

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto técnico previo a la obtención del título de

INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE AGUA
POTABLE DE SUMAK YAKU EN EL CANTÓN OTAVALO BARRIO ARAQUE**

AUTORES:

ALEX SANTIAGO ANTAMBA PULLA

ESTUARDO FABRICIO RODRÍGUEZ SANMARTÍN

TUTOR:

ING. CHRISTIAN ALEXANDER ANRANGO MEDINA M.Sc., M.E.R.

Quito, Enero 2017

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores, Alex Santiago Antamba Pulla y Estuardo Fabricio Rodríguez Sanmartín.

Los conceptos desarrollados, análisis, cálculos realizados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.



Ing. Christian Anrango M.Sc., M.E.R.

TUTOR DEL PROYECTO TÉCNICO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

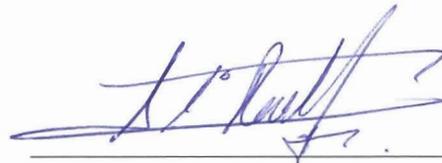
Nosotros, Alex Santiago Antamba Pulla y Estuardo Fabricio Rodríguez Sanmartín., declaramos, bajo juramento, que la investigación realizada es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada y que se han consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

A través de esta declaración cedemos el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo, a la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y normativa vigentes.



Alex Santiago Antamba Pulla

C.I. 1900480607



Estuardo Fabricio Rodríguez Sanmartín

C.I. 1725389397

Quito, Enero del 2017

DEDICATORIA:

El presente trabajo va dedicado a Dios y a mi familia, principalmente, a mis padres Raúl y Livia quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos de motivación e inspiración, a pesar de las circunstancias; además a mis hermanos Steve y Michael que fueron un empuje en mi carrera; y, por último, a alguien especial que me ha apoyado desde el cielo: ¡A ti hermanito Cristian por ser cada día mi fortaleza cuando más lo necesitaba!

También, a mi querida esposa, Paola Yacelga por acompañarme en todo momento.

Alex Santiago

DEDICATORIA:

El presente trabajo va dedicado Dios y a mi familia, fuente principal de motivación e inspiración; en especial a mis padres Jimmy y Esthela, a mi hermanita Carolina y a mi sobrino Alejandro, quienes han sido los cimientos para que yo pueda ser el hombre que soy ahora.

Estuardo Fabricio

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana por habernos permitido el aprendizaje durante todos estos años dentro de la institución y a todos los profesores que permitieron esto, impartiendo sus experiencias y conocimiento.

También de manera especial a nuestro tutor el Ingeniero Christian Anrango M.Sc., M.E.R. por ser una guía durante el desarrollo del presente trabajo y por el compromiso mostrado para culminar esta etapa.

Alex y Fabricio

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1.....	2
EMPRESA SUMAK YAKU.....	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Definición	3
1.3 Localización	4
1.4 Importancia	5
1.5 Características	6
CAPÍTULO II	7
SISTEMA DE BOMBEO	7
2.1 Definición.....	7
2.2 Partes del sistema de bombeo	9
2.3 Mantenimiento de cada zona.....	15
2.3.1 Mantenimiento preventivo de redes de distribución de agua.	15
2.4 Impacto ambiental	15
2.5 Diagrama del sistema de bombeo	16
CAPÍTULO III.....	18
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA RED DE AGUA.....	18
3.1 Tuberías.....	18

3.1.1 Tramo 1.	20
3.1.2 Tramo 2.	20
3.1.3 Tramo 3.	20
3.1.4 Tramo 4.	21
3.1.5 Tramo 5.	21
3.1.6 Tramo 6.	22
3.1.7 Tramo 7.	22
3.1.8 Tramo 8.	22
3.1.9 Tramo 9.	23
3.1.10 Tramo 10.	23
3.1.11 Tramo 11.	23
3.1.12 Tramo 12.	24
3.1.13 Tramo 13.	24
3.2 Válvulas	24
3.2.1 Válvula check.	24
3.2.1.1 Características.	25
3.2.2 Válvula ventosa automática.	26
3.2.2.1 Descripción.	26
3.2.3 Válvula de compuerta de sello elástico.	30
3.2.3.1 Norma AWWA C – 509.	31

3.2.4	Válvula de compuerta de asientos metálicos.	33
3.2.5	Válvula de compuerta de latón.	34
3.2.5.1	<i>Especificaciones técnicas.</i>	34
3.2.5.2	<i>Materiales.</i>	34
3.2.5.3	<i>Dimensiones totales.</i>	36
3.3	Motores	37
3.3.1	Especificaciones motor - primera zona.	37
3.3.1.1	<i>Precauciones.</i>	38
3.3.1.2	<i>Aplicaciones.</i>	39
3.3.2	Motor de 300 Hp a 60 Hz (marca Marathon).	39
3.4	Bombas	39
3.4.1	Aplicaciones.	41
3.4.2	Descripción y construcción de la bomba.	42
3.4.3	Apoyo del eje.	43
3.4.4	Presión máxima de trabajo (bar).	43
3.4.5	Sentido de giro.	43
3.4.6	Cierre del eje.	43
3.5	Energía	46
3.5.1	Bomba centrífuga.	46
3.5.2	Motor eléctrico.	47

3.5.2.1 <i>Energía magnética</i>	48
3.5.2.2 <i>Balance de energía en un motor.</i>	48
3.5.3. Consumo de energía del sistema	50
3.5.3.1 <i>Zona 1 – Bomba de 300 HP.</i>	51
3.5.3.2 <i>Zona 2 – 2 Bombas en serie de 125 HP respectivamente.</i>	51
3.6 Rendimiento del sistema	52
3.6.1. Bomba centrífuga	52
3.6.1.1 <i>Determinación de la eficiencia de una bomba centrífuga.</i>	52
3.6.1.2 <i>Predicción de eficiencias en bombas centrífugas.</i>	52
3.6.1.3 <i>Factores que afectan la eficiencia de una bomba centrífuga.</i>	52
3.6.1.3.1 <i>Perdidas volumétricas.</i>	52
3.6.1.3.2 <i>Perdidas hidráulicas.</i>	53
3.6.1.3.3 <i>Cavitación.</i>	53
3.6.2 Eficiencia del sistema de bombeo.....	53
3.6.2.1 <i>Rendimiento en la zona 1.</i>	54
3.6.2.2 <i>Rendimiento en la zona 2.</i>	54
CAPÍTULO IV	56
ANÁLISIS DE INFORMACIÓN Y RESULTADOS	56
4.1 Software Epanet 2.0	56
4.2 Simulación de la zona 1, zona 2, y tanques gemelos en software Epanet 2.0.....	57

4.3 Análisis de parámetros obtenidos	62
4.3.1 Presiones.	62
4.3.2 Tiempo en función del caudal para el llenado.	62
4.4 Descripción de nuevas tecnologías	63
4.4.1 Arrancadores suaves.	63
4.4.2 Sirius 3RW40.	64
4.4.3 Selección de una nueva bomba centrífuga para la zona 1.	65
<i>4.4.3.1 Bomba centrífuga a utilizar.</i>	65
<i>4.4.3.2 Caudal de bombeo.</i>	66
<i>4.4.3.3 Curva característica de la bomba seleccionada.</i>	66
4.4.4 Simulación del sistema con la nueva bomba en Epanet 2.0.	68
4.5 Funcionamiento del sistema.....	71
4.5.1 Arrancador suave 3RW40.	71
4.5.2 Bomba centrífuga Bomba tipo: NOWA 200500.	71
Ventajas y desventajas	73
Ventajas.....	73
Desventajas	74
Conclusiones	75
Recomendaciones.....	76
REFERENCIAS	77

ANEXOS82

ANEXO 1.....83

ANEXO 2.....88

ANEXO 3.....90

ANEXO 4.....95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones tubería nudo E0 a B1	20
Tabla 2. Dimensiones tubería nudo B1 a B2	20
Tabla 3. Dimensiones tubería nudo B2 a E8 (TR.1).....	20
Tabla 4. Dimensiones tubería nudo B2 a E8 (TR.2).....	21
Tabla 5. Dimensiones tubería T.R 300m ³ a B'1	21
Tabla 6. Dimensiones tubería B'1 a E1.	21
Tabla 7. Dimensiones tubería E1 a E6.	22
Tabla 8. Dimensiones tubería E6 a E7.	22
Tabla 9. Dimensiones tubería nudo 337 a E1.	22
Tabla 10. Dimensiones tubería nudo 337 a E2.	23
Tabla 11. Dimensiones tubería nudo 337 a E4.	23
Tabla 12. Dimensiones tubería E8 a nudo 394.	23
Tabla 13. Dimensiones tubería E8 a E5.	24
Tabla 14. Dimensiones tubería desde 168 – A a E5.	24
Tabla 15. Especificaciones de medidas y pesos.....	28
Tabla 16. Lista de piezas y especificaciones.....	29
Tabla 17. Partes.....	32
Tabla 18. Especificaciones.....	37
Tabla 19. Características del motor.....	38
Tabla 20. Denominación de la bomba.....	41
Tabla 21. Datos de la bomba.....	41
Tabla 22. Régimen de velocidad.....	45

Tabla 23. Características de las tuberías	62
Tabla 24. Cálculo de tiempo en función del caudal	62
Tabla 25. Cálculo de tiempo en función del caudal	63
Tabla 26. Consumo de energía con la bomba actual.....	71
Tabla 27. Consumo de energía con la nueva bomba seleccionada	72
Tabla 28. Comparación económica de la bomba de 300 HP y la bomba de 200 HP.....	72
Tabla 29. Especificación aproximada del costo de la bomba de 200 HP	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lugar donde se realiza el pago de consumo de agua.....	3
Figura 2. Vista de la ubicación de la estación de bombeo	4
Figura 3. Descripción de un sistema de bombeo	8
Figura 4. Valor de altitud zona 1.....	9
Figura 5. Se muestra los elementos existentes	10
Figura 6. Sistema de bombeo en la primera zona	11
Figura 7. Botones y luces del tablero principal de la zona 1.....	11
Figura 8. Valor de altitud zona 2.....	12
Figura 9. Se muestra tuberías y motores	13
Figura 10. Distribución a comunidades cercanas.....	13
Figura 11. Valor de altitud zona 3.....	14
Figura 12. Ubicación Tanques “Gemelos”	14
Figura 13. Descripción del sistema de bombeo	16
Figura 14. Principales productos HF.....	18
Figura 15. Productos PVC	19
Figura 16. Válvula check	25
Figura 17. Diagrama de la válvula	25
Figura 18. Válvula ventosa automática.....	26
Figura 19. Diagrama de la válvula	29
Figura 20. Diagrama presión – caudal	30
Figura 21. Válvula de compuerta en el lugar instalado.....	30
Figura 22. Gráfico de la válvula.....	31

Figura 23. Válvula de compuerta con vástago fijo	32
Figura 24. Válvula en el lugar de instalación.....	33
Figura 25. Detalle de válvula	33
Figura 26. Indicación de la válvula	34
Figura 27. Descripción.....	35
Figura 28. Especificación de cada material.....	35
Figura 29. Dimensiones	36
Figura 30. Especificaciones de las dimensiones	36
Figura 31. Datos del motor en la primera zona.....	37
Figura 32. Datos del motor.....	39
Figura 33. Bomba de tipo Nowa 20050	40
Figura 34. Datos de la bomba en la primera zona.....	40
Figura 35. Bomba centrífuga	43
Figura 36. Especificación de las partes de la bomba	44
Figura 37. Campos de aplicación de las bombas.	45
Figura 38. Arreglo Impulsor – Voluta.....	46
Figura 39. Balance energético de la bomba	47
Figura 40. Motor acoplado a la bomba	48
Figura 41. Consumo de energía del mes de agosto del 2016 en la zona1	51
Figura 42. Consumo de energía del mes de agosto del 2016 en la zona 2.....	51
Figura 43. Daños ocasionados por cavitación.....	53
Figura 44. Representación en el software Epanet 2.0.....	57
Figura 45. Representación de caudales en el software Epanet 2.0.....	58
Figura 46. Especificaciones de valores de longitud, diámetro y rugosidad	59

Figura 47. Especificaciones de valores de caudal, velocidad, pérdidas y factor de fricción	60
Figura 48. Especificaciones de valores de presión.....	61
Figura 49. Arrancador suave para motores de hasta 560kW	64
Figura 50. Especificaciones del arrancador suave a utilizar.	65
Figura 51. Curva característica para determinar la cabeza (head) en función del caudal	66
Figura 52. Curva característica para determinar la potencia en función del caudal.	67
Figura 53. Representación de caudales con la nueva bomba indicada en la zona 1 en el software Epanet 2.0.....	68
Figura 54. Especificaciones de valores con la nueva bomba de la zona 1 de caudal, velocidad, pérdidas y factor de fricción	69
Figura 55. Especificaciones de valores de presión con la nueva bomba de la zona 1	70

RESUMEN

El presente trabajo contempla el estudio para el análisis y optimización de la red de agua potable de Sumak Yaku, dentro del cual en el capítulo 1 se habla de manera general sobre la Junta administrativa de Sumak Yaku, sus antecedentes, ubicación geográfica, importancia y características.

El capítulo 2 estudia principalmente el sistema de bombeo, especifica la zona 1 (captación), la zona 2 (depósito e impulsión), la cual llega a los tanques “GEMELOS”, de los cuales se distribuye el agua a las comunidades.

El capítulo 3 indica las especificaciones técnicas de las tuberías (longitudes y diámetros), motor-bomba (potencia, caudal y frecuencia), válvulas (tipos), vertiente y depósitos.

Además el análisis del consumo total de energía en el sistema de bombeo (zona 1 y zona 2).

El capítulo 4 abarca el análisis de resultados del actual sistema de bombeo mediante el software Epanet 2.0, nos especifica tablas de presiones, caudales, rugosidad de las tuberías utilizadas en sus diferentes zonas. Posteriormente se indica las tecnologías para mejorar y optimizar el sistema de bombeo como lo es un arrancador suave y la selección de una nueva bomba con sus respectivas curvas características y especificaciones técnicas.

Finalmente como anexos se tiene los planos técnicos que permiten visualizar de una mejor manera como es el sistema de bombeo, así también las especificaciones técnicas de la bomba y el arrancador suave a utilizar obtenidas de sus respectivos catálogos.

Palabras claves: estudio, análisis, optimización, red, agua, potable.

ABSTRACT

The present work considers the study for the analysis and optimization of the drinking water network of Sumak Yaku within which chapter 1 speaks generally about the Sumak Yaku administrative board, its background, geographical location, importance and characteristics.

Chapter 2 mainly studies the pumping system, specifies zone 1 (catchment), zone 2 (tank and discharge), which reaches to the "TWINS" tanks, from which water is distributed to the communities.

Chapter 3 indicates the technical specifications of the pipelines (lengths and diameters), motor-pump (power, flow and frequency), valves (types), slope and deposits.

In addition the analysis of the total energy consumption in the pumping system (zone 1 and zone 2).

Chapter 4 covers the analysis of the results of the current pumping system using Epanet 2.0 software, specifies tables of pressures, flow rates and roughness of the pipes used in their different zones. Later it indicates the technologies to improve and optimize the pumping system as it is a soft starter and the selection of a new pump with their respective characteristic curves and technical specifications.

Finally, as technical annexes, it is possible to visualize the pumping system in a better way, as well as the technical specifications of the pump and the soft starter to be used obtained from their respective catalogs.

Key words: study, analysis, optimization, network, water, potable.

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Titulación tiene por objetivo analizar la situación actual de la red de bombeo de agua potable perteneciente a Sumak Yaku en el sector de Otavalo, barrio Araque durante el año 2016, con el fin de optimizar su proceso mediante el empleo de tecnologías conocidas. Entre los objetivos específicos estuvo diagnosticar la situación actual de la Red de Bombeo de agua potable perteneciente a Sumak Yaku, identificar los componentes que forman parte del sistema de bombeo, con sus respectivas especificaciones técnicas, identificar las causas del elevado consumo de energía eléctrica, verificar si el sistema de agua potable posee un programa de mantenimiento preventivo, realizar un análisis financiero del uso del agua potable, beneficiar a la comunidad con el estudio adecuado para la optimización del sistema de bombeo de agua potable.

El sistema de bombeo consta de tres zonas, una respecto de la otra, a una distancia de 500 metros, aproximadamente. En la primera zona se encuentra la vertiente de donde el agua es transportada mediante una bomba hacia la segunda zona en la cual parte del agua se deposita, y es bombeada hacia unos tanques en la tercera zona conocidos como “GEMELOS”; posteriormente, el agua es distribuida hacia las diferentes comunidades por gravedad.

Además, este proyecto garantizará a futuro un aporte a la comunidad en el sentido de ahorro de energía eléctrica y por ende, menor gasto al momento de cancelar la planilla mensual de agua por parte de la Junta.

CAPITULO 1

EMPRESA SUMAK YAKU

1.1 Antecedentes

Las doce Comunas de Otavalo: Camuendo, AriasUcu, Pucará Desaguadero, Pucará de Velásquez, Agato, Quinchuquí, Peguche, La Bolsa, Guanansí, Carabuela, Ilumán y San Luis de Agualongo, fueron beneficiados a mediados de 1983 con la aprobación del programa de aguas para uso y consumo humano por parte del Municipio de Otavalo, con la cantidad de 56 litros por segundo de las vertientes de Araque.

Con el pasar del tiempo se reorganizaron estas comunidades, principalmente por la jurisdicción administrativa, quedando en esta ocasión nueve comunidades: Peguche, Quinchuquí, Agato, Yacu Pata, Arias Ucu, La Compañía, Camuendo, Pucará Desaguadero y Pucará de Velásquez, siendo en esta ocasión también cuando se solicita al IEOS (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias) la construcción de las redes de agua a domicilio, a la vez se realiza el estudio y se determina que el abastecimiento se realizará por bombeo, por cuanto las vertientes se encontraban topográficamente en la parte baja de las comunidades, cuando se empezó a proporcionar el servicio no cubrió como se esperaba a las comunidades, ante lo cual se retiraron voluntariamente para crear otro proyecto.

Luego de muchos inconvenientes se logró en el año 2004 conformar la Junta Administradora de Agua Potable “SUMAK YAKU” con las comunidades de Araque, Camuendo, La Compañía Baja, La Compañía Alta, Arias Ucu, Yacu Pata, Agato, y Quinchuquí siendo su primer Presidente el Sr. Manuel Díaz Cajas. (Yamberla & Pasquel, 2013, pág. 19).

En la actualidad cuenta con un reglamento interno creado en el año 2007 y cuentan con 11 personas que laboran en la Junta, un presidente, un vicepresidente, una secretaria, un tesorero, un recaudador.

El vicepresidente es parte del personal operativo mismo que está encargado de la distribución, la calidad del servicio de agua para el consumo humano, el mantenimiento de las bombas donde se mantienen el agua para la distribución y el cuidado de las vertientes.

La junta es una institución pública, pero con manejo autónomo, por lo que un manual de procedimiento administrativo y financiero ayudará a determinar especificaciones concretas en la administración que permita un control adecuado de los recursos humano, económico y material. (Yamberla & Pasquel, 2013, pág. 20).

1.2 Definición

Junta administradora de agua potable



Figura 1. Lugar donde se realiza el pago de consumo de agua

Fuente: (Sumak Yaku, 2013)

Sumak Yaku que en español quiere decir ‘la mejor agua’, empezó a funcionar en el año 2004. Se realizaron cambios de toda la red de tuberías en las comunidades a donde hasta ese momento se prestaba servicio. ‘Sumak Yaku’, tiene 2539 usuarios y mensualmente se recauda un poco más de 6 mil dólares, que son distribuidos para el pago de 11 funcionarios, electricidad, cloración y bombeo; por este último pagan 1500 dólares por cada mes. (Lema, 2013).

1.3 Localización

El sistema de bombeo de agua potable “Sumak Yaku” se encuentra ubicado en la comunidad de Araque cerca del Lago San Pablo, perteneciente a la ciudad de Otavalo, provincia de Imbabura a una altura de 2719 m.s.n.m. (metros sobre el nivel de mar).

La oficina central, lugar donde los beneficiarios realizan sus cancelaciones y reclamos, se encuentra en la comunidad La Compañía de la ciudad de Otavalo y está a una distancia aproximada de 6 km del sistema de bombeo. (Terán Pineda, 2012).



1.4 Importancia

La Junta de Agua potable “Sumak Yaku” brinda gran ayuda en el abastecimiento del líquido vital, principalmente en el sector rural, siendo estos los menos atendidos en forma general por las autoridades de turno, pero con la formación de las Juntas no solo se brinda el abastecimiento sino que se fortalece la unión de sus habitantes. (Yamberla & Pasquel, 2013)

El análisis y estudio de mejora de un sistema de distribución de agua potable es de trascendental importancia ya que el líquido vital en este caso será usada por varias comunidades de Otavalo, por lo tanto, amerita una exhaustiva investigación para conocer la eficacia, la eficiencia y la efectividad con la que es distribuida el agua.

El agua que se distribuirá a las comunidades deberá poseer una adecuada presión en las tuberías para evitar problemas como por ejemplo el golpe de ariete, por lo tanto es de suma importancia realizar el análisis para determinar si la presión en el sistema de tuberías es el adecuado y así evitar fugas de agua, lo que nos llevaría a un desperdicio de agua y por ende de alto consumo energético.

El estudio permitirá obtener mejores resultados cuando se trata del tema energético, como sabemos, una bomba sobredimensionada y elevadas pérdidas por fricción en las tuberías causará que se utilice más recursos, como por ejemplo el diésel.

El diésel es un recurso no renovable derivado del petróleo y este análisis nos permitirá disminuir la cantidad de diésel utilizado semanalmente para hacer funcionar los motores y la bomba, lo cual nos llevará a un ahorro significativo de dinero mensualmente.

1.5 Características

La Junta se caracteriza por ser un ente autónomo, por lo que se maneja sus propias reglas, sin pasar por encima de las normas que rigen nuestro país, también es un ente sin fin de lucro, con fines sociales ligados a lo que actualmente es el buen vivir. Básicamente se rige a las establecidas por el Estado, como son la Ley de Aguas y la Constitución, las mismas que en los últimos cinco años han tenido varias modificaciones. (Yamberla & Pasquel, 2013)

CAPÍTULO II

SISTEMA DE BOMBEO

2.1 Definición

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.

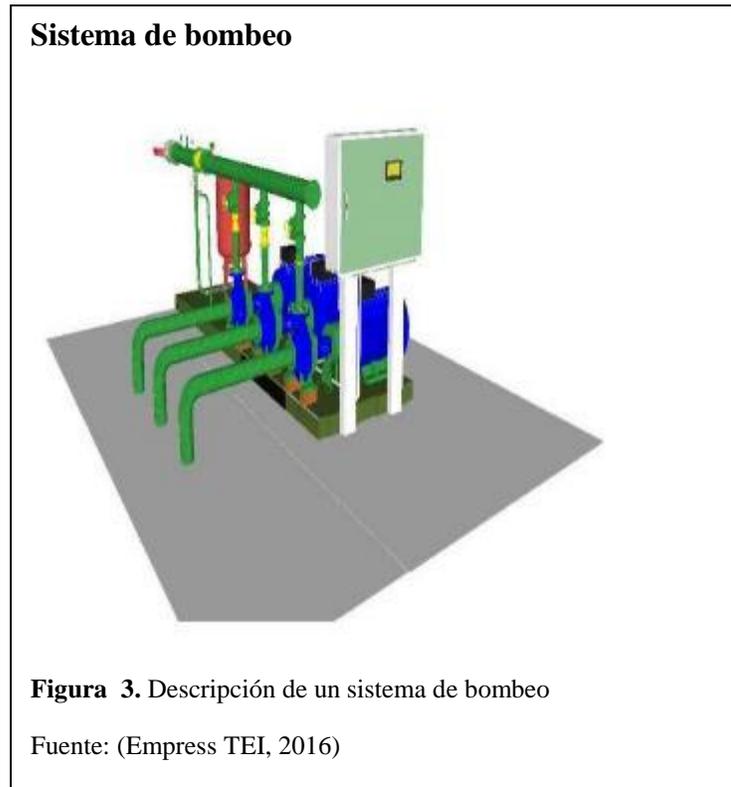
Son estructuras destinadas a elevar el fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor. Su uso es muy extendido en los varios campos de la ingeniería.

La función de la Estación de Bombeo es impulsar el agua tratada hacia los sectores que normalmente por la línea de impulsión no les llega; y en otros casos porque están asentadas las viviendas por encima de la cota de la ubicación de los Tanques de Distribución del agua potable existentes. (EPMAPAP, 2016)

Es una instalación hidroelectromecánica destinada a forzar el escurrimiento de una vena líquida para que ésta llegue a destino en las condiciones previstas en su diseño. Por hidroelectromecánica se entiende aquella instalación donde se conjugan los componentes y estructuras hidráulicas en primer lugar, mecánicas, eléctricas y últimamente también las electrónicas. En rigor “forzar el escurrimiento” se refiere a impartirle al líquido una determinada cantidad de energía proveniente de una bomba, la cual a su vez la recibe en forma mecánica en su eje.

En consecuencia un sistema de bombeo (Ver Figura 3) es una instalación hidroelectromecánica, donde se le imprime al líquido que pasa por ella una cierta cantidad

de energía hidráulica suministrada por una máquina hidráulica llamada bomba, la cual se alimenta mecánicamente desde un motor. (Empress TEI, 2016)



Así, se utilizan en:

Red de alcantarillado, cuando los centros poblados se sitúan en zonas muy planas, para evitar que las alcantarillas estén a profundidades mayores a los 4 - 5 m.

Sistema de riego, en este caso son imprescindibles si el riego es con agua de pozos no artesanos.

Sistema de drenaje, cuando el terreno a drenar tiene una cota inferior al recipiente de las aguas drenadas.

En muchas *plantas de tratamiento* tanto de agua potable como de aguas servidas, cuando no puede disponerse de desniveles suficientes en el terreno.

2.2 Partes del sistema de bombeo

El sistema de bombeo está compuesto por:

Dos grupos de bombas de agua, cada uno con sus respectivos motores ubicados en diferentes zonas.

- a. La primera zona ubicada a $\frac{1}{2}$ km del Lago San Pablo a una altitud de 2676 m (Ver Figuras 4, 5, 6 y 7), se encuentra la vertiente principal de donde se toma el agua y se la impulsa con un grupo motor-bomba, las cuales son encargadas de bombear hacia la zona dos.

Este sistema de motor- bomba se encuentran ubicados paralelamente para poder realizar el bombeo desde la vertiente hacia la segunda zona.



Acceso: Vía interna de San Pablo; Calle Gran Colombia, comunidad Araque hacia el lago San Pablo pasando la “Hostería Cabañas de Lago” viajando de Norte – Sur al lado derecho.

Componentes en la primera zona



Figura 5. Se muestra los elementos existentes

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

Bomba – Motor



Figura 6. Sistema de bombeo en la primera zona

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

Tablero de control



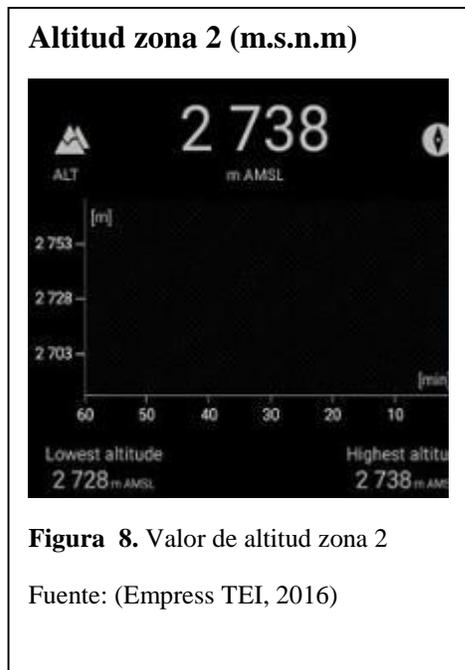
Figura 7. Botones y luces del tablero principal de la zona 1

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

- b. La segunda zona de bombeo (Bellavista) se encuentra ubicado a $\frac{1}{2}$ km por encima de la zona uno (Ver Figura 8, 9 y 10), en el cual se encuentra los siguientes dos motores de bombeo, desde aquí una parte del líquido se distribuye a las comunidades cercanas y otra parte es bombeada a la zona 3.

Este sistema de bombeo se diferencia del inicio ya que las bombas y motores de la segunda zona se encuentran conectados en serie.



Acceso: Vía interna de San Pablo; Calle Gran Colombia, comunidad Araque antes de la “Hostería Cabañas de Lago” viajando de Norte – Sur al lado izquierdo subiendo a los tanques del sistema de bombeo alto.

Componentes segunda zona



Figura 9. Se muestra tuberías y motores

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

Tanque de almacenamiento

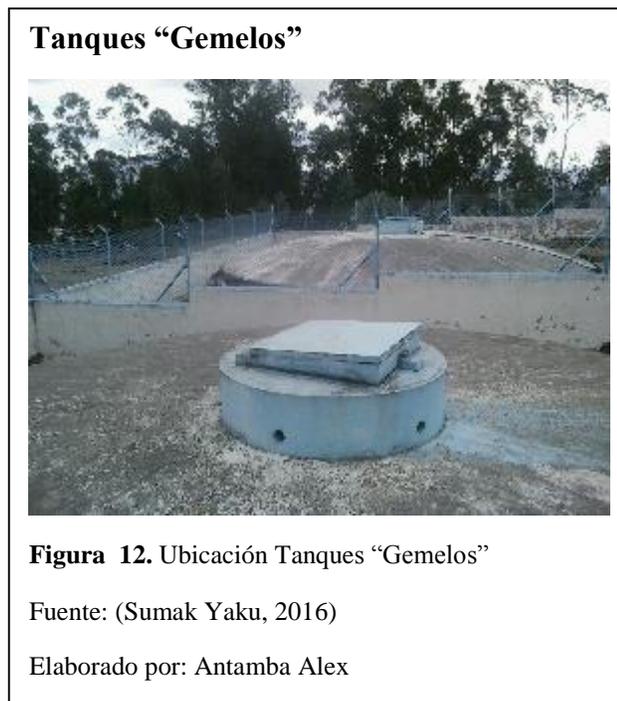


Figura 10. Distribución a comunidades cercanas

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

- c. La tercera zona de igual manera se encuentra ubicada a 500 m aproximadamente por encima de la segunda zona (Figura 11 y 12), en la cual se encuentran dos tanques de reservas llamados “gemelos”, desde estos tanques se distribuye para el resto de comunidades.



Acceso: Vía interna de San Pablo; Calle Gran Colombia, comunidad Araque antes de la “Hostería Cabañas de Lago” viajando de Norte – Sur al lado izquierdo subiendo a los tanques gemelos.

2.3 Mantenimiento de cada zona

2.3.1 Mantenimiento preventivo de redes de distribución de agua.

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza con una frecuencia determinada con la finalidad de prevenir y evitar daños al sistema. A mejor mantenimiento preventivo realizado, menor es el mantenimiento correctivo que debe de realizarse posteriormente. (Ruiz Rivera, 2000, pág. 57)

En el mantenimiento, tanto las capacidades técnicas como la destreza del personal serán piezas imprescindibles para garantizar un correcto trabajo. De forma general, la calidad del mantenimiento depende del grado de organización y control que se tenga de los recursos, de los costos y de los tiempos. (Ruiz Rivera, 2000, pág. 57)

En este caso debido a la falta de recursos y de personal capacitado, el mantenimiento que se le da a cada zona es de una vez por año, por lo que se considera es inadecuado y hasta cierto punto perjudicial para toda la red de agua potable.

Más adelante en el trabajo del proyecto implementaremos un programa de mantenimiento que ayude a mejorar y mantener la calidad de bombas, motores, que componen la red de distribución de agua potable.

2.4 Impacto ambiental

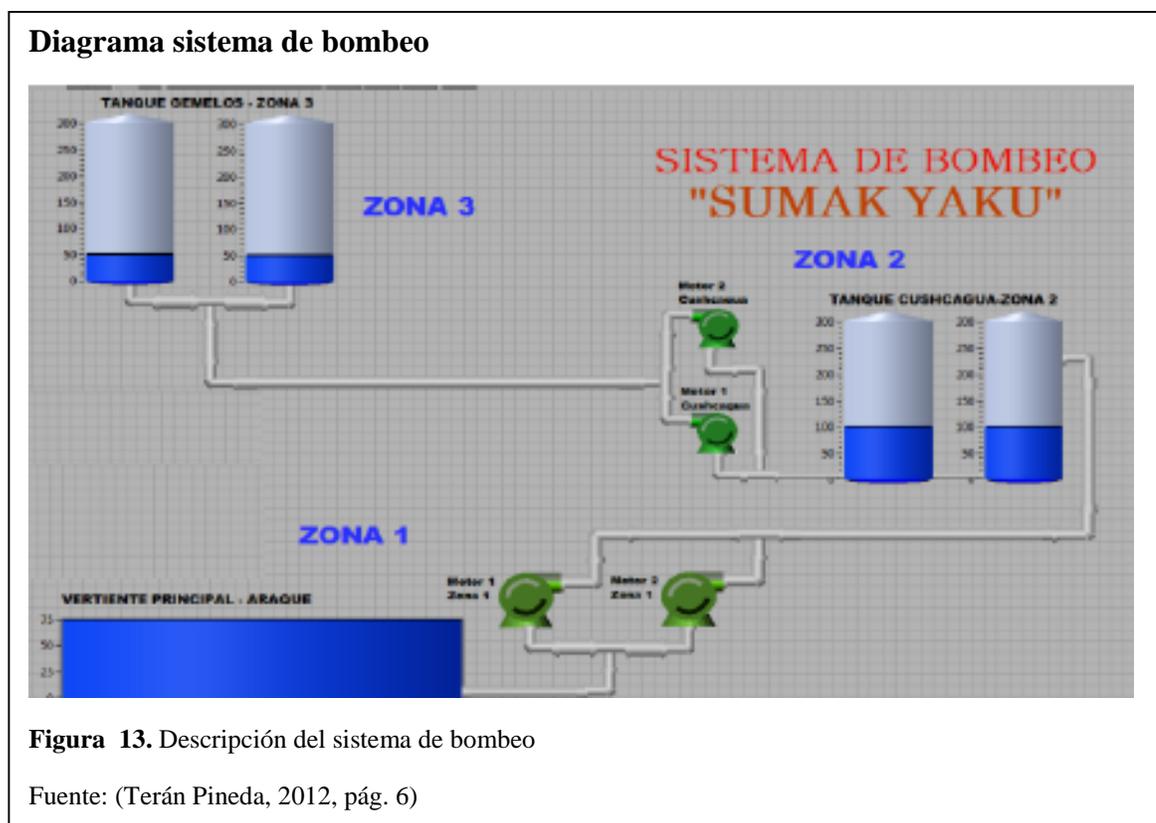
Los principales daños ambientales producidos durante el bombeo y distribución de agua potable son:

Impactos relacionados con la captación de agua, debido a que puede poner en peligro a especies marinas.

Impactos relacionados con el tratamiento de agua, debido a la utilización de químicos que pueden alterar la calidad del agua.

2.5 Diagrama del sistema de bombeo

La Figura 13 muestra el diagrama de bombeo SUMAK YAKU.



El sistema de bombeo “Sumak Yaku”, consta de tres zonas:

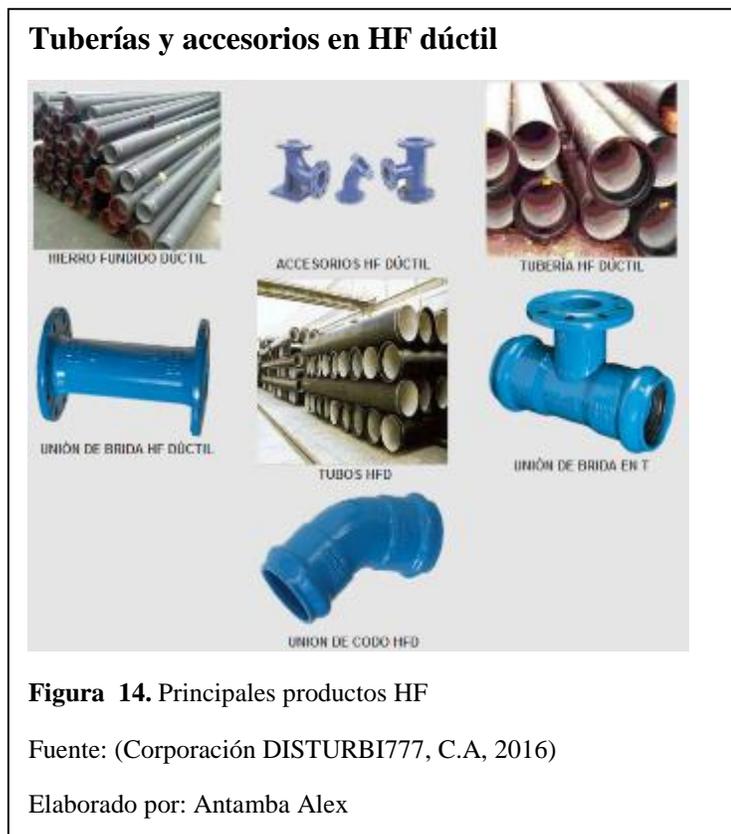
La primera zona en donde se encuentra la vertiente y es bombeada hacia la segunda zona en la cual existen dos bombas con el objetivo de impulsar el agua hacia la tercera zona y posteriormente llenar los tanques de almacenamiento conocidos como “GEMELOS”.

CAPÍTULO III

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA RED DE AGUA

3.1 Tuberías

En el sistema hay dos tipos de tuberías: Hierro fundido dúctil (HF) y PVC – P, que a continuación se detalla en las Figuras 14 y 15:



La tubería de hierro dúctil, ofrece el máximo margen de seguridad posible contra fallas de mantenimiento debido a los movimientos de tierra y esfuerzos residuales. Virtualmente irrompible en condiciones de servicio ordinario (Corporación DISTURBI777, C.A, 2016).



La siguientes tablas explican los tramos de las tuberías que conforman el sistema de bombeo de la zona uno hacia los tanques “GEMELOS”.

3.1.1 Tramo 1.

Tubería de impulso captación Proaño – Araque, desde nudo E0 a B1. (Ver Anexo 1).

Tabla 1. Dimensiones tubería nudo E0 a B1

TUBERÍA HF	
Longitud (m)	151,48
ϕ (mm)	200

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.2 Tramo 2.

Desde el nudo B1 a B2. (Ver Anexo 1).

Tabla 2. Dimensiones tubería nudo B1 a B2

TUBERÍA PVC - P	
Longitud (m)	184,21
ϕ (mm)	200

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.3 Tramo 3.

Desde el nudo B2 a E8 (tanque de reserva 1). (Ver Anexo 1).

Tabla 3. Dimensiones tubería nudo B2 a E8 (TR.1)

TUBERÍA PVC - P	
Longitud (m)	60,62
ϕ (mm)	200

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

Desde el nudo B2 a E8 (tanque de reserva 2). (Ver Anexo 1).

Tabla 4. Dimensiones tubería nudo B2 a E8 (TR.2)

TUBERÍA PVC - P	
Longitud (m)	65,03
ϕ (mm)	200

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.4 Tramo 4.

Tubería desde tanque de 300m³ a B'1. (Ver Anexo 1).

Tabla 5. Dimensiones tubería T.R 300m³ a B'1

TUBERÍA HF	
Longitud (m)	195
ϕ (mm)	160

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.5 Tramo 5.

Tubería desde B'1 a E1 (tanque "GEMELO"). (Ver Anexo 1).

Tabla 6. Dimensiones tubería B'1 a E1.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	239,93
ϕ (mm)	160

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.6 Tramo 6.

Tubería desde nudo E1 a E6. (Ver Anexo 1).

Tabla 7. Dimensiones tubería E1 a E6.

TUBERÍA PVC - P	
Longitud (m)	167,40
ϕ (mm)	160

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.7 Tramo 7.

Tubería desde nudo E6 a E7. (Ver Anexo 1).

Tabla 8. Dimensiones tubería E6 a E7.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	127,23
ϕ (mm)	160

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.8 Tramo 8.

Tubería desde nudo 337 a E1. (Ver Anexo 1).

Tabla 9. Dimensiones tubería nudo 337 a E1.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	1221,90
ϕ (mm)	160

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.9 Tramo 9.

Tubería desde nudo 337 a E2. (Ver Anexo 1).

Tabla 10. Dimensiones tubería nudo 337 a E2.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	11,53
ϕ (mm)	160

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.10 Tramo 10.

Tabla 11. Dimensiones tubería nudo 337 a E4.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	2125,79
ϕ (mm)	160

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.11 Tramo 11.

Tubería desde E8 a nudo 394. (Ver Anexo 1).

Tabla 12. Dimensiones tubería E8 a nudo 394.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	667,98
ϕ (mm)	90

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.12 Tramo 12.

Tubería desde E8 a E5. (Ver Anexo 1).

Tabla 13. Dimensiones tubería E8 a E5.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	3566,12
ϕ (mm)	200

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.1.13 Tramo 13.

Tubería desde 168 – A a E5. (Ver Anexo 1).

Tabla 14. Dimensiones tubería desde 168 – A a E5.

TUBERÍA PVC – P	
Longitud (m)	1938,08
ϕ (mm)	200

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)
Elaborado por: Antamba Alex

3.2 Válvulas

En la red de agua se encuentran las diferentes válvulas, que se menciona a continuación:

3.2.1 Válvula check.

En la Figura 16, 17 se muestra la válvula de retención que forma parte del sistema de bombeo.

Especificaciones



Figura 16. Válvula check

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

Válvula de retención check

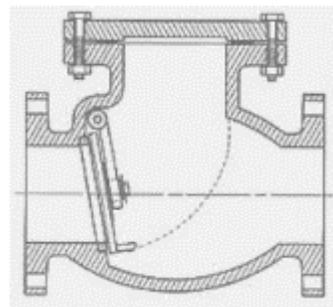


Figura 17. Diagrama de la válvula

Fuente: www.hidraulicaydrenaje.com.mx

Elaborado por: Antamba Alex

3.2.1.1 Características.

Estas válvulas permiten el paso del flujo en un solo sentido, siendo su uso vital muy importante en los sistemas de bombeo y distribución. Su funcionamiento, es bajo una operación automática, posee sello metálico y su sistema de cierre es contra flujo. Estas válvulas son probadas hidrostáticamente de acuerdo a los requerimientos de la norma

AWWA C508, para garantizar su hermeticidad y que no existan fugas de agua al instalarse y operarse las válvulas. Presión normal de trabajo: 200 PSI (lbs/pulg²).

VENTAJAS: Pintura epóxica AWWA C 550, son recubrimientos de alta resistencia a diferentes ataques.

NORMAS: AWWA C-508 y ANSI B16.1

3.2.2 Válvula ventosa automática.



3.2.2.1 Descripción.

Las válvulas ventosas automáticas de la serie SG-10 (Ver características en las Tablas 15 y 16; Figuras 18, 19 y 20) purgan el aire de los sistemas presurizados. La presencia de aire en un sistema de conducción de agua puede reducir el área efectiva del corte transversal del flujo, y provocar así un aumento de la pérdida de carga y la disminución del caudal.

El aire superfluo puede también ser causa de golpes de ariete y de errores en la medición del consumo, a la vez que acelera la corrosión. Pese a su estructura liviana y compacta, las válvulas ventosas automáticas de la serie SG-10 tienen un orificio de 12mm² que les permite descargar altos caudales de aire sin exponerse a las obstrucciones por partículas e impurezas. (A.R.I., 2014, pág. 1)

Aplicaciones

- Casi todo tipo de bombas
- A continuación de filtros, reductores de presión y sistemas de inyección de agroquímicos.
- Cabezales de jardinería.

Características principales

- Presiones de trabajo: 0.2 - 10 bar
- Presiones de prueba: 1.5 veces la presión de trabajo de la válvula
- Máxima temperatura de trabajo: 60°C
- Máxima temperatura momentánea de trabajo: 90°C
- El cuerpo está fabricado con materiales compuestos muy resistentes y todas las piezas de operación se fabrican con materiales especialmente seleccionados, resistentes a la corrosión.
- El orificio de mayor tamaño que lo corriente le permite descargar mayores caudales de aire que otras válvulas ventosas automáticas de este tipo.

- El amplio orificio está menos expuesto a las obstrucciones por partículas e impurezas.
- La goma desplegable de cierre hermético es menos sensible a las diferencias de presión que las juntas de flotador directas, por lo cual permite el uso de un solo tamaño de orificio para una amplia gama de presiones (desde 0.2 hasta 10 bar).
- Peso ligero, estructura sencilla y fiable
- La salida de drenaje permite evacuar los líquidos excedentes. (A.R.I., 2014, pág. 1)

Tabla 15. Especificaciones de medidas y pesos de válvula ventosa

Dimensiones mm		Conexión	Peso	Área del orificio
A	B	C	Kg.	mm ²
100	140	1/8" BSP Hembra	0.3	12

Fuente: (A.R.I., 2014, pág. 2)

Elaborado por: Antamba Alex

Numeración de piezas

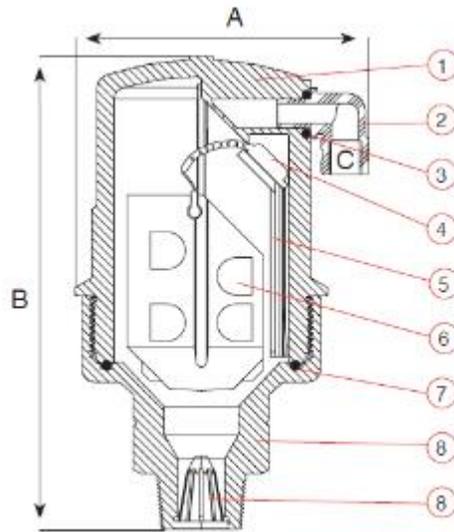


Figura 19. Diagrama de la válvula

Fuente: (A.R.I., 2014, pág. 2)

Tabla 16. Lista de piezas y especificaciones

No.	Pieza	Material
1.	Cuerpo	Nylon Reforzado
2.	Salida de Descarga	Polipropileno
3.	Junta Tórica	BUNA-N
4.	Goma Desplegable de Cierre Hermético	E.P.D.M.
5.	Varilla	Nylon Reforzado
6.	Flotador	Espuma de Polipropileno
7.	Junta Tórica	BUNA-N
8.	Base	Nylon Reforzado / Latón ASTM B
9.	Filtro	Nylon

Fuente: (A.R.I., 2014, pág. 2)

Elaborado por: Antamba Alex

Purga de aire automática

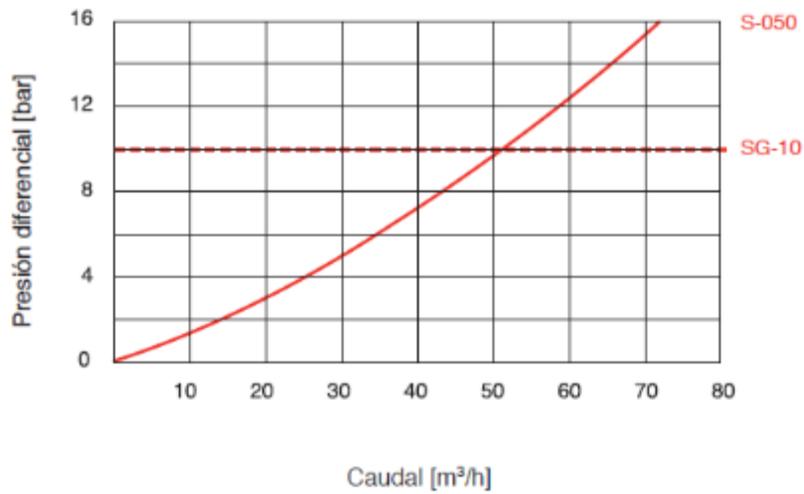


Figura 20. Diagrama presión – caudal

Fuente: (A.R.I., 2014, pág. 2)

3.2.3 Válvula de compuerta de sello elástico.

En las Figuras 21 y 22 se muestra la válvula de compuerta de sello elástico que se utiliza en el sistema de bombeo.

Válvula de compuerta



Figura 21. Válvula de compuerta en el lugar instalado.

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

Válvula de compuerta de sello elástico



Figura 22. Gráfico de la válvula

Fuente: (FUNDIEC, 2016)

3.2.3.1 Norma AWWA C – 509.

Las características generales de las válvulas de compuerta con asiento elastomérico (Ver Tabla 17 y Figura 23), según lo especificado en la norma internacional indicada.

PARTES DE LA VÁLVULA

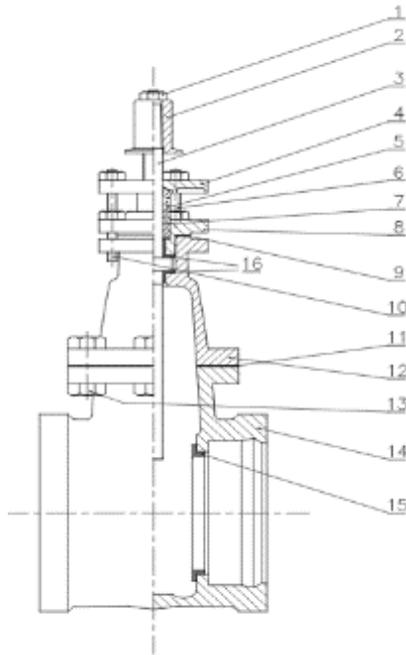


Figura 23. Válvula de compuerta con vástago fijo

Fuente: (INEN, 2011, pág. 2)

Tabla 17. Partes

1	Tuerca para el cuadro de operación
2	Cuadro de operación
3	Vástago
4	Brida prensaestopas
5	Prensaestopas
6	Pernos y tuercas del prensaestopas
7	Empaque del vástago
8	Caja prensaestopas
9	Empaquetadura de la caja prensaestopas
10	Pernos y tuercas o espárragos y tuercas de la caja prensaestopas
11	Empaque de la tapa
12	Tapa
13	Pernos, espárragos y tuercas para la tapa
14	Cuerpo
15	Anillo de sello del cuerpo
16	Collar de empuje del vástago

Fuente: (INEN, 2011, pág. 2)

Elaborado por: Antamba Alex

3.2.4 Válvula de compuerta de asientos metálicos.

En las figuras 24 y 25, se muestran las válvulas de compuerta instaladas a nivel de los tanques “GEMELOS”.

Válvula de compuerta de asientos metálicos



Figura 24. Válvula en el lugar de instalación

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

Válvula de compuerta



Figura 25. Detalle de válvula

Fuente: (FUNDIEC, 2016)

3.2.5 Válvula de compuerta de latón.

En la Figura 26 se muestra la válvula de compuerta de latón utilizada en el sistema.



3.2.5.1 Especificaciones técnicas.

- Hilos hembra / hembra.
- Mango en acero.
- Cuerpo en latón.
- Temperaturas mínima y máxima de trabajo: 0 ° C, 120 ° C en ausencia de vapor.

(itap, 2008, pág. 6)

3.2.5.2 Materiales.

En la Figura 27, 28 se muestran las partes y los materiales de la válvula.

Gate valve

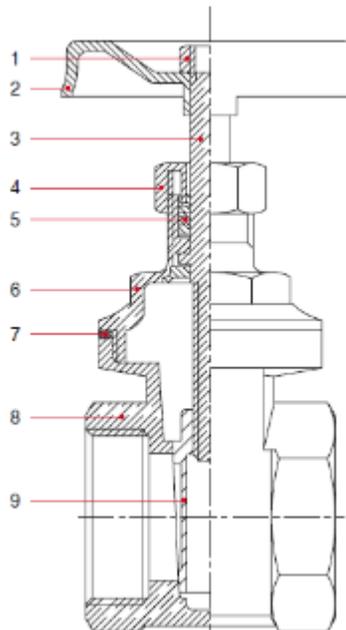


Figura 27. Descripción

Fuente: (itap, 2008, pág. 6)

Descripción de cada uno de los materiales

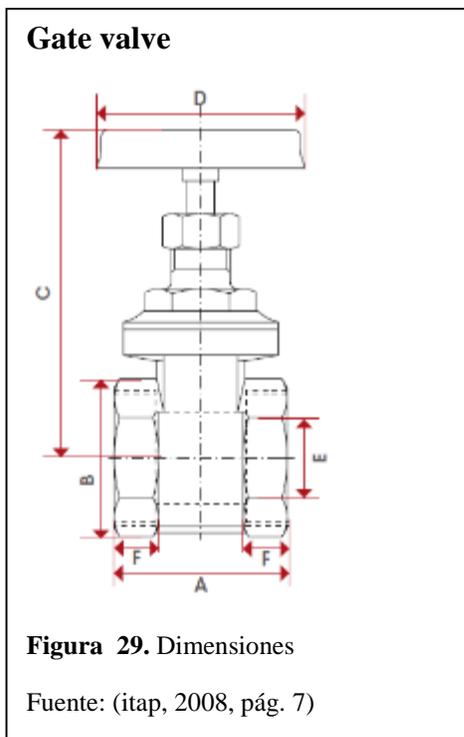
POS.	DESCRIPTION	N.	MATERIAL
1	Nut	1	Steel
2	Handwheel	1	Steel
3	Stem	1	Brass CW614N
4	Packing gland	1	Brass CW614N
5	Washer	1	EPDM
6	Bonnet	1	Brass CW617N
7	Washer	1	Fiber
8	Body	1	Brass CW617N
9	Seat	1	Brass CW617N

Figura 28. Especificación de cada material

Fuente: (itap, 2008, pág. 6)

3.2.5.3 Dimensiones totales.

En la Figura 29 y 30, se muestra las dimensiones totales y de las partes de la válvula:



Distintas dimensiones de partes de la válvula

	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"
DN	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
A	33	33	36	39	43	48	52	57	65	75	84
B	25	25	27	34	42	52	59	74	91	104	137
C	67	67	67	68	78	91	104	128	175	200	235
D	45	45	45	45	50	55	60	70	100	100	120
E	11	13	13,5	15,5	19	27	33	45	60	72	93
F	8	8	9	9	10	10	11	12	13	14	16
Kg/cm² bar	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16
LBS - psi	145	145	145	145	145	145	145	145	232	232	232

Figura 30. Especificaciones de las dimensiones

Fuente: (itap, 2008, pág. 7)

3.3 Motores

3.3.1 Especificaciones motor - primera zona.

En la Figura 31 y la Tabla 18 se muestran y especifica todos los datos técnicos de la placa del motor que se utiliza en la primera zona.



Tabla 18. Especificaciones

Catalog Number:	H812
Model Number:	447TSTDN7026

Fuente: (marathon Motors , 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

En la Tabla 19 se muestra las características del motor actual de la primera zona del sistema de bombeo.

Tabla 19. Características del motor

CARACTERÍSTICAS	
Estructura de hierro fundido	
Base rígida	
Prueba de goteo	
UL File EX5190, CSA File LR2025 and CE Mark	
Rodamientos de bolas	2 3/8 " diámetro del eje
Sin protección térmica	
Factor de Servicio	1.15
Pintura roja en 25 HP a través de HP 200	
NEMA Design B, Code G or less	
Los motores de doble voltaje tienen 12 derivaciones, propicio para estrella-triángulo o a través de la línea.	
Comienza en cualquiera de voltaje, o parte arranque con bobinado de baja tensión.	
Aislamiento clase F.	
Will not accept C-Face kits	
Puntuación de 60/50 Hz, 190/380 o 380 voltios al lado inferior. 230/460 y 460 voltios modelos con capacidad para 50 Hz en la próxima baja HP.	

Fuente: (electricmotorwholesale, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

3.3.1.1 Precauciones.

Este producto debe ser instalado y mantenido por un técnico calificado, electricista o persona de mantenimiento eléctrico familiarizado con su funcionamiento y los riesgos que entraña. La instalación, que incluye conexiones eléctricas, fusión u otra protección actual, y de puesta a tierra , puede reducir el riesgo de descargas eléctricas e incendios, que se utilizan con este producto, tales como motores eléctricos , interruptores, bobinas, solenoides, y relés. (electricmotorwholesale, 2016)

3.3.1.2 Aplicaciones.

Estos motores a prueba de goteo están destinados para sus instalaciones en ambientes relativamente limpias y secas. Los motores de bomba contra incendios no se recomiendan para uso con variadores de frecuencia. (electricmotorwholesale, 2016)

3.3.2 Motor de 300 Hp a 60 Hz (marca Marathon).

En la Figura 32 se muestra las especificaciones técnicas del motor de 300 HP.

60 Hertz				50 Hertz			
HP	300	Voltage	460	HP	250	Voltage	380
kW	224	FL Amps	345	kW	187	FL Amps	345
RPM	1800			RPM	1500		
FL Eff	95.4 %	SF	1.15	FL Eff	95 %	SF	1.15

Phase	3	Insulation Class	F
Frame	447TS	Duty	CONTINUOUS
Enclosure	DP	Ambient	50
Mounting	Rigid	NEMA Design	B
Orientation	HORIZONTAL	Starting Type	PWS & YDRUN
Assembly	F1 (F2 Modification Available)	KVA Code	F
Drive End Bearing	BALL	IP Code	12
Opposite End Bearing	BALL		
Drive End Bearing Size	6314		
Opposite End Bearing Size	6314		
Weight	1994 LB lbs		
CE	Y	CSA	Y
UL	UL Listed		
Thermal Protection			

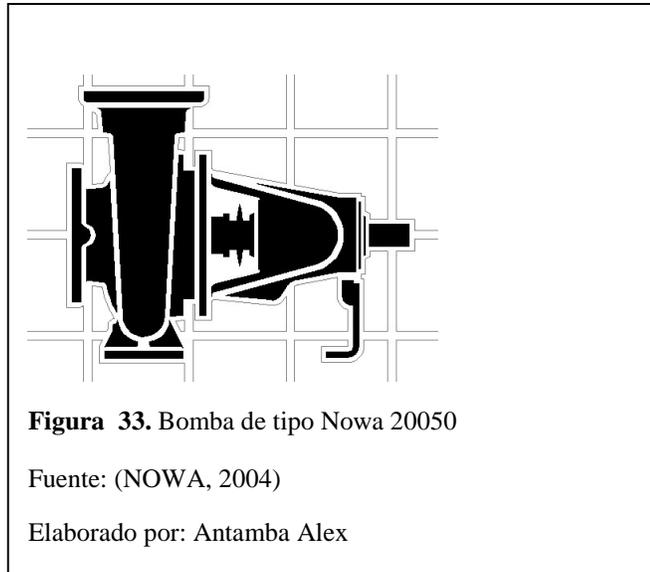
Figura 32. Datos del motor

Fuente: (electricmotorwholesale, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

3.4 Bombas

En la Figura 33 se indica el modelo de la bomba que actualmente se utiliza en la primera zona.



En la Figura 34 se especifica los datos de placa de la bomba empleada en la primera zona.



En la Tabla 20 se indica la denominación de la bomba Nowa 20050, según la placa (Ver Figura 34).

Tabla 20. Denominación de la bomba

Tipo y tamaño	Apoyo de eje y Sentido de giro	Cierre de eje	Materiales de construcción	Junta carcasa
NOWA 20050	BN Un rodamiento rígido de una hilera de bolas en el lado exterior (accionamiento) y un rodamiento de contacto angular de dos hileras en el lado interior; lubricados por grasa. Rotación a la derecha (sentido horario).	041 Prensaestopas no refrigerado con lubricación por el mismo líquido bombeado.	0C Componentes principales de la bomba en fundición gris, pero con impulsor en bronce.	2 Junta plana

Fuente: (HALBERG NOWA, 2004, pág. 4)

Elaborado por: Antamba Alex

En la Tabla 21 se indica los parámetros principales de la bomba.

Tabla 21. Datos de la bomba

DATOS TÉCNICOS	
Caudal:	Máx. 1300 m ³ /h
Altura:	Máx. 140 m
Velocidad:	Máx. 3600 r.p.m
Temperatura:	Máx. 160 °C
Presión de la carcasa:	Máx. 16 bar
Cierre del eje:	Empaquetadura ó sello mecánico

Fuente: (HALBERG NOWA, 2003, pág. 2)

Elaborado por: Antamba Alex

3.4.1 Aplicaciones.

Las bombas centrífugas NOWA pueden emplearse en todas aquellas aplicaciones donde se tenga que trasegar líquidos limpios o turbios no agresivos. Sus aplicaciones son principalmente:

- Abastecimiento de agua potable.
- Suministro de agua en general para agricultura e industria.
- Sistemas de rociadores (riego, contra incendio, etc.).
- Circulación de agua caliente hasta 160°C, agua de refrigeración y aceite en circuitos de refrigeración y calefacción.
- Bombeo de condensados gracias a un NPSH especialmente favorable
- En ejecución de bronce, fundición nodular, acero al carbono e inoxidable, pueden utilizarse en diferentes tipos de fluidos. (HALBERG NOWA, 2003, pág. 2)

3.4.2 Descripción y construcción de la bomba.

Bombas centrífugas con carcasa en espiral (Ver Figura 35), horizontales de una sola etapa, con dimensiones y características de funcionamiento según EN 733 / DIN 24255 en construcción.

El proceso sistema permite desmontar las partes giratorias hacia el lado del motor, sin necesidad de desacoplar las conducciones de aspiración y de impulsión. Si además se utiliza un acople de extensión, tampoco es necesario mover el motor.

Según se explica en el manual HALBERG, NOWA, 2003, en la página 2, el programa NOWA comprende 42 tamaños constructivos, pero mediante el empleo de unidades normalizadas, son utilizables solo seis (6) conjuntos de eje. Dentro de cada conjunto son intercambiables los siguientes elementos: el eje, el cierre del eje, la fijación del impulsor, los rodamientos y el soporte de los rodamientos (bastidor).

Descripción bomba

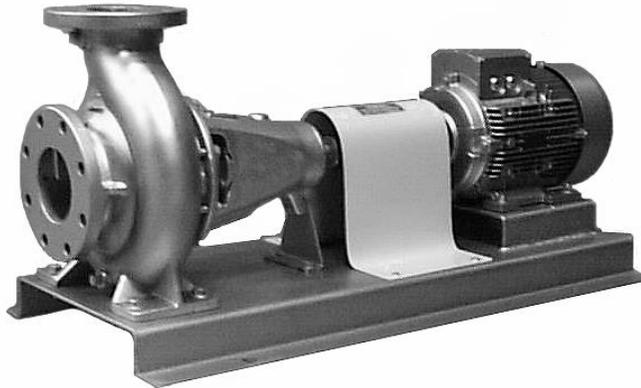


Figura 35. Bomba centrífuga

Fuente: (HALBERG NOWA, 2003, pág. 2)

3.4.3 Apoyo del eje.

Un rodamiento rígido de una hilera de bolas según DIN 625 y un rodamiento de contacto angular de dos hileras de bolas según DIN 628, y lubricados por grasa. (HALBERG NOWA, 2003, pág. 2)

3.4.4 Presión máxima de trabajo (bar).

La presión máxima de trabajo es igual a la presión de aspiración más la presión de descarga para caudal cero. (HALBERG NOWA, 2003, pág. 2)

3.4.5 Sentido de giro.

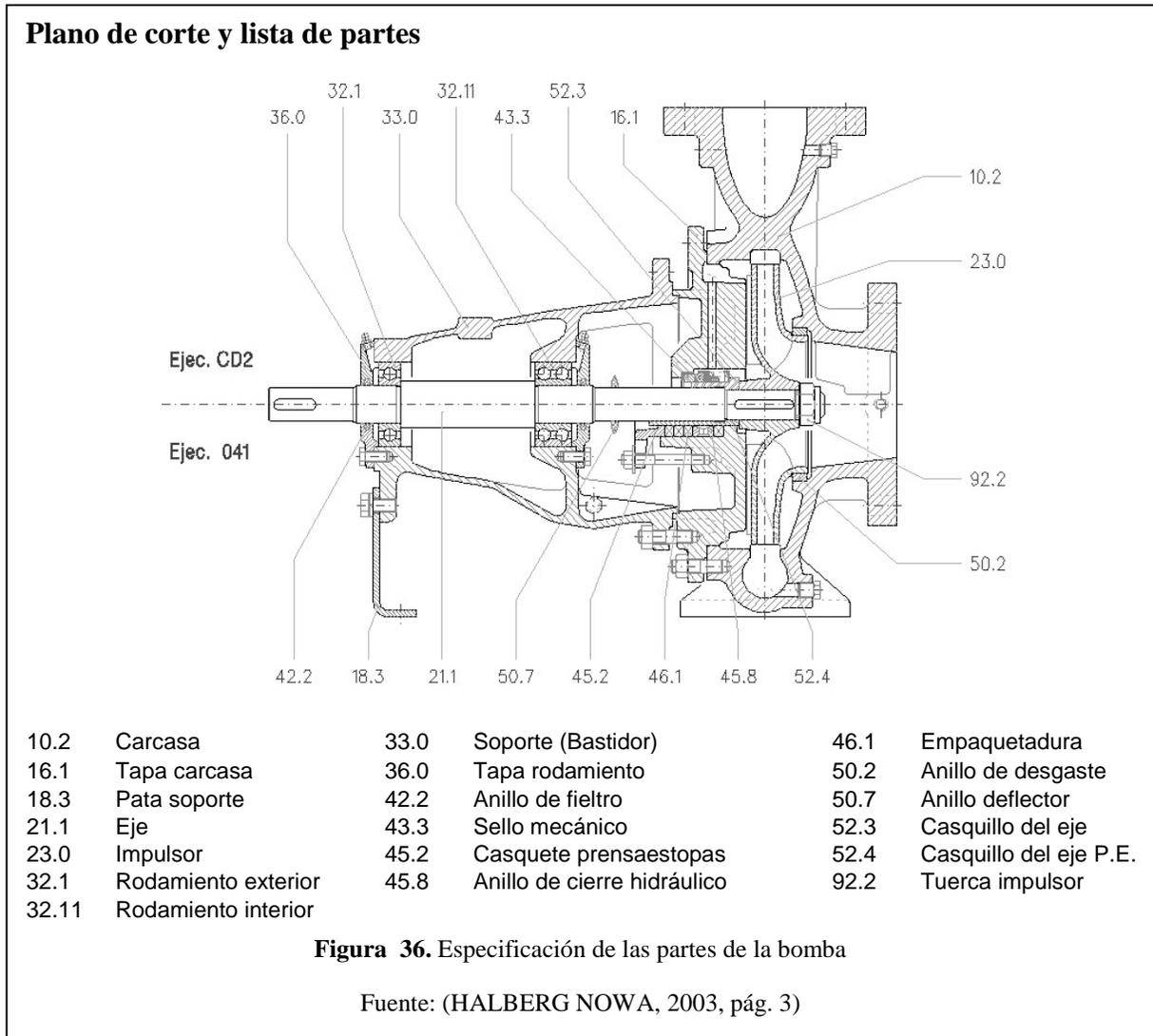
A la derecha (sentido horario), visto desde el extremo de accionamiento.

3.4.6 Cierre del eje.

El cierre del eje puede efectuarse mediante empaquetadura ó sello mecánico según sea requerido. En ambos casos, el eje está protegido por un casquillo de acero inoxidable.

Temperatura: -10 hasta 110 °C. (HALBERG NOWA, 2003, pág. 2)

En la Figura 36 se detalla el plano de corte y lista de partes de la bomba centrífuga.



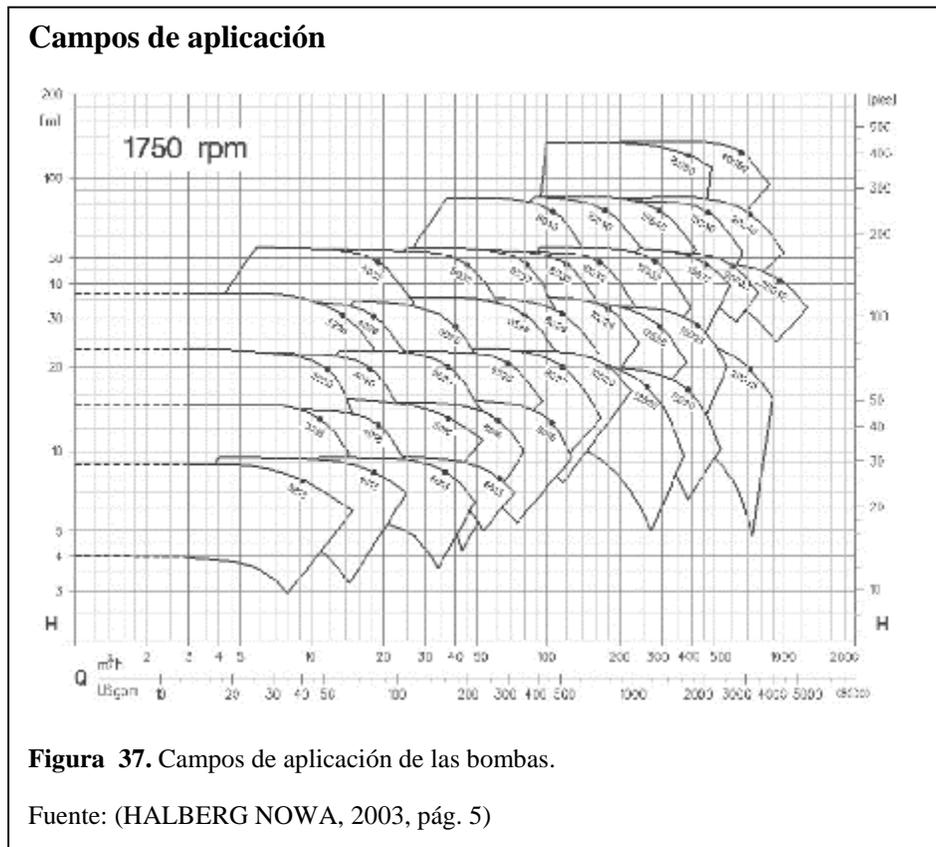
En la Tabla 22 y Figura 37 se especifica el régimen de velocidad y las curvas características según el tipo de bomba respectivamente.

Tabla 22. Régimen de velocidad

Tipo de bomba									Velocidad máxima [rpm]
3213	4013	5013	6513						3600
3216	4016	5016	6516						
3220	4020	5020							
	4026								
3226		5026	6526	8016	8020	10020	1252		30
				8026	10026				
							1502		
							1502	2002	
	4032	5032	6532	8032	10032	1253	1503	2003	18
				8040	10040	1254	1504	2004	
							1505	2005	
							0		

Fuente: (HALBERG NOWA, 2003, pág. 4)

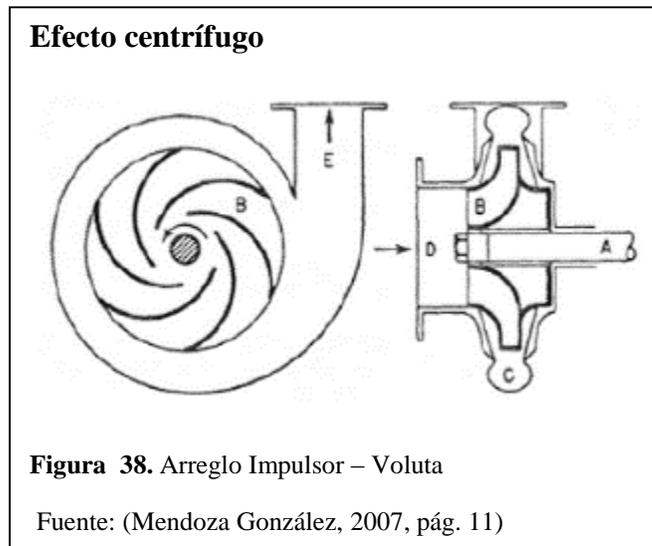
Elaborado por: Antamba Alex



3.5 Energía

3.5.1 Bomba centrífuga.

Una bomba centrífuga es una máquina que convierte la potencia de entrada (rotativa, motor) en energía cinética en el fluido por medio de un mecanismo giratorio, del impulsor. El principal fenómeno físico de transferencia de energía es el efecto centrífugo ejercido sobre el fluido (Ver Figura 38). Adicionalmente, el efecto de la forma de la voluta o carcasa sobre el fluido es la transformación de energía (de cabeza de velocidad a cabeza de presión) por el fenómeno de continuidad, también contribuye al aumento del nivel energético del fluido en la descarga de la bomba. (Mendoza González, 2007, pág. 11)

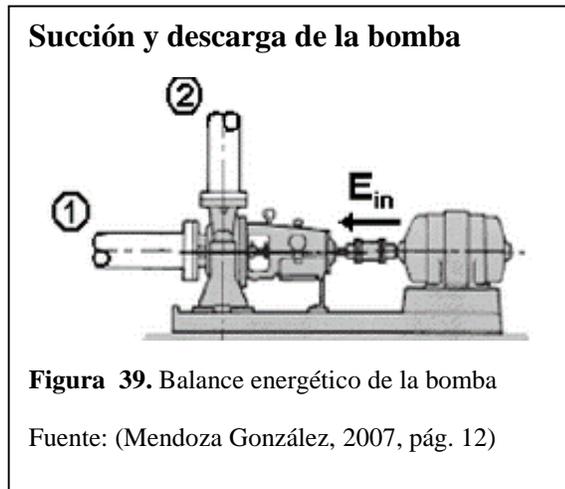


El nivel energético del fluido en cualquier punto (Mendoza González, 2007, pág. 11) está dado por la expresión:

$$E = \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + Z$$

Ecuación 1

Considerando que la bomba transfiere energía al fluido, se puede hacer un balance energético entre la succión y la descarga de la bomba; puntos 1 y 2, respectivamente (Ver Figura 39).



La energía entregada por la bomba al fluido, despreciando la transferencia de calor y el trabajo viscoso está dada por H , (en términos de cabeza). Dado que existen pérdidas internas en las bombas de tipos hidráulicas, volumétricas y mecánicas; cobra sentido definir la eficiencia de la bomba, en lo posterior. (Mendoza González, 2007, pág. 12)

3.5.2 Motor eléctrico.

El motor eléctrico es una máquina capaz de transformar energía eléctrica en energía mecánica (Ver Figura 40). De todos los tipos de motores este es el más usado, debido a las ventajas de la energía eléctrica (bajo costo, facilidad de transporte). (Manual de Bombas, 2016)

Vista lateral del acoplamiento motor - bomba

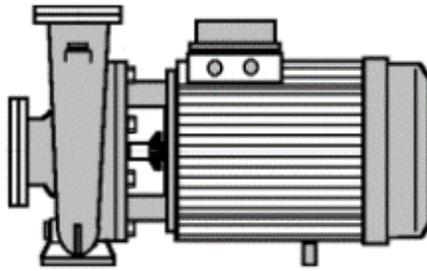


Figura 40. Motor acoplado a la bomba

Fuente: (Manual de Bombas, 2016)

Tanto en los motores de corriente alterna como en los motores de corriente directa, el principio de funcionamiento son básicamente los mismos.

El motor tiende a adquirir propiedades magnéticas debido a que se producen en sus polos iteraciones de electrones, este fenómeno es observado a simple vista mediante el movimiento del eje ubicado en el rotor.

3.5.2.1 Energía magnética

Dentro de las máquinas eléctricas habrá un campo magnético con una distribución determinada. Por tanto, las máquinas tendrán en todo momento una cantidad de energía acumulada en forma de campo magnético, energía que habrá que tener en cuenta a la hora de hacer el balance de energías de la máquina. (Rodríguez, pág. 2)

3.5.2.2 Balance de energía en un motor.

El motor absorbe energía eléctrica de la red a la que está conectado.

Esta energía se utiliza en:

- Variar la energía magnética acumulada en la máquina
- Generar energía mecánica
- Parte se va en pérdidas, que pueden ser: eléctricas, mecánicas y magnéticas.

Cuando un motor se conecta a la red se acelera mientras el par que es capaz de generar supere al par resistente de la carga que tiene conectada a su eje y que tiene que mover. El par que es capaz de dar la máquina depende de la velocidad a que esté girando (veremos cómo es esta variación para cada máquina). Lo mismo sucede con el par resistente que presenta la carga; normalmente también dependerá de la velocidad de giro. Habrá una velocidad a la que el par que da la máquina coincida con el resistente de la carga. Llegado este punto, como no hay par neto, la máquina se queda girando a velocidad constante. En ese momento, se dice que la máquina está girando a un régimen determinado (el régimen viene definido por la velocidad de giro y el par de equilibrio).

Para un régimen de giro dado, la energía magnética en el motor permanecerá constante; ello no implica que el campo magnético sea constante en el tiempo ni su distribución uniforme dentro de la máquina. Pero su distribución será tal que haga que la energía magnética total acumulada para toda la máquina (integrando en todo el volumen la densidad de energía por unidad de volumen) sea constante.

Cuando el rotor (parte giratoria) de un motor está girando a una velocidad constante, su energía cinética permanece fija. Por tanto, la única energía mecánica que se estará consumiendo será la necesaria para dar un par a una velocidad de giro determinada.

Realmente, la máquina tendrá que dar un par que será igual al par resistente que ofrece

la carga más un par de pérdidas debido a rozamientos. (Rodríguez, págs. 2-3)

Así tendremos que:

$$T_{motor} = T_{carga} + T_{perdidas}$$

Ecuación 2

Además de las pérdidas mecánicas tendremos:

-Pérdidas magnéticas: Debidas a las variaciones del campo magnético dentro la máquina (como se dijo antes, que la energía magnética sea constante para un régimen no significa que lo sea el campo magnético).

Pueden ser de 2 tipos:

-Corrientes de Foucault: Son proporcionales al cuadrado de la frecuencia de variación del campo magnético dentro de la máquina.

-Pérdidas por histéresis: Son proporcionales a la frecuencia de variación del campo magnético dentro de la máquina.

- Pérdidas eléctricas o por efecto Joule. Son debidas al hecho de que las espiras por las que circula la corriente no tienen resistencia nula. (Rodríguez, pág. 3)

3.5.3. Consumo de energía del sistema

Para verificar el consumo de energía total se debe tener en cuenta que hay dos zonas de bombeo:

3.5.3.1 Zona 1 – Bomba de 300 HP.

En la Figura 41 se detalla el Kw-h del mes de agosto del 2016 de consumo de energía en la primera zona.

Consumo de energía zona 1

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07h00-22h00	7612.00	7536.00	7600	kWh	304
22h00-07h00	21147.00	20871.00	27600	kWh	1104
Reactiva	15987.00	15762.00	22500	kVArh	
Demanda 18h00 - 22h00	2.97		297	kW	
Demanda 22h00 - 18h00	2.98		298	kW	
Maxima			298	kW	
Maxima en pico			297	kW	
Demanda Cliente			298	kW	

Figura 41. Consumo de energía del mes de agosto del 2016 en la zona 1

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

3.5.3.2 Zona 2 – 2 Bombas en serie de 125 HP respectivamente.

En la Figura 42 se detalla el Kw-h del mes de agosto del 2016 de consumo de energía en la segunda zona.

Consumo de energía zona 2

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07h00-22h00	7498.00	7367.00	7860	kWh	314.4
22h00-07h00	13608.00	13456.00	9120	kWh	364.8
Reactiva	13128.00	12954.00	10440	kVArh	
Demanda 18h00 - 22h00	2.02		121	kW	
Demanda 22h00 - 18h00	2.03		122	kW	
Maxima			122	kW	
Maxima en pico			121	kW	
Demanda Cliente			122	kW	

Figura 42. Consumo de energía del mes de agosto del 2016 en la zona 2.

Fuente: (Sumak Yaku, 2016)

Elaborado por: Antamba Alex

3.6 Rendimiento del sistema

3.6.1. Bomba centrífuga

3.6.1.1 Determinación de la eficiencia de una bomba centrífuga.

Conociendo la eficiencia mínima, se realiza la evaluación de eficiencias admisibles y no admisibles. Cuando no se cuente con el dato de placa relativo a la capacidad del motor, deben compararse los kW de la potencia de entrada del mismo, con el fin de determinar el mínimo porcentaje de eficiencia con que deberá operar el sistema. (Coordinación de electromecánica, 2009, pág. 8)

3.6.1.2 Predicción de eficiencias en bombas centrífugas.

La eficiencia de las bombas centrífugas está relacionada a la velocidad específica (Ns), tamaño de la bomba, carga neta positiva de succión (NPSH) y el tipo de bomba seleccionada disponible para las condiciones de servicio. (Coordinación de electromecánica, 2009, pág. 8)

3.6.1.3 Factores que afectan la eficiencia de una bomba centrífuga.

Existen condiciones que afectan negativamente la eficiencia del equipo de bombeo, principalmente corresponde al diseño y fabricación del equipo, entre las principales pérdidas se tiene las siguientes: (Coordinación de electromecánica, 2009, pág. 7)

3.6.1.3.1 Pérdidas volumétricas.

Estas pérdidas son indicativas de una circulación de flujo del lado de alta presión al de baja presión del impulsor; aunque en general estas pérdidas son pequeñas, pueden tomar importancia bajo condiciones de desgaste o desajuste de la bomba.

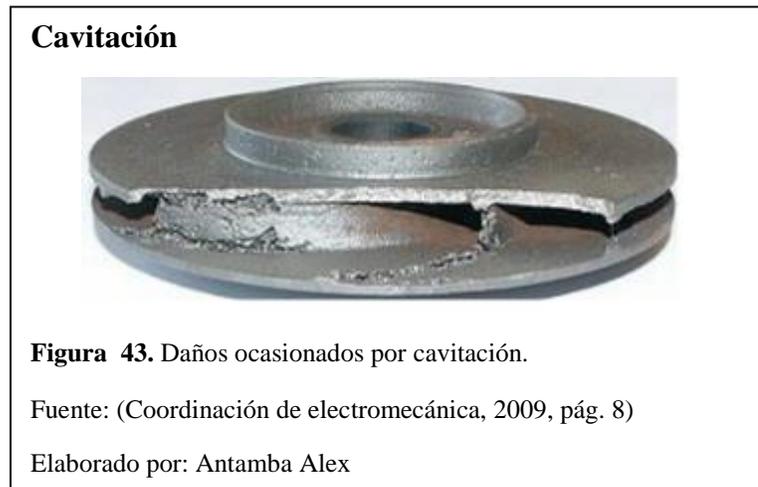
3.6.1.3.2 Perdidas hidráulicas.

Constituyen la diferencia entre la carga que podría obtenerse de la energía que podría obtenerse en el impulsor y aquella que realmente se desarrolla; las más importantes son por choque de entrada, generadas por el cambio de dirección del líquido y por fricción del líquido al fluir. (Coordinación de electromecánica, 2009, pág. 8)

3.6.1.3.3 Cavitación.

Hablando de la cavitación se puede mencionar que es cuando un líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido (Ver Figura 43) (Coordinación de electromecánica, 2009).

Este fenómeno produce deterioro y desgaste del material.



3.6.2 Eficiencia del sistema de bombeo

El cálculo de la eficiencia del sistema debe realizarse con la siguiente fórmula, (Organización Panamericana de la Salud, 2005, pág. 11):

$$Pb = \frac{Qb \times Hb}{76 \times \eta}$$

Ecuación 3

Donde:

Pb = Potencia de la bomba y del motor (HP).

Qb = Caudal de bombeo (l/s).

Hb = Altura manométrica total (m).

η = Eficiencia del sistema de bombeo, $\eta = \eta_{\text{motor}} \eta_{\text{bomba}}$

3.6.2.1 Rendimiento en la zona 1.

Qb = 146,34 LPS (valor obtenido de la simulación del sistema en Epanet 2.0).

Hb= 85 m (valor obtenido) ver plano sistema de bombeo.

Pb= 300 HP (valor obtenido de la placa de la bomba en la zona 1)

$$\eta = \frac{Qb \times Hb}{76 \times Pb}$$

$$\eta = \frac{146.34 \times 85}{76 \times 300} \quad \eta = 0,5455 \quad \eta = 54.55 \%$$

Con los cálculos realizados la eficiencia de la bomba es muy baja debido a que el caudal de bombeo es muy bajo para un motor de 300 hp.

3.6.2.2 Rendimiento en la zona 2.

Qb = 146,32 LPS (valor obtenido de la simulación del sistema en Epanet 2.0).

Hb= 109 m (valor obtenido) ver plano sistema de bombeo.

Pb= 250 HP (valor obtenido de la placa de la bomba en la zona 2)

$$\eta = \frac{Qb \times Hb}{76 \times Pb}$$

$$\eta = \frac{146.32 \times 109}{76 \times 250}$$

$$\eta = 0,8394 \quad \eta = 83.94 \%$$

La eficiencia en el sistema de bombeo en la zona 2 es muy alta por lo que no es necesario una modificación en los equipos del sistema.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN Y RESULTADOS

4.1 Software Epanet 2.0

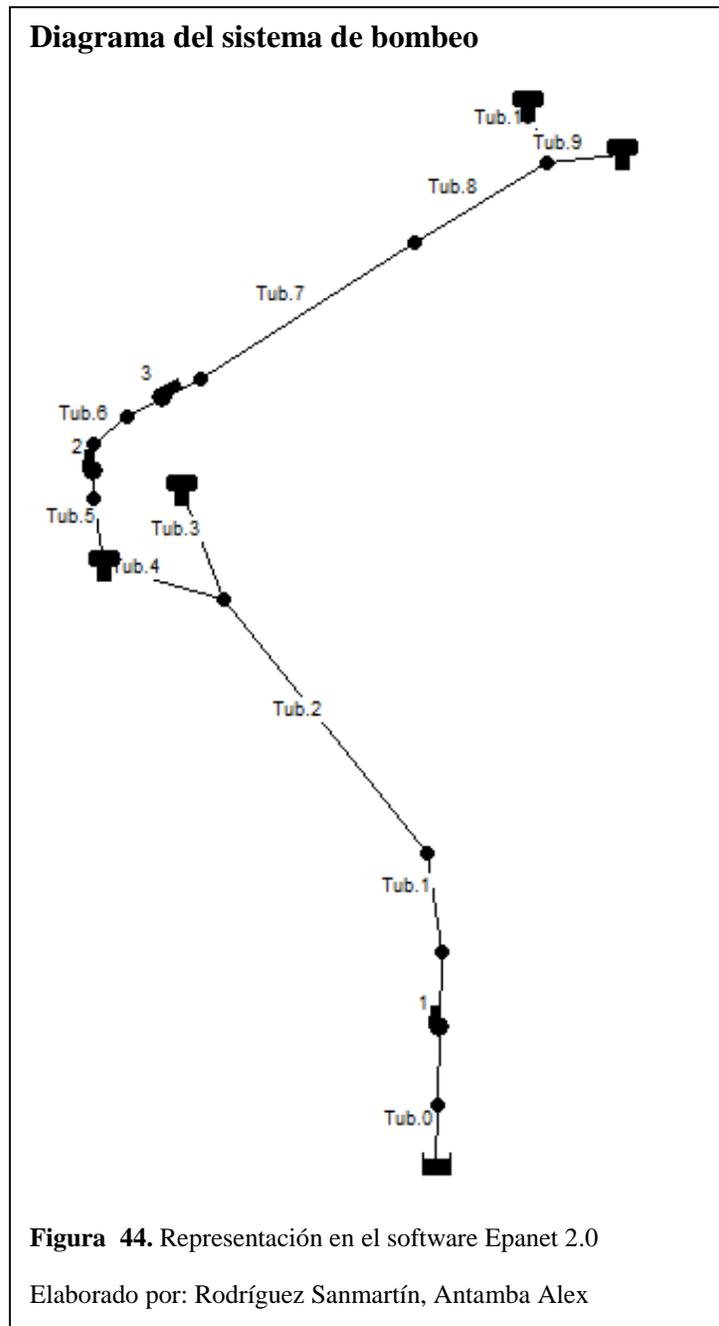
EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. En general, una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento o depósitos. EPANET determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque y la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red durante un determinado periodo de simulación analizado en diferentes intervalos de tiempo.

De hecho puede emplearse para multitud de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución. Además incluye:

- Utilización alternativa de las fuentes de suministro en sistemas que disponen de múltiples fuentes de abastecimiento,
- Variación de los esquemas de bombeo y de llenado y vaciado de los depósitos. (EPA, pág. 1)

4.2 Simulación de la zona 1, zona 2, y tanques gemelos en software Epanet 2.0

En la Figura 44 se representa el sistema de bombeo, lo cual se está indicando la zona 1, zona 2 y los tanques “GEMELOS”.



En la Figura 45 se indica los caudales en las diferentes zonas del sistema de bombeo, medidos en LPS.

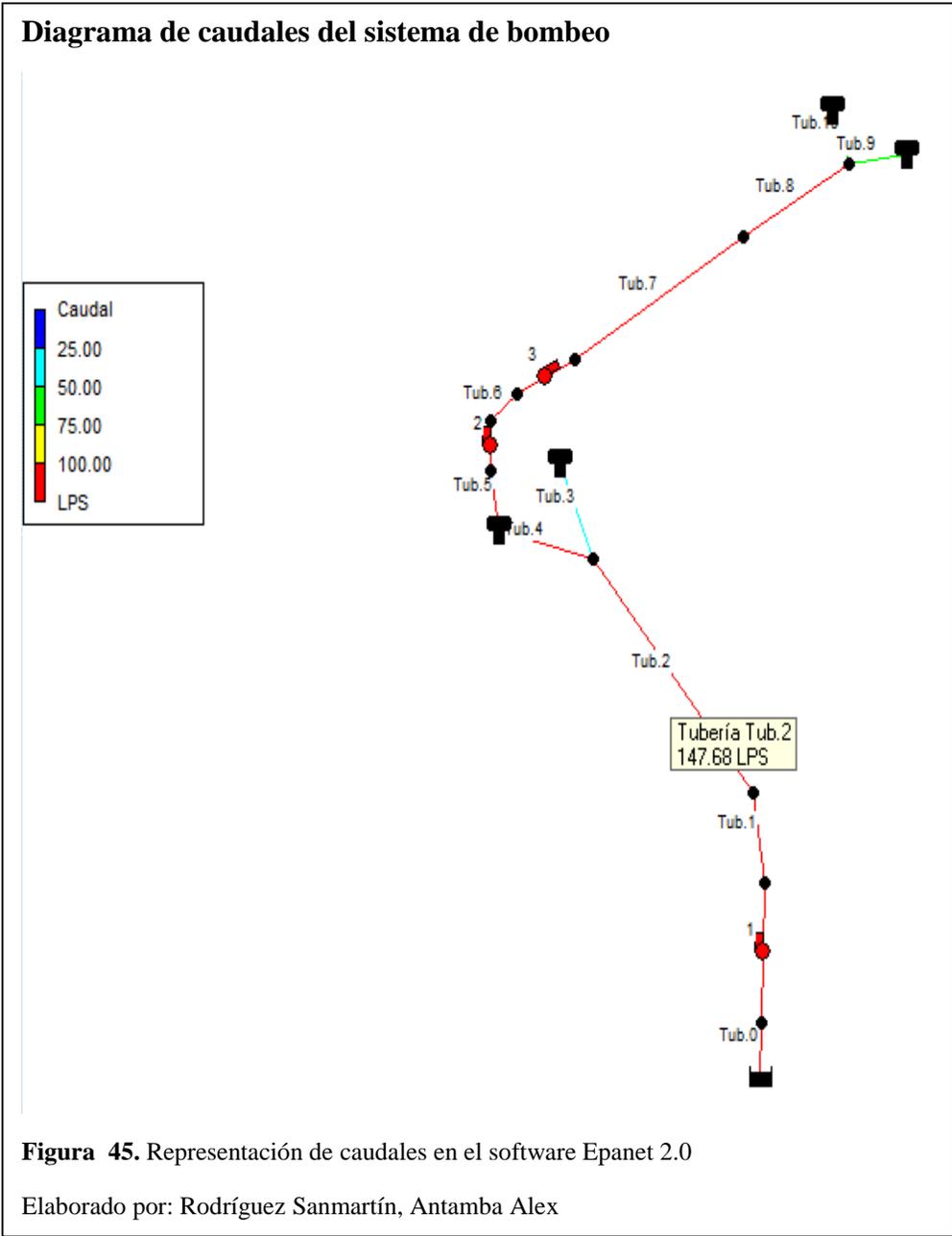


Figura 45. Representación de caudales en el software Epanet 2.0

Elaborado por: Rodríguez Sanmartín, Antamba Alex

En la Figura 46 se especifica los valores de los parámetros como: longitud, diámetro y rugosidad de las diferentes tuberías.

Tabla de valores de longitud, diámetro y rugosidad en Epanet 2.0

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad
Tubería Tub.0	3	200	120
Tubería Tub.1	151.48	200	120
Tubería Tub.2	184.21	200	140
Tubería Tub.3	65.03	200	140
Tubería Tub.8	239.93	160	140
Tubería Tub.10	4	160	120
Tubería Tub.9	4	160	120
Tubería Tub.7	195	160	120
Tubería Tub.6	4	200	120
Tubería Tub.4	60.62	200	140
Tubería Tub.5	4	200	120

Figura 46. Especificaciones de valores de longitud, diámetro y rugosidad

Elaborado por: Antamba Alex

En la Figura 47 se especifica los valores de los parámetros como: caudal, velocidad, pérdidas unitarias y factor de fricción.

Tabla de valores de caudal, velocidad, pérdidas y factor de fricción en Epanet 2.0

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería Tub.0	147.68	4.70	110.57	0.020
Tubería Tub.1	147.68	4.70	110.57	0.020
Tubería Tub.2	147.68	5.49	121.50	0.015
Tubería Tub.3	34.16	1.27	8.07	0.018
Tubería Tub.8	136.51	7.94	311.45	0.014
Tubería Tub.10	68.26	2.54	38.71	0.022
Tubería Tub.9	68.26	2.54	38.71	0.022
Tubería Tub.7	136.51	6.79	283.43	0.019
Tubería Tub.6	136.51	4.35	95.59	0.020
Tubería Tub.4	113.52	4.22	74.64	0.015
Tubería Tub.5	136.51	4.35	95.59	0.020

Figura 47. Especificaciones de valores de caudal, velocidad, pérdidas y factor de fricción

Elaborado por: Antamba Alex

En la Figura 48 se especifica los valores de las presiones en los diferentes nudos o conexiones.

Tabla de valores de la presión en los nudos en Epanet 2.0

Tabla de Red - Nudos	
ID Nudo	Presión m
Conexión 1	-0.33
Conexión 2	131.52
Conexión 3	114.79
Conexión 4	11.51
Conexión 5	87.53
Conexión 6	214.27
Conexión 9	271.61
Conexión 10	6.15
Conexión 8	326.82
Conexión 7	213.89

Figura 48. Especificaciones de valores de presión.
Elaborado por: Antamba Alex

4.3 Análisis de parámetros obtenidos

De acuerdo al diseño y simulación del sistema de bombeo realizado en el software Epanet 2.0 se obtuvieron resultados que a continuación se muestra un análisis detallado.

4.3.1 Presiones.

De acuerdo al análisis mostrado en la simulación en el software Epanet 2.0 indica que los valores de las presiones en el sistema de bombeo no superan las presiones máximas admisibles para cada tipo de tubería, como se muestra en la Tabla 23, por lo que las tuberías son apropiadas para el sistema.

Tabla 23. Características de las tuberías

Material	Diámetro (mm)	Presión máxima de trabajo (mca)
HIERRO DÚCTIL HF	150	489,477
	200	489,477
PVC P	160	102,002
	200	81,6

Elaborado por: Antamba Alex

Fuente: (PLASTIGAMA, págs. 7,8), (ACIPCO, pág. 10)

mca: metros de columna de agua.

4.3.2 Tiempo en función del caudal para el llenado.

Bombeo de Lunes a Viernes de 4am a 8:30 am

Análisis en la zona 1

En la Tabla 24 se indica el tiempo de llenado de los tanques de 300 m³.

Tabla 24. Cálculo de tiempo en función del caudal

Caudal (LPS)	Volumen (m ³)	Tiempo (h)
113,52	408,672	1
	300	0,734
34,16	122,976	1
	300	2,440

Elaborado por: Rodríguez Estuardo

Análisis en la zona 2

En la Tabla 25 se indica el tiempo de llenado de los tanques de 200 m³.

Tabla 25. Cálculo de tiempo en función del caudal

Caudal (LPS)	Volumen (m ³)	Tiempo (h)
68,26	245,736	1
	200	0,814
68,26	245,736	1
	200	0,814

Elaborado por: Antamba Alex

De acuerdo a los cálculos realizados en la zona 1 y zona 2 del sistema de bombeo el tiempo empleado para llenar los tanques o depósitos en función de los valores de los caudales obtenidos en la simulación de la red en Epanet 2.0 da un total de 4,06 horas.

4.4 Descripción de nuevas tecnologías

4.4.1 Arrancadores suaves.

Los Arrancadores Suaves son dispositivos estáticos de arranques desarrollados para acelerar, para desacelerar y para proteger los motores de inducción trifásicos - a través del control de la tensión aplicada en el motor. (SOFT-STARTER, pág. 2)

Los arrancadores suaves limitan la corriente y el par de arranque. De este modo, se evita el esfuerzo mecánico y las bajas de tensión en la línea. La tensión del motor se reduce con el control de fases y se eleva hasta la tensión de la línea de alimentación dentro del tiempo de arranque predeterminado. El arranque y parada suaves le garantizan un esfuerzo mínimo en los dispositivos conectados y le aseguran operaciones de producción suaves. (SIEMENS, 2007, pág. 8)

SIRIUS se encarga de mecanizar, equipar, transportar. Estas y otras funciones se ejecutan en muchos procesos de fabricación automatizados.

Con la amplia oferta del sistema modular SIRIUS encontrará todo lo que necesita para la maniobra, la protección, el arranque y la vigilancia de motores. Todo. Simplemente. Con SIRIUS.

Con sus diversos componentes, el sistema modular SIRIUS abarca las más diversas funciones para el uso en el armario eléctrico y ofrece un gran número de ventajas, tanto para la construcción y el manejo como para la vigilancia de aplicaciones, la comunicación con el PLC o la concepción y configuración. (SIEMENS, págs. 2-3)

4.4.2 Sirius 3RW40.

El SIRIUS 3RW40 (Ver Figura 49) se controla directamente desde un PLC sin necesidad de usar relés de interfaz, o directamente por la entrada de control. Desde el tamaño S0 en adelante, el estado de operación se señala con dos salidas de relé.

Arrancador suave



Figura 49. Arrancador suave para motores de hasta 560kW

Fuente: (SIEMENS, 2007, pág. 6)

Elaborado por: Rodríguez Sanmartín

En la Figura 50 se especifica las características técnicas del arrancador suave Sirius 3RW40.

Características del arrancador suave

Tensión nominal operativa U_s	40°C temperatura ambiente				50°C temperatura ambiente				N° de pedido	
	Corriente nominal operativa I_n	Potencia nominal de motores trifásicos en tensión nominal operativa U_n			Corriente nominal operativa I_n	Potencia nominal de motores trifásicos en tensión nominal operativa U_n				
V	A	230 V kW	400 V kW	500 V kW	A	200 V HP	230 V HP	460 V HP	575 V HP	
200 ... 460	134	37	75	-	117	30	40	75	-	3RW40 55-□BB□4
	162	45	90	-	145	40	50	100	-	3RW40 56-□BB□4
	230	75	132	-	205	60	75	150	-	3RW40 73-□BB□4
	280	90	160	-	248	75	100	200	-	3RW40 74-□BB□4
	356	110	200	-	315	100	125	250	-	3RW40 75-□BB□4
	432	132	250	-	385	125	150	300	-	3RW40 76-□BB□4
400 ... 600	134	-	75	90	117	-	-	75	100	3RW40 55-□BB□5
	162	-	90	110	145	-	-	100	150	3RW40 56-□BB□5
	230	-	132	160	205	-	-	150	200	3RW40 73-□BB□5
	280	-	160	200	248	-	-	200	250	3RW40 74-□BB□5
	356	-	200	250	315	-	-	250	300	3RW40 75-□BB□5
	432	-	250	315	385	-	-	300	400	3RW40 76-□BB□5
Número de pedido para el complemento según tipo de conexión								Bornes de resorte	2	↑
Número de pedido para la tensión nominal de mando de control U_c								Bornes de tomillo	6	↑
								115 V CA	3	
								230 V CA	4	↑

Figura 50. Especificaciones del arrancador suave a utilizar.

Fuente: (SIEMENS, 2007, pág. 27)

Elaborado por: Rodríguez Sanmartín

4.4.3 Selección de una nueva bomba centrífuga para la zona 1.

Para seleccionar un equipo de bombeo, se debe determinar el caudal con el que trabajará durante su vida útil. Para la mayoría de las bombas el período de diseño es 10 años. (Organización Panamericana de la Salud, 2007, pág. 10)

4.4.3.1 Bomba centrífuga a utilizar.

Bomba tipo: NOWA - Bomba con cuerpo de voluta según EN 733 / DIN 24255.

Modelo bomba.NOWA - South America - NOWA 200500. (Sihi pumps, 2005, pág. 42)

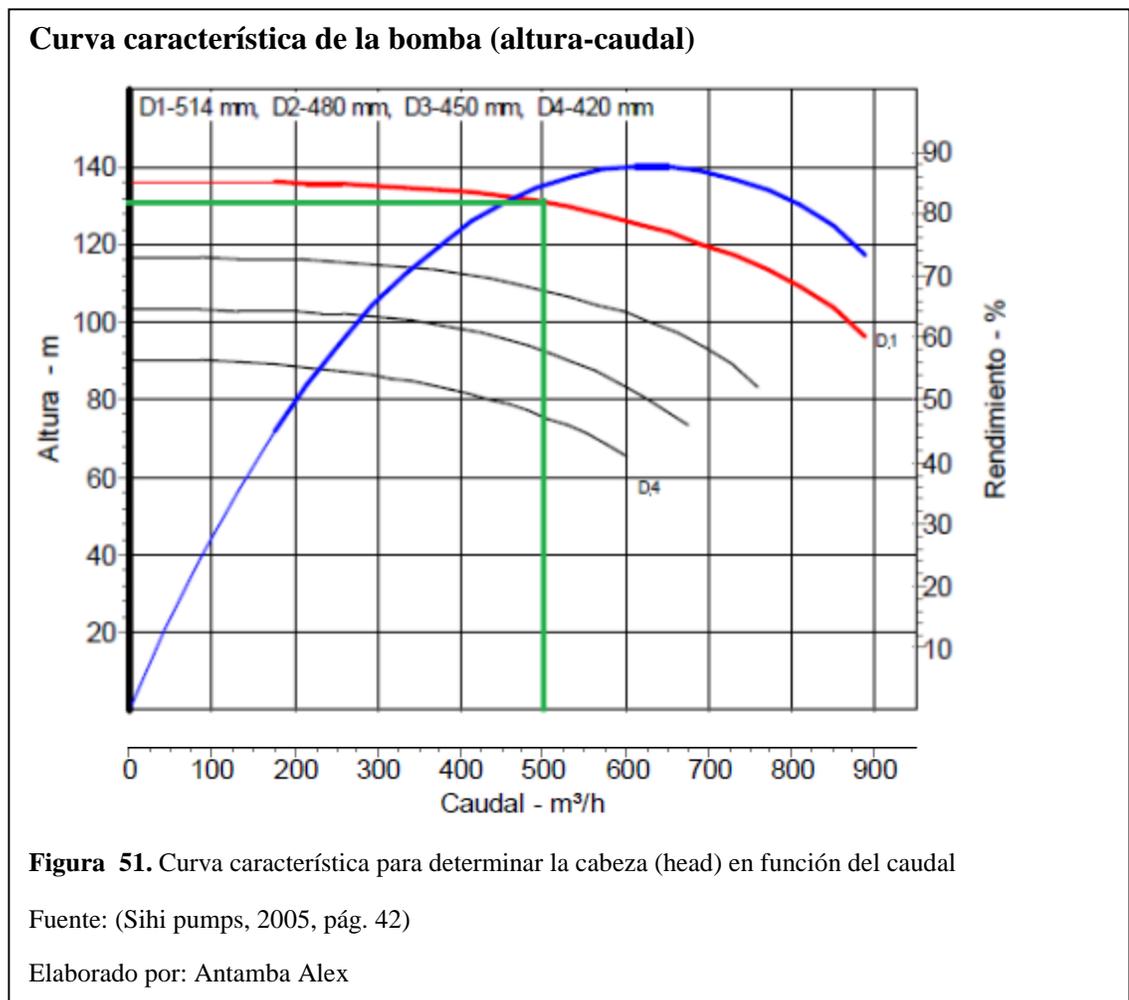
4.4.3.2 Caudal de bombeo.

$Q_b = 142,78 \text{ LPS} = 514 \text{ m}^3/\text{h}$ (valor obtenido en la simulación de la red en Epanet 2.0)

Este caudal es aquel que va a ser llevado desde la primera zona hacia la segunda zona por la bomba seleccionada.

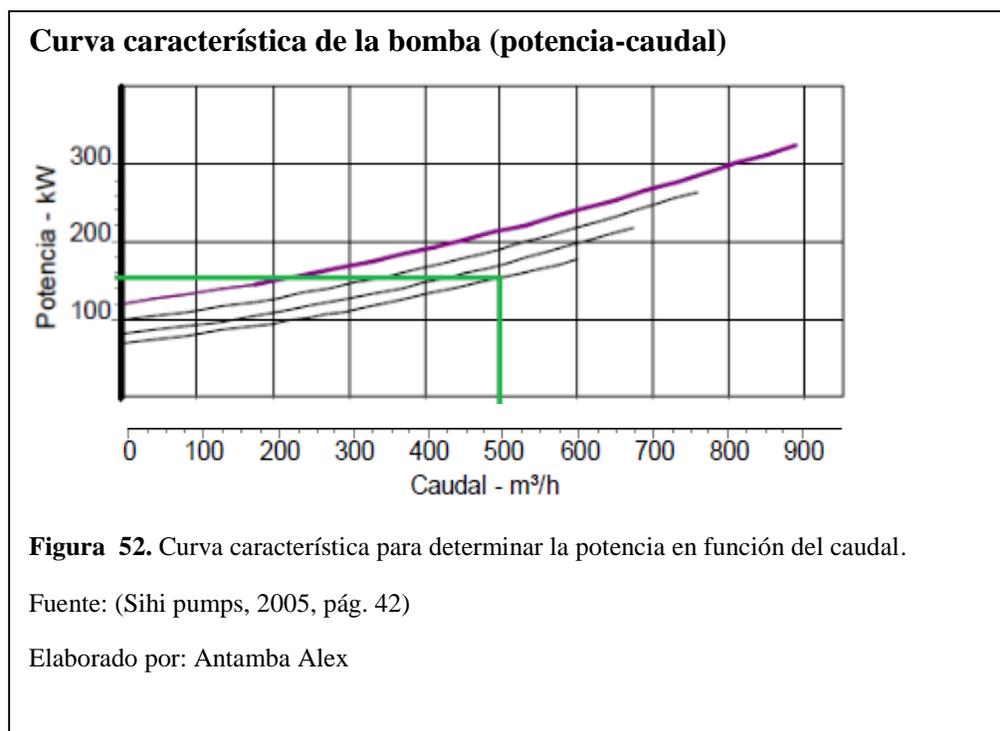
4.4.3.3 Curva característica de la bomba seleccionada.

La curva característica determina propiedades como la potencia, la cabeza (head) y la eficiencia de la bomba a utilizar (Ver Figura 51).



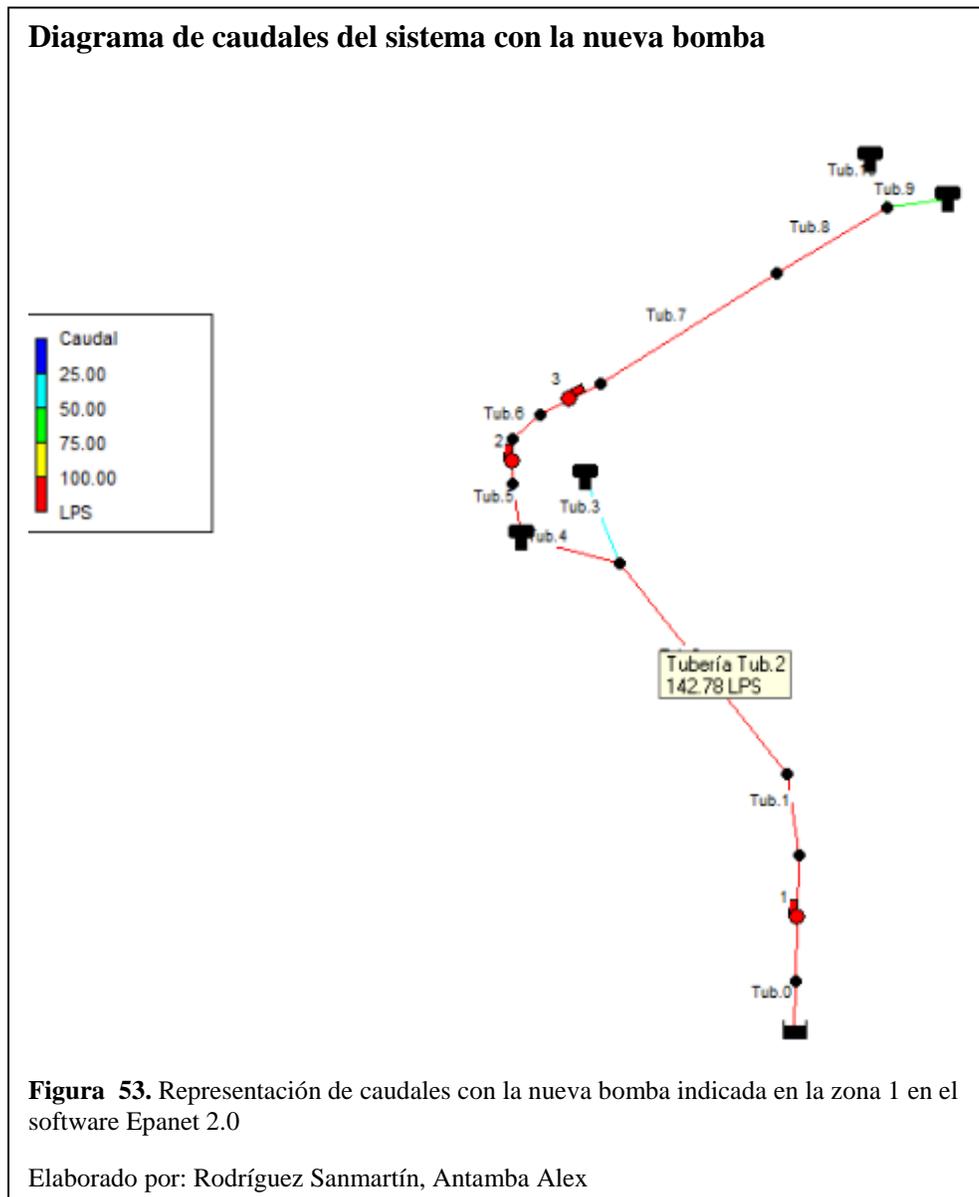
De acuerdo al caudal de bombeo obtenido de la simulación en el software Epanet. 2.0 que es de $514 \text{ m}^3/\text{h}$, se selecciona la curva característica más apropiada D1 en la Figura 51, en el cual se obtiene un $Q= 500 \text{ m}^3/\text{h}$ y $h= 132\text{m}$.

En la Figura 52 se especifica la curva característica de la bomba con su respectivo caudal y potencia.



4.4.4 Simulación del sistema con la nueva bomba en Epanet 2.0.

En la Figura 53 se indica los caudales en las diferentes zonas del sistema de bombeo, medidos en LPS, obtenidos de la nueva bomba.



En la Figura 54 se especifica los valores de los parámetros como: caudal, velocidad, pérdidas unitarias y factor de fricción obtenidos de la nueva bomba.

Tabla de valores con la nueva bomba de caudal, velocidad, pérdidas y factor de fricción en Epanet 2.0

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería Tub.0	142.78	4.54	103.88	0.020
Tubería Tub.1	142.78	4.54	103.88	0.020
Tubería Tub.2	142.78	5.31	114.15	0.015
Tubería Tub.3	30.58	1.14	6.58	0.018
Tubería Tub.8	136.51	7.94	311.45	0.014
Tubería Tub.10	68.26	2.54	38.71	0.022
Tubería Tub.9	68.26	2.54	38.71	0.022
Tubería Tub.7	136.51	6.79	283.43	0.019
Tubería Tub.6	136.51	4.35	95.59	0.020
Tubería Tub.4	112.20	4.17	73.04	0.015
Tubería Tub.5	136.51	4.35	95.59	0.020
Bomba 1	142.78	0.00	-129.50	0.000
Bomba 2	136.51	0.00	-126.87	0.000
Bomba 3	136.51	0.00	-113.04	0.000

Figura 54. Especificaciones de valores con la nueva bomba de la zona 1 de caudal, velocidad, pérdidas y factor de fricción

Elaborado por: Antamba Alex

En la Figura 55 se especifica los valores de las presiones en los diferentes nudos o conexiones, obtenidos de la nueva bomba.

Tabla de valores de la presión con la nueva bomba en los nudos en Epanet 2.0

Tabla de Red - Nudos	
ID Nudo	Presión m
Conexión 1	-0.31
Conexión 2	129.06
Conexión 3	113.34
Conexión 4	11.42
Conexión 5	87.53
Conexión 6	214.27
Conexión 9	271.61
Conexión 10	6.15
Conexión 8	326.82
Conexión 7	213.89
Embalse 0	0.00

Figura 55. Especificaciones de valores de presión con la nueva bomba de la zona 1

Elaborado por: Antamba Alex

4.5 Funcionamiento del sistema

4.5.1 Arrancador suave 3RW40.

Por medio de un potenciómetro rotatorio, al igual que con el SIRIUS 3RW30/31, se pueden ajustar continuamente la tensión de arranque, el tiempo de arranque y parada de la rampa de tensión y el límite de corriente.

Con potenciómetros y botones, y al igual que con los relés de sobrecarga SIRIUS, se manejan la corriente nominal del motor, el tiempo de disparo y la función de reinicio de sobrecarga del motor. (SIEMENS, 2007, pág. 14)

4.5.2 Bomba centrífuga Bomba tipo: NOWA 200500.

Al seleccionar esta bomba cumple con los parámetros obtenidos como son caudal, presiones, potencia, etc., en el software epanet 2.0.

Pero lo principal es la potencia de la bomba en la zona 1(captación) la cual actualmente es de 300HP.

Con la nueva bomba centrífuga la potencia necesaria para bombear el agua hacia la zona 2 es de 150 KW= 201,15HP, lo cual beneficia notablemente en el ahorro de energía eléctrica que es lo primordial y por ende el funcionamiento del sistema de bombeo no tendrá inconvenientes.

Tabla 26. Consumo de energía con la bomba actual

Potencia (HP)	Potencia (KW)	Tiempo (horas)	Costo (KWh)	días	Consumo (\$)
300	223,71	4,5407	\$ 0,04	30	\$ 1.218,96

Elaborado por: Rodríguez Estuardo

Tabla 27. Consumo de energía con la nueva bomba seleccionada

Potencia (HP)	Potencia (KW)	Tiempo (horas)	Costo (KWh)	días	Consumo (\$)
200	149	4,353	\$ 0,04	30	\$ 779,05

Elaborado por: Antamba Alex

Haciendo un análisis comparativo entre la Tabla 26 y la Tabla 27 existe un ahorro de consumo económico considerable de \$ 439,91 mensual, (Ver Tabla 28) por tanto, es beneficioso.

Tabla 28. Comparación económica de la bomba de 300 HP y la bomba de 200 HP

Consumo con bomba 300 HP (\$)	Consumo con bomba 200 HP (\$)	Ahorro mensual (\$)
1.218,96	779,05	439,91

Elaborado por: Antamba Alex

En la tabla 29 se muestra el monto aproximado para la inversión de la bomba de 200 HP.

Tabla 29. Especificación aproximada del costo de la bomba de 200 HP

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO
Bomba y motor de 200 HP	1	\$ 40.100
Instalación	1	\$ 150
TOTAL		\$ 40.200

Elaborado por: Antamba Alex

Fuente: (Empress TEI, 2016)

Ventajas y desventajas

Ventajas

- a) Las bombas NOWA están disponibles en una completa variedad de materiales.
- b) Es posible la instalación de una gran variedad de cierres de eje con sus respectivos sistemas de ambientación.
- c) Tiene alto nivel de eficiencia y fiabilidad en el bombeo.
- d) Simple y rápido mantenimiento a la bomba, sin mover carcasa y motor.
- e) Utilización en una gran diversidad de líquidos.
- f) En comparación a la anterior bomba NOWA 20050, la nueva bomba NOWA 200500 beneficia notablemente en el ahorro de dinero, demostrado anteriormente.
- g) Arranque sin esfuerzo del motor, con paradas suaves y reducción de picos de corriente.
- h) Las variaciones de tensión se mitigan considerablemente al iniciar el arranque del motor.
- i) El ahorro de energía y reducción de espacio físico en comparación con los arrancadores estrella-triángulo.
- j) El manejo del arrancador suave es muy sencillo y su mantenimiento es casi nulo.

Desventajas

- a) Solo personal calificado podrá realizar la instalación y programación del arrancador suave.
- b) La inversión para adquirir la bomba NOWA 200500 es muy alto, como se especifica en la Tabla 29. En función del ahorro obtenido que es de \$ 439,81 mensual la rentabilidad para la adquisición de la bomba es aproximadamente de 7 años.
- c) Únicamente personal capacitado podrá realizar la instalación y el mantenimiento de la bomba.
- d) Los arrancadores suaves únicamente son utilizados para un motor específico, no se puede combinar con más motores al menos que se use un temporizador para cada arranque, el cual genera en más gastos.

Conclusiones

Mediante el estudio realizado en el sistema de bombeo de Sumak Yaku se logró identificar de una forma clara que tipos de válvulas, tuberías y bombas existen en el sistema con sus respectivas especificaciones técnicas para su mejor conocimiento.

Las tuberías que se encuentran en el diseño del sistema de bombeo resisten las presiones máximas que se obtiene en la simulación del software Epanet 2.0. (Ver Tabla 23).

Para seleccionar la bomba, se utiliza el valor de la altura dinámica total y el caudal de bombeo como variables de entrada en la curva general de bombas del fabricante.

El elevado consumo de energía eléctrica en el sistema de bombeo se debe al sobredimensionamiento del motor-bomba y al deterioro de los componentes mecánicos, así como también la falta de dispositivos de control actualizados.

Al verificar se constató que el sistema de bombeo posee un programa de mantenimiento preventivo el cual es realizado una vez al año.

Por medio de los cálculos y un análisis se obtuvo como resultado un ahorro de \$ 439,91 (Ver Tabla 28), que aporta a la optimización del sistema de bombeo de agua.

En base al estudio e investigación realizada en el sistema de bombeo se logró obtener un beneficio a futuro tanto para la Junta como la comunidad ya que con los resultados obtenidos en base al rendimiento de la nueva bomba que es del 81% (Ver Figura 51) se mitigara considerablemente la escasez de agua que ocasionan el paro imprevisto de las bombas.

Recomendaciones

Antes de iniciar los cálculos que se utilizarán para el análisis del sistema de bombeo y posterior a la selección de la bomba, es importante definir claramente todas las variables de entrada.

Realizar periódicamente un seguimiento al sistema de tuberías de agua potable de Sumak Yaku, debido a que pueden existir daños o fugas, el cual ocasionaría pérdidas económicas.

Para la selección de una bomba adecuada es recomendable realizar varias pruebas en el simulador de Epanet 2.0, para garantizar las condiciones óptimas y deseadas en su funcionamiento.

Para evitar la cavitación se debe disminuir las pérdidas de carga en la succión, codos de radio amplio y disminuir la distancia entre la bomba y la fuente de agua.

Aplicar sistemas de protección al motor-bomba que puedan ser medibles para ser analizadas con el objetivo de obtener resultados y realizar un mantenimiento predictivo y posteriormente un mantenimiento preventivo.

Verificar que la zona de captación de agua potable se encuentre libre de residuos sólidos que puedan ocasionar daños a la bomba.

Para que los lectores puedan hacer uso de guía de este proyecto deben profundizar la investigación en el manejo del software Epanet 2.0, ya que tiene múltiples aplicaciones que se acercan a la realidad.

REFERENCIAS

- Jimenez, R. I. (s.f.). *ARQHYS ARQUITECTURA*. Obtenido de ARQHYS
ARQUITECTURA: <http://www.arqhys.com/contenidos/red-agua.html>
- A.R.I. (2014). *Válvula Ventosa Automática*.
- ACIPCO. (s.f.). *Manual de tubería internacional*.
- CERVANTES TAFUR, H. D. (2012). *DETECCIÓN DE FUGAS EN LA TUBERÍA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE SUMAK YAKU – ARAQUE – OTAVALO*. Ibarra.
- Coordinación de electromecánica. (2009). *EFICIENCIA EN SISTEMAS DE BOMBEO*. México.
- Corporación DISTURBI777, C.A. (2016).
- DefiniciónABC*. (2016). Obtenido de <http://www.definicionabc.com/motor/motor-electrico.php>
- electricmotorwholesale*. (2016). Obtenido de <http://www.electricmotorwholesale.com/MARATHON-H812.html>
- Empress TEI. (2016). Ibarra.
- EPA. (s.f.). *EPANET 2 MANUAL DE USUARIO*.

EPMAPAP. (Jueves de Marzo de 2016). Obtenido de EPMAPAP:

http://www.epmapap.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=118&Itemid=249

FUNDIEC. (2016). *Compuerta de asientos metálicos*.

FUNDIEC. (2016). *VALVULAS DE COMPUERTA DE SELLO ELASTICO*. Obtenido de

http://www.fundiec.com/compuerta_sello_de_elastico.htm

Google maps. (2016).

HALBERG NOWA. (2003). *Bombas Centrífugas de Carcasa Espiral*.

HALBERG NOWA. (2004). *Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento*.

INEN. (2011). *VALVULAS DE COMPUERTA CON SELLO METÁLICO PARA SUMINISTRO DE AGUA. REQUISITOS E INSPECCIÓN*. Quito.

ingeniatic. (2011). Obtenido de *ingeniatic*:

<http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/527-motor-el%C3%A9ctrico>

itap. (2008). *GATE VALVES*.

KSB. (s.f.). *Manual de Curvas Características*.

KSB MEGANORM. (2007). *Manual técnico*. Brasil.

KSB MEGANORM. (2008). *Manual técnico*. Brasil.

Lema, T. (28 de Febrero de 2013). Junta administradora de agua Sumak Yaku cambia directiva. *El norte*.

Lozano García, E. E. (s.f.). *TABLA DE PRESIONES EN TUBERÍAS DE HIERRO DÚCTIL K7*.

Manual de Bombas. (2016). Obtenido de <http://www.benoit.cl/Bombas2.htm>

marathon Motors . (2016). Obtenido de

<http://www.marathonelectric.com/MMPS/details.jsp?item=447TSTDN7026>

Mendoza González, F. (2007). *Bombas centrífugas*. Argentina: El Cid Editor - Ingeniería.

NOWA, H. (2004). *Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento*. Colombia.

Organización Panamericana de la Salud. (2005). *GUÍAS PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO*. Lima.

Organización Panamericana de la Salud. (2007). *GUIA PARA LA SELECCIÓN EQUIPOS DE BOMBEO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL MEDIO RURAL*. Lima.

Plastigama. (2016). *Tuberías y accesorios de PVC Y PE BD*. Obtenido de

http://sitio.plastigama.com/images/hojasTecnicas/Tuberias_y_accesorios_PVC.pdf

PLASTIGAMA. (s.f.). *TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE PVC* .

Rodríguez, F. (s.f.). *APUNTES DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS I*.

Ruiz Rivera, R. (2000). *Mantenimiento preventivo de redes de distribución de agua y saneamiento (MF0609_2)*. IC Editorial.

SAMEEP. (s.f.). *Impacto ambiental del proyecto*. El Chaco.

SIEMENS. (2007). *Arrancadores suaves*.

SIEMENS. (s.f.). *Sistema modular SIRIUS*.

Sihi pumps. (2005). Bogota.

SOFT-STARTER. (s.f.). *Arrancadores suaves*.

Sumak Yaku. (2013). Otavalo.

Sumak Yaku. (2016).

Terán Pineda, D. F. (2012). *Automatización de dos zonas de bombeo y monitoreo de la red principal del sistema de agua potable de la junta administradora de agua potable Sumak Yaku – Araque – Otavalo*.

Yamberla, J., & Pasquel, W. (Junio de 2013). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVO- FINANCIERO DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL “SUMAK YAKU” EN LA COMUNIDAD DE AGATO, CANTÓN OTAVALO, PROVINCIA DE IMBABURA. 19.

Yamberla, J., & Pasquel, W. (2013). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVO- FINANCIERO DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL “SUMAK YAKU” EN LA COMUNIDAD DE AGATO, CANTÓN OTAVALO, PROVINCIA DE IMBABURA. 48.

Yamberla, J., & Pasquel, W. (2013). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVO- FINANCIERO DE LA JUNTA DE AGUA POTABLE

REGIONAL “SUMAK YAKU” EN LA COMUNIDAD DE AGATO, CANTÓN
OTAVALO, PROVINCIA DE IMBABURA. 49.

ANEXOS

ANEXO 1

PLANO

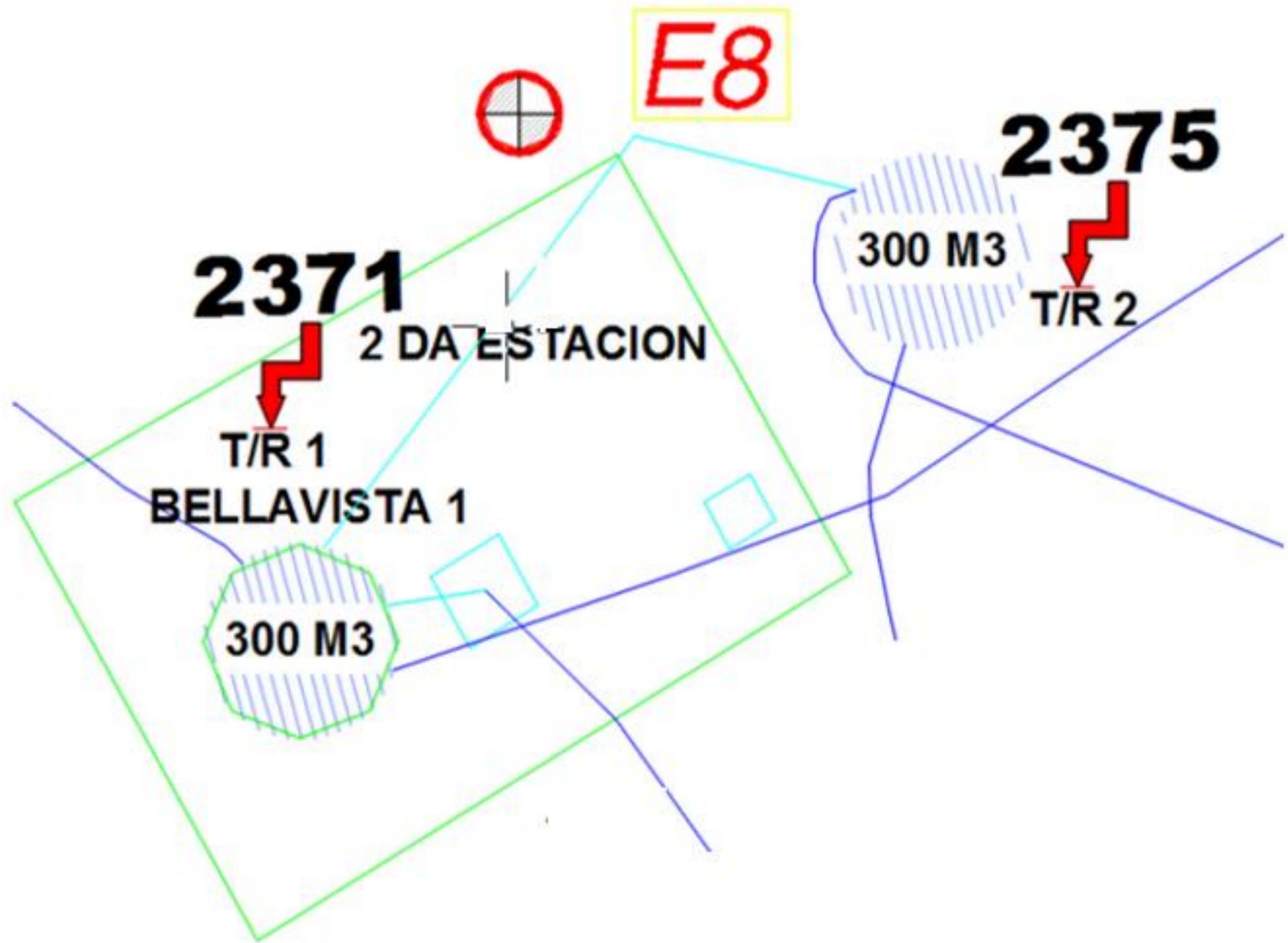
CAPTACION

2286

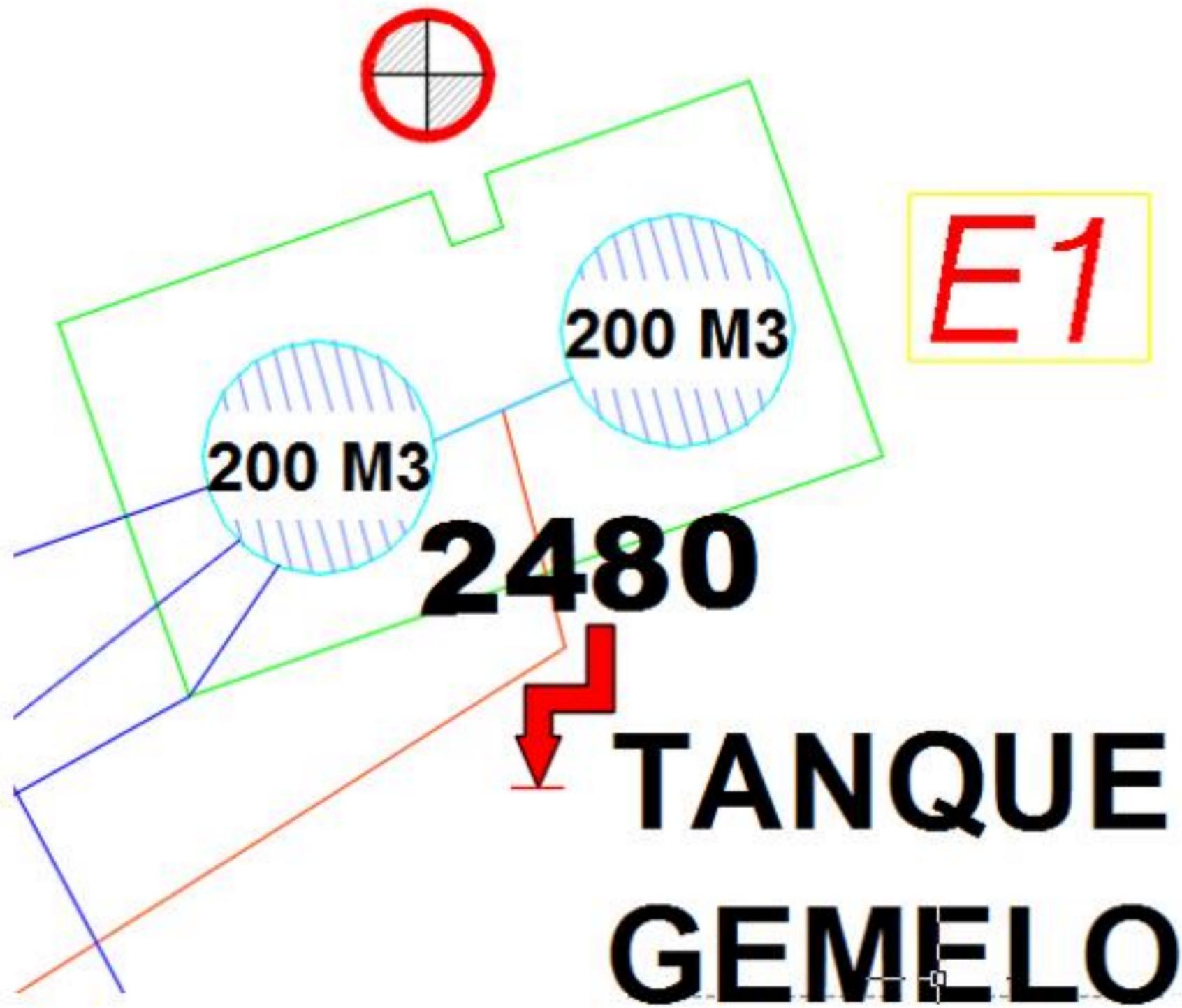


E0

Tratamiento térmico:	NA	Materiales:	NA	Dím. brutos:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	PLANO:	SUMAK YAKU	14-11-2016	
		PLANO:	SUMAK YAKU	14-11-2016	
PLANO SUMAK YAKU	Escala:	Código:	01.01.01	Tel. Gral.: NA	



Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dím. brutas:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	PLANO:	SUMAK YAKU	14-11-2016	
		PLANO:	SUMAK YAKU	14-11-2016	
				14-11-2016	
PLANO SUMAK YAKU	Escala:	Código:	01.01.01	Tel. Gral: NA	



Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dño. bruto:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	PLANO:	SUMAK YAKU	14-11-2016	
		PLANO:	SUMAK YAKU	14-11-2016	
PLANO SUMAK YAKU	Escala:	Código:	D1.01.01	Tel. Gral.: NA	

NOMENCLATURA

Conducciones



Nudo



Empate/Final de red

VA-1



Valvula de aire



GPS (Estático)



Tanque rompe presión



Altura Sobre Nivel Mar

ANEXO 2

**CURVA CARACTERÍSTICA DE
LA BOMBA SELECCIONADA
HALBERG NOWA**



SIHI Pumps (Colombia) S.A.

www.sihi-colombia.com info@sihi.com.co
Carrera 34A No 4B-33, Bogotá
Teléf.: (57-1) 3649264
Fax: (57-1) 3649262

Proyecto:

Oferta No. : CRM-99999-2

Fecha: Domingo, 29 de Julio de 2007

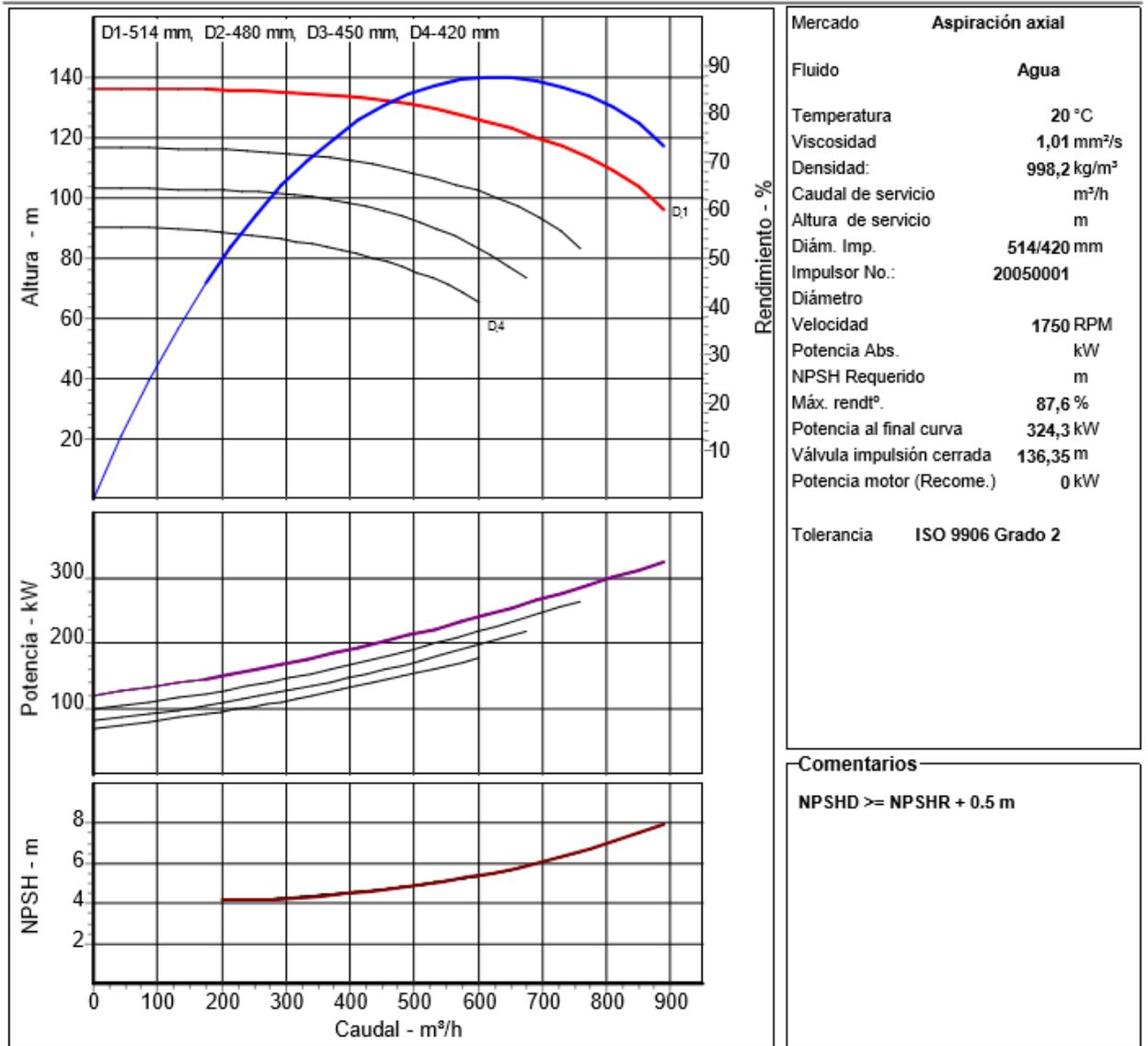
Pos. N°.: 1

Nuestra Ref.: CRM-99999-2

Bomba tipo: NOWA - Bomba con cuerpo de voluta según EN 733 / DIN 24255

Modelo bomba NOWA - South America - NOWA 200500

Su Ref. :



Mercado	Aspiración axial
Fluido	Agua
Temperatura	20 °C
Viscosidad	1,01 mm²/s
Densidad:	998,2 kg/m³
Caudal de servicio	m³/h
Altura de servicio	m
Diám. Imp.	514/420 mm
Impulsor No.:	20050001
Diámetro	
Velocidad	1750 RPM
Potencia Abs.	kW
NPSH Requerido	m
Máx. rendtº	87,6 %
Potencia al final curva	324,3 kW
Válvula impulsión cerrada	136,35 m
Potencia motor (Recome.)	0 kW
Tolerancia	ISO 9906 Grado 2

Comentarios

NPSHD >= NPSHR + 0.5 m

ANEXO 3

COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO

ZONA DE CAPTACIÓN



MOTOR – BOMBA – ZONA 1



BOMBAS EN SERIE – ZONA 2



TANQUES “GEMELOS”



VÁLVULA DE AIRE



TANQUE DE ALMACENAMIENTO



TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 50 M3



ANEXO 4

ARRANCADOR SUAVE

SIRIUS 3RW40

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ARRANCADOR SUAVE

SIRIUS 3RW40



Tensión nominal operativa U_n	40°C temperatura ambiente				50°C temperatura ambiente				Nº de pedido	
	Corriente nominal operativa I_n	Potencia nominal de motores trifásicos en tensión nominal operativa U_n			Corriente nominal operativa I_n	Potencia nominal de motores trifásicos en tensión nominal operativa U_n				
V	A	230V kW	400V kW	500V kW	A	200V HP	230V HP	460V HP	575V HP	
200 ... 460	134	37	75	–	117	30	40	75	–	3RW40 55-0BB04
	162	45	90	–	145	40	50	100	–	3RW40 56-0BB04
	230	75	132	–	205	60	75	150	–	3RW40 73-0BB04
	280	90	160	–	248	75	100	200	–	3RW40 74-0BB04
	356	110	200	–	315	100	125	250	–	3RW40 75-0BB04
	432	132	250	–	385	125	150	300	–	3RW40 76-0BB04
400 ... 600	134	–	75	90	117	–	–	75	100	3RW40 55-0BB06
	162	–	90	110	145	–	–	100	150	3RW40 56-0BB06
	230	–	132	160	205	–	–	150	200	3RW40 73-0BB06
	280	–	160	200	248	–	–	200	250	3RW40 74-0BB06
	356	–	200	250	315	–	–	250	300	3RW40 75-0BB06
	432	–	250	315	385	–	–	300	400	3RW40 76-0BB06
Número de pedido para el complemento según tipo de conexión								Bornes de resorte	2	↑
Número de pedido para la tensión nominal de mando de control U_c								Bornes de tornillo	6	
								115 V CA	3	↑
								230 V CA	4	

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Elastomérico: Que posee las propiedades características del elastómero.

Elastoméro: Polímero que presenta propiedades elásticas.

Sumak Yaku: Palabra en quichua que significa la “mejor agua”.

Epóxica: Material polimérico termoestable que se endurece al mezclarlo con un agente catalizador o endurecedor.

Tratamiento de agua: Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación.

Red de distribución: Infraestructura física hecha en tubos que a través de la cual se conduce el agua potable, existe una parte a cargo de la organización y una mínima parte a cargo del usuario.

Moto-bomba: Consiste en transformar la energía mecánica en energía cinética, la gran diferencia es que en vez de ser accionadas por un motor eléctrico son accionadas por un motor de combustión que usará gasolina o diesel.

Presión crítica: Es una característica de cualquier sustancia, que define el campo en el que ésta puede transformarse en vapor en presencia del líquido correspondiente.

Fluido no viscoso: Se desprecia la fricción interna entre las distintas partes del fluido