	49.67 L/s		7.30	2.466	13.07	216.33 L/s

Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL	Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL
Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s	Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s
10 "	32.50	0.331	10.09	128.97 L/s	20 "	32.50	0.615	18.77	446.30
	17.00	0.632	9.49	114.04 L/s		17.00	1.176	17.65	394.54
	11.00	0.977	8.80	98.05 L/s		11.00	1.818	16.36	339.22
	9.00	1.194	8.36	88.62 L/s		9.00	2.222	15.56	306.54
	7.30	1.473	7.81	77.19 L/s		7.30	2.740	14.52	267.07

Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL	Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL
Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s	Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s
12 "	32.50	0.392	11.96	181.32 L/s	24 "	32.50	0.738	22.52	624.67
	17.00	0.750	11.25	160.27 L/s		17.00	1.412	21.18	568.05
	11.00	1.159	10.43	137.81 L/s		11.00	2.182	19.64	488.43
	9.00	1.417	9.91	124.51 L/s		9.00	2.667	18.67	441.37
	7.30	1.747	9.25	108.48 L/s		7.30	3.288	17.42	384.59

Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL	Ø NOMINAL	SDR	ESPESOR	Ø INTERIOR	CAUDAL
Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s	Pulg		Pulg	Pulg	Para V=2.5 m/s
16 "	32.50	0.492	15.02	285.63 L/s	30 "	32.50	0.923	28.15	1004.10
	17.00	0.941	14.12	252.49 L/s		17.00	1.765	26.47	887.58
	11.00	1.455	13.09	217.06 L/s		11.00	2.727	24.55	763.24
	9.00	1.778	12.44	196.16 L/s		9.00	3.333	23.33	689.72
	7.30	-	11.44	165.81 L/s		7.30	-	-	-

SDR	Ø NORMA ASTM F714 RESISTENCIA ESTÁNDAR			Brida ANSI
32.50	3.50 Bar	35.67 mca	50 PSI	150
17.00	6.90 Bar	70.61 mca	100 PSI	150
11.00	11.00 Bar	112.09 mca	160 PSI	150
9.00	13.80 Bar	140.62 mca	200 PSI	300
7.30	17.50 Bar	178.33 mca	254 PSI	300

SDR	Ø NORMA ASTM F714 RESISTENCIA CON RESINA PE4710			Brida ANSI
32.50	4.41 Bar	44.94 mca	63 PSI	150
17.00	8.75 Bar	89.16 mca	125 PSI	150
11.00	14.00 Bar	142.66 mca	200 PSI	300
9.00	17.50 Bar	178.33 mca	250 PSI	300
7.30	22.19 Bar	226.12 mca	317 PSI	300

Anexo 5. Tablas de resultados de cálculos hechos con el software Pumpsim 3D

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3205.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-17

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	0.8348
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	0.68
Potencia	138.6 HP
Potencia en el eje	214.3 HP
Flujo	
Velocidad	1.40 m/s
Cantidad	41.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 25.20 bar
Cambio de presión	
Presión	25.20 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-17 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	41.01 l/s
Velocidad	1.6 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	40.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	13.28 bar
Pérdidas de presión	
Presion por fricción (accesorios y rozamiento)	0.06 bar
Presión por gravedad	12.92 bar
Suma total de pérdidas	12.98 bar

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	0.8348
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	0.725
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presion por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	49.55 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 23m : 07s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 23m : 07s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 34s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	0.73745
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	0.803
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.67 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 42s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 20m : 42s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 52s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	0.73745
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	0.803
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar

Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.80%
Potencia	226.2 HP
Potencia en el eje	306.0 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	63.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.77 bar
Cambio de presión	
Presión	26.77 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	63.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	62.88 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.37 bar
Pérdidas de presión	
Presion por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-22

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.30%
Potencia	153.1 HP
Potencia en el eje	217.1 HP
Flujo	
Velocidad	1.7 m/s
Cantidad	48.30 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 23.63 bar
Cambio de presión	
Presión	23.63 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	48.30 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	48.20 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.14 bar
Pérdidas de presión	
Presion por fricción (accesorios y rozamiento)	0.10 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.85 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.45 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 25s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 20m : 25s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 54s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.84 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 52s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 20m : 52s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 50s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.19%
Frecuencia de la bomba	2870.05 RPM
Eficiencia	68.40%
Potencia	141.5 HP
Potencia en el eje	211.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	43.01 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 24.53 bar
Cambio de presión	
Presión	24.53 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.01 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.93 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

Fecha de registro: 14/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-24

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.90%
Potencia	156.1 HP
Potencia en el eje	218.1 HP
Flujo	
Velocidad	1.8 m/s
Cantidad	50.01 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 23.28 bar
Cambio de presión	
Presión	23.28 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	50.01 l/s
Velocidad	2.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	49.91 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.29 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.25 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.99 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	50.22 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 28m : 26s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 28m : 26s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 28s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m ²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	63.28 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	55.61 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 48m : 01s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 48m : 01s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 06m : 44s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m ²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Iteraciones	6

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de registro: 19/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3205.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 19/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-17

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	68.00%
Potencia	138.6 HP
Potencia en el eje	214.3 HP
Flujo	
Velocidad	1.40 m/s
Cantidad	41.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar para 25.20 bar
Cambio de presión	
Presión	25.20 bar

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	72.50%
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar para 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-17 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	41.01 l/s
Velocidad	1.6 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	40.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	13.28 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.06 bar
Presión por gravedad	12.92 bar
Suma total de pérdidas	12.98 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	49.64 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 23m : 15s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 23m : 15s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 33s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.77 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 49s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 20m : 49s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 51s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 19/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 19/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.80%
Potencia	226.2 HP
Potencia en el eje	306.0 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	64.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar para 26.77 bar
Cambio de presión	
Presión	26.77 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	63.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	62.88 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.37 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

TOPW-22

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.50%
Potencia	154.3 HP
Potencia en el eje	217.5 HP
Flujo	
Velocidad	1.7 m/s
Cantidad	49.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar para 23.49 bar
Cambio de presión	
Presión	23.49 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	49.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	48.20 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.14 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.10 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.85 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.55 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 32s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 20m : 32s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 53s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.95 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 21m : 00s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 21m : 00s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 49s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 19/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23	
Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.09%
Frecuencia de la bomba	2970.10 RPM
Eficiencia	70.30%
Potencia	153.5 HP
Potencia en el eje	234.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	50.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar para 26.61 bar
Cambio de presión	
Presión	26.61 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

Fecha de registro: 19/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-24	
Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.90%
Potencia	156.1 HP
Potencia en el eje	218.1 HP
Flujo	
Velocidad	1.8 m/s
Cantidad	50.01 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar para 23.28 bar
Cambio de presión	
Presión	23.28 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	50.01 l/s
Velocidad	2.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	49.91 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.29 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.25 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.99 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	50.34 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 28m : 42s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 28m : 42s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 26s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m ²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	63.28 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	55.76 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 48m : 58s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 48m : 58s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 06m : 43s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m ²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Iteraciones	6

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de registro: 20/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3205.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 20/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-17

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	68.00%
Potencia	140.1 HP
Potencia en el eje	214.2 HP
Flujo	
Velocidad	1.50 m/s
Cantidad	41.80 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 25.00 bar
Cambio de presión	
Presión	25.00 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-17 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	41.80 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	41.71 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	13.28 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.07 bar
Presión por gravedad	12.92 bar
Suma total de pérdidas	12.99 bar

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	72.50%
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	49.75 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 23m : 24s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 23m : 24s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 33s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.88 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 57s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 20m : 57s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 49s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 20/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 20/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.80%
Potencia	226.2 HP
Potencia en el eje	306.0 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	63.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.77 bar
Cambio de presión	
Presión	26.77 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	63.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	62.88 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.37 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

TOPW-22

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.50%
Potencia	154.3 HP
Potencia en el eje	217.5 HP
Flujo	
Velocidad	1.7 m/s
Cantidad	49.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 23.49 bar
Cambio de presión	
Presión	23.49 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	49.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	48.20 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.14 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.10 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.85 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.67 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 40s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 20m : 40s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 52s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	48.08 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 21m : 09s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 21m : 09s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 47s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 20/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 20/09/2020
 Fecha de modelamiento: 14/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.09%
Frecuencia de la bomba	2970.10 RPM
Eficiencia	70.30%
Potencia	153.5 HP
Potencia en el eje	234.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	43.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.61 bar
Cambio de presión	
Presión	26.61 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

TOPW-24

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.90%
Potencia	156.1 HP
Potencia en el eje	218.1 HP
Flujo	
Velocidad	1.8 m/s
Cantidad	50.01 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 23.28 bar
Cambio de presión	
Presión	23.28 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	50.01 l/s
Velocidad	2.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	49.91 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.29 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.25 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.99 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Fecha de modelamiento 14/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	50.49 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 29m : 02s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 29m : 02s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 25s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	63.28 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	55.94 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 50m : 08s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 50m : 08s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 06m : 42s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Sim Iteraciones	6

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de registro: 22/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3205.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 22/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-17

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	68.00%
Potencia	140.5 HP
Potencia en el eje	214.2 HP
Flujo	
Velocidad	1.50 m/s
Cantidad	42.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 24.95 bar
Cambio de presión	
Presión	24.95 bar

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	72.50%
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-17 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	42.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	41.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	13.28 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.07 bar
Presión por gravedad	12.92 bar
Suma total de pérdidas	12.99 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	50.42 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 24m : 26s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 24m : 26s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 26s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	48.62 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 21m : 51s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 21m : 51s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 42s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 22/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 22/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.80%
Potencia	226.2 HP
Potencia en el eje	306.0 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	63.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.77 bar
Cambio de presión	
Presión	26.77 bar

TOPW-22

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.50%
Potencia	154.1 HP
Potencia en el eje	217.4 HP
Flujo	
Velocidad	1.7 m/s
Cantidad	48.90 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 23.51 bar
Cambio de presión	
Presión	23.51 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	63.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	62.88 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.37 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	48.90 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	48.80 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.10 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.85 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	48.43 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 21m : 35s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 21m : 35s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 44s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	48.89 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 22m : 10s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 22m : 10s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 40s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 22/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 22/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.09%
Frecuencia de la bomba	2970.10 RPM
Eficiencia	70.30%
Potencia	153.5 HP
Potencia en el eje	234.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	43.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.61 bar
Cambio de presión	
Presión	26.61 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

TOPW-24

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.96%
Frecuencia de la bomba	3000.12 RPM
Eficiencia	72.30%
Potencia	181.6 HP
Potencia en el eje	248.3 HP
Flujo	
Velocidad	1.9 m/s
Cantidad	55.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 24.63 bar
Cambio de presión	
Presión	24.63 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	55.00 l/s
Velocidad	2.2 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	54.89 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.29 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	12.03 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	51.43 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 31m : 18s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 31m : 18s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 17s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	63.28 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	57.08 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 59m : 09s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 59m : 09s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 06m : 34s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Sim Iteraciones	6

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE
--

Fecha de registro: 23/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	72.50%
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	44.96 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 18m : 01s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 18m : 01s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 20s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	42.60 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 16m : 11s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 16m : 11s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 48s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 23/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 23/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.80%
Potencia	226.2 HP
Potencia en el eje	306.0 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	63.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.77 bar
Cambio de presión	
Presión	26.77 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	63.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	62.88 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.37 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

TOPW-22

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.70%
Potencia	155.0 HP
Potencia en el eje	217.7 HP
Flujo	
Velocidad	1.7 m/s
Cantidad	49.40 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 23.40 bar
Cambio de presión	
Presión	23.40 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	49.40 l/s
Velocidad	2.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	49.30 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.11 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.86 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	42.11 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 15m : 49s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 15m : 49s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 54s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	42.23 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 15m : 54s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 15m : 54s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 52s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 23/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 23/09/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.09%
Frecuencia de la bomba	2970.10 RPM
Eficiencia	70.30%
Potencia	153.5 HP
Potencia en el eje	234.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	50.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.61 bar
Cambio de presión	
Presión	26.61 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

TOPW-24

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.96%
Frecuencia de la bomba	3000.12 RPM
Eficiencia	72.30%
Potencia	181.6 HP
Potencia en el eje	248.3 HP
Flujo	
Velocidad	1.9 m/s
Cantidad	55.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 24.63 bar
Cambio de presión	
Presión	24.63 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	55.00 l/s
Velocidad	2.2 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	54.89 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.29 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	12.03 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	43.77 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 19m : 05s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 19m : 05s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 34s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	63.28 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	47.79 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 23m : 59s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 23m : 59s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 50s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Sim Iteraciones	6

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE
--

Fecha de registro: 12/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	72.50%
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.43 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 27s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 20m : 27s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 54s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	45.40 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 18m : 24s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 18m : 24s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 15s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar

Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 12/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 12/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.40%
Potencia	224.4 HP
Potencia en el eje	305.3 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	62.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.99 bar
Cambio de presión	
Presión	26.99 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	62.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	61.87 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.36 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

TOPW-22

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.96%
Frecuencia de la bomba	3000.12 RPM
Eficiencia	72.30%
Potencia	181.6 HP
Potencia en el eje	248.3 HP
Flujo	
Velocidad	1.9 m/s
Cantidad	55.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 24.63 bar
Cambio de presión	
Presión	24.63 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	55.00 l/s
Velocidad	2.2 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	54.89 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.16 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.13 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.87 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	45.10 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 18m : 06s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 18m : 06s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 19s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	45.38 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 18m : 21s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 18m : 21s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 15s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 12/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.09%
Frecuencia de la bomba	2970.10 RPM
Eficiencia	70.30%
Potencia	153.5 HP
Potencia en el eje	234.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	43.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.61 bar
Cambio de presión	
Presión	26.61 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

Fecha de registro: 12/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-24

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	95.66%
Frecuencia de la bomba	3300.27 RPM
Eficiencia	76.40%
Potencia	255.6 HP
Potencia en el eje	333.9 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	70.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 27.23 bar
Cambio de presión	
Presión	27.23 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	70.00 l/s
Velocidad	2.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	69.86 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.47 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.44 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	12.18 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	47.41 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 23m : 27s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 23m : 27s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 54s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	63.28 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	52.27 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 33m : 38s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 33m : 38s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 10s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Sim Iteraciones	6

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE
--

Fecha de registro: 13/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	72.50%
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	48.26 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 21m : 25s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 21m : 25s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 46s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"

General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP

Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm

Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s

Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	46.31 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 19m : 16s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 19m : 16s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 05s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"

General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP

Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm

Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s

Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar

Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 13/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 13/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21	
Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.40%
Potencia	224.4 HP
Potencia en el eje	305.3 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	62.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.99 bar
Cambio de presión	
Presión	26.99 bar

TOPW-22	
Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.96%
Frecuencia de la bomba	3000.12 RPM
Eficiencia	72.20%
Potencia	181.1 HP
Potencia en el eje	248.1 HP
Flujo	
Velocidad	1.9 m/s
Cantidad	54.70 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 24.69 bar
Cambio de presión	
Presión	24.69 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	62.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	61.87 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.36 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	54.70 l/s
Velocidad	2.2 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	54.59 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.18 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.15 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.89 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	46.05 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 18m : 59s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 18m : 59s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 08s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	46.38 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 19m : 18s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 19m : 18s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 05s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 13/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23	
Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.23%
Frecuencia de la bomba	2975.00 RPM
Eficiencia	68.00%
Potencia	154.1 HP
Potencia en el eje	236.1 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	43.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.72 bar
Cambio de presión	
Presión	26.72 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.91 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

Fecha de registro: 13/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-24	
Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	92.18%
Frecuencia de la bomba	3180.21 RPM
Eficiencia	77.90%
Potencia	231.4 HP
Potencia en el eje	297.9 HP
Flujo	
Velocidad	2.7 m/s
Cantidad	76.60 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.53 bar
Cambio de presión	
Presión	22.53 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)	
General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	76.60 l/s
Velocidad	3.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	76.45 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.54 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.51 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	48.58 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 25m : 17s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 25m : 17s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 43s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	63.28 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	53.67 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 38m : 29s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 38m : 29s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 06m : 59s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm
Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	126.57 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar
Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Sim Iteraciones	6

MODELAMIENTO ESTACIONARIO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de registro: 15/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-19

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	72.50%
Potencia	161.0 HP
Potencia en el eje	219.8 HP
Flujo	
Velocidad	1.90 m/s
Cantidad	53.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.65 bar
Cambio de presión	
Presión	22.65 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-19 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	53.00 l/s
Velocidad	2.1 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	52.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.24 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.21 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.15 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	0.20 bar
Ganancia total	0.20 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°01	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	47.30 l/s
Flujo de salida	65.76 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 20m : 18s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 20m : 18s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 55s

Bomba de T.R. N°01	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.76 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°01 y N°02 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.76 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.63 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°02	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	45.26 l/s
Flujo de salida	65.77 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 18m : 16s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 18m : 16s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 42s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 17s

Bomba de T.R. N°02	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.77 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar

Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.53 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.27 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.62 bar
Suma total de pérdidas	11.05 bar

Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Fecha de registro: 15/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3227.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 15/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-21

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	7 Etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	97.39%
Frecuencia de la bomba	3360.09 RPM
Eficiencia	72.40%
Potencia	224.4 HP
Potencia en el eje	305.3 HP
Flujo	
Velocidad	2.2 m/s
Cantidad	62.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.99 bar
Cambio de presión	
Presión	26.99 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-21 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud	382.3 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	62.00 l/s
Velocidad	2.5 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	61.87 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	11.36 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.31 bar
Presión por gravedad	11.94 bar
Suma total de pérdidas	12.25 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	1.17 bar
Ganancia total	1.17 bar

TOPW-22

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	83.48%
Frecuencia de la bomba	2880.06 RPM
Eficiencia	70.20%
Potencia	152.5 HP
Potencia en el eje	216.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.7 m/s
Cantidad	48.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 23.69 bar
Cambio de presión	
Presión	23.69 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN (TOPW-22 - PUMPSING SYSTEM)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	48.00 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	47.90 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.17 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.14 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	11.88 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°03

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	44.94 l/s
Flujo de salida	65.80 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 17m : 58s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 17m : 58s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 20s

Bomba de T.R. N°03

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.80 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.10 bar
Cambio de presión	
Presión	9.91 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°03 y N°04 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	65.80 l/s
Velocidad	0.8 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	65.67 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar

Tanque de Rebombeo N°04

General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m ³
Flujo	
Flujo de entrada	45.22 l/s
Flujo de salida	65.81 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 18m : 12s
Tiempo hasta que esté vacío (Si está lleno)	00h : 18m : 12s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 41s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 08m : 17s

Bomba de T.R. N°04

Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	80.30%
Potencia	87.4 HP
Potencia en el eje	114.1 HP
Flujo	
Velocidad	2.6 m/s
Cantidad	65.81 l/s
Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.09 bar
Cambio de presión	
Presión	9.90 bar

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 9
Diámetro	316 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.078 m ²
Perímetro	993 mm
Flujo	
Cantidad	131.61 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	131.35 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.15 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.43 bar
Presión por gravedad	10.64 bar
Suma total de pérdidas	11.07 bar
Ganancia de presión	
Gravedad	2.90 bar
Ganancia total	2.90 bar

Fecha de registro: 15/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3267.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Fecha de registro: 15/10/2020
 Fecha de modelamiento: 15/12/2020
 Altura: 3217.0 m.s.n.m
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

TOPW-23

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	86.09%
Frecuencia de la bomba	2970.10 RPM
Eficiencia	68.00%
Potencia	153.5 HP
Potencia en el eje	234.9 HP
Flujo	
Velocidad	1.5 m/s
Cantidad	43.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 26.61 bar
Cambio de presión	
Presión	26.61 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-23 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	43.00 l/s
Velocidad	1.7 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	42.92 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	7.33 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.18 bar
Presión por gravedad	6.85 bar
Suma total de pérdidas	7.03 bar

TOPW-24

Bomba	
Hydroflo Pumps 9HL	8 etapas
Diametro del Impulsor	6.44"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	92.18%
Frecuencia de la bomba	3180.21 RPM
Eficiencia	78.00%
Potencia	231.5 HP
Potencia en el eje	298.0 HP
Flujo	
Velocidad	2.7 m/s
Cantidad	76.00 l/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	de 0.00 bar a 22.72 bar
Cambio de presión	
Presión	22.72 bar

**LINEA DE CONDUCCIÓN
(TOPW-24 - PUMPSING SYSTEM)**

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 8"
Presión nominal	SDR 11
Diámetro	179 mm
Longitud Total	710.6 m
Área	0.025 m ²
Perímetro	563 mm
Flujo	
Cantidad	76.00 l/s
Velocidad	3.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m ³
Flujo de masa	75.84 kg/s
Datos de presión	
Presión en el punto inicial	12.53 bar
Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.49 bar
Presión por gravedad	11.74 bar
Suma total de pérdidas	12.23 bar

SISTEMA DE REBOMBEO (PUMPING SYSTEM - POZA LAGARTO)

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Fecha de modelamiento 15/12/2020

Tanque de Rebombeo N°05	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	47.24 l/s
Flujo de salida	63.40 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 23m : 11s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 23m : 11s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 56s

Bomba de T.R. N°05	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"
General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP
Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.40 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

PUNTOS DE CONEXIÓN N°05 y N°06 (Salida)

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud Total	0.30 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm

Flujo	
Cantidad	63.40 l/s
Velocidad	1.0 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	63.28 kg/s

Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Tanque de Rebombeo N°06	
General	
Dimensiones	3.0 m* 3.0 m
Altura	3.0 m
Nivel de Agua	2.5 m
Altura de lodo	0.0 m
Volumen del tanque	22.5 m3
Flujo	
Flujo de entrada	52.05 l/s
Flujo de salida	63.42 l/s
Tiempo	
Tiempo hasta que esté vacío	00h : 32m : 58s
Tiempo hasta que esté vacío (Sí está lleno)	00h : 32m : 58s
Tiempo hasta que esté vacío (No hay flujo de entrada)	00h : 05m : 54s
Tiempo de llenado si está vacío (No hay flujo de salida)	00h : 07m : 12s

Bomba de T.R. N°06	
Bomba	
Hidrostral B14C-M-06/12DX	7 etapa
Impulsor	6.29"

General	
Frecuencia utilizada de la bomba	73.75%
Frecuencia de la bomba	1320.03 RPM
Eficiencia	79.70%
Potencia	85.7 HP
Potencia en el eje	113.5 HP

Flujo	
Velocidad	2.5 m/s
Cantidad	63.42 l/s

Datos de presión	
NPSHa	0.32 bar
NPSHr	0.19 bar
Presión en el punto inicial	0.19 bar para 10.26 bar

Cambio de presión	
Presión	10.08 bar

LINEA DE CONDUCCIÓN

General	
Material	POLY
Tamaño	HDPE 16"
Presión nominal	SDR 7.3
Diámetro	291 mm
Longitud	741.0 m
Área	0.066 m²
Perímetro	913 mm

Flujo	
Cantidad	126.82 l/s
Velocidad	1.9 m/s
Densidad	998.00 kg/m³
Flujo de masa	126.57 kg/s

Datos de presión	
Presión en el punto inicial	10.32 bar

Pérdidas de presión	
Presión por fricción (accesorios y rozamiento)	0.59 bar
Presión por gravedad	10.63 bar
Suma total de pérdidas	11.22 bar

Ganancia de presión	
Gravedad	2.89 bar
Ganancia total	2.89 bar

Caudal Total (m3/s)	389.96 l/s
Sim Iteraciones	6

CONDICIONES INICIALES DEL MODELAMIENTO

Fecha de modelamiento: 16/12/2020
Programa: Pumpsim 3D
Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

Dinamico

Frecuencia temporal	1.00	min
Duración del modelamiento	12.00	hr
Tiempo de inicio	0.00	min

Simulación

Error admisible	0.01	l/s
Factor de flujo inverso de bomba	0.50	
Factor de presión inversa de bomba	0.50	
Iteraciones máximas	500.00	
Presión máxima de simulación	10,000	bar
Resistencia máxima	1x10 ⁹	N/m ²

Medio Ambiente

Aceleración de gravedad	9.81	m/s ²
Año actual	2020	
Densidad de agua estandar	998.00	kg/m ³
Presión barométrica en la superficie	1.01	bar
Temperatura	20.00	°C
Temperatura en kelvin	293.15	°K
Viscosidad de agua estandar	1.00	MPa

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de modelamiento 15/12/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	22951.7 HP
Fecha de simulación dinamica	14/09/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	25,569.30 m3
-------------------------	--------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-17	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	12h : 59m : 37s	00h : 00m : 00s	100%	1,770.6 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			41.01 l/s	41.01 l/s	41.01 l/s	2,569.7 HP	214.3 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	12h : 59m : 37s	00h : 00m : 00s	100%	2,788.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.00 l/s	53.00 l/s	53.00 l/s	2,635.8 HP	219.8 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (7 Etapas)	Impulsor de 6.88"	12h : 59m : 37s	00h : 00m : 00s	100%	2,720.3 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			63.00 l/s	63.00 l/s	63.00 l/s	3,669.7 HP	306.0 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	12h : 59m : 37s	00h : 00m : 00s	100%	2,085.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			48.30 l/s	48.30 l/s	48.30 l/s	2,603.7 HP	217.1 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	12h : 12m : 50s	00h : 00m : 00s	100%	1,857.1 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.01 l/s	43.01 l/s	43.01 l/s	2,542.0 HP	211.9 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	12h : 59m : 37s	00h : 00m : 00s	100%	2,159.1 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			50.01 l/s	50.01 l/s	50.01 l/s	2,615.3 HP	218.1 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 07m : 04s	02h : 52m : 33s	76.0%	2,114.4 m ³	31
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.44 l/s	65.68 l/s	1,034.9 HP	86.3 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 45m : 13s	03h : 14m : 24s	73.0%	2,037.8 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.41 l/s	65.65 l/s	1,004.2 HP	83.7 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 42m : 16s	03h : 17m : 20s	72.6%	1,980.3 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.56 l/s	65.52 l/s	980.4 HP	81.7 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 49m : 00s	03h : 10m : 37s	73.5%	2,024.6 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.33 l/s	63.71 l/s	65.63 l/s	1,001.7 HP	83.5 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 37m : 43s	02h : 21m : 53s	80.3%	2,146.0 m ³	26
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.15 l/s	62.83 l/s	1,090.1 HP	90.9 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	10h : 35m : 36s	01h : 24m : 00s	88.3%	2,385.2 m ³	17
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.40 l/s	61.21 l/s	63.25 l/s	1,204.2 HP	100.4 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 52m : 33s	09h : 07m : 04s	24.0%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 14m : 24s	08h : 45m : 13s	27.0%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 17m : 20s	08h : 42m : 16s	27.4%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 10m : 37s	08h : 49m : 00s	26.5%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 21m : 53s	09h : 37m : 43s	19.7%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	01h : 24m : 00s	10h : 35m : 36s	11.7%

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de Registro: 19/12/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	23,253.2 HP
Fecha de simulación dinamica	16/12/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	25,667.40 m3
-------------------------	--------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-17	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 09s	00h : 00m : 00s	100%	1,769.4 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			41.01 l/s	41.01 l/s	41.01 l/s	2,568.0 HP	214.3 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 09s	00h : 00m : 00s	100%	2,287.0 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.00 l/s	53.00 l/s	53.00 l/s	2,634.0 HP	219.8 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 09s	00h : 00m : 00s	100%	2,718.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			63.00 l/s	63.00 l/s	63.00 l/s	3,667.3 HP	306.0 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 09s	00h : 00m : 00s	100%	2,114.3 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			49.00 l/s	49.00 l/s	49.00 l/s	2,606.8 HP	217.5 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 09s	00h : 00m : 00s	100%	1,855.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.00 l/s	43.00 l/s	43.00 l/s	2,815.7 HP	234.9 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 09s	00h : 00m : 00s	100%	2,157.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			50.00 l/s	50.00 l/s	50.00 l/s	2,613.6 HP	218.1 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 06m : 55s	02h : 52m : 14s	76.1%	2,129.8 m ³	31
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.41 l/s	65.67 l/s	1,042.8 HP	87.0 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 48m : 13s	03h : 10m : 55s	73.5%	2,052.8 m ³	65.61 l/s
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.44 l/s	65.61 l/s	1,005.2 HP	83.9 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 44m : 47s	03h : 14m : 21s	73.0%	1,996.6 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.53 l/s	65.52 l/s	995.6 HP	83.1 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 48m : 58s	03h : 10m : 10s	73.6%	2,040.9 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.35 l/s	63.73 l/s	65.64 l/s	1,008.3 HP	84.1 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 37m : 37s	02h : 21m : 31s	80.3%	2,156.5 m ³	26
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.12 l/s	62.96 l/s	1,090.8 HP	91.0 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	10h : 37m : 22s	01h : 21m : 46s	88.6%	2,388.7 m ³	17
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.66 l/s	61.21 l/s	63.37 l/s	1,205.1 HP	100.5 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 52m : 14s	09h : 06m : 55s	23.95%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 10m : 55s	08h : 48m : 13s	26.55%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 14m : 21s	08h : 44m : 47s	27.03%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 10m : 10s	08h : 48m : 58s	26.45%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 21m : 31s	09h : 37m : 37s	19.68%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	01h : 21m : 46s	10h : 27m : 22s	11.37%

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de Registro: 20/09/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	23,249.1 HP
Fecha de simulación dinamica	16/12/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	25,695.90 m3
-------------------------	--------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-17	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 02s	00h : 00m : 00s	100%	1,803.3 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			41.80 l/s	41.80 l/s	41.80 l/s	2,566.9 HP	214.2 HP
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 02s	00h : 00m : 00s	100%	2,286.6 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.00 l/s	53.00 l/s	53.00 l/s	2,633.6 HP	219.8 HP
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 02s	00h : 00m : 00s	100%	2,718.1 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			63.00 l/s	63.00 l/s	63.00 l/s	3,666.7 HP	306.0 HP
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 02s	00h : 00m : 00s	100%	2,113.9 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			49.00 l/s	49.00 l/s	49.00 l/s	2,606.3 HP	217.5 HP
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 02s	00h : 00m : 00s	100%	1,855.2 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.00 l/s	43.00 l/s	43.00 l/s	2,815.3 HP	234.9 HP
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 02s	00h : 00m : 00s	100%	2,157.1 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			50.00 l/s	50.00 l/s	50.00 l/s	2,613.2 HP	218.1 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 07m : 10s	02h : 51m : 52s	76.1%	2,118.3 m ³	31
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.41 l/s	65.71 l/s	1,039.0 HP	86.7 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 48m : 34s	03h : 10m : 28s	73.5%	2,021.7 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.43 l/s	65.63 l/s	999.9 HP	83.4 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 47m : 43s	03h : 11m : 19s	73.4%	2,008.7 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.54 l/s	65.52 l/s	1,002.2 HP	83.6 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 49m : 21s	03h : 09m : 40s	73.6%	2,040.4 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.38 l/s	63.44 l/s	65.63 l/s	1,005.0 HP	83.9 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 37m : 55s	02h : 21m : 07s	80.4%	2,157.0 m ³	26
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.12 l/s	62.98 l/s	1,093.5 HP	91.2 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	10h : 37m : 31s	01h : 21m : 31s	88.7%	2,415.5 m ³	17
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.81 l/s	61.11 l/s	63.44 l/s	1,207.6 HP	100.8 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 51m : 52s	09h : 07m : 10s	23.9%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 10m : 28s	08h : 48m : 34s	26.5%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 11m : 19s	08h : 47m : 43s	26.6%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 09m : 40s	08h : 49m : 21s	26.4%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 21m : 07s	09h : 37m : 55s	19.6%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	01h : 21m : 31s	10h : 37m : 31s	11.3%

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de Registro: 22/09/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	23,752.0 hp
Fecha de simulación dinamica	16/12/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	26,165.50 m3@ l/s
-------------------------	-------------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-17	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 15s	00h : 00m : 00s	100%	1,812.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			42.00 l/s	42.00 l/s	42.00 l/s	2,567.5 HP	214.2 HP
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 15s	00h : 00m : 00s	100%	2,287.3 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.00 l/s	53.00 l/s	53.00 l/s	2,634.5 HP	219.8 HP
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 15s	00h : 00m : 00s	100%	2,719.0 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			63.00 l/s	63.00 l/s	63.00 l/s	3,667.9 HP	306.0 HP
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 15s	00h : 00m : 00s	100%	2,109.0 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			48.87 l/s	48.87 l/s	48.87 l/s	2,606.3 HP	217.4 HP
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 15s	00h : 00m : 00s	100%	1,855.7 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.00 l/s	43.00 l/s	43.00 l/s	2,816.2 HP	234.9 HP
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 15s	00h : 00m : 00s	100%	2,373.7 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			55.00 l/s	55.00 l/s	55.00 l/s	2,976.3 HP	248.3 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 15m : 21s	02h : 43m : 54s	77.2%	2,167.2 m ³	30
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.39 l/s	65.65 l/s	1,063.3 HP	88.7 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 57m : 32s	03h : 01m : 43s	74.7%	2,072.5 m ³	32
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.48 l/s	65.59 l/s	1,025.5 HP	85.5 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 52m : 19s	03h : 06m : 56s	74.0%	2,040.8 m ³	32
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.52 l/s	65.60 l/s	1,016.1 HP	84.8 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 58m : 34s	03h : 00m : 41s	74.9%	2,086.1 m ³	32
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.59 l/s	63.44 l/s	65.71 l/s	1,028.5 HP	85.8 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 51m : 48s	02h : 07m : 27s	82.3%	2,198.2 m ³	24
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.13 l/s	62.87 l/s	1,120.2 HP	93.4 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	10h : 49m : 21s	01h : 09m : 54s	90.3%	2,443.4 m ³	15
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.81 l/s	61.17 l/s	63.27 l/s	1,229.8 HP	102.6 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 43m : 54s	09h : 15m : 21s	22.8%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 01m : 43s	08h : 57m : 32s	25.3%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 06m : 56s	08h : 52m : 19s	26.0%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 00m : 41s	08h : 58m : 34s	25.1%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 07m : 27s	09h : 51m : 48s	17.7%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	01h : 09m : 54s	10h : 49m : 21s	9.7%

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de Registro: 23/09/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	20285.0 HP
Fecha de simulación dinamica	16/12/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	22,659.20 m3
-------------------------	--------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 45s	00h : 00m : 00s	100%	2,289.2 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.01 l/s	53.01 l/s	53.01 l/s	2,636.3 HP	219.8 HP
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 45s	00h : 00m : 00s	100%	2,721.0 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			63.01 l/s	63.01 l/s	63.01 l/s	3,670.5 HP	306.0 HP
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 45s	00h : 00m : 00s	100%	2,133.2 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			49.40 l/s	49.40 l/s	49.40 l/s	2,611.6 HP	217.7 HP
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 45s	00h : 00m : 00s	100%	1,857.8 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.02 l/s	43.02 l/s	43.02 l/s	2,818.1 HP	234.9 HP
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 45s	00h : 00m : 00s	100%	2,376.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			55.03 l/s	55.03 l/s	55.03 l/s	2,978.5 HP	248.3 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 11m : 34s	03h : 48m : 10s	68.3%	1,916.6 m ³	37
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.41 l/s	66.15 l/s	946.5 HP	78.9 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	07h : 44m : 32s	04h : 15m : 12s	64.5%	1,847.9 m ³	39
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.41 l/s	66.07 l/s	889.4 HP	74.1 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	07h : 49m : 19s	04h : 10m : 25s	65.2%	1,810.0 m ³	38
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.60 l/s	65.04 l/s	887.3 HP	74.0 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	07h : 50m : 04s	04h : 09m : 41s	65.3%	1,799.5 m ³	38
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			67.54 l/s	63.68 l/s	64.98 l/s	887.5 HP	74.0 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 18m : 21s	03h : 41m : 24s	69.2%	1,859.4 m ³	35
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.10 l/s	63.67 l/s	937.5 HP	78.2 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 00m : 49s	02h : 58m : 55s	75.1%	2,048.2 m ³	31
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.81 l/s	61.13 l/s	64.03 l/s	1,021.8 HP	85.2 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 48m : 10s	08h : 11m : 34s	31.7%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	04h : 15m : 12s	07h : 44m : 32s	35.5%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	04h : 10m : 25s	07h : 49m : 19s	34.8%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	04h : 09m : 41s	07h : 50m : 04s	34.7%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 41m : 24s	08h : 18m : 21s	30.8%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 58m : 55s	09h : 00m : 49s	24.9%

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de Registro: 12/10/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	22081.4 HP
Fecha de simulación dinamica	16/12/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	24,303.00 m3
-------------------------	--------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	2,289.4 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.00 l/s	53.00 l/s	53.00 l/s	2,636.7 HP	219.8 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	2,677.8 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			62.00 l/s	62.00 l/s	62.00 l/s	3,663.0 HP	305.3 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	2,375.4 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			55.00 l/s	55.00 l/s	55.00 l/s	2,978.8 HP	248.3 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	1,857.4 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.00 l/s	43.00 l/s	43.00 l/s	2,818.5 HP	234.9 HP
NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	3,023.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			70.00 l/s	70.00 l/s	70.00 l/s	4,006.5 HP	333.9 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 41m : 35s	03h : 18m : 16s	72.5%	2,012.4 m ³	34
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.40 l/s	65.87 l/s	990.5 HP	82.6 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 20m : 09s	03h : 39m : 42s	69.5%	1,969.6 m ³	36
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.41 l/s	65.88 l/s	948.6 HP	79.1 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 18m : 40s	03h : 41m : 11s	69.3%	1,920.5 m ³	36
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.56 l/s	65.36 l/s	952.6 HP	79.4 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 19m : 03s	03h : 40m : 48s	69.3%	1,937.6 m ³	36
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.10 l/s	63.71 l/s	65.42 l/s	948.2 HP	79.0 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 59m : 52s	03h : 00m : 00s	75.0%	2,010.4 m ³	30
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.13 l/s	63.29 l/s	1,018.9 HP	84.9 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 54m : 27s	02h : 05m : 24s	82.6%	2,228.9 m ³	24
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.81 l/s	61.14 l/s	63.71 l/s	1,119.0 HP	93.3 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 18m : 16s	08h : 41m : 35s	27.5%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 39m : 42s	08h : 20m : 09s	30.5%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 41m : 11s	08h : 18m : 40s	30.7%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 40m : 48s	08h : 19m : 03s	30.7%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 00m : 00s	08h : 59m : 52s	35.0%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 05m : 24s	09h : 54m : 27s	17.4%

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de Registro: 13/10/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	21787.4 HP
Fecha de simulación dinamica	16/12/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	24,805.90 m3
-------------------------	--------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 24s	00h : 00m : 00s	100%	2,287.9 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.00 l/s	53.00 l/s	53.00 l/s	2,635.0 HP	219.8 HP
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 24s	00h : 00m : 00s	100%	2,676.0 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			62.00 l/s	62.00 l/s	62.00 l/s	3,660.6 HP	305.3 HP
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 24s	00h : 00m : 00s	100%	2,359.1 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			54.65 l/s	54.65 l/s	54.65 l/s	2,974.3 HP	248.1 HP
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 24s	00h : 00m : 00s	100%	1,856.0 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.00 l/s	43.00 l/s	43.00 l/s	2,830.8 HP	236.1 HP
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 24s	00h : 00m : 00s	100%	3,306.3 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			76.60 l/s	76.60 l/s	76.60 l/s	3,571.8 HP	297.9 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostal B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 50m : 25s	03h : 08m : 58s	73.7%	2,047.9 m ³	33
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.44 l/s	65.77 l/s	1,006.7 HP	84.0 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostal B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 30m : 09s	03h : 29m : 15s	70.9%	2,001.5 m ³	35
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.44 l/s	65.76 l/s	968.7 HP	80.8 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostal B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 28m : 58s	03h : 30m : 26s	70.7%	1,938.0 m ³	35
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.56 l/s	5.37 l/s	965.8 HP	80.5 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostal B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 30m : 29s	03h : 28m : 54s	71.0%	1,977.4 m ³	35
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.11 l/s	63.68 l/s	65.46 l/s	973.6 HP	81.2 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostal B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 15m : 07s	02h : 44m : 16s	77.2%	2,064.6 m ³	29
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.16 l/s	63.18 l/s	1,048.7 HP	87.5 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostal B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	10h : 07m : 53s	01h : 51m : 30s	84.5%	2,291.3 m ³	22
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.81 l/s	61.11 l/s	63.59 l/s	1,151.7 HP	96.1 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 08m : 58s	08h : 50m : 25s	26.3%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 29m : 15s	08h : 30m : 09s	29.1%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 30m : 26s	08h : 28m : 58s	29.3%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 28m : 54s	08h : 30m : 29s	29.0%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 44m : 16s	09h : 15m : 07s	22.8%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	01h : 51m : 30s	10h : 07m : 53s	25.5%

MODELAMIENTO DINAMICO - TAJO TAPADO OESTE

Fecha de Registro: 15/10/2020
 Programa: Pumpsim 3D
 Investigador: Bach. Jorge Anderson Gonzales Gonzales

GENERAL

Potencia total del sistema	21,273.1 HP
Fecha de simulación dinamica	16/12/2020
Tiempo de proceso de simulación dinamica	11h : 59m : 59s

Liquido Flujo

Volumen total de bombeo	24,240.20 m3
-------------------------	--------------

BOMBAS

SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

NOMBRE	BOMBA SUMERGIBLE	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TOPW-19	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	2,289.4 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			53.00 l/s	53.00 l/s	53.00 l/s	2,636.7 HP	219.8 HP
TOPW-21	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	2,677.8 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			62.00 l/s	62.00 l/s	62.00 l/s	3,663.0 HP	305.3 HP
TOPW-22	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	2,073.3 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			48.00 l/s	48.00 l/s	48.00 l/s	2,602.6 HP	216.9 HP
TOPW-23	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	1,857.4 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			43.00 l/s	43.00 l/s	43.00 l/s	2,818.6 HP	234.9 HP
TOPW-24	1 x Hydroflo Pumps 9HL (8 Etapas)	Impulsor de 6.88"	11h : 59m : 52s	00h : 00m : 00s	100%	3,282.5 m3	1
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			76.00 l/s	76.00 l/s	76.00 l/s	3,574.8 HP	298.0 HP

BOMBAS

PUMPING SYSTEM							
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-01	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h:40m:56s	03h:18m:55s	72.4%	2,012.4 m ³	34
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.76 l/s	63.39 l/s	65.85 l/s	996.8 HP	83.1 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-02	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 19m : 27s	03h : 40m : 24s	69.4%	1,975.5 m ³	36
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			65.85 l/s	63.42 l/s	69.77 l/s	948.6 HP	79.1 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-03	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 17m : 56s	03h : 41m : 56s	69.2%	1,924.3 m ³	36
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			69.77 l/s	63.57 l/s	65.25 l/s	949.3 HP	79.1 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-04	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 19m : 17s	03h : 40m : 35s	69.4%	1,925.2 m ³	36
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			67.92 l/s	63.68 l/s	65.28 l/s	940.2 HP	78.4 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-05	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	08h : 58m : 52s	03h : 01m : 00s	74.9%	2,015.5 m ³	31
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.80 l/s	61.11 l/s	63.35 l/s	1,027.1 HP	85.6 HP
NOMBRE	BOMBA TURBINA VERTICAL	IMPULSOR	Tiempo Encendido	Tiempo Apagado	Tiempo de Operación	Volumen Total	Cuenta Interruptor
TR-06	1 x Hidrostral B14C-M-06/12DX	Impulsor de 1.38"	09h : 48m : 53s	02h : 10m : 58s	81.8%	2,206.9 m ³	24
			Flujo Máximo	Flujo Mínimo	Flujo promedio	Potencia Total	Potencia por Hora
			68.81 l/s	61.12 l/s	63.70 l/s	1,113.7 HP	92.8 HP

TANQUES DE REBOMBEO

PUMPING SYSTEM				
NOMBRE	TANQUE	Tiempo de llenado	Tiempo de vaseado	Tiempo muerto
TR-01	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 18m : 55s	08h : 40m : 56s	27.6%
TR-02	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 40m : 24s	08h : 19m : 27s	30.6%
TR-03	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 41m : 56s	08h : 17m : 56s	30.8%
TR-04	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 40m : 35s	08h : 19m : 17s	30.6%
TR-05	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	03h : 01m : 00s	08h : 58m : 52s	25.1%
TR-06	1 x Tanque de rebombeo 3x3x2.50	02h : 10m : 58s	09h : 48m : 53s	18.2%

**Anexo 6. Verificación y validación en
dinámica computacional de fluidos
ASME V Y V20**

VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN EN DINÁMICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS - ASME V y V20

Fecha de registro: 14/09/2020

POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado										
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	41.00	41.00	53.00	53.00	63.00	63.00	48.30	48.30	43.00	43.01	50.00	50.0
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2870	2870	2880	12.3
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.14	-	7.33	13.10	12.3

Fecha de registro: 19/09/2020

POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado										
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	41.00	41.00	53.00	53.00	64.00	64.00	49.00	49.00	43.00	43.00	50.00	50.01
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	2880	2880
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.14	-	7.33	13.44	12.29

Fecha de registro: 20/09/2020

POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado										
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	41.80	41.80	53.00	53.00	63.00	63.00	49.00	49.00	43.00	43.00	50.00	50.01
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	2880	2880
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.14	-	7.33	13.44	12.29

Fecha de registro: 22/09/2020

POZO	TOPW -17		TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado										
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	42.00	42.00	53.00	53.00	63.00	63.00	48.90	48.90	43.00	43.00	55.00	55.00
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	3000	3000
PRESION (bar)	13.79	13.28	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.15	-	7.33	13.44	12.33

VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN EN DINÁMICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS - ASME V y V20

Fecha de registro: 23/09/2020

POZO	TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado								
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	53.00	53.00	63.00	63.00	49.40	49.40	43.00	43.00	55.00	55.00
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	3000	3000
PRESION (bar)	-	12.24	11.03	11.37	11.03	12.15	-	7.33	13.44	12.33

Fecha de registro: 12/10/2020

POZO	TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado								
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	53.00	53.00	62.00	62.00	55.00	55.00	43.00	43.00	70.00	70.00
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	3360	3360	3000	3000	2970	2970	3300	3300
PRESION (bar)	-	12.24	11.03	11.36	11.03	12.16	-	7.33	13.79	12.47

Fecha de registro: 13/10/2020

POZO	TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado								
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	53.00	53.00	62.00	62.00	54.70	54.70	43.00	43.00	76.60	76.60
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	3360	3360	3000	3000	2975	2975	3180	3180
PRESION (bar)	-	12.24	11.03	11.36	11.03	12.18	-	7.33	13.44	12.54

Fecha de registro: 15/10/2020

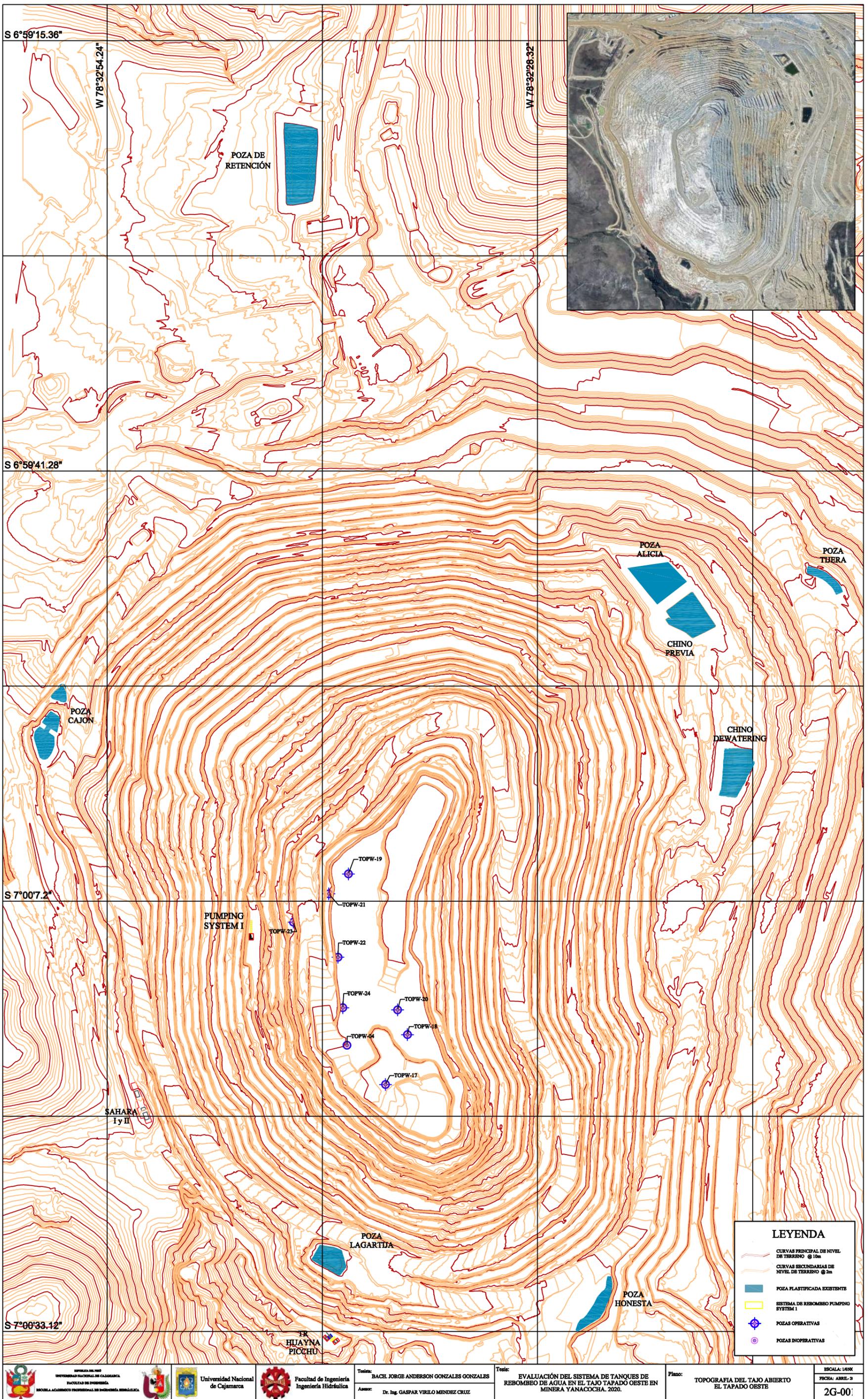
POZO	TOPW -19		TOPW -21		TOPW -22		TOPW -23		TOPW -24	
	Registrado	Modelado								
FLUJO INSTANTANEO (l/s)	53.00	53.00	62.00	62.00	48.00	48.00	43.00	43.00	76.00	76.00
FRECUENCIA (RPM)	2880	2880	3360	3360	2880	2880	2970	2970	3180	3180
PRESION (bar)	-	12.24	11.03	11.36	11.03	12.17	-	7.33	13.44	12.53

**Anexo 7. Protocolo de evaluación para sistemas de tanques de rebombeo a tajo
abierto “Tapado Oeste”**

El protocolo de evaluación tendrá como finalidad brindar instrucciones, normativas o reglas sobre los sistemas de bombeo. Evitando los principales problemas que pueden suceder en el sistema de tanques de rebombeo (TR) en el tajo “Tapado Oeste”, los principales puntos de análisis serán:

1. Instalación del sistema de tanques de rebombeo
2. En las bombas:
 - 2.1. Problema: cavitación
 - 2.2. Problema: cabeza de succión insuficiente
3. En las tuberías:
 - 3.1 Problema: tuberías de bloqueo de aire
4. En las válvulas:
 - 4.1 Problema: purga de presión a través de válvulas de retención
5. En el caudal:
 - 5.1 Problema: flujo mínimo
6. En los sedimentos:
 - 6.1 Problema: sedimentos, escombros y pantallas
7. En la operación:
 - 7.1 Problema: error del operador
 - 7.2 Problema: golpe de ariete
 - 7.3 Problema: cebado
8. Mantenimiento del sistema de bombeo
9. Seguridad y control de riesgos del sistema de bombeo

Anexo 8. Planos de tuberías, ubicación de pozos, tanques y pozas de rebombeo



S 6°59'15.36"

W 78°32'54.24"

W 78°32'28.32"

S 6°59'41.28"

S 7°00'7.2"

S 7°00'33.12"

POZA DE
RETENCIÓN

POZA
ALICIA

POZA
THERA

POZA
CAJON

CHINO
PREVIA

CHINO
DEWATERING

PUMPING
SYSTEM I

TOPW-19

TOPW-21

TOPW-23

TOPW-22

TOPW-24

TOPW-20

TOPW-04

TOPW-18

TOPW-17

SAHARA
I y II

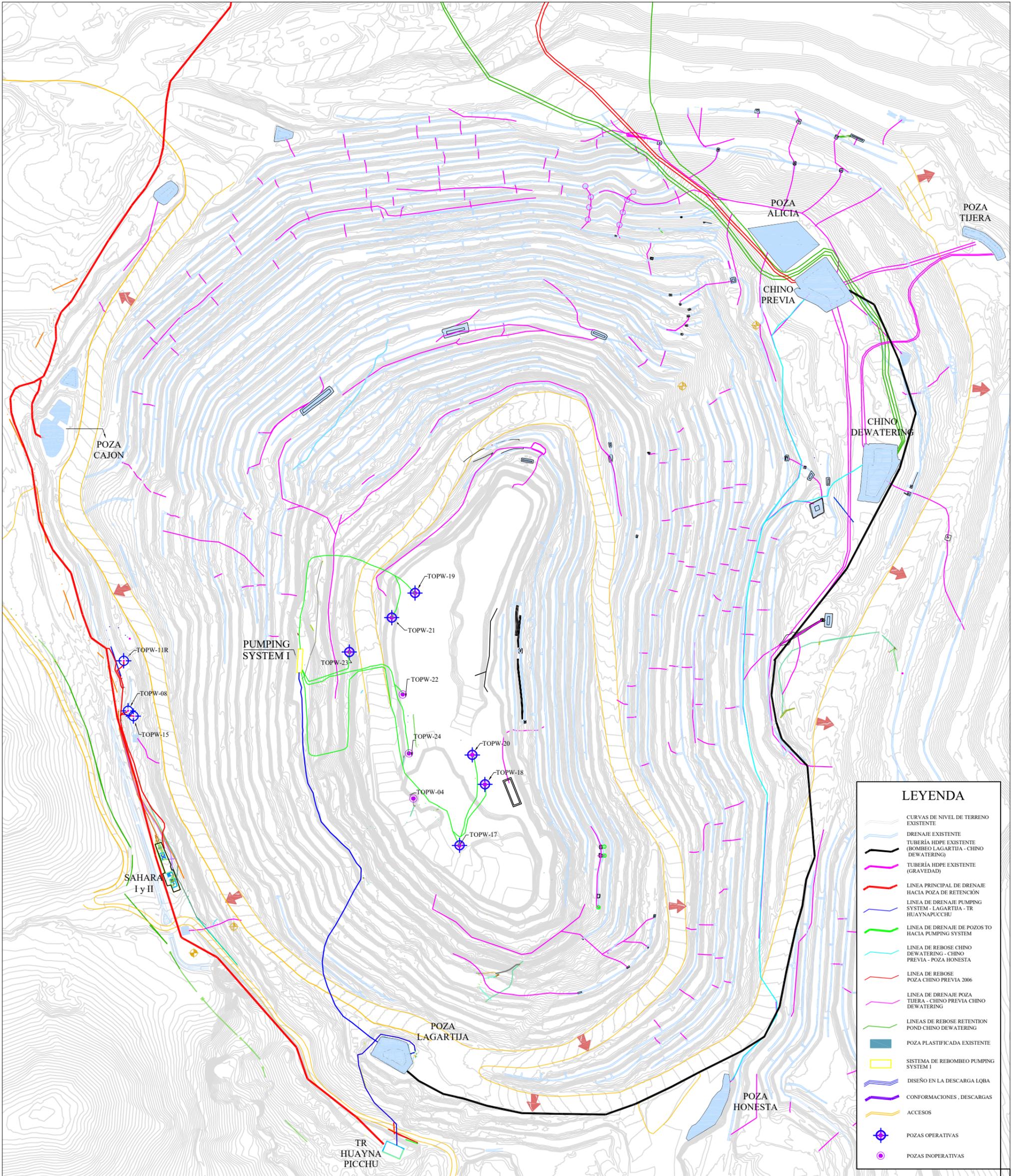
POZA
LAGARTIJA

POZA
HONESTA

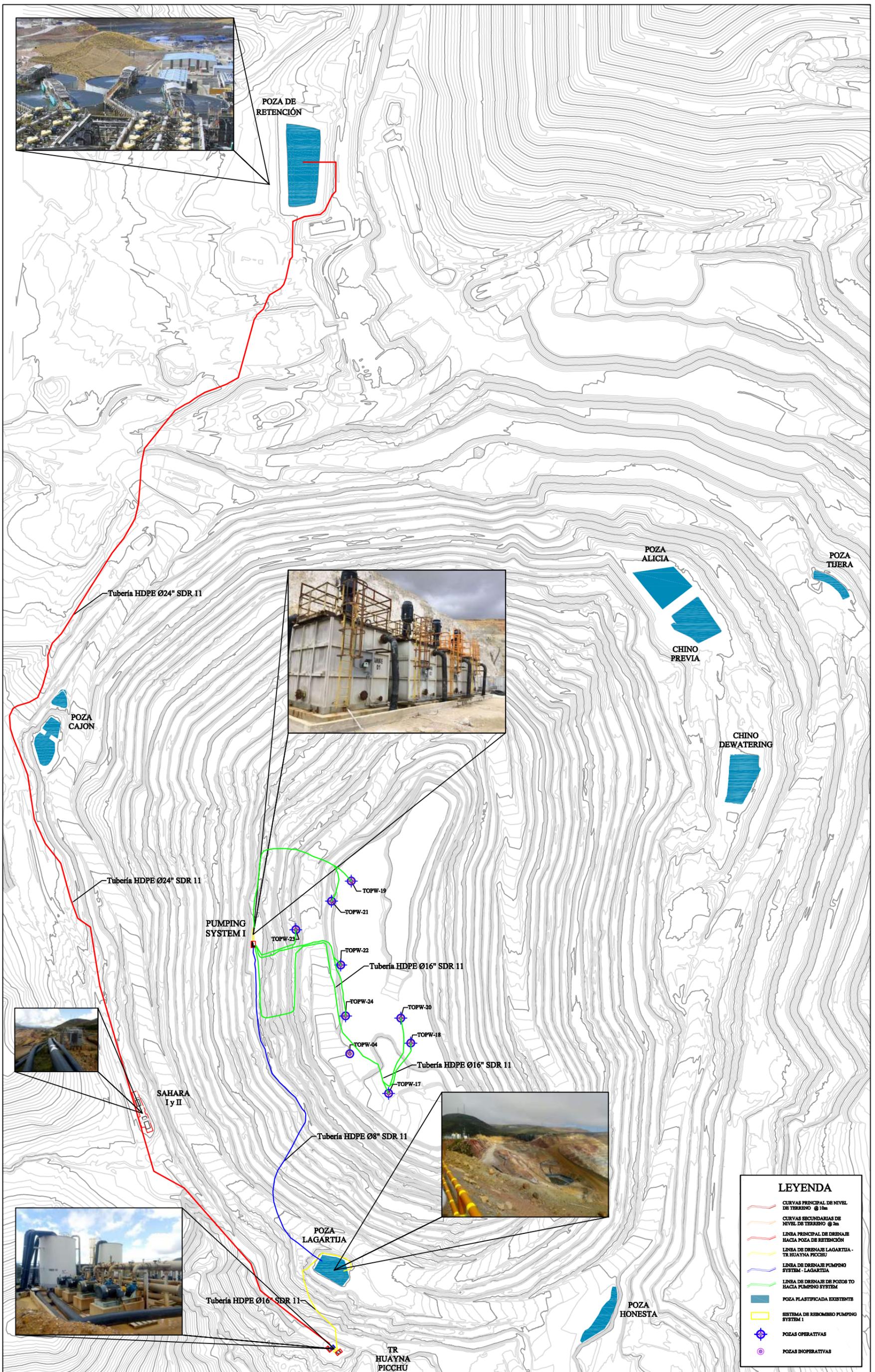
TR
HUAYNA
PICCHU

LEYENDA

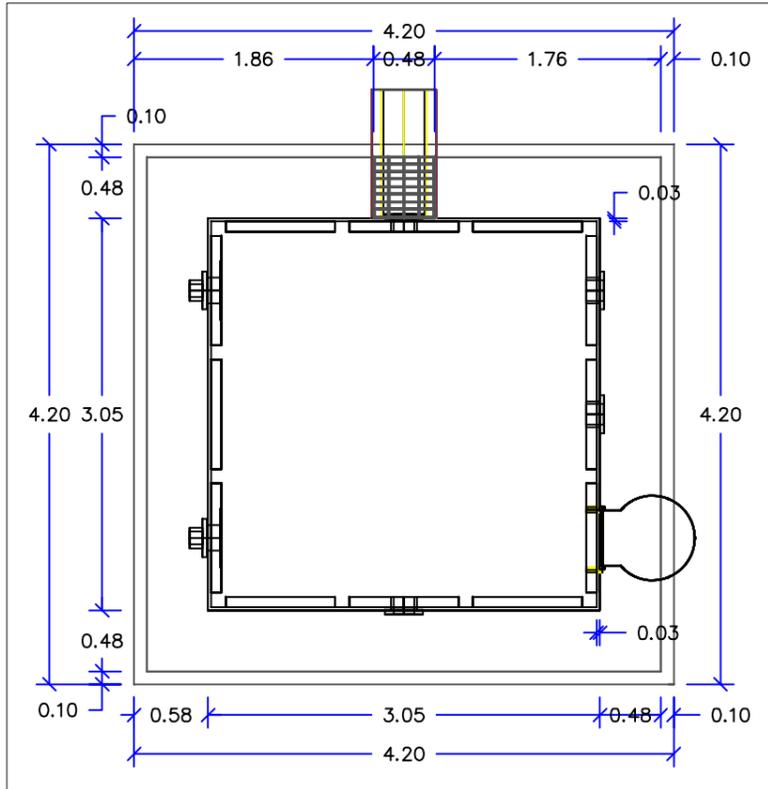
-  CURVAS PRINCIPAL DE NIVEL DE TERRENO @ 10m
-  CURVAS SECUNDARIAS DE NIVEL DE TERRENO @ 2m
-  POZA PLASTIFICADA EXISTENTE
-  SISTEMA DE REBOMBEO PUMPING SYSTEM I
-  POZAS OPERATIVAS
-  POZAS INOPERATIVAS



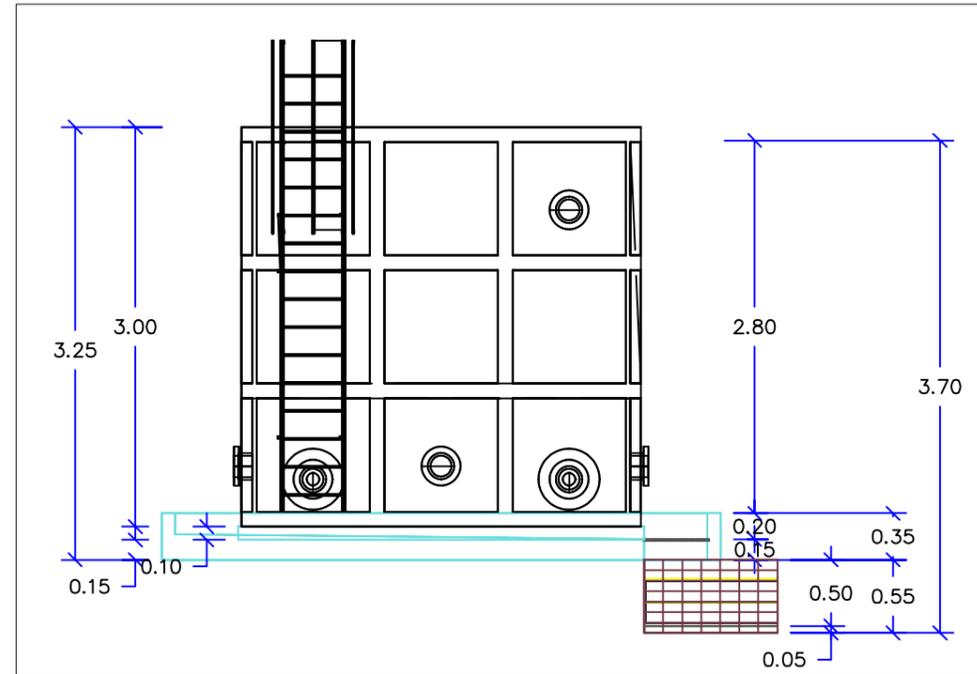
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE TERRENO EXISTENTE
	DRENAJE EXISTENTE
	TUBERÍA HDPE EXISTENTE (BOMBEO LAGARTIJA - CHINO DEWATERING)
	TUBERÍA HDPE EXISTENTE (GRAVEDAD)
	LINEA PRINCIPAL DE DRENAJE HACIA POZA DE RETENCION
	LINEA DE DRENAJE PUMPING SYSTEM - LAGARTIJA - TR HUAYNAPICCHU
	LINEA DE DRENAJE DE POZOS TO HACIA PUMPING SYSTEM
	LINEA DE REBOSE CHINO DEWATERING - CHINO PREVIA - POZA HONESTA
	LINEA DE REBOSE POZA CHINO PREVIA 2006
	LINEA DE DRENAJE POZA TIJERA - CHINO PREVIA CHINO DEWATERING
	LINEAS DE REBOSE RETENTION POND CHINO DEWATERING
	POZA PLASTIFICADA EXISTENTE
	SISTEMA DE REBOMBEO PUMPING SYSTEM I
	DISEÑO EN LA DESCARGA LQBA
	CONFORMACIONES, DESCARGAS
	ACCESOS
	POZAS OPERATIVAS
	POZAS INOPERATIVAS



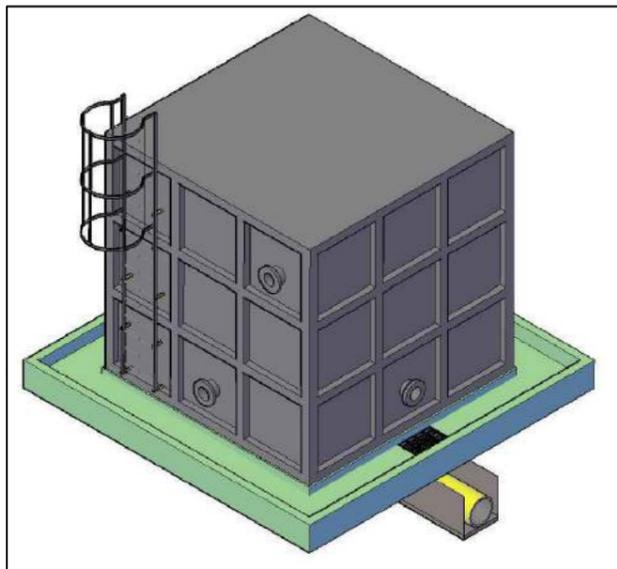
LEYENDA	
	CURVAS PRINCIPAL DE NIVEL DE TERRENO @ 10m
	CURVAS SECUNDARIAS DE NIVEL DE TERRENO @ 2m
	LÍNEA PRINCIPAL DE DRENAJE HACIA POZA DE RETENCIÓN
	LÍNEA DE DRENAJE LAGARTIJA - TR HUAYNA PICCHU
	LÍNEA DE DRENAJE PUMPING SYSTEM - LAGARTIJA
	LÍNEA DE DRENAJE DE POZOS TO HACIA PUMPING SYSTEM
	POZA PLASTIFICADA EXISTENTE
	SISTEMA DE REBOMBEO PUMPING SYSTEM I
	POZAS OPERATIVAS
	POZAS INOPERATIVAS



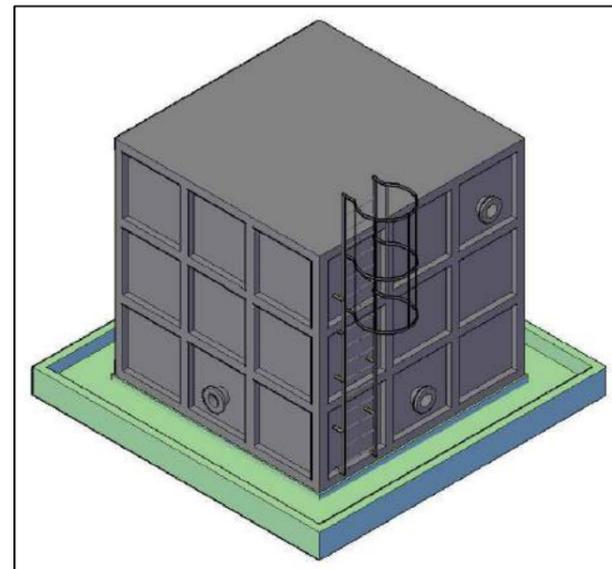
VISTA EN PLANTA
Escala : 1/50



VISTA LATERAL
Escala : 1/50



VISTA ISOMETRICA (W-S)
Escala : 1/50



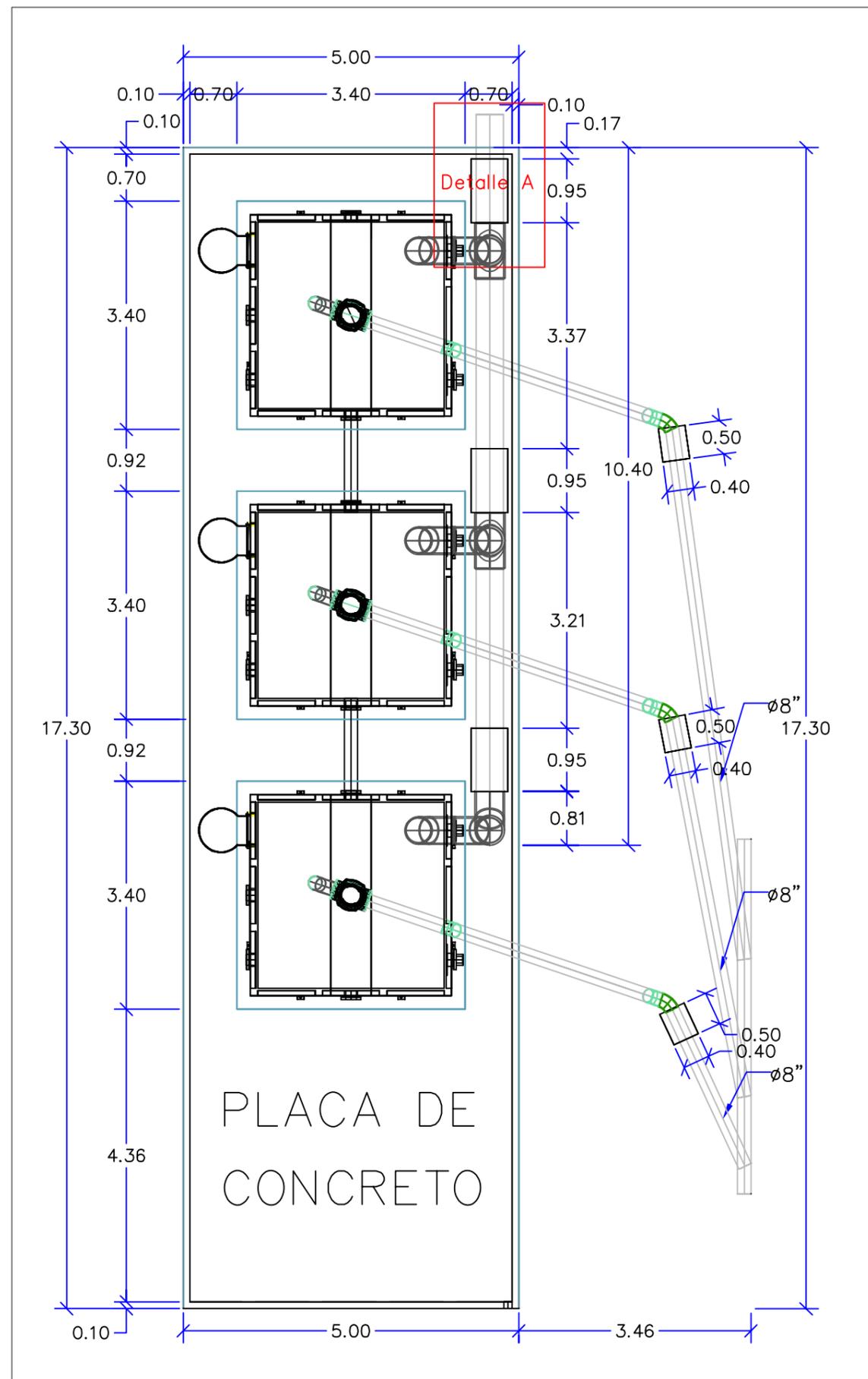
VISTA ISOMETRICA (S-E)
Escala : 1/50

Características Técnicas

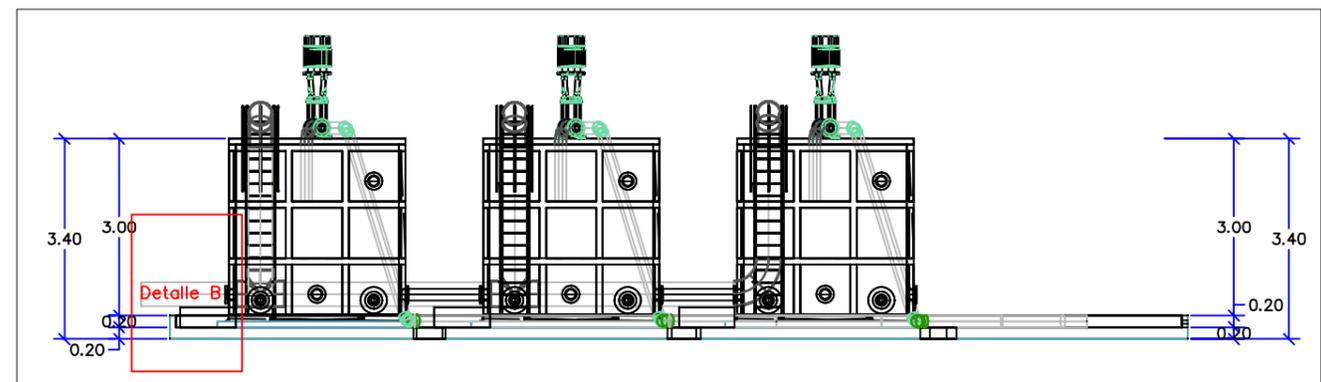
- Tanque de 24 m³ de capacidad (3.0 m x 3.0 m de base x 3.0 m de altura)
- Fabricado con planchas de acero inoxidable de 1/4" espesor y soportes de 3"x3".



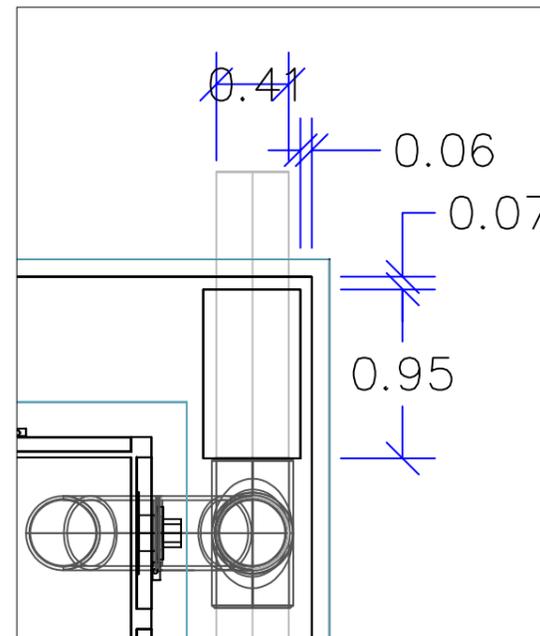
FOTOGRAFIA



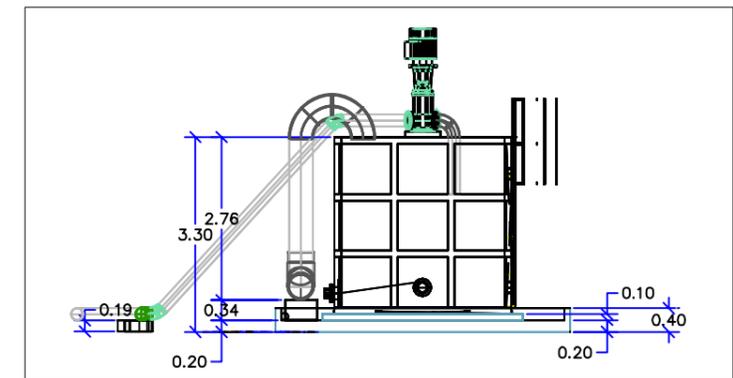
VISTA EN PLANTA
Escala : 1/80



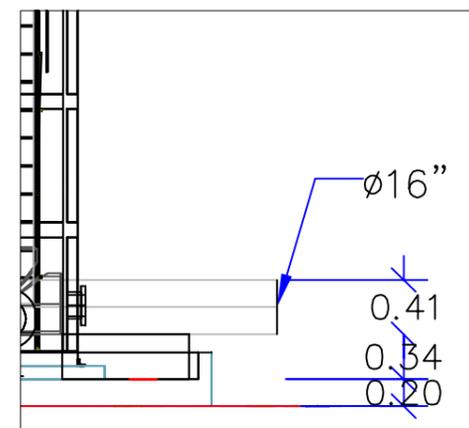
VISTA LATERAL
Escala : 1/120



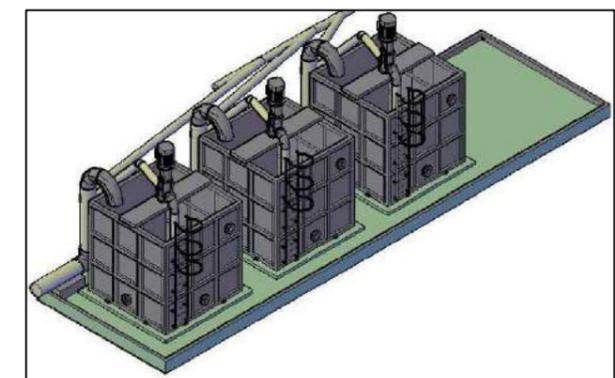
DETALLE - SECCIÓN A
Escala : 1/160



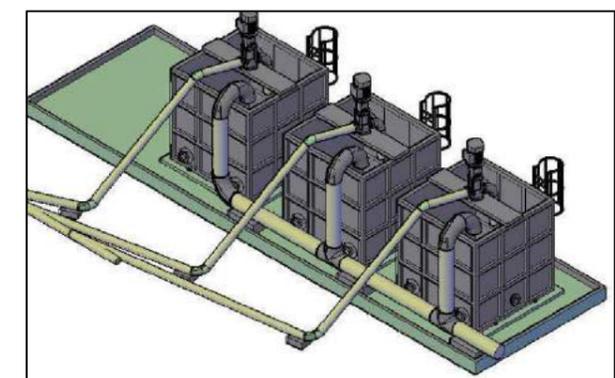
VISTA LATERAL
Escala : 1/120



DETALLE - SECCIÓN B
Escala : 1/120



VISTA ISOMETRICA (S-E)

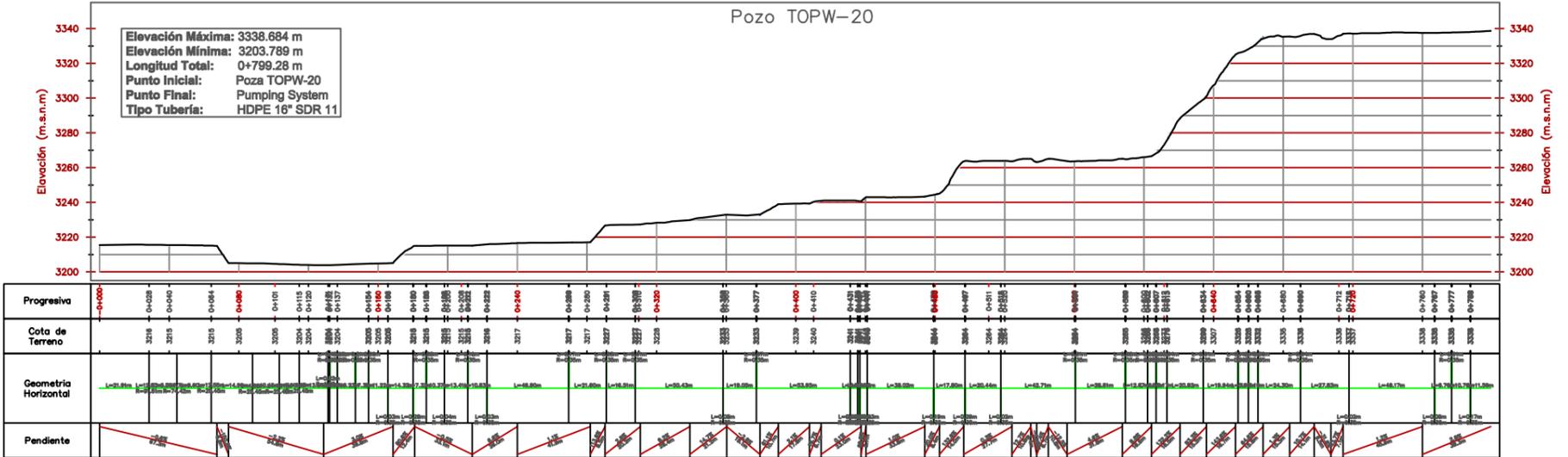


VISTA ISOMETRICA (N-E)



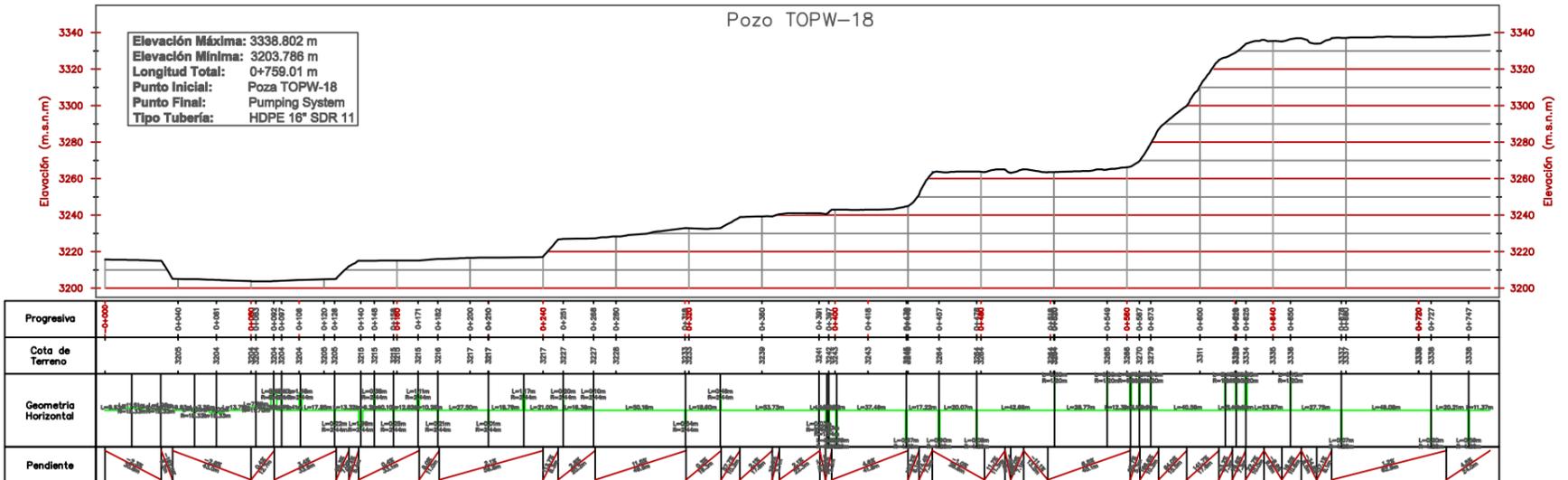
PERFIL LONGITUDINAL DE TUBERÍA

Pozo TOPW-20



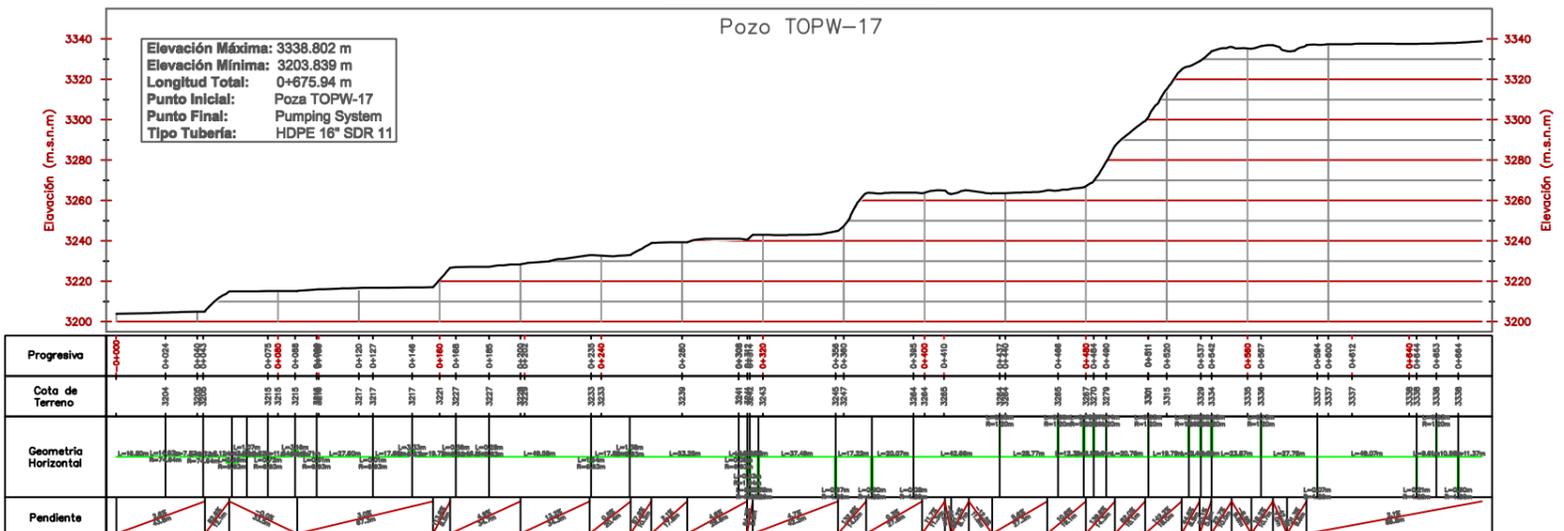
PERFIL LONGITUDINAL DE TUBERÍA

Pozo TOPW-18



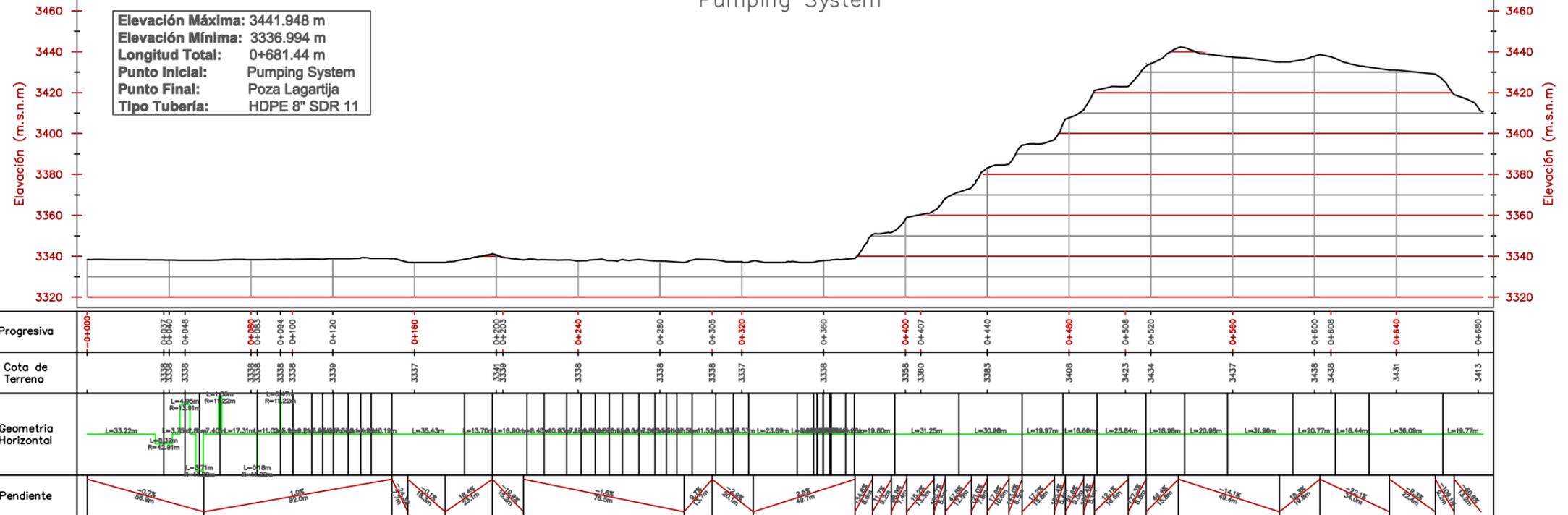
PERFIL LONGITUDINAL DE TUBERÍA

Pozo TOPW-17



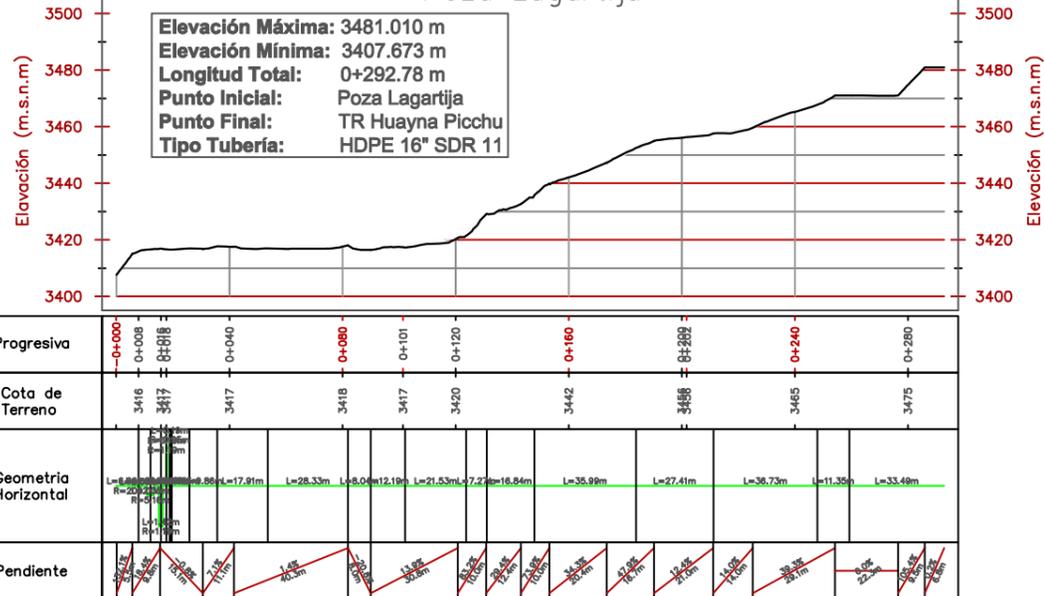
PERFIL LONGITUDINAL DE TUBERÍA

Pumping System



PERFIL LONGITUDINAL DE TUBERÍA

Poza Lagartija



PERFIL LONGITUDINAL DE TUBERÍA

Pozo TOPW-23

