

"2014, Año de Octavio Paz"

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

QUE PRESENTA:

OSCAR NÁJERA PÉREZ

CON EL TEMA:

“OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DEL SISTEMA DE BOMBEO PRINCIPAL DE AGUA A LA UNIDAD HOSPITALARIA DE LA MUJER COMITAN”

MEDIANTE:

OPCION X

(MEMORIA DE RESIDENCIA)

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

NOVIEMBRE 2014

2014

MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL

OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DEL SISTEMA
DE BOMBEO PRINCIPAL DE AGUA A LA
UNIDAD HOSPITALARIA DE LA MUJER
COMITAN

OSCAR NÁJERA PÉREZ
ING. MECÁNICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ



INDICE

CONTENIDO	PAGINA
CAPITULO I.- INTRODUCCION AL PROYECTO	
1.1.-INTRODUCCION	5
1.2.-OBJETIVO GENERAL	6
1.3.-OBJETIVO ESPECIFICO	7
1.4.-JUSTIFICACION DEL PROYECTO	8
1.5.-ALCANCES	9
1.6.-LIMITACIONES	9
1.7.-PROBLEMAS A RESOLVER	9
CAPITULO II.- CARACTERIZACION DEL AREA	
2.1.-ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INSTITUCION	12
2.2.-CARACTERISTICAS DE LA INSTITUCION	13
2.3.-LOCALIZACION	16
CAPITULO III.- FUNDAMENTOS TEORICOS	
3.1.-¿QUE ES UNA BOMBA?	19
3.2.-FUNCIONAMIENTO	20
3.3.-CLASIFICACION	20
3.4.-BOMBA CENTRIFUGA	23
3.6.-APLICACIONES	27
3.7.-¿COMO SELECCIONAR UNA BOMBA?	28
3.8.-TUBERIA	28



CAPITULO IV.- PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIONES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

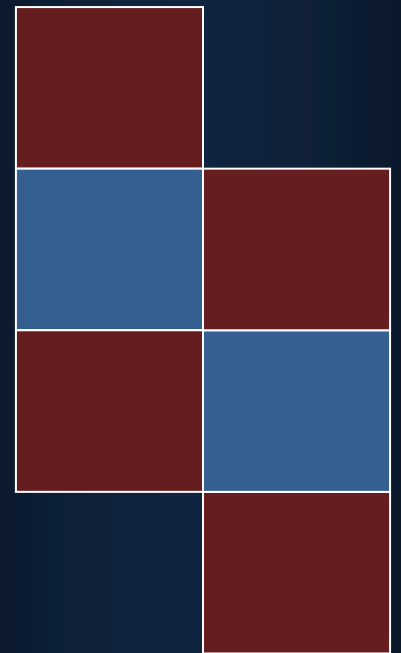
4.1.-ANALISIS DEL SISTEMA	35
4.2.-CARACTERISTICAS DE LOS PLC's	35
4.3.-SISTEMA DE BOMBEO	39
4.4.-TUBERIA	43
4.5.-INSPECCION DEL SISTEMA	50
4.6.-EVALUACION DE DAÑOS	57
4.7.-CALCULOS	60
4.8.-CORRECCIONES Y PRUEBAS	79
4.9.-MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LAS BOMBAS	93

CAPITULO V.- CONCLUSIONES

5.1.-CONCLUSION	115
5.2.-BIBLIOGRAFIA	116

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN AL PROYECTO



1.1. INTRODUCCIÓN

Los hospitales son instalaciones esenciales para enfrentar un desastre pero son altamente vulnerables. Quizás existan otros edificios e instalaciones de igual tamaño y construcción en una ciudad, pero ninguno tan complejo desde el punto de vista funcional, tecnológico y administrativo, es por ello que es de suma importancia contar con la rama de la ingeniería para resolver problemas tecnológicos. El propósito de este proyecto es el de establecer una mejora y optimización en el funcionamiento del sistema principal de bombeo hidráulico del hospital de la mujer comitán, adquiriéndolo mediante el estudio detallado de cada componente y accesorios que conforman al sistema, aplicando de la manera más correcta el uso y la función que debe cumplir cada uno de ellos y así lograr la máxima eficiencia y rendimiento del sistema para poder cubrir las necesidades y servicios del Hospital de la mujer.

Actualmente la Institución tiene la tecnología y el material necesario para tener una elevada eficiencia del sistema pero no cuenta con la programación e instalaciones adecuadas, tampoco se cuenta con manuales de procedimientos y mantenimiento para las bombas, agregando a esto daños en tuberías y adaptaciones inadecuadas en ellas, justificando el por qué la eficiencia del sistema no se encuentra en su máxima eficacia para poder proporcionar servicios de calidad a todas las áreas laborales que conforman el hospital de la mujer Comitán.

Con la corrección de los daños en la instalación hidráulica y la aplicación adecuada de la tecnología con la que se cuenta, podremos obtener un sistema más óptimo y así elaboraremos las conexiones y programaciones que mas favorezcan a las bombas, sobre todo en su rendimiento, además se dará el seguimiento a la elaboración de un manual para el mantenimiento de las bombas, con el cual se pretende que sea de gran utilidad para que el sistema esté a su total eficacia y el departamento de mantenimiento de la Institución pueda implementar un programa de mantenimiento de calidad que evite fallas y deterioro de cada componente del sistema.

Es importante resaltar el hecho que el sistema de bombeo opera las 24 horas durante todos los días del año ya que es en sector salud donde se labora y este tiene la obligación de atender a los que necesitan de sus servicios todos los días de la semana y es de suma importancia contar con el liquido indispensable que es el agua para la higiene de todos ellos, tanto trabajadores como pacientes.

La función de las bombas es de obtener presiones que logren distribuir agua en todo el hospital, pero actualmente solo se trabaja con una bomba en cada sistema de bombeo y la idea que se presenta es de poner a trabajar de manera alternada las bombas que tiene cada subsistema ya que se cuenta con un PLC que nos brinda esta posibilidad, todo esto para lograr una mayor eficiencia y menos esfuerzo en cada una de ellas.

Además el mantenimiento que se les proporciona a todos los componentes del sistema es de tipo correctivo, debido a que cuando se presentan fallas se tiene que parar la distribución de agua para corregir el fallo y la idea es que el departamento de mantenimiento pueda cambiar esta forma de realizar estos mantenimientos y lograr detectar fallos a tiempo en el sistema.

1.2. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Optimizar el sistema de bombeo principal de agua a la unidad hospitalaria de la mujer Comitán y mediante los arreglos correspondientes, obtener mejoras para lograr el rendimiento ideal al sistema que garantice y brinde el mejor servicio logrando las metas y objetivos de la institución, además elaborar un manual para evitar errores y daños en el sistema y en posibles casos de fallas, detectar de manera más fácil y rápida el tipo de error que presenta la bomba y el procedimiento a seguir para repararlo con el fin de que el personal de mantenimiento se sienta satisfecho con su labor del centro de trabajo y a la vez disminuya la baja calidad y eficiencia presentada en los sistemas secundarios que conforman al principal.

Algunas de las ventajas que la empresa obtendrá son:

1. Alternar de manera automática la función de las bombas en cada subsistema que conforma al sistema principal de bombeo y aumentar la vida útil de estas.
2. Instalación de accesorios de manera adecuada que garanticen mayor eficiencia en el proceso de bombeo.
3. Reducción de tiempo y costos por fallas en los procesos.
4. Mayor conocimiento y control de los sistemas.
5. Reducción del esfuerzo y desgaste en las bombas a 1/3 de lo actual.
6. Mayor satisfacción de los trabajadores y pacientes

El manual que se presentara comprende al área de mantenimiento con la finalidad de alcanzar un aumento de calidad y una disminución de los defectos.

1.3. OBJETIVO ESPECIFICO DEL PROYECTO

Realizar las correcciones adecuadas en las instalaciones hidráulicas en la casa de maquinas 1 donde se tiene el sistema de bombeo de agua limpia y el sistema de bombeo de trasvase, en la casa de maquinas 2 el sistema de riego y el de sanitarios específicamente en las conexiones de las bombas con las que se cuentan, tanto en la programación de los PLC correspondientes y los errores en accesorios de las tuberías de manera que eficientes en su totalidad al sistema de bombeo.

1.4. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Por las necesidades que la Institución tiene para aumentar la calidad y lograr su misión, me acepto como residente para proponer ideas de optimización y mejoras en el sistema de bombeo principal para lograr obtener la máxima eficiencia y resultados satisfactorios en el servicio que esta brinda. Actualmente, el sistema principal de bombeo no cuenta con un funcionamiento optimo, este sistema se encarga de captar y conducir el agua en todas las áreas que conforman al hospital pero presenta fallan en diversos puntos, por lo cual se generan inconformidades en dichas áreas por no tener la cantidad de agua necesaria para abastecerse. Se cuentan con un PLC que puede hacer funcionar a las bombas de manera alternada, que actualmente por no tener una programación adecuada solo hace trabajar a una sola bomba en cada subsistema provocando un trabajo forzado en ella, ya que esta tiene que trabajar todos los días del año cada vez que la presión necesaria disminuya y se requiera recuperarla.

La responsabilidad del funcionamiento del sistema lo tiene el departamento de mantenimiento en donde se me ha asignado y donde ahora solo registran las horas de operación y las condiciones electromecánicas de los equipos, dándole un mantenimiento correctivo cada vez que sucede un fallo en el sistema y es por ello que corregiremos estos errores y así optimizaremos, mejoraremos y crearemos un manual de mantenimiento para las bombas y así detectar en un futuro de manera más fácil los errores y fallos en el funcionamiento donde los objetivos principales son, la reducción de costos por mantenimiento, la disminución de paros imprevistos, conservar en buenas condiciones al equipo y el sistema en general, consecuentemente una vida útil más larga a los accesorios del sistema y rendimiento de los mismos. El manual que realizaremos contara con los puntos necesarios para que este sea confiable, oportuno y accesible al manejo de información, para que la persona encargada de realizar las actividades de mantenimiento se apoye en él y realice el mantenimiento de manera más sencilla, confiable y así obtener un resultado de calidad.

1.5. ALCANCE

El proyecto asignado abarca el estudio detallado de los subsistemas de bombeo que conforman al sistema principal, conociendo la función de cada uno de ellos de manera física, las partes de las que se conforman, los problemas que implican cuando uno de estos fallan y así elaborar un manual de mantenimiento para las bombas donde se logre detectar los factores causantes de estos para evitar en un futuro los mismos problemas y además lograr una mayor optimización y mejora en el sistema, la alternación de las bombas será posible ya que se cuentan con los PLC's indicados para el trabajo requerido en las bombas logrando reducir el desgaste de manera considerable en cada una de ellas.

1.6. LIMITACIONES

Para la realización del proyecto no se cuenta con información precisa documentadas de las fallas en los equipos, la función teórica de cada componente y sus características, las causas posibles de los fallos y como repararlos, además de no tener el suficiente recurso económico para lograr sustituir todas las partes defectuosas detectadas impidiendo la realización de las pruebas correspondientes.

1.7. PROBLEMAS A RESOLVER

La problemática principal a resolver son las deficiencias en el proceso de suministro de agua provocado por el mal funcionamiento e instalación de las bombas, se tienen cinco subsistemas que conforman al sistema en general, el primero es el bombeo de pozo profundo que cuenta con una bomba, los siguientes son, el de riego al igual que el de sanitarios y trasvaso que cuentan con dos bombas cada uno y por último el de aguas limpias que este a diferencia de los demás contiene 3 bombas ya que se requiere un mayor trabajo. Estos subsistemas cuentan con algunos errores en las conexiones y en la programación del PLC que los controla, lo cual provoca que una

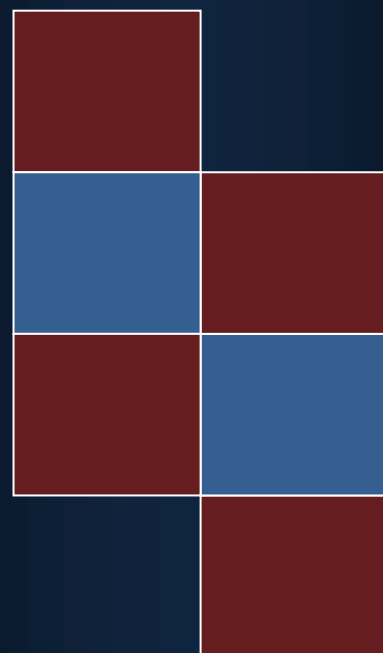
sola bomba este en constante funcionamiento en cada uno de los subsistemas antes mencionados y eso es causa de una sobrecarga de trabajo y esfuerzo en ella, ya que la función que estas tiene es de alcanza la presión adecuada para el suministro de agua en toda la unidad hospitalaria todos los días de la semana sobre todo en el sistema de aguas limpias ya que es ahí donde se requiere de una mayor presión y esto provoca desgastes elevados y reducción en la vida útil de las bombas, además se cuenta con fallos en accesorios en las tuberías principales, se reconocerá el porqué de los defectos y recomendar las acciones necesarias para su corrección, así mismo asegurar que el personal cuente con el conocimiento necesario ayudándose de un manual de procedimiento para saber a ciencia cierta que se cumple con las normas de calidad exigidas por la Institución y que el proceso se está haciendo de manera adecuada, también recomendar las acciones necesarias para que se evite en medida de lo posible el retrabajo, de tal manera que toda acción en el departamento de mantenimiento se realice correctamente desde la primera vez, y sin caer en la duplicidad de funciones.

Ordenando estos problemas, tenemos 6 puntos indispensables:

- 1.- Alternado del funcionamiento de las bombas existentes en cada subsistema con el PLC DLC+ y el control de velocidad variable CVV-V2.
- 2.- Mal estado de las bombas y tuberías.
- 3.- Fugas en las tuberías y en las bombas.
- 4.- Adaptaciones inadecuadas de accesorios que causan deficiencia en la tubería.
- 5.- Sistema de trasvaso trabajando en forma manual y se requiere regresarlo de manera automática.
- 6.- Manual de mantenimiento de las bombas y accesorios que conforman al sistema.

CAPITULO II

CARACTERIZACIÓN DEL AREA



2.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INSTITUCIÓN

El Hospital de la mujer Comitán se crea como respuesta a la tragedia ocurrida en el año 2002 al no contar con la infraestructura necesaria. Gracias a la gestión del patronato pro-construcción del hospital conformado por un número de distinguidas personalidades y autoridades del municipio de Comitán de Domínguez y a la estrategia del C. Lic. Felipe Calderón Hinojosa y del Gobernador del Estado C. Lic. Juan Sabines Guerrero. Fundado con el nombre de Hospital General de Comitán Chiapas, se inauguró, y de forma inmediata, por las especialidades que brindaba paso a ser Hospital de la Mujer y dado de alta ante las instancias correspondientes como Hospital Materno Infantil, nombre que duró hasta el 31 de Diciembre del 2011, pues a partir del 1º de Enero de 2012 gracias a gestiones realizadas por el director en turno, el Dr. Raúl Sánchez Parra, cambia a su actual denominación “Hospital de la Mujer Comitán”. En la actualidad el Hospital de la Mujer Comitán atiende las necesidades de nueve municipios del Estado de Chiapas, Comitán de Domínguez (municipio donde se encuentra instalado), La Trinitaria, Las Margaritas, Tzimol, Frontera Comalapa, Chicomuselo, La Independencia, Socoltenango y Maravilla Tenejapa. Al ser esta Unidad Hospitalaria la única que brinda servicios en las especialidades de Ginecología, Obstetricia y Pediatría, en los municipios ya mencionados, genera por ende una gran demanda en los servicios que cubre convirtiéndolo en una unidad de alta concentración, aun así el hospital trabaja de manera eficiente, cubriendo día a día las necesidades de los pacientes.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTITUCIÓN

2.2.1. MISIÓN

Brindar servicios de salud a mujeres y niños en forma íntegra y equitativa por personal altamente calificado comprometido con ética, profesionalismo y humanismo.

2.2.2. VISIÓN

Ser el mejor hospital que satisfaga las necesidades de salud de la mujer y el niño otorgando servicios de salud de manera íntegra con calidad y seguridad que garantice la confianza de la población.

2.2.3. GIRO Y TIPO DE CAPITAL

Servicios de salud, capital Federal.

2.2.4. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA

- Se realiza atención de partos.
- Cirugías (cesáreas y operaciones ginecológicas diversas).
- Atención de enfermedades de niños.
- Hospitalización y terapia intensiva.

2.2.5. OBJETIVOS DE LA EMPRESA

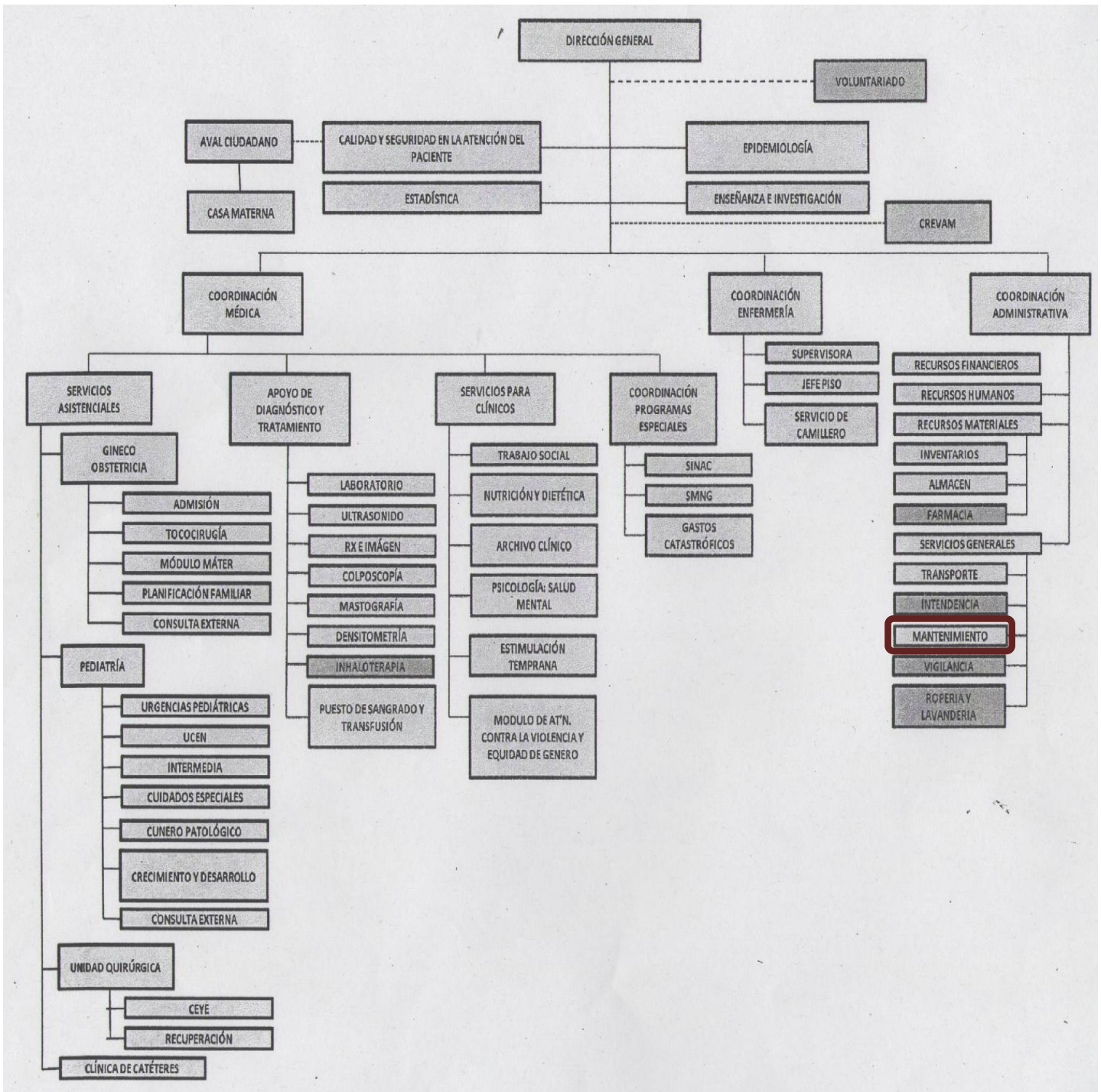
- Mejorar la salud materna.
- Dar atención de calidad a mujeres con problemas de salud.
- Dar atención a problemas de salud de la mujer de forma gratuita o a muy bajo costo.
- Contribuir a enfrentar los problemas médicos de las mujeres que llevan a la muerte por causa asociadas a la maternidad.
- Mejorar a la asistencia a la embarazada, la atención al parto, el control del recién nacido

2.2.6. NOMBRE Y DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO EN DONDE SE DESARROLLO LA RESIDENCIA

El departamento es de mantenimiento, en este departamento se realizan las siguientes actividades que se mencionan a grandes rasgos.

- Mantenimiento de los equipos preventivo-correctivo.
- Mantenimiento de toda la infraestructura.
- Mantenimiento de la planta eléctrica.
- Mantenimiento de la planta de tratamientos de aguas residuales.

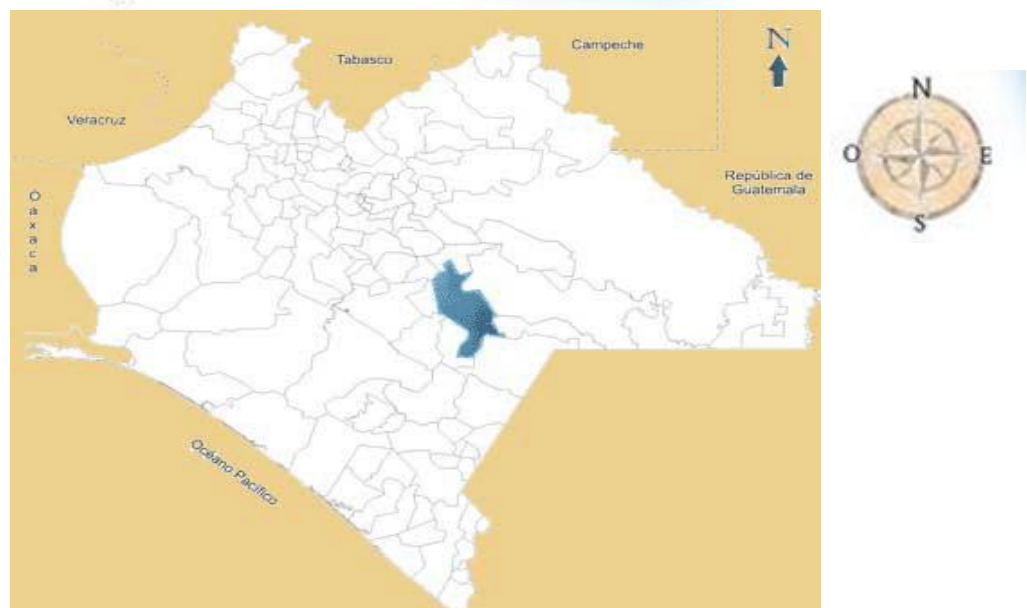
2.2.7. ORGANIGRAMA DE LA INSTITUCIÓN



2.3.- LOCALIZACIÓN

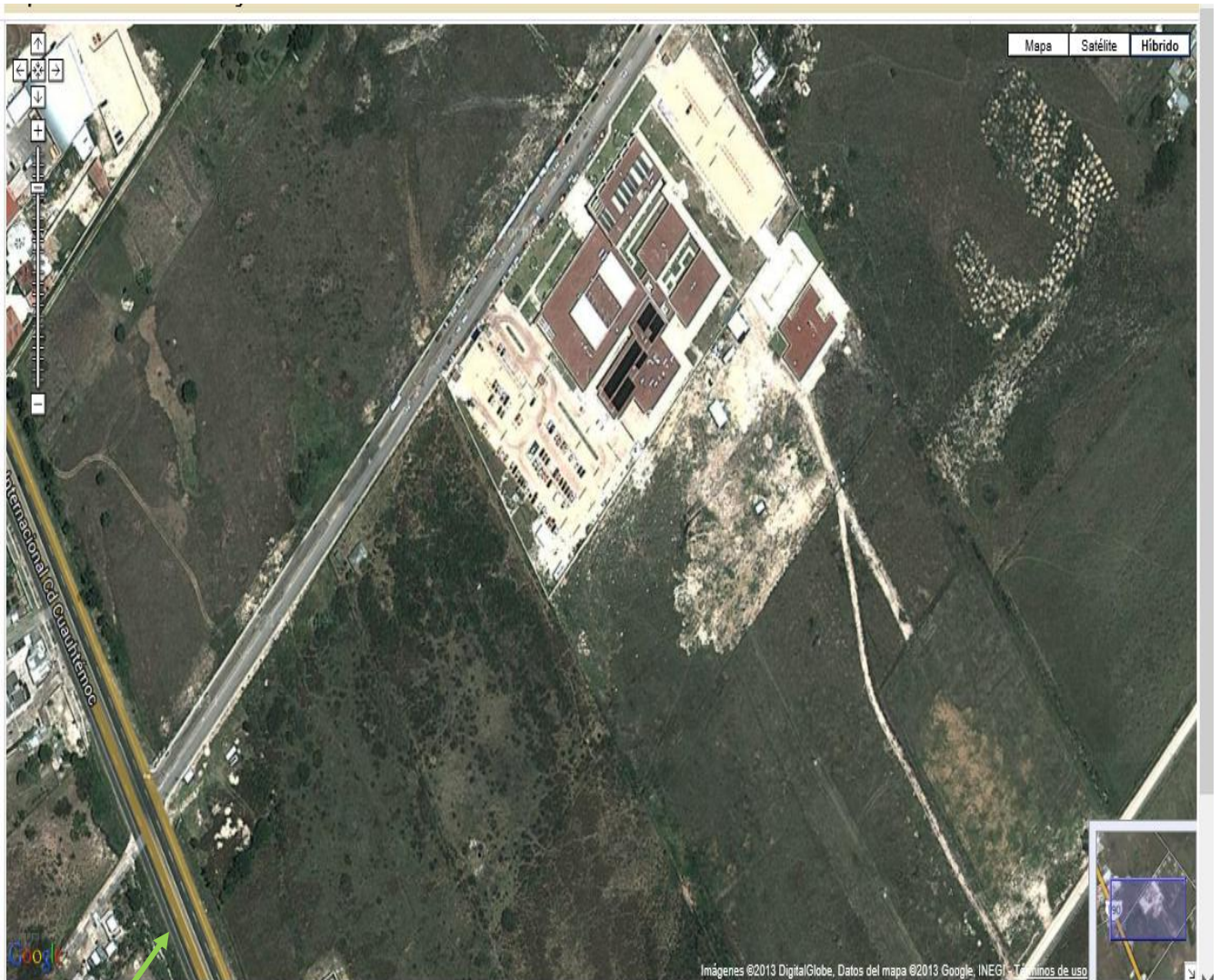
2.3.1. MACROLOCALIZACIÓN

El hospital de la mujer se encuentra ubicado en México: en el estado de Chiapas el cual limita por el norte con el estado de Tabasco, por el este con Guatemala (comparte la frontera sur), por el sur y sureste con el golfo de Tehuantepec del océano pacifico, y por el oeste con los estados de Veracruz y Oaxaca



2.3.2. MICROLOCALIZACIÓN

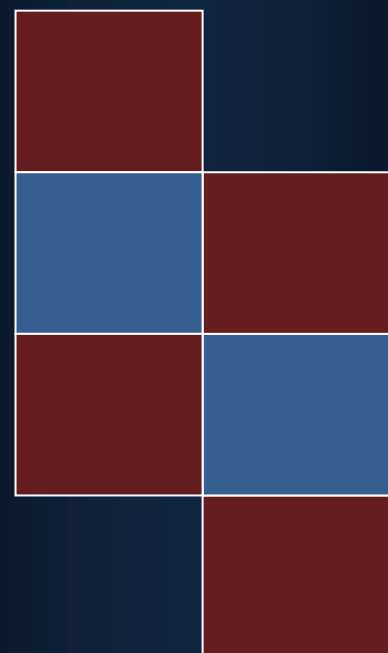
El HOSPITAL DE LA MUJER se localiza en la Carretera Internacional Sur Oriente Ranchería Chichima acapetahua Comitán de Domínguez Chiapas. Aproximadamente a 1 km de la entrada que entrelaza las carreteras Tzimol-Comitán-Trinitaria.



Carretera
Comitán-Trinitaria

CAPITULO III

FUNDAMENTO TEÓRICO



3.1. ¿QUÉ ES UNA BOMBA?

Una bomba es un dispositivo que tiene la capacidad de recibir energía mecánica y transformarla para proporcionarle energía a un fluido, a esta última se le llama energía hidráulica. Podemos decir también que es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos. Se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud. Existe una ambigüedad en la utilización del término bomba, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía, o bombean fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo

3.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS BOMBAS

Desde hace milenios el hombre aprendió a abastecerse de agua mediante mecanismos para transferirla de un lugar a otro. Ejemplos de estas máquinas primitivas son la noria movida por accionamiento humano o tracción animal y el malacate, empleados por las antiguas culturas egipcias y babilónicas.

Arquímedes describió en el siglo III A.C. lo que hoy se conoce como tornillo de Arquímedes, aunque este sistema había sido utilizado anteriormente por Senaquerib, rey de Asiria en el siglo VII A.C. En el siglo XII, Al-Jazari describió e ilustró diferentes tipos de bombas, incluyendo bombas reversibles, bombas de doble acción, bombas de vacío, bombas de agua y bombas de desplazamiento positivo.

Los mesopotámicos también crearon una bomba, alrededor del año 3000 A.C. usaron una palanca de madera al lado del banco de agua, con un contrapeso en un

extremo y un balde en el otro. Cuando la palanca se empujaba hacia abajo, el contrapeso subía el balde y se vaciaba en una batea.

Las primeras bombas se hicieron con ruedas de agua y rampas y usaban animales para darles la energía necesaria para mover las ruedas. Se inventaron tres bombas alrededor del año 500 A.C. Entre ellas una noria con ollas atadas, una noria con compartimentos para el agua, y una cadena de baldes, que era una línea que pasaba por encima de una polea con baldes pegados a ella.

3.2. FUNCIONAMIENTO

El movimiento del agua y otros líquidos y gases se hace creando una diferencia de presión entre dos puntos por succión, compresión, vacío, empuje y otros medios, el fluido que sale del tubo de admisión entra a la bomba por el ojo del impulsor y luego se mueve hacia afuera entre las paletas del impulsor a su borde, en seguida el fluido entra a la carcasa de la bomba y luego al tubo de descarga. El accionamiento de las bombas puede ser con energía humana (bomba manual), humana o animal (noria), animal (malacate), motor eléctrico (turbina y otras), eólica (molino de viento), o incluso con la energía de una corriente de agua (ariete, molino de agua).

3.3. CLASIFICACIÓN

Para una clasificación de los diferentes tipos de bombas hidráulicas, se deben conocer los términos más importantes para evaluar sus méritos, ellos son:

Amplitud de presión: Son los límites máximos de presión con los cuales una bomba puede funcionar adecuadamente. Las unidades más usadas son kg/cm² o lb/plg².

Volumen: Es la cantidad de fluido que una bomba puede entregar a la presión de operación. Las unidades son L/min o gal/min.

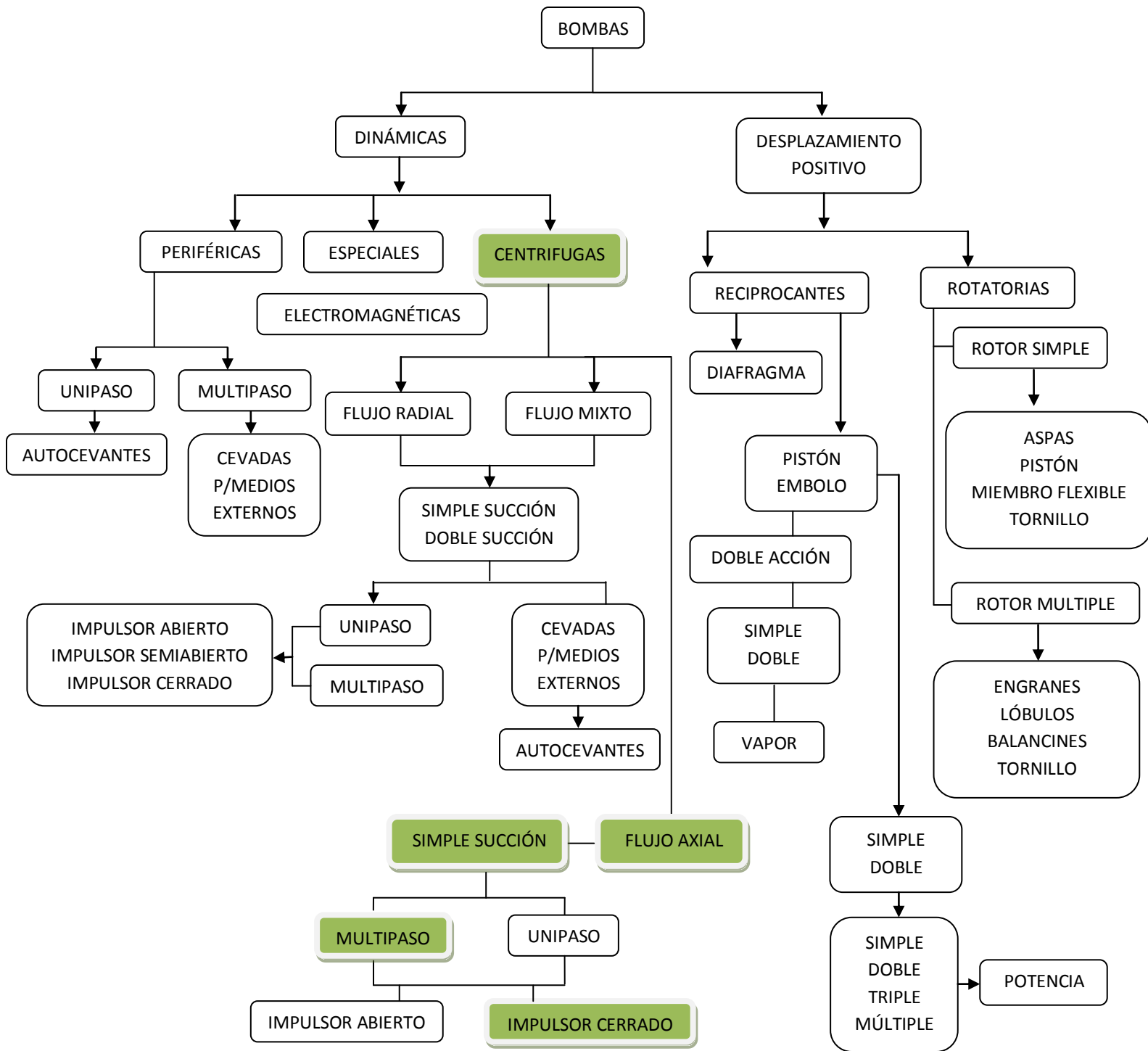
Amplitud de la velocidad: Se constituyen en los límites máximo y mínimo en los cuales las condiciones a la entrada y soporte de la carga permitirán a la bomba funcionar satisfactoriamente. La unidad empleada es r.p.m.

Eficiencia mecánica: Se puede determinar mediante la relación entre el caballaje teórico a la entrada, necesario para un volumen específico en una presión específica y el caballaje real a la entrada necesario para el volumen específico a la presión específica.

Eficiencia volumétrica: Se puede determinar mediante la relación entre el volumen teórico de salida a 0 lb/plg² (kg/cm²) y el volumen real a cualquier presión asignada.

Eficiencia total: Se puede determinar mediante el producto entre la eficiencia mecánica y la eficiencia volumétrica.

CLASIFICACIÓN DE BOMBAS



Esquema No 1.- Clasificación de las bombas

3.4. BOMBA CENTRÍFUGA



Fig. No 1.- Bomba centrífuga horizontal

Las bombas hidráulicas son máquinas relativamente sencillas, su función básica es la de elevar un fluido de un nivel determinado a otro, el líquido más valioso que mueven las bombas es la esencia misma de la vida, “el agua”. Según el tipo de aplicación se usará uno u otro tipo de bomba, las bombas centrífugas se utilizan en toda clase de bombeos excepto si la carga a vencer es demasiado elevada. Esta clase de bomba se indica para caudales moderados y alturas notables.

Las bombas centrífugas son máquinas hidráulicas que mueven cierto volumen de líquido entre dos niveles donde transforma la energía mecánica en energía cinética y potencial requerida. La energía se comunica en el líquido por medio de alabes en movimiento de rotación, las bombas centrífugas aumentan la velocidad del fluido con un impulsor rotativo llamado rodete, pueden bombear agua venciendo la gravedad pero para ello requieren la acción de un motor potente y constante que haga girar el impulsor. La bomba centrífuga constituye el tipo más frecuentemente utilizado. Son máquinas hidráulicas donde el líquido, al entrar en la cámara por la parte central y en la dirección del eje del rotor, es impulsado por éste y al girar lanzada hacia el exterior por la fuerza centrífuga. El líquido adquiere energía cinética que en el difusor se convierte en un aumento de presión, transforman por tanto, un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

3.4.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA BOMBA

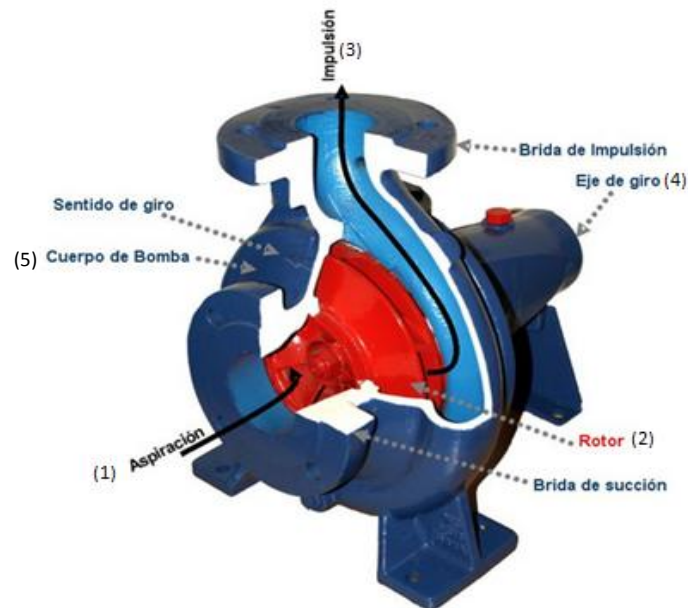


Fig. No 2.- Vista de los componentes externos de una bomba centrífuga horizontal

1. Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.
2. El impulsor o rodete, formado por una serie de álabes de formas distintas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba.
3. Una tubería de impulsión, donde el líquido adquiere la presión cedida por la energía cinética en la voluta de la bomba.
4. Un eje de la bomba que cuando está instalado se ubica en posición vertical u horizontal según el requerimiento deseado.
5. Una voluta

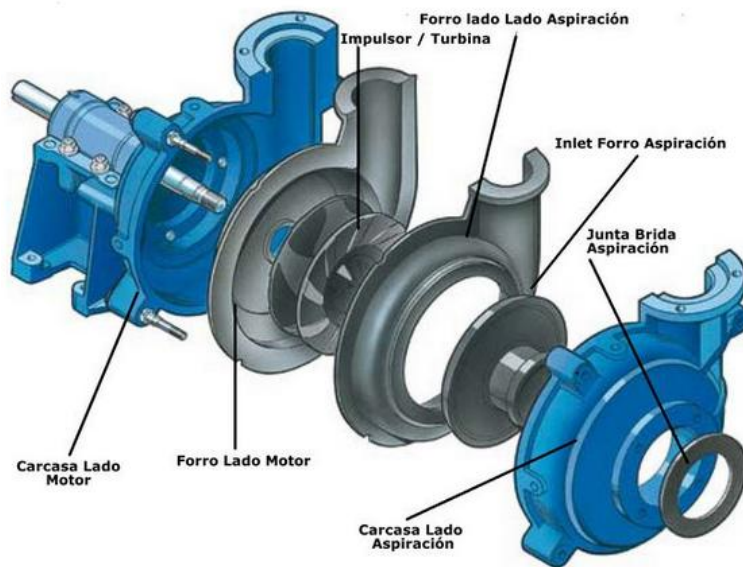


Fig. No 3.- Bomba centrífuga con componentes separados

3.4.2. FUNCIÓN DE LOS COMPONENTES

- Tubería de aspiración es mediante la cual se abastece el fluido.
- Eje de la bomba: cuando está instalado se ubica en posición vertical u horizontal según el requerimiento solicitado. un extremo se acopla al motor y el otro extremo se acopla en la parte superior de un rodete.
- El rodete es accionado por un motor que va unido solidariamente al eje siendo la parte móvil de la bomba. Los alabes del rodete someten a las partículas del líquido a un movimiento de rotación muy rápido siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga imprimiendo gran velocidad al fluido y aumentando también su presión.
- La voluta es un órgano fijo que está dispuesta en forma de caracol alrededor del rodete, su misión es la de recoger el líquido que abandona el rodete a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarlo hacia la brida de impulsión de la bomba. La voluta es también un transformador de energía

por que frena la velocidad del líquido transformando parte de la energía dinámica en energía de presión.

- La tubería de impulsión está instalada en la salida de la voluta por la que el líquido es evacuado a la presión y velocidad creadas en la bomba.

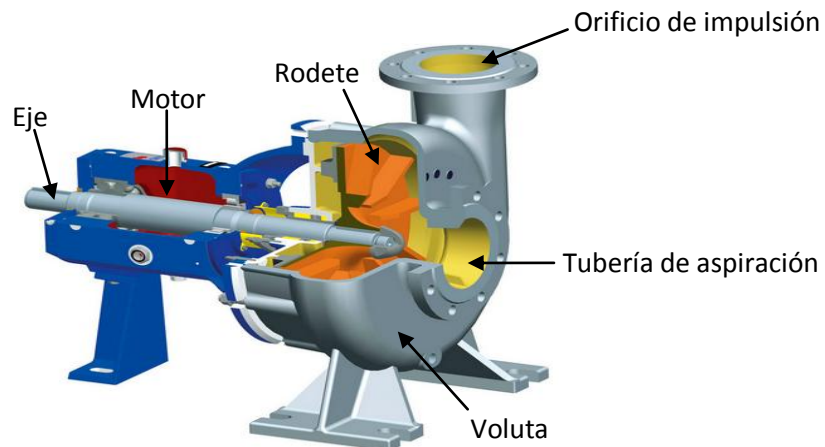


Fig. No 4.- Componentes internos de una bomba horizontal centrífuga

3.4.3 OPERACIÓN DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

Como su nombre lo indica, una bomba centrífuga opera según al principio de la fuerza centrífuga, el agua ingresa a la bomba por el centro de la misma y hace girar los rodetes, los alabes del rodete aumentan la velocidad de la corriente y conducen el agua a través de una tubería de salida. La velocidad que se genera al girar el rotor se transforma en presión cuando sale de la bomba.

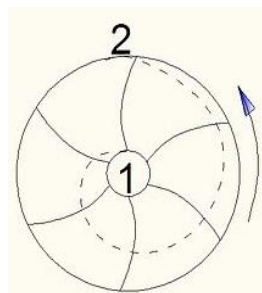


Fig. No 5.- Desplazamiento de una partícula al ingresar por el centro del rodete de una bomba centrífuga

Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la densidad del líquido, la energía que se aplica por unidad de masa del líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad.

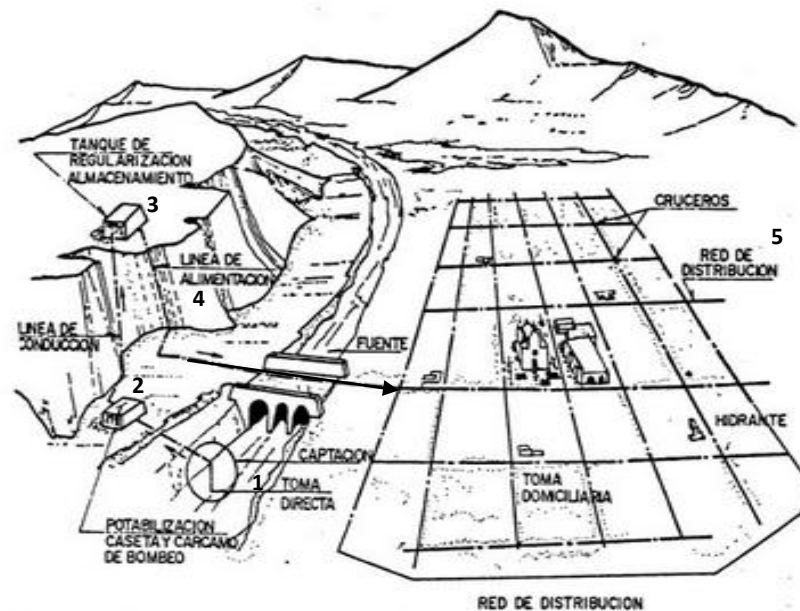
Tradicionalmente la presión proporcionada por la bomba en metros de columna de agua o pie-lb/lb se expresa en metros o en pies y por ello que se denomina genéricamente como "altura", y aun más, porque las primeras bombas se dedicaban a subir agua de los pozos desde una cierta profundidad.

Las bombas centrífugas tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso. Constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para mover más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.

No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de impulsos de baja frecuencia. Los impulsores convencionales de bombas centrífugas se limitan a velocidades en el orden de 60 m/s.

3.5. APLICACIONES

Las bombas centrífugas resultan un elemento indispensable en las instalaciones de abastecimientos de agua para poblaciones, industrias, edificios, etc. También son muy útiles en sistemas de riego, en sistemas de drenaje, alcantarillados de aguas residuales, en sistemas de acumulación de las estaciones hidroeléctricas, en los sistemas de alta presión de alimentación de calderas, en las presas hidráulicas, en la circulación de agua para la calefacción o plantas térmicas, generalmente en la impulsión de toda clase de líquidos.



Esquema. No 2.- Ejemplo de un sistema general de abastecimiento de agua potable

3.6. ¿COMO SELECCIONAR UNA BOMBA HIDRAULICA?

Las bombas deben seleccionarse según el concepto del trabajo a realizar, con base a: presión máxima de trabajo; rendimiento de la bomba; precisión y seguridad de operación; fácil mantenimiento; máximo flujo; control requerido en la fase de arranque. Las características mecánicas de las bombas son definidas por las condiciones de la operación, como presión, temperaturas, condiciones de succión y el material bombeado. Las características hidráulicas son inherentes a cada tipo de bomba y están influidos por la densidad, viscosidad, tipo de accionamiento y tipo de control.

3.7. TUBERIA

Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos.

3.7.1. TUBOS DE ACERO SIN COSTURA

La tubería es un lingote cilíndrico que se calienta en un horno antes de la extrusión. En la extrusión se hace pasar por un dado cilíndrico y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además, es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.



Fig. No 6.- Tubería de acero

La tubería con la que se cuenta en la unidad hospitalaria es fabricada en acero de alta calidad lo cual la hace maleable, de fácil doblado y roscado, el galvanizado es hecho por medio del método de inmersión en caliente lo cual garantiza el galvanizado uniforme tanto interno como externo así como la resistencia a la corrosión.

3.7.2. TUBERÍAS DE COBRE

Las tuberías rígidas de cobre tienen la característica de ser ideales en la conducción de fluidos en las instalaciones fijas, nos ofrecen una gama de servicios que van desde las redes de drenaje o ventilación hasta redes de tipo industrial que conduzcan líquidos o gases a temperaturas y presiones considerablemente elevadas.



Fig. No 7.- Tubería de cobre

3.7.3. ACCESORIOS DE TUBERIAS

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso.

Entre los tipos de accesorios más comunes se puede mencionar:

- Bridas
- Codos
- Tes
- Reducciones
- Cuellos o acoples
- Válvulas
- Empacaduras
- Tornillos
- Niples.

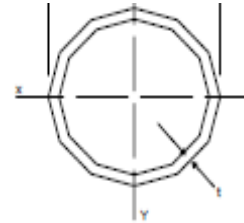


Fig. No 8.- Accesorios de tubería

Cada tubería cuenta con una cédula, la cual está relacionada con el flujo, temperatura y presión con la cual la tubería estará trabajando. A continuación se presentan tablas con estas características.

Tabla. No 1a.- Propiedades de los tubos de acero de ½ - 2 pulg.

PROPIEDADES DE TUBOS DE ACERO



Diámetro Nominal Pulg. Mm	Diám. Ext. D mm	Diám. Interior mm	Espesor t mm	Peso kg/m	Area cm ²	Momento de Inercia cm ⁴	Modulo de Sección cm ³	Radio de Giro cm	No. de Cédula
1/2 12.7	21.33	17.53	1.89	0.960					30
	21.33	15.79	2.77	1.347					40
	21.33	13.87	3.73	1.62					80
3/4 19.05	26.67	27.89	1.89	1.13					30
	26.67	20.93	2.87	1.69					40
	26.67	18.85	3.91	2.20					80
1 25.4	33.40	29.62	1.84	1.50					30
	33.40	26.56	3.41	2.73					40
	33.40	24.30	4.55	3.24					80
1 1/4 31.8	42.16	37.60	2.28	2.35					30
	42.16	35.32	3.42	3.41					40
	42.16	32.46	4.85	4.47					80
1 1/2 38	48	45.72	2.28	2.643					30
	48	41	3.7	4.0	5.2	12.9	5.3	1.6	40
	48	38	5.1	5.4	6.9	16.3	6.7	1.5	80
	48	34	7.1	7.2	9.2	20.1	8.3	1.5	160
2 51	60	57.35	2.65	3.978					30
	60	53	3.9	5.4	6.9	27.7	9.2	2.0	40
	60	49	5.5	7.5	9.5	36.1	12.0	1.9	80
	60	48	8.7	11.1	14.1	48.4	16.0	1.9	160

Tabla. No 1b.- Propiedades de los tubos de acero de 2½ - 8 pulg.

Diámetro Nominal Pulg. Mm	Diám. Ext. D mm	Diám. Interior mm	Espesor t mm	Peso kg/m	Area cm ²	Momento de Inercia cm ⁴	Modulo de Sección cm ³	Radio de Giro cm	No. de Cédula
2 1/2 64	73	70.35	2.65	4.707					30
	73	63	5.2	8.6	11.0	63.7	17.4	2.4	40
	73	59	7.0	11.4	14.5	80.1	21.9	2.3	80
	73	54	9.5	14.9	19.0	97.9	26.8	2.3	160
3 76	89	85.96	3.04	6.705					30
	89	78	5.5	11.3	14.4	126	28.3	3.0	40
	89	74	7.6	15.3	19.5	162	36.5	2.9	80
3 1/2 89	89	67	11.1	21.3	27.2	210	47.2	2.8	160
	102	90	5.7	13.6	17.4	199	39.2	3.4	40
89	102	85	8.1	18.6	23.8	261	51.5	3.3	80
	4 102	114	110.96	3.04	8.524				
114		102	6.0	16.1	20.6	301	52.7	3.8	40
114		97	8.5	22.3	28.5	400	70.0	3.8	80
114		92	11.1	28.3	36.1	485	84.8	3.7	120
114		87	13.5	33.6	42.9	552	96.7	3.6	160
5 127	141	128	6.6	21.8	27.8	631	89.3	4.8	40
	141	122	9.5	30.9	39.5	860	121.8	4.7	80
	141	116	12.7	40.3	51.5	1071	151.6	4.6	120
	141	110	15.9	49.0	62.8	1250	177.0	4.5	160
6 152	168	163.45	4.55	18.41					30
	168	154	7.1	28.2	36.0	1171	133.3	5.7	40
	168	146	11.0	42.5	54.3	1685	200.2	5.6	80
	168	140	14.3	54.2	69.2	2077	247	5.5	120
	168	132	18.3	67.4	86.1	2455	292	5.3	160
8 203	219	206	6.3	33.3	42.5	2402	219	7.5	20
	219	205	7.0	36.8	47.0	2635	241	7.5	30
	219	203	8.1	42.5	54.3	3018	276	7.5	40
	219	198	10.3	53.1	67.8	3696	338	7.4	60
	219	194	12.7	64.6	82.5	4400	402	7.3	80
	219	189	15.0	75.7	96.7	5053	461	7.2	100
	219	183	18.0	90.3	115.3	5852	534	7.1	120
	219	178	20.6	100.9	128.8	6402	585	7.1	140

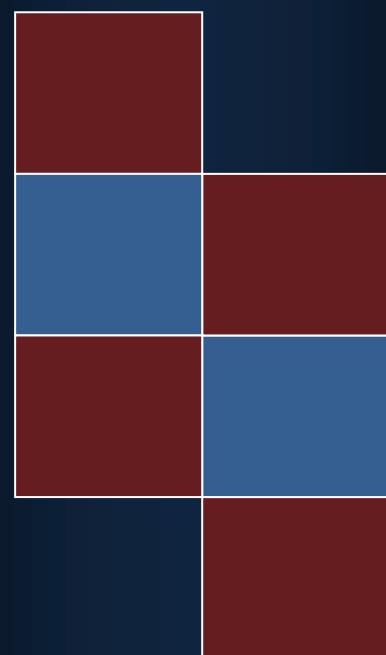
PROPIEDADES DE LA TUBERIA DE COBRE

Tabla. No 2.- Características de la tubería de cobre tipo "M"

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por tramo	Presión Máxima	Presión Constante	Flujo
								G. P. M.
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos	PSI kg/cm ²	PSI kg/cm ²	L. P. M.
1/4"	0.375"	0.325"	0.025"	0.107	2.132	6,133	1,226	
6.35 mm	9.525	8.255	0.635	0.159	0.968	431.15	86.18	
3/8"	0.500"	0.450"	0.025"	0.145	2.903	4,500	900	2.247
9.50 mm	12.700	11.430	0.635	0.216	1.318	316.35	63.27	8.507
1/2"	0.625"	0.569"	0.028"	0.204	4.083	4,032	806	4.064
12.7 mm	15.875	14.453	0.711	0.304	1.854	283.45	56.66	15.382
3/4"	0.875"	0.811"	0.032"	0.328	6.566	3,291	658	10.656
19 mm	22.225	20.599	0.812	0.488	2.981	231.35	46.25	40.333
1"	1.125"	1.055"	0.035"	0.465	9.310	2,800	560	21.970
25 mm	28.575	26.767	0.889	0.693	4.227	196.84	39.36	83.180
1 1/4"	1.375"	1.291"	0.042"	0.683	13.656	2,749	550	39.255
32 mm	34.925	32.791	1.067	1.016	6.200	193.25	38.66	148.580
1 1/2"	1.625"	1.527"	0.049"	0.941	18.821	2,713	542	62.335
38 mm	41.275	38.785	1.245	1.400	8.545	190.72	38.10	235.940
2"	2.125"	2.009"	0.058"	1.461	29.233	2,470	491	131.000
51 mm	53.975	51.029	1.473	2.176	13.272	173.65	34.51	495.860
2 1/2"	2.625"	2.495"	0.065"	2.032	40.647	2,228	445	231.461
64 mm	66.675	63.373	1.651	3.025	18.454	156.62	31.28	876.010
3"	3.125"	2.981"	0.072"	2.683	53.663	2,073	414	375.189
76 mm	79.375	75.718	1.889	3.994	24.363	145.73	29.10	1,420.09
4"	4.125"	3.935"	0.095"	4.665	93.310	2,072	414	799.395
102 mm	104.775	99.949	2.413	6.945	42.363	145.65	29.10	3,025.71

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIONES
DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS



4.1. ANALISIS DEL SISTEMA

De acuerdo al orden del cronograma de actividades presentado en el anteproyecto, como primer actividad se tuvo el análisis del sistema de bombeo principal en la unidad hospitalaria donde se conocen cuatro subsistemas que están divididos en 2 casas de maquinas, en la primera se tiene el sistema de bombeo de sanitarios con dos bombas al igual que la de riego, en la segunda casa están los sistemas de trasvaso con dos bombas y de aguas limpias con tres, cada uno de estos subsistemas cuentan con un PLC que las controla, enciende a las bombas cuando la presión mínima requerida disminuye y las apaga cuando la presión máxima es alcanzada. A continuación se explicara detalladamente la función de estos.

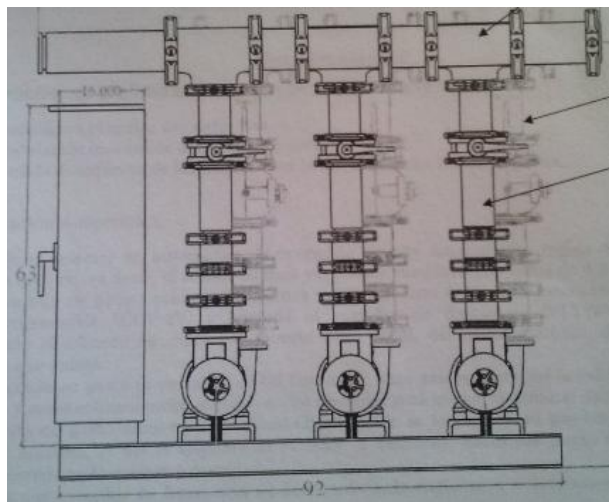
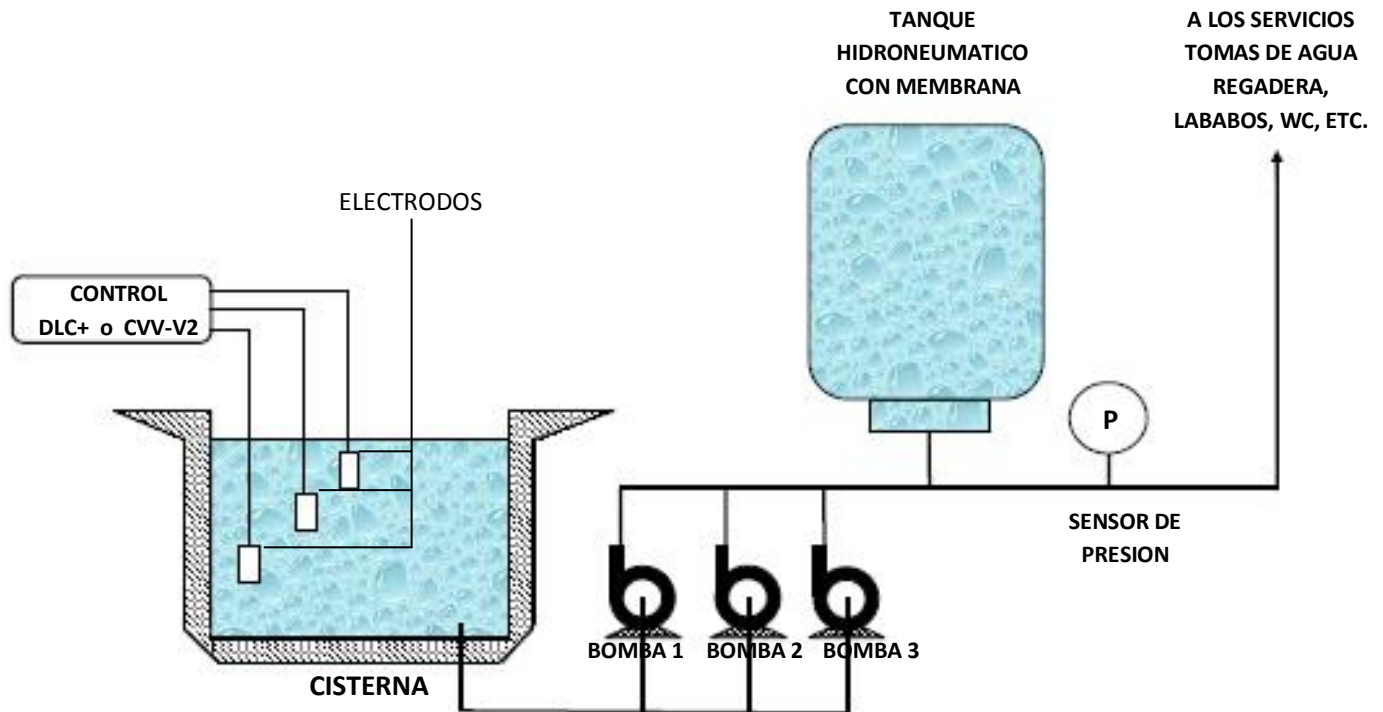


Fig. No 9.- Sistema de bombeo vista frontal

4.2. CARACTERISTICAS DE LOS PLC'S

Los PLC'S que utilizaremos en este proyecto permiten automatizar sistemas hidroneumáticos para proporcionar agua dentro de un rango preestablecido de presión. Estos sistemas están compuestos de un tanque hidroneumático, bombas para agua, un transmisor de presión y un control (DLC+, CVV-V2) como se muestra en la siguiente figura.



Esquema No 3.- Sistema hidroneumático

Estos controles arrancan o paran de 1 a 4 bombas, en función de puntos de presión preestablecidos, alternan las bombas para tener un desgaste uniforme de las bombas y las simultanea hasta alcanzar la presión deseada.

También protege las bombas en caso de que no haya agua en la cisterna mediante tres electrodos colocados en un nivel de paro, nivel de arranque y uno al fondo como electrodo de referencia.

El control DLC+ cuenta con las características correctas para solucionar los problemas existentes en el funcionamiento de cada subsistema.

A continuación se detallan cada una de estas características

- Control de 1 a 4 bombas.
- Control de Alternado y simultáneo de bombas.

- Tipo de control clásico, emulando de uno a cuatro presostatos o proporcional.
- Entrada para transmisor de presión de 4 a 20 mA ó 0-5 Vcd.
- Se entrega con un transmisor de presión de 0 a 145 PSI ó 10 Kg/cm² del tipo 4 a 20 mA.
- Advertencia para alta ó baja presión.
- Alarma por falla de transmisor de presión.
- 33 parámetros ajustables en campo.
- Voltaje de alimentación, 12 a 18 Vca mediante transformador de 127/220 Vca.
- Visualización de la presión en PSI o en kg/cm².
- Pantalla de cristal liquido de 16 caracteres 2 líneas, con ajuste de contraste e iluminación digital.
- Cuatro botones para fácil acceso.
- Cinco lámparas de señalización tipo LED, que indican:
 - Equipo operando, Bombas activas, Falta de agua en cisterna y Advertencia por alta o baja presión.
- Dimensiones: ¼ DIN (95x95x85 mm)
- Puerto de comunicación con protocolo Modbus-RTU esclavo, RS232 ó RS485 a solicitud.

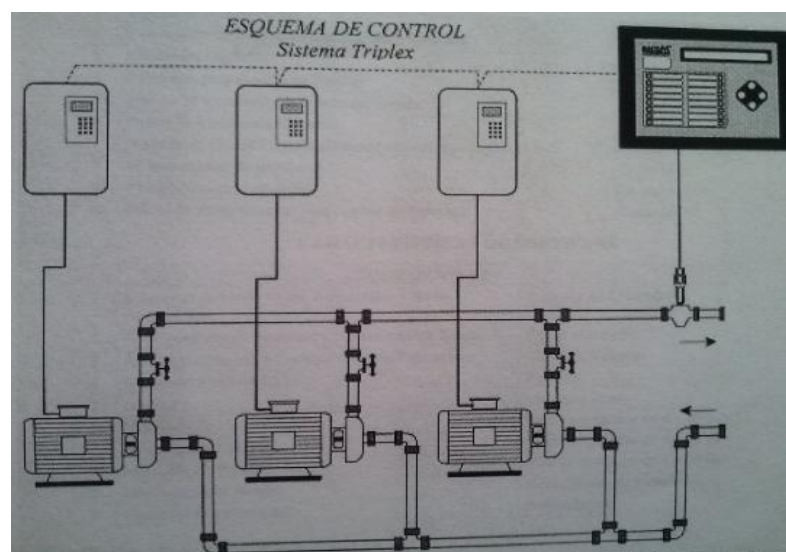


Fig. No 10.-Sistema de bombeo triplex controlado por PLC

4.2.1. OPERACIÓN

CONTROL CLASICO

Emulando de 1 a 4 presostatos. En esta forma de control se emulan presostatos, en donde se debe seleccionar en cada uno de ellos los puntos de cierre y apertura por cada incremento ó decremento del número de bombas trabajando mediante la presión requerida.

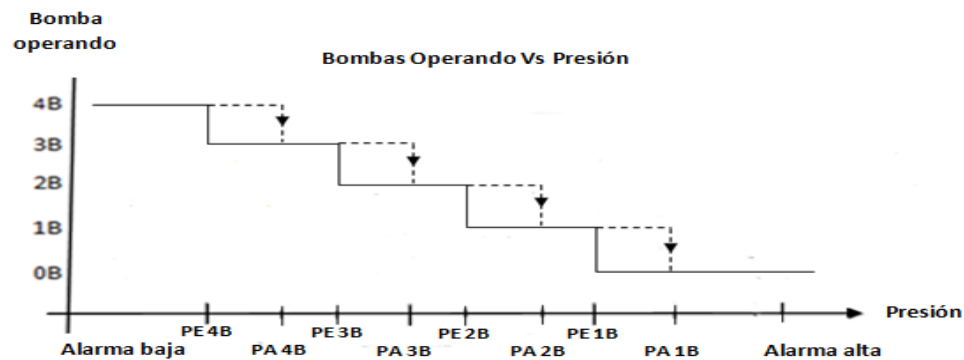


Fig. No 11.- Grafica de "bombas operando-presión" del control clásico

CONTROL PROPORCIONAL

En este tipo de control solo se programan los parámetros de presión mínima y máxima en un tiempo determinado. Si la presión es menor a la presión mínima, se incrementara el número de bombas operando, hasta alcanzar el rango entre presión máxima y presión mínima.

Si la presión se mantiene entre los rangos de presión mínima y máxima, el control no quita ni pone más bombas,

Si la presión es mayor que la presión máxima, el control decrementa el numero de bombas operando, hasta alcanzar el rango entre presión máxima y presión mínima.

4.3. SISTEMAS DE BOMBEO

4.3.1. SISTEMA DE BOMBEO PARA AGUAS LIMPIAS

EQUIPO HIDRONEUMATICO DUPLEX

CONDICIONES DE OPERACIÓN:

$Q_b = 300$ lpm.

$P_a = 40$ psi (PRESIÓN DE ARRANQUE)

$P_p = 70$ psi (PRESIÓN DE PARO)

- Dos bombas centrifugas horizontales multipasos de succión roscada marca picca ISO 9001-2000 modelo 11/4x11/2x7-341, con un diámetro a la succión roscada de 38 mm (1 1/2") y descarga roscada por arriba de 32 mm (1 1/4") ANSI 250# rf. Cada bomba es accionada por un motor tccv de 7.5 hp, 208-230/460 volts, 3 fases. 60 hertz.
- Un tanque precargado tipo diafragma marca amtrol mod. Wx-350, para una presión máxima de 8.8 kg/cm² de 450 galones de capacidad total.
- Un tablero de control de velocidad variable para sistema hidroneumático dúplex con bombas de 5 hp, 460.volts, 3 fases, 60 hertz cada una marca hidro control, que consta de:
 - Gabinete de alta calidad a prueba de agua y polvo (ip55).
 - Protección contra sobrecarga y corto circuito por medio de contactores y guarda motores.
 - Transductor (sensor) de presión y aparta rayos.
 - Selectores para operación en forma automática o manual.
 - Luces piloto verdes para indicar el funcionamiento de cada bomba.
 - Luz piloto roja para indicar bajo nivel de succión.
 - Interruptor de nivel (flotador), para proteger contra abatimiento.
 - Fusibles de protección y tablillas de conexiones.
 - Extractor para recircular y renovar el aire interno del tablero.

- Un cabezal de descarga de 3" de diámetro conectado a la descarga de cada una de las bombas, con tubería, válvulas y accesorios de 2" de diámetro, incluye base metálica común a las dos bombas y soporte del tablero de control.

4.3.2. EQUIPO DE BOMBEO DE TRASVASE

BOMBEO DUPLEX

Condiciones de operación:

$Q_b = 180$ lpm. $P = 50$ psi

Dos bombas centrifugas horizontales multipasos de succión roscada marca aurora picca iso 9001:2000 modelo 3/4x1x7 con un diámetro a la succión de 25 mm (1") y descarga de más de 19 mm (3/4") ANSI 250# rf. Cada bomba es accionada por un motor tccv de 5 hp a 3500 rpm, 208-230/460 volts, 3 fases. 60 hertz. Un tablero de control de velocidad variable marca picca iso 9001:2000 mod tvv2b, para sistema con bombas de 5 hp, 460 volts, 3 fases, 60 hertz cada una marca hidrocontrol, que consta de:

- Gabinete de alta calidad a prueba de agua y polvo (ip55).
- Variador de velocidad.
- Protección contra sobrecarga y corto circuito por medio de contactores y guarda motores.
- Transductor (sensor) de presión y aparta rayos.
- Selectores para operación en forma automática o manual.
- Luces piloto verdes para indicar el funcionamiento de cada bomba.
- Luz piloto roja para indicar bajo nivel de succión.
- Interruptor de nivel (flotador), para proteger contra abatimiento.
- Fusibles de protección y tablillas de conexiones.

- Extractor para recircular y renovar el aire interno del tablero.
- Un cabezal de descarga de 3" de diámetro conectado a la descarga de cada una de las bombas, con tubería, válvulas y accesorios de 2" de diámetro,
- Incluye base metálica común a las dos bombas y soporte del tablero de control.

4.3.3. SISTEMA DE BOMBEO PARA RIEGO

Sistema marca mgb. Integrado con tanques precargados

Condiciones de operación: $Q_b = 180 \text{ lpm}$

$P_a = 30 \text{ psi}$ (presión de arranque)

$P_p = 60 \text{ psi}$ (presión de paro)

- Dos motobombas centrifugas marca mg mod. 1p-500 construida en hierro gris de alta resistencia de 38 mm de succión por 32 mm en la descarga con impulsor cerrado de un paso y sello mecánico, acoplado directamente a motor eléctrico de 5 h.p. trifásico, 2 polos, 3500 r.p.m. 220 / 440 v. 60 ciclos marca us o siemens.
- Un tanque precargado con capacidad de 450 lts./ c.u.
- Un tablero de protección y control para sistema hidroflo marca mgb para equipo con dos motobombas
- Un manómetro marca Clayton - Mark con caratula de 2" graduado de 0 a 100 lbs / pulg²
- Dos interruptores de presión marca rimsa - saginomiya con presión de trabajo de 0 a 6 kg / cm².
- Un cabezal de descarga de 3" de diámetro.
- Un chasis estructural. Para dar estructura al equipo con dos motobombas y un tanque.

4.3.4. SISTEMA DE BOMBEO PARA SANITARIOS

EQUIPO HIDRONEUMÁTICO DUPLEX

Condiciones de operación:

$Q_b = 240$ lpm

$P_a = 40$ psi (presión de arranque)

$P_p = 70$ psi (presión de paro)

- Dos bombas centrifugas horizontales multipasos de succión roscada marca picca iso 9001-2000 modelo 11/4x11/2x7-341, con un diámetro a la succión roscada de 38 mm y descarga roscada por arriba de 32 mm ANSI 250# rf. Cada bomba es accionada por un motor tccv de 7.5 hp, 208-230/460 volts, 3 fases. 60 hertz.
- Un tanque precargado tipo diafragma marca amtrol mod. Wx-350, para una presión máxima de 8.8 kg/cm² de 450 galones de capacidad total.
- Un tablero de control de velocidad variable para sistema hidroneumático dúplex con bombas de 5 hp, 460.volts, 3 fases, 60 hertz cada una marca hidro control, que consta de:
 - Gabinete de alta calidad a prueba de agua y polvo (ip55).
 - Variador de velocidad.
 - Protección contra sobrecarga y corto circuito por medio de contactores y guarda motores.
 - Transductor (sensor) de presión.
 - Aparta rayos.
 - Selectores para operación en forma automática o manual.
 - Luces piloto verdes para indicar el funcionamiento de cada bomba.
 - Luz piloto roja para indicar bajo nivel de succión.
 - Interruptor de nivel (flotador), para proteger contra abatimiento.
 - Fusibles de protección.
 - Tablillas de conexiones.
 - Extractor para recircular y renovar el aire interno del tablero.

- Un cabezal de descarga de 3" de diámetro conectado a la descarga de cada una de las bombas, con tubería, válvulas y accesorios de 2" de diámetro, incluye base metálica común a las dos bombas y soporte del tablero de control.

4.4. TUBERIA

La tubería principal se divide en 3 partes siguientes:

1. Tubería de pozo profundo a cisterna
2. Tubería de trasvase
3. Tubería de aguas limpias
4. Tubería para sanitarios y riego

4.4.1. TUBERÍA DE POZO PROFUNDO A CISTERNA

La tubería de pozo profundo es de material acero soldable ced 40 con un diámetro de 200mm, con una longitud de 76 mts, este tramo de tubería cuenta con 2 válvulas de compuerta, 2 codo de 90° y 1 válvula check. La tubería de succión (acero) es de un diámetro de 38 mm con longitud de 3 m con una valvula check y 1 codo, la tubería de descarga (acero) es de un diámetro de 32 mm con una longitud de 4 m y contiene 1 valvula check, 2 codos y una valvula de compuerta.

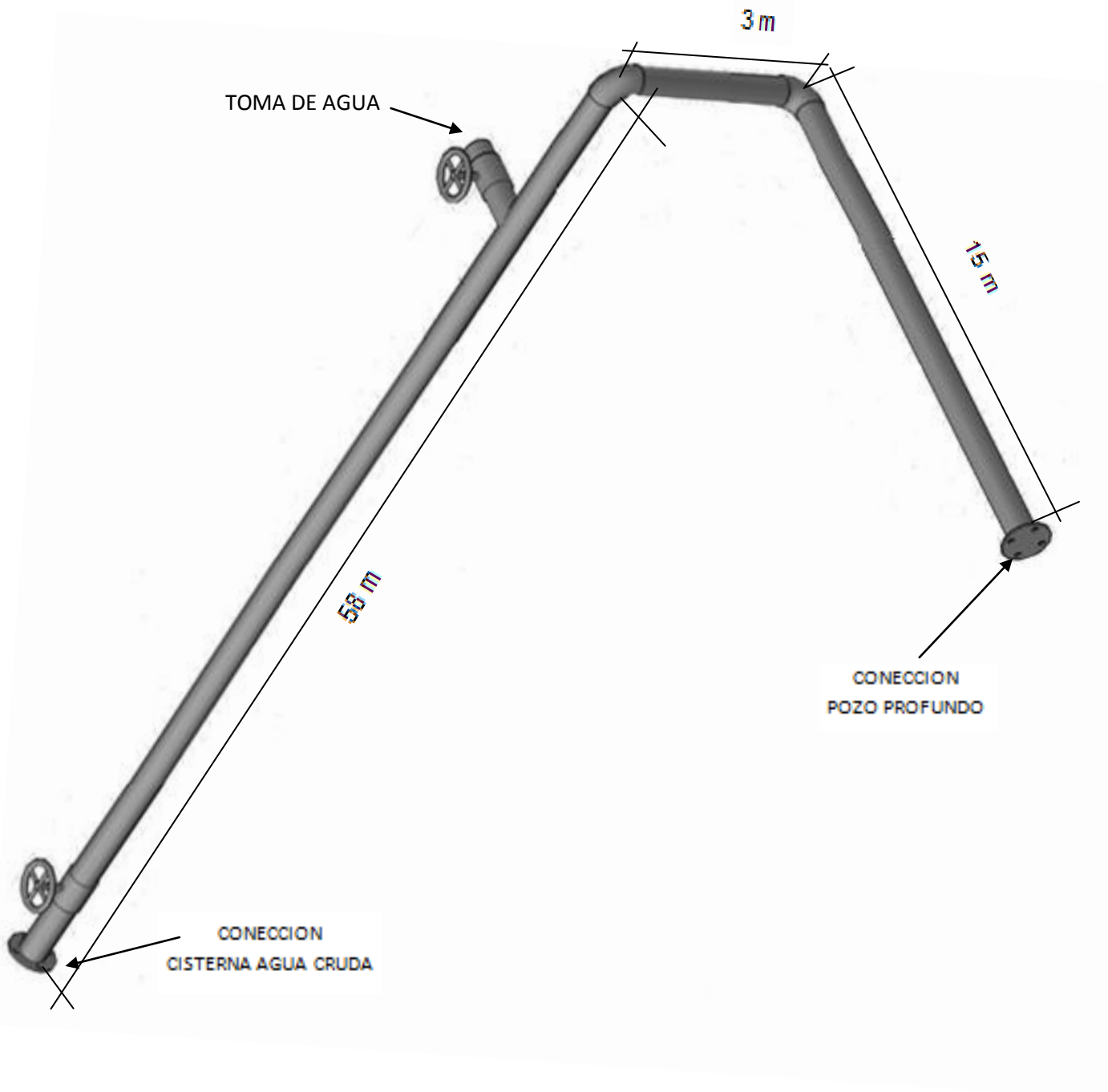


Fig. No 12.- Tubería pozo profundo-cisterna agua cruda

4.4.2. TUBERÍA DE TRASVASE

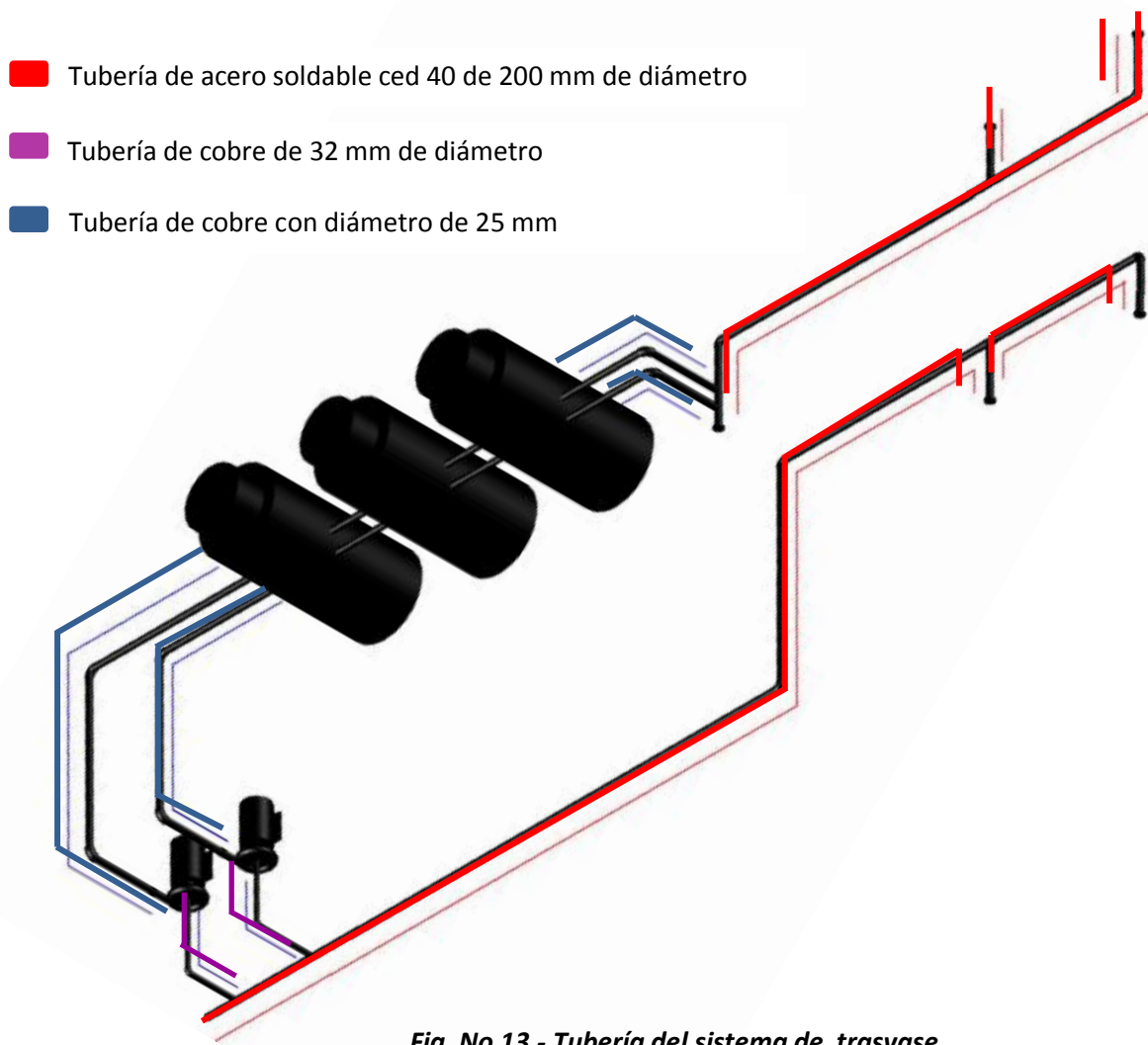






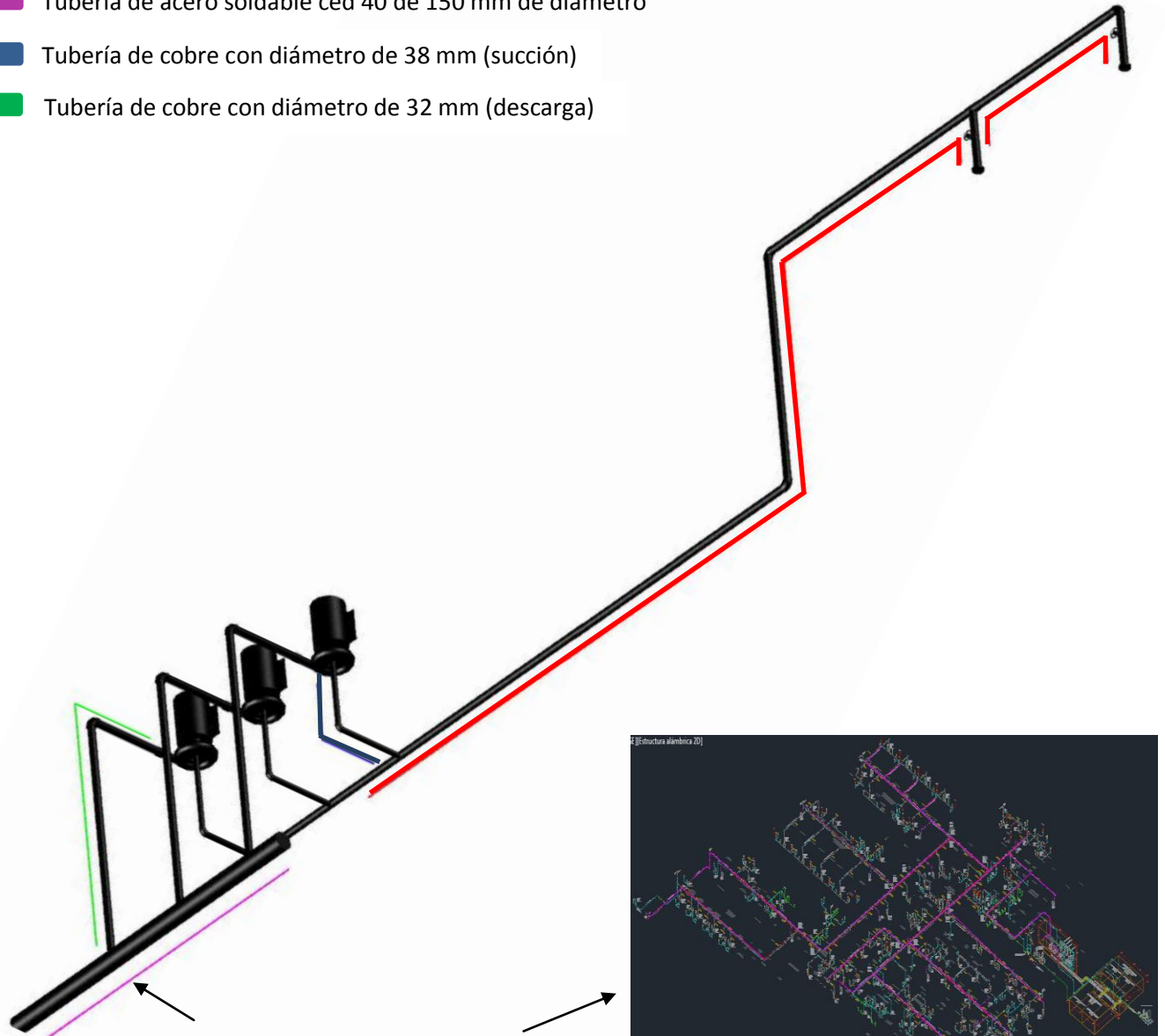
Fig. No 13.- Tubería del sistema de trasvase

La tubería de acero con 200 mm de diámetro contiene 4 codos de 90°, 6T, 4 válvulas de compuerta y una longitud de 41 m, el tramo de cobre con 32 mm de diámetro contiene 1 válvula check y 1 codo de 90° con una longitud de 5 m, el tramo de cobre con 25 mm de diámetro contiene una válvula check, una válvula de compuerta, 3 codos de 90 ° y una longitud de 20 m.

NOTA: el análisis en la tubería y accesorios se realizó individualmente por cada bomba ya que estas trabajan alternadamente y no juntas.

4.4.3. TUBERÍA DE AGUA LIMPIA

-  Tubería de acero soldable ced 40 de 200 mm de diámetro
-  Tubería de acero soldable ced 40 de 150 mm de diámetro
-  Tubería de cobre con diámetro de 38 mm (succión)
-  Tubería de cobre con diámetro de 32 mm (descarga)



Tubería de acero ced 40 con diámetro de 150 mm que pasa a través de todo el hospital con una longitud de 830 m

Fig. No 14.- Tubería del sistema de aguas limpias

En este sistema la tubería de acero con diámetro de 200 mm contiene 3 codos de 90°, 4 T, 2 válvulas de compuerta y una longitud de 28 m.

Tubería de cobre de 38 mm (succión) contiene 1 válvula check, 1 codo de 90° y una longitud de 5 m.

Tubería de cobre con 32 mm de diámetro (descarga) contiene 1 válvula check, 1 válvula de compuerta, 1 codo de 90° y una longitud de 4 m.

Nota: los accesorios y la tubería de cada bomba fue analizada individualmente ya que estas no trabajan juntas si no alternadamente.

La tubería oculta que comienza en la unión de las tuberías de descarga de las bombas de agua limpia y pasa en todo el hospital tiene un diámetro de 150 mm con una longitud de 780m contando con 16 valvulas de compuerta, 18 codos de 90°, 1 válvula check y 13 T.

4.4.4. TUBERÍA PARA SANITARIOS Y RIEGO

Estos sistemas son muy similares en el contenido tanto de accesorios como tubería visible que va de la cisterna hacia la bomba, a continuación se detalla cada uno de estos.

RIEGO

Tubería de acero con diámetro de 200 mm contiene 1 codo de 90°, 4 T, 2 válvulas de compuerta y una longitud de 6 m

Tubería de cobre de 38 mm de diámetro (succión) contiene 1 válvula check, 3 codos de 90° y una longitud de 10 m.

Tubería de cobre con 32 mm de diámetro (descarga) contiene 1 válvula check, 1 válvula de compuerta, 1 T y una longitud de 4 m.

Nota: los accesorios y la tubería de cada bomba fue analizada individualmente ya que estas no trabajan juntas si no alternadamente

La tubería principal oculta para riego de 150 mm de diámetro que comienza en la unión de las tuberías de descarga de las bombas que pasa atreves de los diferentes puntos para riego tiene un diámetro de 150 mm con una longitud de 345 m donde tiene 11 válvulas de compuerta, 7 codos de 90° y 8 T.

SANITARIOS

Tubería de acero con diámetro de 200 mm contiene 1 codo de 90°, 4 T, 2 válvulas de compuerta y una longitud de 6 m

Tubería de cobre de 38 mm de diámetro (succión) contiene 1 válvula check, 3 codos de 90° y una longitud de 14 m.

Tubería de cobre con 32 mm de diámetro (descarga) contiene 1 válvula check, 1 válvula de compuerta, 1 T y una longitud de 4 m.

Nota: los accesorios y la tubería de cada bomba fue analizada individualmente ya que estas no trabajan juntas si no alternadamente

La tubería oculta de sanitarios con 150 mm de diámetro que comienza en la unión de las tuberías de descarga de las bombas que pasa atreves del hospital cuenta con 11 codos de 90°, 9 válvulas de compuerta y 7 T con una longitud de 718 m.

- Tubería de acero soldable ced 40 de 200 mm de diámetro
- Tubería de cobre con diámetro de 38 mm
- Tubería de acero soldable ced 40 de 150 mm de diámetro
- Tubería de cobre con diámetro de 32 mm

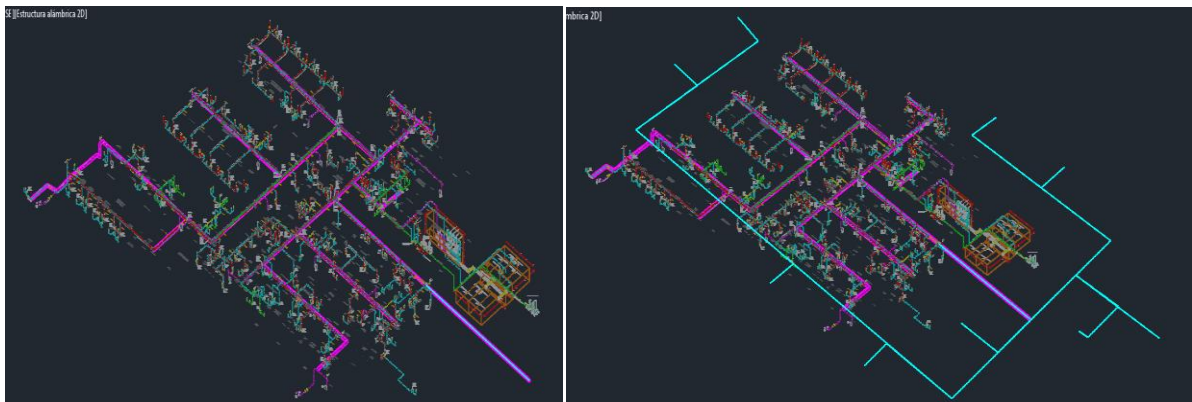
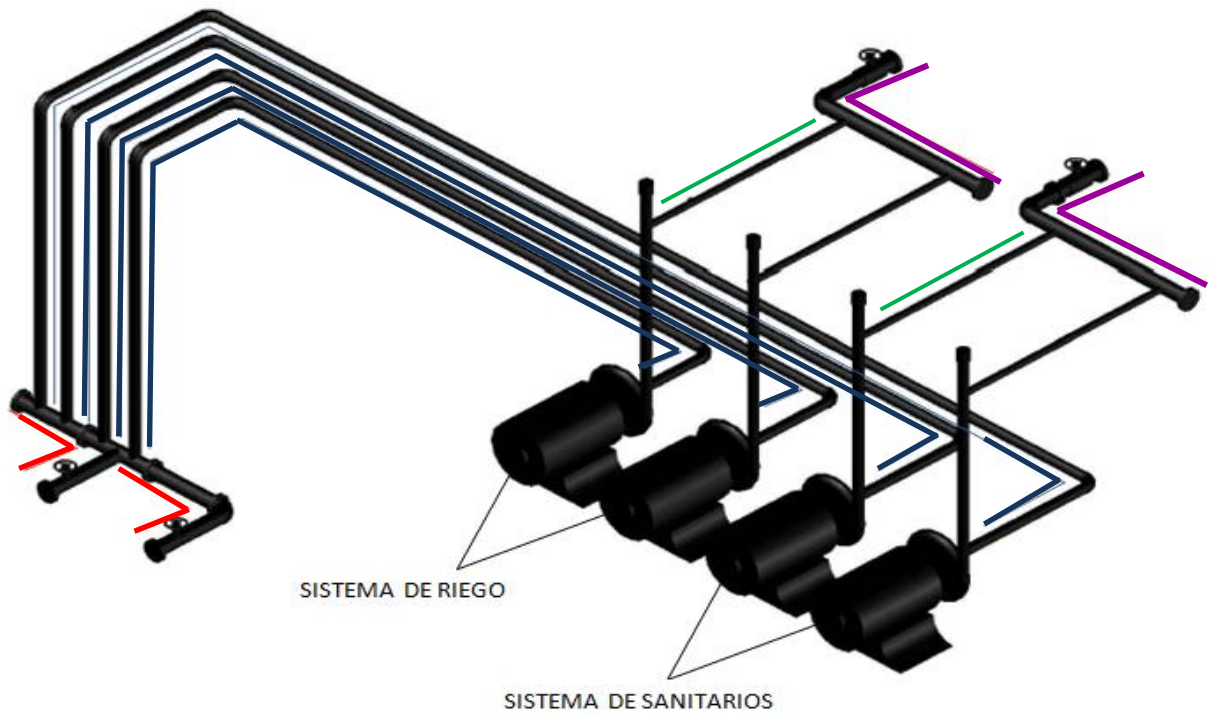


Fig. No 15.- Tubería de los sistemas de riego (color morado) y sanitarios (color celeste)

4.5. INSPECCIÓN DEL SISTEMA

Come se ha visto en el capítulo anterior, cada sistema de bombeo contienen sus propias instalaciones, tanto en los PLC's, conexiones eléctricas, bombas, tuberías y sus accesorios, debido al constante uso y por diversos factores, cada uno de estos son vulnerables a fallas y desperfectos, a continuación se detallaran cada componente que conforman a los subsistemas y todos aquellos que estén defectuosos o la razón por la cual el funcionamiento que cumplen no es el adecuado.

4.5.1. BOMBAS

La principal razón por la que todas las bombas tienen fallos y problemas en su funcionamiento es por no contar con un programa de mantenimiento preventivo.

La base en la que se encuentran instaladas no está en una superficie totalmente plana, produciendo burbujas de aire que incitan la cavitación ocasionando daños e impidiendo que trabaje a su máxima eficiencia. Todas estas tienen exceso de sarro en su armazón.



Fig. No 16.- Bomba y tubería con exceso de sarro

Una bomba del sistema de agua para sanitarios y una bomba del sistema de riego tienen sumamente dañado el rodete debido a la cavitación, esta es producida por la generación de bolsas de aire en el proceso de succión del fluido.



Fig. No 17.- Rodete dañado debido a la cavitación

Tres de las nueve bombas con las que se cuentan tienen dañado el empaque y por ello fugas de agua en gran cantidad. Dos en el sistema de sanitarios, dos en el de riego y una en el de aguas limpias.



Fig. No 18.- Bomba con fuga por daño en el empaque

4.5.2. TUBERIA

Las conexiones en todos los sistemas no tienen una inclinación establecida con respecto al tipo de instalación, es decir, cuando la instalación está diseñada para trabajar con el depósito del cual se tome el líquido sobre o debajo del nivel de la bomba, la tubería de succión debe montarse con una ligera inclinación descendente hacia la bomba para evitar así la acumulación de bolsas de aire que impidan la máxima eficiencia en su función.



Fig. No 19.- Tubería sin ningún tipo de inclinación

Dos de las tres bombas de aguas limpias y una de trasvase cuentan con una adaptación en la tubería de descarga siendo esta de material rígido que no tiene flexibilidad para el movimiento causado por el fluido y la bomba, provocando rupturas y consecuentemente fugas, además todas estas bombas tienen una reducción en el diámetro muy significativa que al purgar la bomba se crean bolsas de aire provocando deficiencia en el funcionamiento.

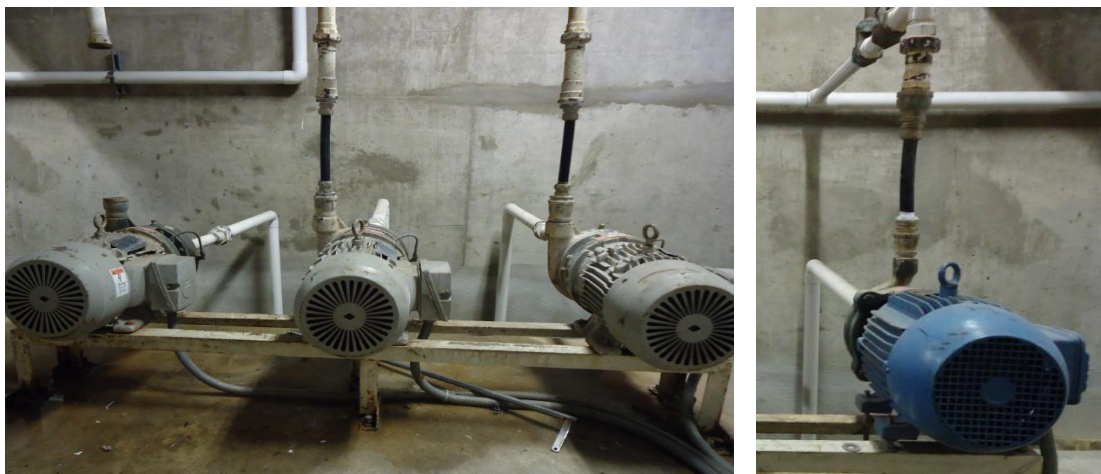


Fig. No 20.- Bombas con adaptación en el tubo de descarga

Una bomba de trasvase, aguas limpias y riego no cuenta con la instalación del tubo de descarga y en el sistema de sanitarios no está instalada una bomba.

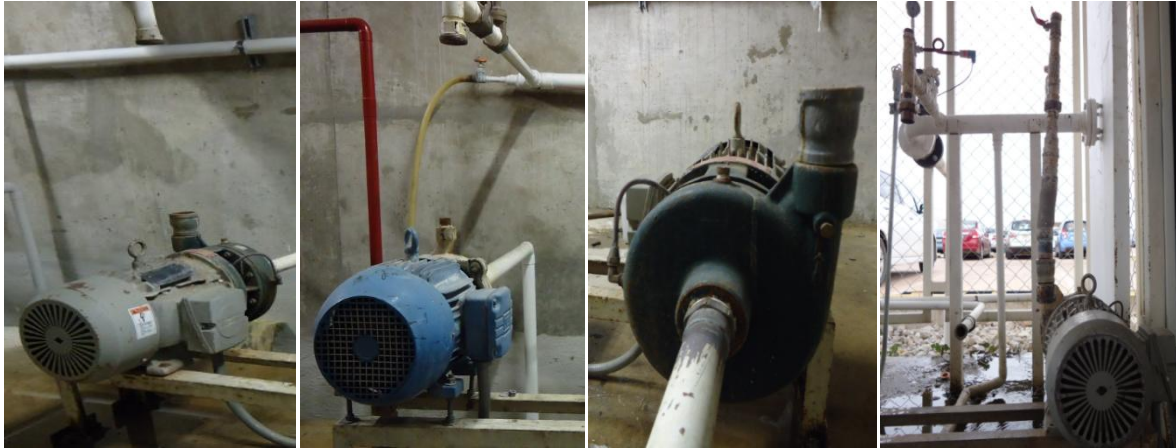


Fig. No 21.- Bombas sin conexión de tubo de descarga

El tubo donde se adaptan los tubos de descarga de las bombas y posteriormente se lleva el fluido a todas las áreas de trabajo no tiene un soporte sólido que evite el movimiento o vibraciones producido por la bomba y el fluido, ya que esto provoca rupturas por fatiga.



Fig. No 22.- Tubería sin soporte estable

4.5.3. ACCESORIOS

Todas las válvulas check que se encuentran en los sistemas de trasvase y aguas limpias no tienen la instalación adecuada, estas se encuentran en forma vertical provocando un mayor esfuerzo para que la compuerta abra el paso del agua ya que se agrega el peso de esta y el sarro acumulado. Una de las válvulas de aguas limpias no está instalada.



Fig. No 23.- Válvulas check instaladas de manera vertical

Las válvulas de paso en los tubos para purgar a las bombas en el sistema de riego y de aguas limpias no tienen la palanca que facilita su abertura teniendo que abrirlas con herramientas inadecuadas que provocan daños dificultando este proceso.



Fig. No 24.- Válvulas de paso dañadas y sin palanca de abertura

4.5.4. PLC's

Los problemas que estos tienen van de la mano con las instalaciones en general, tanto en tuberías, accesorios y bombas ya que no se puede poner en marcha el controlador si la instalación no es la adecuada. Sumándose a esto que la programación en los datos de entrada como presiones máximas, presiones mínimas no son correctas.



Fig. No 25.- Tablero del PLC

4.5.5. OTROS PROBLEMAS

La parte que se encuentra en la superficie del pozo profundo, tanto tubería, accesorios y cables de instalación eléctrica de la bomba no cuentan con algún tipo de protección para el sol, aire y lluvia, produciendo oxido y deterioro de los materiales.

Los cables de conexión eléctrica en los cuatro sistemas (aguas limpias, riego, sanitario y trasvase) se encuentran desordenados y tirados en el área de trabajo impidiendo el libre movimiento de los trabajadores y un alto riesgo de accidentes, ya sea por tropezar o descargas de voltajes debido a que el piso está en contacto con agua.

En el taller de mantenimiento se tienen diversos materiales que pueden ocasionar accidentes, además se encuentra desordenado debido a que se utiliza también como un almacén complicando el buen desempeño de los trabajadores debido a que no tienen comodidad y espacio para las actividades a realizar.



Fig. No 26.- Cables y tuberías en mal estado



Fig. No 27.- Área de trabajo desordenada, tubería y cables en mal estado

4.6. EVALUACIÓN DE DAÑOS

Los daños existentes en el sistema principal de bombeo en la unidad hospitalaria se debe a que no existe una programación de un mantenimiento preventivo dando lugar a que ocurran una serie de problemas que afectan el rendimiento del proceso de bombeo provocando paros indeseados para corregirlos, todo esto conlleva a no poder utilizar la tecnología de los PLC's con los que se cuentan en la institución y realizar trabajos que de ser automáticos se hacen de forma manual, provocando mayor esfuerzo y trabajo de los encargados de mantenimiento, los principales factores son, la cavitación en las bombas, la oxidación en las tuberías y mal uso de accesorios y herramientas.

4.6.1. CAVITACIÓN

La cavitación es una condición destructiva que puede reducir significativamente el rendimiento de la bomba y dañar seriamente los componentes. Es una condición predecible y en la mayoría de los casos evitable. Los factores que determinan el estado del agua son la temperatura y la presión, el agua hervirá a una temperatura alta si se aplica más presión a su superficie.

La cavitación ocurre cuando la presión sobre un líquido es reducida a un valor menor que su presión de vapor, y este se transforma de su forma líquida a vapor. Pequeñas bolsas de este aparecen como burbujas diminutas, que se convierten de nuevo a líquido al incrementar la presión. En una bomba centrífuga esto sucede en los alabes del impulsor, normalmente a $\frac{1}{4}$ de distancia del eje. Este cambio físico suelta la energía absorbida al formar las bolsas de vapor causando una "implosión", que es lo opuesto de una explosión.

Existen varias formas de detectar la cavitación:

- Sonido

- Vibración
- Daño
- Baja en el rendimiento

Para que una bomba centrífuga produzca cavitación deben existir las siguientes condiciones:

- Un aumento en la altura de succión estática.
- Reducción en la presión atmosférica causada por un aumento en la elevación
- Un aumento en la temperatura del líquido que se está bombeando.
- Cambio en el patrón del flujo del líquido causado por obstrucción o un giro

La cavitación no es incorregible. Si se presenta, se pueden tomar medidas correctivas para eliminar el problema:

- Aumentar el tamaño de la tubería de succión.
- Reducir el largo total de dicha tubería.
- Reducir la altura de succión estática
- Colocar la bomba más cerca de la fuente.
- Reemplazar la bomba.

CAVITACIÓN DE SUCCIÓN

Ocurre cuando la succión de la bomba se encuentra en unas condiciones de baja presión/alto vacío que hace que el líquido se transforme en vapor a la entrada del rodete. Este vapor es transportado hasta la zona de descarga de la bomba donde el vacío desaparece y el vapor del líquido es nuevamente comprimido debido a la presión de descarga. Se produce en ese momento una violenta implosión sobre la superficie del rodete. Un rodete que ha trabajado bajo condiciones de cavitación de succión presenta grandes cavidades producidas por los trozos de material arrancados por el fenómeno. Esto origina el fallo prematuro de la bomba.

CAVITACIÓN DE DESCARGA

La cavitación de descarga sucede cuando la descarga de la bomba está muy alta, ocurre en una bomba que está funcionando a menos del 10% de su punto de eficiencia óptima. La elevada presión de descarga provoca que la mayor parte del fluido circule por dentro de la bomba en vez de salir por la zona de descarga. A medida que el líquido fluye alrededor del rodete debe de pasar a una velocidad muy elevada a través de una pequeña apertura entre el rodete y el tajamar de la bomba, esta velocidad provoca el vacío en el tajamar que incita al líquido para que se transforme en vapor. Una bomba funcionando bajo estas condiciones muestra un desgaste prematuro del rodete, tajamar y álabes. Además es de esperar un fallo prematuro de las juntas de estanqueidad y rodamientos de la bomba, bajo condiciones extremas puede llegar a romperse el eje del rodete.

4.6.2. CORROSIÓN EN TUBERIA

Como segundo punto tenemos la corrosión en la tubería, esta es la causa general de destrucción de la mayor parte de los materiales ya sean naturales o fabricados por el hombre, dependiendo del material utilizado se puede producir una oxidación y como ya se sabe esto debilita estructuralmente el material. La aparición de goteras en la tubería de agua podría atribuirse al deterioro interno de las mismas, las pérdidas económicas que implica la corrosión pueden ser directas relacionadas con el reemplazo de la parte dañada o indirectas debidas a paradas de planta imprevistas para efectuar reparaciones, pérdidas de producto de tanques y pérdidas de eficiencia en sistemas de bombeo. La corrosión más común es por picado, esta es muy localizada y eventualmente puede perforar el metal. El picado es causado por la ruptura local de la película de óxido protector que cubre el metal. Frecuentemente las picaduras son difíciles de detectar ya que los pequeños agujeros son tapados por productos de corrosión y por ese motivo puede provocar fallos inesperados. Si ocurre

una perforación podrá poner fuera de servicio a la tubería del sistema de bombeo, con la necesidad de parar el proceso para su recambio. Por lo tanto, las consecuencias ocasionadas por la corrosión es el deterioro de la tubería, desgastes, obstrucciones, reducción de la uniformidad de distribución, picaduras y fugas provocando una deficiencia en el proceso.

4.6.3. USO INADECUADO DE HERRAMIENTAS

En todas las industrias, cualquiera que sea su actividad, se precisa realizar trabajos de mantenimiento y reparación que requieren el uso de una serie de herramientas. La utilización de herramientas inadecuadas, usar herramientas defectuosas o mal diseñadas y el uso de herramientas en forma incorrecta de parte de los trabajadores es un problema muy común en todas las áreas de trabajo, al utilizar herramientas que no realizan la función que se pretende ya sea por no contar con gran variedad de estas y forzar a refacciones menores a cumplir funciones que no le pertenecen, se generan problemas que dificultan aun más el trabajo, los más comunes son los desgastes o barridos de componentes, rupturas, esfuerzos que deforman las refacciones, en casos extremos daños permanentes en los accesorios y accidentes. Esto es debido a la falta de capacitación y motivación de realizar las actividades en los trabajadores.

4.7. CÁLCULOS

A continuación se demostrara mediante cálculos si las bombas utilizadas en los sistemas son las adecuadas para satisfacer las necesidades requeridas y tener un proceso eficiente o si se pueden optimizar aun más.

4.7.1. ECUACIONES

Debido a que analizaremos un sistema de bombeo donde se incluyen tuberías y accesorios, sabemos que existen diversos factores que impiden realizar un proceso totalmente eficiente, tales son las pérdidas primarias (rozamiento por tubería recta, por altura hidráulica) y por pérdidas secundarias (por los accesorios del sistema), para calcularlas tenemos las siguientes formulas.

Ecuación de bernoulli

$$E + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + h_2 + \text{perdidas} \text{-----Ec. No 1}$$

Donde:

E= potencia de la bomba (altura)

V= Velocidad del fluido

g= gravedad

P= Presión

ρ = densidad

h= altura

perdidas= pérdidas primarias + pérdidas secundarias

$$\text{pérdidas primarias} = \text{pérdidas por tubería recta} = h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{-----Ec. No 2}$$

Donde: f = constante de fricción

L= Longitud de tubería recta

D= Diámetro de la tubería

V= Velocidad del fluido

g= gravedad

$$\text{pérdidas secundarias} = \text{pérdidas por accesorios} = \sum K \frac{v^2}{2g} \text{-----Ec. No 3}$$

Donde:

$\sum K$ = sumatoria de las constantes de accesorios..... ver tabla No 3

Accesorios	K
Válvula de globo completamente abierta	10.0
Válvula de ángulo completamente abierta	5.0
Válvula de retención de columpio abierta	2.5
Válvula de compuerta abierta	0.19
Codo en U	2.2
Conexión en T estándar	1.8
Codo estándar	0.9
Codo de radio medio	0.75
Codo de radio largo	0.60
Codo de 45 grados	0.45
Válvula de control abierta	3.0
De depósito a tubería a ras	0.50
De tubería a depósito (pérdida a la salida)	1.00

Tabla. No 3.- Constantes K en accesorios de tubería

No de Reynolds

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \text{ ----- Ec. No 4}$$

Donde: V = Velocidad del fluido
D = Diámetro de la tubería
 ν = viscosidad cinemática

$Re > 4000$ = flujo turbulento

$2000 < Re \leq 4000$ = flujo laminar

Caudal Q= AV -----Ec. No 5

Velocidad $V = \frac{4Q}{\pi d^2}$ -----Ec. No 6

Potencia de la bomba P = $\rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ -----Ec. No 7

Donde H = perdidas primarias + perdidas secundarias

CALCULO DEL POZO PROFUNDO

DATOS:

v agua a 17°C = $1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (dato para todos los sistemas)

$Q = 300 \text{ lpm} = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$

Tubería de cobre con 5m de longitud: $D_1 = 0.038 \text{ m}$ $L = 5 \text{ m}$

Accesorios (1 válvula check y 1 codo de 90°)

Tubería de cobre con 4m de longitud: $D_2 = 0.032 \text{ m}$ $L = 4 \text{ m}$

Accesorios (1 válvula check, 2 codos de 90° y 1 valvula de compuerta)

Tubería de cobre con 76m de longitud: $D_3 = 0.200 \text{ m}$ $L = 76 \text{ m}$

Accesorios (2 válvulas de compuerta, 2 codo de 90° y 1 válvula check)

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 5M DE LONGITUD

$V_1 = 4(0.005 \text{ m}^3/\text{s})/\pi (0.038\text{m})^2 = 4.4087 \text{ m/s}$

$Re = (4.4087 \text{ m/s}) (0.038\text{m})/ (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 1.5406 \times 10^5$ ----- Flujo turbulento

Tabla. No 4.- Tipos de tubería con valores de ϵ

Tipo de tubería o de revestimiento (nuevo)	Valores de ϵ en cm	
	Intervalo	Valor de diseño
Latón	.00015	.00015
Cobre	.00015	.00015
Hormigón	.03-.3	.012
Fundición desnuda	.012-.06	.024
Fundición asfaltada	.006-.018	.012
Fundición revestida de cemento	.00024	.00024
Fund. revestimiento bituminoso	.00024	.00024
Fundición centrifugada	.0003	.0003
Hierro galvanizado	.006-.024	.015
Hierro forjado	.003-.009	.006
Acero comercial y soldado	.003-.009	.006
Acero roblonado	.09-.9	.18
Tubo estirado	.00024	.00024
Madera	.018-.09	.06

$\epsilon/d = 0.000015 \text{ m} / 0.038 \text{ m} = 0.0004$ de la grafica de moddy tenemos que $f=0.0185$

ϵ = tamaño de las imperfecciones superficiales en m
 d = diámetro de la tubería en m

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.0185)(5\text{m}) (4.4087 \text{ m/s})^2 / (0.038\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{2.4116 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (2.5+0.9+0.5) ((4.4087 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2)) = \mathbf{3.8636 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 4m DE LONGITUD

$$V_2 = 4(0.005 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi (0.032 \text{ m})^2 = \mathbf{6.2169 \text{ m/s}}$$

$$Re = (6.2169 \text{ m/s}) (0.032\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{1.8295 \times 10^5} \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015 \text{ m} / 0.032 \text{ m} = \mathbf{0.00047}$$
 de la grafica de moddy tenemos que $f = \mathbf{0.0188}$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.0188)(4\text{m}) (6.2169 \text{ m/s})^2 / (0.032\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{4.6293 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = ((2.5)+2(0.9)+(0.19)+1) ((6.2169 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2)) = \mathbf{10.8148 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 76m DE LONGITUD

$$V_3 = 4(0.005 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi (0.200 \text{ m})^2 = \mathbf{0.1592 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.1592 \text{ m/s}) (0.200 \text{ m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{2.9272 \times 10^4} \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006 \text{ m} / 0.200 \text{ m} = \mathbf{0.003}$$
 de la grafica de moddy tenemos que $f = \mathbf{0.031}$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.031)(76 \text{ m}) (0.1592 \text{ m/s})^2 / (0.200 \text{ m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{0.0152 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (2(0.19)+2(0.9)+(2.5)) \left(\frac{(0.1592 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right) = \mathbf{0.006 \text{ m}}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \left(\frac{(6.2169 \text{ m/s})^2 - (4.4087 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right) = \mathbf{0.9792 \text{ m}}$$

$$\sum H = (2.4116 \text{ m} + 3.8636 \text{ m} + 4.6293 \text{ m} + 10.8148 \text{ m} + 0.0152 \text{ m} + 0.006 \text{ m} + 0.9792)$$

$$\sum H = \mathbf{22.7197 \text{ m}}$$

Carga hidráulica = 3m por lo tanto **Ht = 25.7197 m**

analizando ecuacion de bernoulli $E + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{perdidas}$

Punto 1: succion de la bomba

$$V_1 = \mathbf{4.4087 \text{ m/s}}$$

$P_1 = \text{atmosférica} = \mathbf{0}$ (debido a que el punto 1 es en una cisterna destapada)

$Z_1 = \mathbf{0}$ (punto 1 tomado como origen)

Punto 2: descarga de la bomba

$$V_2 = \mathbf{6.2169 \text{ m/s}}$$

$$P_2 = 50 (6.894757 \text{ kPa}) = \mathbf{344.7378 \text{ kPa (N/m}^2)}$$

$$Z_2 = \mathbf{3 \text{ m}}$$

Por lo tanto:

$$E = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{perdidas} - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$E = \left(\frac{(6.2169 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right) + \left(\frac{(344737.8 \text{ N/m}^2)}{(9810 \text{ N/m}^3)} \right) + (25.7197 \text{ m}) - \left(\frac{(4.4087)^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$E = \mathbf{61.8484 \text{ m} = H}$$

$$\rho g \cdot Q \cdot H = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(0.005 \text{ m}^3/\text{s})(61.8484 \text{ m}) = \mathbf{3033.276 \text{ W}}$$

$$P = 3033.276 \text{ W} \quad 1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$

$$P = (3033.276 \text{ W}) / (746) = 4.066 \text{ HP}$$

La bomba de este sistema es de una potencia de 7.5 HP con una eficiencia de 75% por lo que la real es de $7.5(0.75\%) = 5.625 \text{ HP}$. Como $5.625 > 4.066 \text{ HP}$, la bomba es la adecuada en este sistema y no es necesario modificarla.

CALCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA LIMPIA

$$Q = 0.004 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_1 = 0.038 \text{ m tubería de cobre (succión)} \quad L = 5 \text{ m}$$

accesorios (1 codos de 90°, 1 válvulas check)

$$D_2 = 0.032 \text{ m tubería de cobre (descarga)} \quad L = 4 \text{ m}$$

accesorios (1 valvula de compuerta, 1 válvula check y 1 codo de 90°)

$$D_3 = 0.15 \text{ m (tubería de acero)} \quad L = 780 \text{ m}$$

accesorios (18 codos de 90°, 13 T, 16 válvulas de compuerta y 1 válvula check)

$$D_4 = 0.200 \text{ m (tubería de acero)} \quad L = 28 \text{ m}$$

accesorios (3 codos de 90°, 4 T y 2 válvulas de compuerta)

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 5m DE LONGITUD

$$V_1 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi(0.038\text{m})^2 = 3.5269 \text{ m/s}$$

$$Re = (3.5269 \text{ m/s}) (0.038\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 1.2324 \times 10^5 \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015\text{m} / 0.038\text{m} = 0.0004 \quad \text{De la grafica de moddy tenemos que } f = 0.0188$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.0188) (5\text{m}) (3.5269 \text{ m/s})^2 / (0.038\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = 1.5683 \text{ m}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (0.9 + 2.5) \left(\frac{(3.5269 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right) = \mathbf{2.1556 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 4m DE LONGITUD

$$V_2 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi(0.032\text{m})^2 = \mathbf{4.9736 \text{ m/s}}$$

$$Re = (4.9736 \text{ m/s})(0.032\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{1.4636 \times 10^5} \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015\text{m} / 0.032\text{m} = \mathbf{0.00047}$$

De la grafica de moddy tenemos que $f = \mathbf{0.019}$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.019)(4\text{m}) \frac{(4.9736\text{m/s})^2}{(0.032\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2)} = \mathbf{2.9943 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (0.19 + 2.5 + 0.9) \left(\frac{(4.9736\text{m/s})^2}{2(9.81\text{m/s}^2)} \right) = \mathbf{4.5262 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 780m DE LONGITUD

$$V_3 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi (0.150\text{m})^2 = \mathbf{0.2263 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.2263 \text{ m/s}) (0.150 \text{ m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{3.1224 \times 10^4} \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006 \text{ m} / 0.150 \text{ m} = \mathbf{0.004 \text{ m}}$$
 de la grafica de moddy tenemos que $f = \mathbf{0.033}$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.033)(780\text{m}) \frac{(0.2263 \text{ m/s})^2}{(0.150\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2)} = \mathbf{0.4479 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (18(0.9) + 13(1.8) + 16(0.19) + 2.5) \left(\frac{(0.2263 \text{ m/s})^2}{2(9.81\text{m/s}^2)} \right) = \mathbf{0.1178 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 28M DE LONGITUD

$$V_4 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s})/\pi(0.200\text{m})^2 = \mathbf{0.1273 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.1273 \text{ m/s}) (0.200\text{m})/(1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{2.3413 \times 10^4} \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006 \text{ m} / 0.200 \text{ m} = 0.003 \text{ m} \text{ de la grafica de moddy tenemos que } \mathbf{f = 0.032}$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.032)(28\text{m})(0.1273 \text{ m/s})^2 / (0.200\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{0.0037 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (3(0.9) + 4(1.8) + 2(0.19)) ((0.1273 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2)) = \mathbf{0.0085 \text{ m}}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = (4.9736 \text{ m/s})^2 - (3.5269\text{m/s})^2 / 2g = \mathbf{0.6268 \text{ m}}$$

$$\sum H = (1.5683 \text{ m} + 2.1556 \text{ m} + 2.9943 \text{ m} + 4.5262 \text{ m} + 0.4479 \text{ m} + 0.1178 \text{ m} + 0.0037\text{m} + 0.0085 \text{ m} + 0.6268 \text{ m}) = \mathbf{12.4491 \text{ m}}$$

Carga hidráulica = **15 m**

$$H_t = \mathbf{27.4491\text{m}}$$

Analizando la ecuación de bernoulli $E + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{perdidas}$

Punto 1: succion de la bomba

$$V_1 = \mathbf{3.5269 \text{ m/s}}$$

$P_1 = \text{atmosferica} = \mathbf{0}$ (debido a que el punto 1 es en una cisterna destapada)

$Z_1 = \mathbf{0}$ (punto 1 tomado como origen)

Punto 2: descarga de la bomba

$$V_2 = \mathbf{4.9736 \text{ m/s}}$$

$$P_2 = 70 (6.894757 \text{ kPa}) = \mathbf{482.6329 \text{ kPa (N/m}^2\text{)}}$$

$$Z_2 = 15 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$E = ((4.9736 \text{ m/s})^2/2(9.81 \text{ m/s}^2)) + ((482632.99 \text{ N/m}^2)/(9810 \text{ N/m}^3)) + 27.4491 \text{ m} - (3.5269)^2/2(9.81 \text{ m/s}^2) = 77.2739 \text{ m}$$

$$E = 77.2739 \text{ m} = H$$

$$\rho g \cdot Q \cdot H = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(0.004 \text{ m}^3/\text{s})(77.2739 \text{ m}) = 3032.2278 \text{ W}$$

$$P = 3032.2278 \text{ W} \quad 1 \text{ HP} = 746 \text{ W} \quad P = (3032.2278 \text{ W}) / (746) = 4.0646 \text{ HP}$$

La bomba de este sistema es de una potencia de 7.5 HP con una eficiencia de 75% por lo que la real es de 7.5 (0.75%) = 5.625 HP. Como 5.625 HP > 4.0646 HP, la bomba con la que se cuenta en este sistema es la adecuada y no es necesario modificarla.

CALCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA TRASVASE

$$Q = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_1 = 0.032 \text{ m (tubería de cobre)} \quad L_1 = 6 \text{ m}$$

accesorios (1 válvula check y 1 codo de 90°)

$$D_2 = 0.025 \text{ m (tubería de cobre)} \quad L_3 = 20 \text{ m}$$

accesorios (1 válvula check, 1 válvula de compuerta y 3 codos de 90°)

$$D_3 = 0.200 \text{ m (tubería de acero)} \quad L_2 = 41 \text{ m}$$

accesorios (4 codos de 90°, 4 válvulas de compuerta y 6 T)

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 6m DE LONGITUD

$$V_1 = 4(0.002 \text{ m}^3/\text{s})/\pi (0.032 \text{ m})^2 = 2.4868 \text{ m/s}$$

$$Re = (2.4868 \text{ m/s})(0.032) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 7.3181 \times 10^4 \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015 \text{ m}/0.032 \text{ m} = 0.00047 \text{ de la grafica de moddy tenemos que } f = 0.0335$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.0335) (6m) (2.4868 \text{ m/s})^2 / (0.032m)(2)(9.81 \text{ m/s}^2) = \mathbf{1.9798 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (6(0.9)+2(2.5)+ 2(0.19)) ((2.4868 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)) = \mathbf{3.3978 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 20m DE LONGITUD

$$V_2 = 4(0.002 \text{ m}^3/\text{s})/\pi (0.025\text{m})^2 = \mathbf{4.0743 \text{ m/s}}$$

$$Re = (4.0743 \text{ m/s})(0.025\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{9.3672 \times 10^4} \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015\text{m}/0.032\text{m} = 0.0006 \text{ de la grafica de moddy tenemos que } \mathbf{f = 0.0312}$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.0312) (22m) (4.0743 \text{ m/s})^2 / (0.025m)(2)(9.81 \text{ m/s}^2) = \mathbf{23.2297 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (2.5 + 0.19 + 3(0.9)) ((4.0743 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)) = \mathbf{4.5603 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 41m DE LONGITUD

$$V_3 = 4(0.002 \text{ m}^3/\text{s})/\pi (0.200\text{m})^2 = \mathbf{0.0637 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.0637 \text{ m/s})(0.200\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{1.1716 \times 10^4} \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006\text{m}/0.200\text{m} = 0.003 \text{ de la grafica de moddy tenemos que } \mathbf{f = 0.0339}$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.0339) (41m) (0.0637 \text{ m/s})^2 / (0.200m)(2)(9.81 \text{ m/s}^2) = \mathbf{0.0014 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (4(0.9)+2(0.19)+ 6(1.8)) ((0.0637 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)) = \mathbf{0.003 \text{ m}}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = (4.0743 \text{ m/s})^2 - (2.4868 \text{ m/s})^2 / 2g = \mathbf{0.5308 \text{ m}}$$

$$\sum H = 1.9798 \text{ m} + 3.3978 \text{ m} + 23.2297 \text{ m} + 4.5603 \text{ m} + 0.0014 \text{ m} + 0.003 \text{ m} + 0.5308 \text{ m}$$

$$\sum H = \mathbf{33.7028}, \quad \text{carga hidráulica} = 5 \text{ m por lo tanto } \mathbf{H_t = 38.7028 \text{ m}}$$

Analizando la ecuación de Bernoulli $E + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{perdidas}$

Punto 1: succión de la bomba

$$V_1 = \mathbf{2.4868 \text{ m/s}}$$

$$P_1 = \text{atmosférica} = \mathbf{0} \text{ (debido a que el punto 1 es en una cisterna destapada)}$$

$$Z_1 = \mathbf{0} \text{ (punto 1 tomado como origen)}$$

Punto 2: descarga de la bomba

$$V_2 = \mathbf{4.0743 \text{ m/s}}$$

$$P_2 = 60 \text{ (6.894757 kPa)} = \mathbf{413.6854 \text{ kPa (N/m}^2\text{)}}$$

$$Z_2 = \mathbf{5 \text{ m}}$$

Por lo tanto:

$$E = ((4.0743 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)) + ((413685.42 \text{ N/m}^2) / (9810 \text{ N/m}^3)) + 38.7028 \text{ m} - ((2.4868 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)) = \mathbf{81.4034 \text{ m}}$$

$$E = \mathbf{81.4034 \text{ m} = H}$$

$$\text{Por lo tanto } P_{\text{bomba}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = (1000 \text{ kg/m}^3) (9.81 \text{ m/s}) (0.002 \text{ m}^3/\text{s}) (81.4034 \text{ m})$$

$$P_b = \mathbf{1597.1355 \text{ W}} \quad 1 \text{ HP} = 746 \text{ W} \quad P_b = (1597.1355 \text{ W}) / (746) = \mathbf{2.141 \text{ HP}}$$

La bomba que tiene este sistema es de 5 HP con una eficiencia de 75% por lo que la real es $5 (0.75\%) = 3.75 \text{ HP}$, entonces $\mathbf{2.141 \text{ HP}} < 3.75 \text{ HP}$, por lo tanto la bomba que se tiene es la adecuada en este sistema y no es necesario modificarla.

CALCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA RIEGO

DATOS:

$$Q = 0.003$$

$D_1 = 0.038$ m (tubería de cobre) $L_2 = 10$ m
accesorios (3 codos de 90°, 1 válvulas check)

$D_2 = 0.032$ m (tubería de cobre) $L_2 = 4$ m
accesorios (1 T, 1 válvula de compuerta y 1 válvulas check)

$D_3 = 0.15$ m (tubería de acero) $L_3 = 345$ m
accesorios (11 válvulas de compuerta, 8 T y 7 codos de 90°)

$D_4 = 0.200$ m (tubería de acero) $L_1 = 6$ m
accesorios (2 válvula de compuerta, 1 codo de 90° y 4 T)

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 10m DE LONGITUD

$$V_1 = 4(0.003 \text{ m}^3/\text{s})/\pi(0.038\text{m})^2 = 2.6452 \text{ m/s}$$

$$Re = (2.6452 \text{ m/s})(0.038)/((1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})) = 9.2439 \times 10^4 \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015\text{m}/0.038\text{m} = 0.0004$$

De la grafica de moddy tenemos que $f = 0.021$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.021) (10 \text{ m}) (2.6452 \text{ m/s})^2 / (0.038 \text{ m})(2)(9.81 \text{ m/s}^2) = 1.9708 \text{ m}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (3(0.9) + 2.5) ((2.6452 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)) = 1.8545 \text{ m}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 4m DE LONGITUD

$$V_2 = 4(0.003 \text{ m}^3/\text{s})/\pi(0.032\text{m})^2 = \mathbf{3.7302 \text{ m/s}}$$

$$Re = (3.7302 \text{ m/s})(0.032\text{m})/(1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{1.0977 \times 10^5} \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015 \text{ m} / 0.032 \text{ m} = \mathbf{0.00047 \text{ m}}$$

de la grafica de moddy tenemos que $f = \mathbf{0.0193}$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.0193)(4\text{m})(3.7302 \text{ m/s})^2 / (0.032\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{1.711 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (1.8 + 0.19 + 2.5) ((3.7302 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2)) = \mathbf{3.1843 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 345m DE LONGITUD

$$V_3 = 4(0.003 \text{ m}^3/\text{s})/\pi(0.15\text{m})^2 = \mathbf{0.1698 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.1698 \text{ m/s})(0.15\text{m})/(1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{2.3418 \times 10^4} \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006\text{m}/0.15\text{m} = \mathbf{0.004}$$

De la grafica de moddy tenemos que $f = \mathbf{0.034}$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.034)(345\text{m})(0.1698 \text{ m/s})^2 / (0.150\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{0.1149 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (11(0.19) + 8(1.8) + 7(0.9)) ((0.1698 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2)) = \mathbf{0.0335 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 6M DE LONGITUD

$$V_4 = 4(0.003 \text{ m}^3/\text{s})/\pi(0.200\text{m})^2 = \mathbf{0.0955 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.0955 \text{ m/s})(0.200) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 1.7565 \times 10^4 \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006 \text{ m} / 0.200 \text{ m} = 0.003$$

De la grafica de moddy tenemos que $f = 0.033$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.033)(6 \text{ m}) (0.0955 \text{ m/s})^2 / (0.200 \text{ m})(2)(9.81 \text{ m/s}^2) = 0.0005 \text{ m}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = ((0.9 + 4(1.8) + 2(0.19)) ((0.0955 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)) = 0.004 \text{ m}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = (3.7302 \text{ m/s})^2 - (2.6452 \text{ m/s})^2 / 2g = 0.3526 \text{ m}$$

$$\sum H = (1.9708 + 1.8545 + 1.711 + 3.1843 + 0.1149 + 0.0335 + 0.0005 + 0.004 + 0.3526)$$

$$\sum H = 9.2261 \text{ m} \quad \text{carga hidráulica} = 4 \text{ m}$$

$$H_t = 13.2261 \text{ m}$$

Analizando la ecuación de bernoulli $E + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{perdidas}$

Punto 1: succion de la bomba

$$V_1 = 3.5269 \text{ m/s}$$

$$P_1 = \text{atmosferica} = 0 \text{ (debido a que el punto 1 es en una cisterna destapada)}$$

$$Z_1 = 0 \text{ (punto 1 tomado como origen)}$$

Punto 2: descarga de la bomba

$$V_2 = 4.9736 \text{ m/s}$$

$$P_2 = 60 (6.894757 \text{ kPa}) = 413.6854 \text{ kPa (N/m}^2\text{)}$$

$$Z_2 = 4 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$E = ((3.7302 \text{ m/s})^2/2(9.81 \text{ m/s}^2)) + ((413685.42 \text{ N/m}^2)/(9810 \text{ N/m}^3)) + 13.2261 \text{ m} - (2.6452 \text{ m/s})^2/2(9.81 \text{ m/s}^2) = 55.7484 \text{ m}$$

$$E = 55.7484 \text{ m} = H$$

$$\rho g \cdot Q \cdot H = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(0.003 \text{ m}^3/\text{s})(55.7484 \text{ m}) = 1640.6763 \text{ W}$$

$$P = 1640.6763 \text{ W} \quad 1 \text{ HP} = 746 \text{ W} \quad P = (1640.6763 \text{ W}) / (746) = 2.2 \text{ HP}$$

La bomba de este sistema es de una potencia de 5 HP con una eficiencia de 75% por lo que la real es de $5(0.75\%) = 3.75 \text{ HP}$. Como $3.75 \text{ HP} > 2.2 \text{ HP}$, la bomba con la que se cuenta en este sistema es la adecuada y no es necesario modificarla.

CALCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA SANITARIOS

DATOS:

$$Q = 0.004 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_1 = 0.038 \text{ m (tubería de cobre)} \quad L_2 = 14 \text{ m}$$

accesorios (3 codo de 90° y 1 válvulas check)

$$D_2 = 0.032 \text{ m (tubería de acero)} \quad L_3 = 4 \text{ m}$$

accesorios (1 válvula de compuerta, 1 T y 1 válvula check)

$$D_3 = 0.15 \text{ m (tubería de acero)} \quad L_3 = 718 \text{ m}$$

accesorios (9 válvulas de compuerta, 11 codo de 90°, 7 T y 1 válvula check)

$$D_4 = 0.200 \text{ m (tubería de acero)} \quad L_1 = 6 \text{ m}$$

accesorios (2 válvula de compuerta, 1 codo de 90° y 4 T)

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 14m DE LONGITUD

$$V_1 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s})/\pi(0.038 \text{ m})^2 = 3.5269 \text{ m/s}$$

$$Re = (3.5269 \text{ m/s}) (0.038\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{1.2324 \times 10^5} \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015\text{m}/0.038\text{m} = \mathbf{0.0004} \quad \text{De la grafica de moddy tenemos que } \mathbf{f = 0.0188}$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.0188) (14\text{m}) (3.5269 \text{ m/s})^2 / (0.038\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{4.3912 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (3(0.9) + 2.5) ((3.5269 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2)) = \mathbf{3.2968 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 4m DE LONGITUD

$$V_2 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi(0.032\text{m})^2 = \mathbf{4.9736 \text{ m/s}}$$

$$Re = (4.9736 \text{ m/s})(0.032\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{1.4636 \times 10^5} \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.000015\text{m}/0.032\text{m} = \mathbf{0.00047}$$

$$\text{De la grafica de moddy tenemos que } \mathbf{f = 0.019}$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = (0.019) (4 \text{ m}) (4.9736 \text{ m/s})^2 / (0.032\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{2.9943 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (0.19 + 1.8 + 2.5) ((4.9736 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2)) = \mathbf{5.661 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 718m DE LONGITUD

$$V_3 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi(0.150\text{m})^2 = \mathbf{0.2263 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.2263 \text{ m/s})(0.150\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{3.1224 \times 10^4} \text{ ---- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006 \text{ m} / 0.150 \text{ m} = \mathbf{0.004 \text{ m}} \quad \text{de la grafica de moddy tenemos que } \mathbf{f = 0.033}$$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.033)(718\text{m})(0.2263 \text{ m/s})^2 / (0.15\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{0.4123 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (9(0.19) + 11(0.9) + 7(1.8) + 2.5) ((0.2263 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2))$$

$$h_a = \mathbf{0.0697 \text{ m}}$$

OBTENIENDO DATOS DE LA TUBERÍA DE COBRE CON 6m DE LONGITUD

$$V_4 = 4(0.004 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi(0.200\text{m})^2 = \mathbf{0.1273 \text{ m/s}}$$

$$Re = (0.1273 \text{ m/s})(0.200\text{m}) / (1.0874 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = \mathbf{2.3413 \times 10^4} \text{ ----- Flujo turbulento}$$

$$\epsilon/d = 0.0006 \text{ m} / 0.200 \text{ m} = \mathbf{0.003 \text{ m}}$$
 de la grafica de moddy tenemos que $f = \mathbf{0.032}$

PERDIDAS POR TUBERIA RECTA

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = (0.032)(6\text{m})(0.1273 \text{ m/s})^2 / (0.200\text{m})(2)(9.81\text{m/s}^2) = \mathbf{0.0008 \text{ m}}$$

PERDIDAS POR ACCESORIOS

$$h_a = \sum K \frac{v^2}{2g} = (2(0.19) + 0.9 + 4(1.8)) ((0.1273 \text{ m/s})^2 / 2(9.81\text{m/s}^2))$$

$$h_a = \mathbf{0.007 \text{ m}}$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = (4.9736 \text{ m/s})^2 - (3.5269\text{m/s})^2 / 2g = \mathbf{0.6268 \text{ m}}$$

$$\sum H = 4.3912\text{m} + 3.2968\text{m} + 2.9943\text{m} + 5.661\text{m} + 0.4123\text{m} + 0.0697\text{m} + 0.0008\text{m} + 0.007\text{m} + 0.6268\text{m} = \mathbf{17.4599}$$
 carga hidraulica = 13 m

$$H_t = 30.4599 \text{ m}$$

Analizando la ecuación de bernoulli $E + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{perdidas}$

Punto 1: succion de la bomba

$$V1 = 3.5269 \text{ m/s}$$

$P1 = \text{atmosférica} = 0$ (debido a que el punto 1 es en una cisterna destapada)

$Z1 = 0$ (punto 1 tomado como origen)

Punto 2: descarga de la bomba

$$V2 = 4.9736 \text{ m/s}$$

$$P2 = 70 \text{ (6.894757 kPa)} = 482.63299 \text{ kPa (N/m}^2\text{)}$$

$$Z_2 = 13 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$E = ((4.9736 \text{ m/s})^2/2(9.81\text{m/s})) + ((482.633\text{N/m}^2)/(9810 \text{ N/m}^3)) + 30.4599 \text{ m} - (3.5269 \text{ m/s})^2/2(9.81\text{m/s}) = 80.2847 \text{ m}$$

$$E = 80.2847 \text{ m} = H$$

$$\text{Por lo tanto } P_{\text{bomba}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = (1000\text{kg/m}^3) (9.81\text{m/s}^2) (0.004 \text{ m}^3/\text{s}) (80.2847 \text{ m})$$

$$P_b = 3150.3738 \text{ W} \quad 1 \text{ HP} = 746 \text{ W} \quad P_b = (3150.3738 \text{ W}) / (746) = 4.223 \text{ HP}$$

La bomba que tiene este sistema es de 7.5 HP con una eficiencia de 75% por lo que la real es $7.5 (0.75\%) = 5.625 \text{ HP}$, entonces **4.223 HP** < 5.625 HP, por lo tanto la bomba que se tiene es la adecuada en este sistema y no es necesario modificarla.

4.8. - CORRECCIONES Y PRUEBAS

Actualmente el departamento de mantenimiento de la institución no cuenta con un programa de mantenimiento establecido de tipo preventivo para las unidades de bombeo causando que, debido a no realizar revisiones e inspecciones a tiempo en el sistema, los defectos y errores que existen conforme pasa el tiempo estos van empeorando hasta llegar al punto en que estos se convierten en permanentes, ocasionando gastos elevados en mantenimiento y paros del sistema para poder cambiar por completo la pieza o accesorio dañado, de ahí deriva la gran importancia de no solo tener un mantenimiento programado, si no llevarlo a cabo en tiempo y forma para evitar todo esto. Gran parte de los daños detectados en el sistema principal de bombeo de la unidad hospitalaria es debido a que no se tiene un manual de mantenimiento preventivo y es por eso que se creara uno y se aplicara en forma ordenada y precisa. Antes de esto se llevara a cabo la corrección de todos los defectos que se detectaron a lo largo de este documento.

4.8.1. ALTERNADO DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE CADA SUBSISTEMA CON EL PLC DLC+ Y EL CONTROL DE VELOCIDAD VARIABLE CVV-V2.



El fallo existe debido a que la instalación en los sistemas que controla cada PLC no está de manera correcta y existen variedades de fallos que provocan detección de errores y paro en estos. Para ponerlos en marcha es necesario reparar los errores existentes en las bombas, accesorios y tuberías de los sistemas, posteriormente programar los PLC con los datos adecuados en las presiones de arranque y paro. La programación de los controles es muy amigable y se puede hacer en el campo mediante cuatro botones que tiene el frente o mediante un puerto de comunicación y una computadora tipo PC, además el puerto de comunicación permite registrar la operación del sistema hidroneumático y manipular el encendido y apagado de las bombas a distancia.

Estos controles cuentan con una pantalla de cristal líquido de 16 caracteres por 2 líneas, donde se puede leer la presión del sistema, ver el estado de los electrodos y saber cuántas bombas están operando ayudándonos a detectar de manera muy fácil cualquier anomalía en el sistema. Los PLC cuentan con 5 lámparas para visualizar si el control está operando, si al menos esta una bomba encendida, si falta agua en la cisterna, si la presión se encuentra fuera de rango o si el transmisor de presión falló.



Fig. No 28.- Tablero DLC+

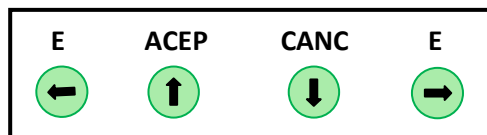
MODO DE MENU DE PARAMETROS

Para entrar en el modo de menú de parámetros presione los botones   simultáneamente por 5 segundos, verifique que el Led de encendido pulsa intermitentemente.

La pantalla le solicitará que pulse su clave

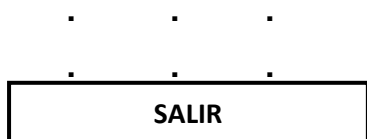
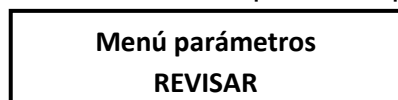
CLAVE DE ACCESO
* * * *

Para modificar la clave puede pulsar cualquiera de las teclas para modificar el valor de la clave. Para avanzar al siguiente dígito pulsar para retroceder al dígito pulsar el botón , repetir el proceso hasta completar la clave, al llegar al último dígito presionar los botones simultáneamente, y aparecerá en la pantalla el siguiente mensaje



E = EDITAR LA CLAVE	ACEP = PARA CONFIRMAR LA CLAVE	CANC = PARA CANCELAR LA OPERACIÓN Y VOLVER AL MENU PRINCIPAL
---------------------	--------------------------------	--

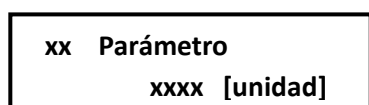
Una vez accesado, en la pantalla aparece



MENU PARÁMETROS. REVISAR

En menú parámetros pulse la tecla para retroceder a la opción anterior y pulse la tecla para avanzar a la siguiente opción.


Seleccione REVISAR y presione simultáneamente y aparece en la pantalla el siguiente mensaje




Dónde:



Parámetro es el nombre específico, xxxxx es el valor actual del parámetro y unidad es la unidad de medida del parámetro.

Para seleccionar algunos de los parámetros pulse la tecla:

 Para avanzar al siguiente parámetro


 Para retroceder al parámetro anterior


Nota: no permite modificar los parámetros

Para salir del menú Parámetros REVISAR presione   simultáneamente, aparece en la pantalla el siguiente mensaje





Salir	REVISAR
aceptar	cancelar

Presionar uno de los dos botones:

Aceptar  Para salir y regresar al menú anterior.

Cancelar  Para cancelar la operación y volver al último parámetro revisado.



Menú de parámetros. EDITAR



En menú parámetros pulse la tecla  para retroceder a la opción anterior y pulse la tecla  para avanzar a la siguiente opción, seleccione EDITAR y presione simultáneamente   y aparece en la pantalla en siguiente mensaje

xx Parámetro
xxxx [unidad]

Dónde:

Parámetro es el nombre específico, xxxxx es el valor actual del parámetro y unidad es la unidad de medida del parámetro.


Para seleccionar los parámetros pulsar la tecla  para avanzar al número de parámetro que desee y pulse la tecla  para retroceder al número de parámetro que desee.



Para editar el parámetro, utilice los botones   el cursor parpadea indicando que puede ser modificado.

Para avanzar el siguiente dígito pulse el botón 



Pulse la tecla  para aumentar el valor del dígito seleccionado.

Pulse la tecla  para disminuir el valor del dígito seleccionado.

Para editar de nuevo un dígito anterior utilice la tecla 


Presione   simultáneamente, para guardar el nuevo valor del parámetro, el cursor desaparece, indicando que el dígito no puede ser modificado.


Repita el proceso hasta llegar al último parámetro a modificar.

Para salir del modo menú parámetros EDITAR presione   simultáneamente, aparece en la pantalla el siguiente mensaje.

Guardar	EDITAR
aceptar	cancelar



Presione uno de los dos botones:

Aceptar  para salir y volver al menú anterior.



Cancelar  para cancelar la operación y volver al último parámetro modificado.

Si existiera un ERROR en la configuración de los parámetros aparece en la pantalla el siguiente mensaje:

PARAMETRO No.: XX
ERROR

Pulse la tecla  ó  y aparece en la pantalla el parámetro con ERROR.

Menú de parámetros, SALIR

En Menú parámetros seleccione SALIR, presione   simultáneamente y aparece en la pantalla el siguiente mensaje


Salir PARAMETROS
aceptar cancelar


○

Guardar CAMBIOS
aceptar cancelar

Nota: Solicita guardar CAMBIOS si se modifico algún parámetro.

Presione uno de los dos botones:

Acepta  para guardar cambios de parámetros y salir del menú principal.

Cancelar  para no guardar cambios de parámetros y salir del menú principal.

4.5.2.- CORRECCIÓN DE LOS FALLOS DETECTADOS.

POZO PROFUNDO		
COMPONENTE	FALLA	ACCIONES
BOMBA	Ninguna	Mantenimiento programado
VALVULA DE COMPUERTA	Exceso de oxido	Protección contra el sol, lluvia y viento.
	Tuerca de sujeción floja	Mantenimiento programado
TUBERIA EXTERNA	Oxidada	Protección contra el sol, lluvia y viento.
TAPA DE CISTERNA	Oxidada	Protección contra el sol, lluvia y viento.
CONEXIÓN ELECTRICA	Protección de cables deteriorada	Protección contra el sol, lluvia y viento. Cambio de tubo conduit.
	Cables desordenados en el área de trabajo	Levantarlos y ordenarlos de forma correcta
AREA POZO PROFUNDO	Con exceso de suciedad	Asignación de personal para limpieza programada

El principal problema de este sistema es que no se cuenta con una protección contra el medio ambiente, rayos del sol, contacto de agua por la lluvia y partículas deteriorantes incluidas en el aire, ya que se encuentra al aire libre, provocando un contacto directo con todos estos factores reduciendo la vida útil de cada componente. Se recomienda la construcción de un techo y encierro para protegerlos además de la aplicación de manera ordenada y precisa de un mantenimiento preventivo.

TRASVASE		
COMPONENTE	FALLA	ACCIONES
BOMBA 1	Superficie de instalación no plana	Instalar base plana
	Tubo de purga con diámetro muy pequeño a comparación del tubo de succión de la bomba	Instalar T de forma inversa en la tubería de succión para purgar. Fig. 30
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Empaque roto	Cambiar empaque
	Adaptación errónea de tubo en la descarga de la bomba	Cambiar la pieza por tubería original
BOMBA 2	Superficie de instalación no plana	Instalación de base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Tubo de descarga no instalado	Instalar tubo de descarga
	Tubo de purga con diámetro muy pequeño a comparación del tubo de succión de la bomba	Instalación de una T de forma inversa en la tubería de succión para purgar. Fig 30
TUBERIA	No tienen una inclinación para evitar bolsas de aire	Dejar inclinación de 15 ° en tubería de succión. Fig. 29
	No cuenta con una base solida para evitar vibración	Instalación de una base solida en piso-tubería. Fig. 31
VÁLVULA CHECK 1	Mal instalada de forma vertical	Instalar de forma horizontal
VÁLVULA CHECK 2		
CONEXIÓN ELECTRICA	Protección de cables deteriorada	Cambio de tubo conduit.
	Cables desordenados en el área de trabajo	Levantarlos y ordenarlos de forma correcta

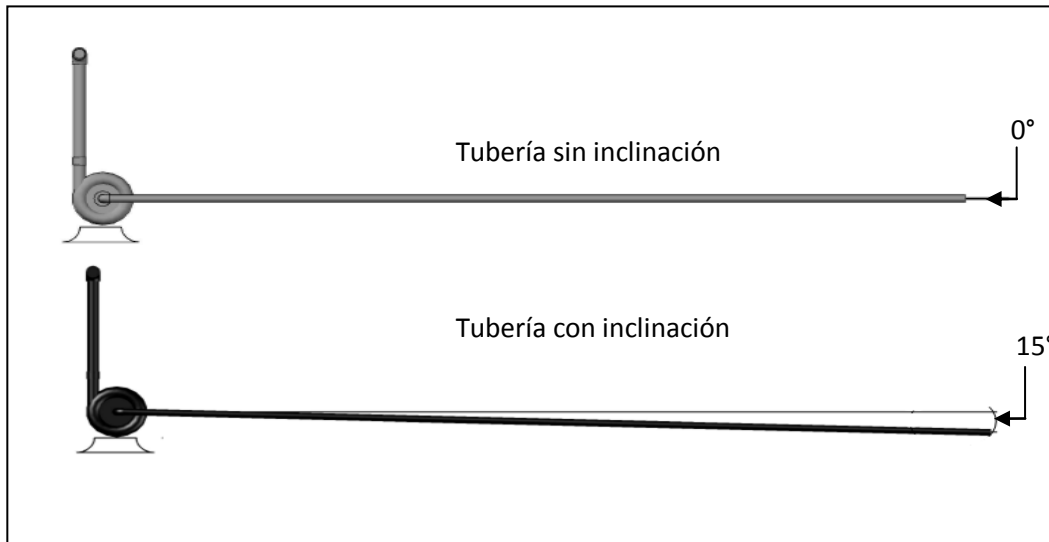


Fig. No 29.- Ajuste de la tubería sin inclinación

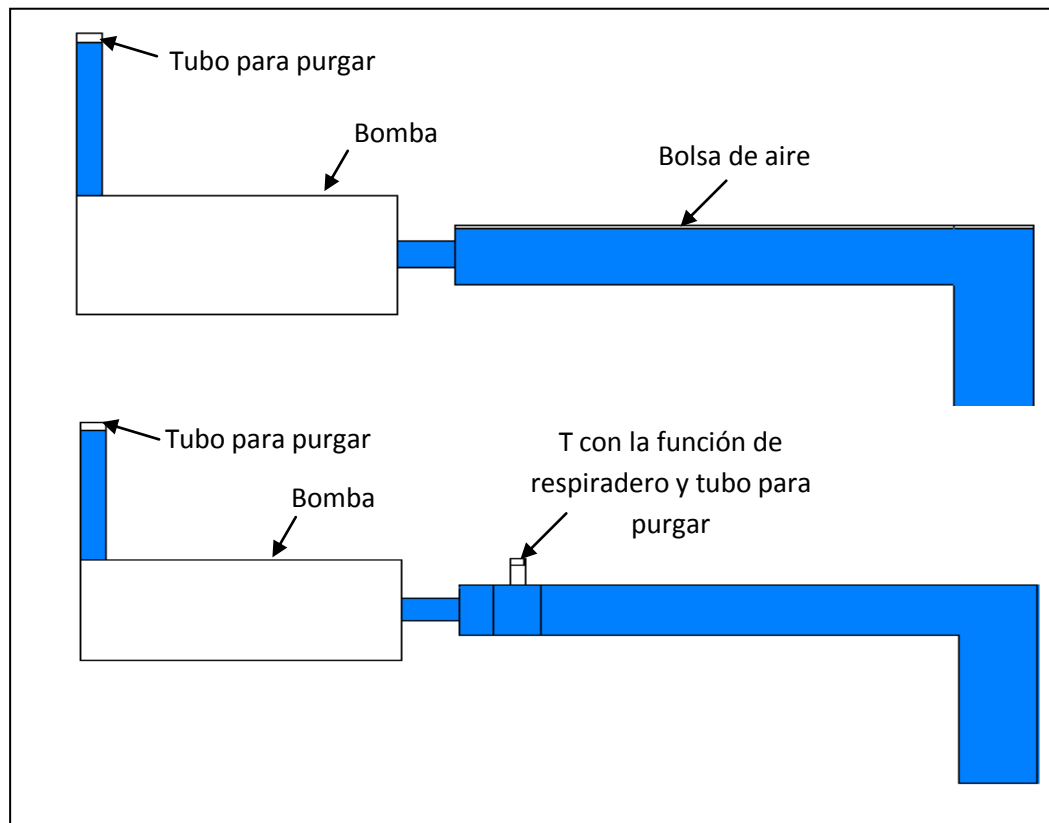


Fig. No 30.- Instalación de T en la tubería de succión

AGUA LIMPIA		
COMPONENTE	FALLA	ACCIONES
BOMBA 1	Superficie de instalación no plana	Instalación de una base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Rodete sumamente dañado	Cambiar la pieza
	Empaque roto	
	Adaptación errónea de tubo en la descarga de la bomba	Cambiar la pieza por tubería original
	Tubo de purga con diámetro muy pequeño a comparación del tubo de succión de la bomba	Instalación de una T de forma inversa en la tubería de succión para purgar.Fig 30
BOMBA 2	Superficie de instalación no plana	Instalación de una base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Tubo de purga con diámetro muy pequeño a comparación del tubo de succión de la bomba	Instalación de una T de forma inversa en la tubería de succión para purgar.Fig 30
	Tubo de descarga no instalado	Instalar tubo de descarga
BOMBA 3	Superficie de instalación no plana	Instalación de una base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Adaptación errónea de tubo en la descarga de la bomba	Cambiar la pieza por tubería original
	Tubo de purga con diámetro muy pequeño a comparación del tubo de succión de la bomba	Instalación de una T de forma inversa en la tubería de succión para purgar.Fig 30

TUBERIA	No tienen una inclinación para evitar bolsas de aire	Dejar inclinación de 15 ° en tubería de succión. Fig. 29
	No cuenta con una base solida para evitar vibración	Instalación de una base solida en piso-tubería. Fig. 31
VÁLVULA CHECK 1	Mal instalada de forma vertical	Instalar de forma horizontal
VÁLVULA CHECK 2		
VÁLVULA CHECK 3	Mal instalada de forma vertical	Instalar de forma horizontal
	No está instalada con el tubo de succión de la bomba	Instalarla de forma correcta
VÁLVULAS DE PASO 1	Tuercas dañadas y barridas No cuentan con palanca de abertura	Cambio de válvula de paso
VÁLVULAS DE PASO 2		
CONEXIÓN ELECTRICA	Protección de cables deteriorada	Cambio de tubo conduit.
	Cables desordenados en el área de trabajo	Levantarlos y ordenarlos de forma correcta

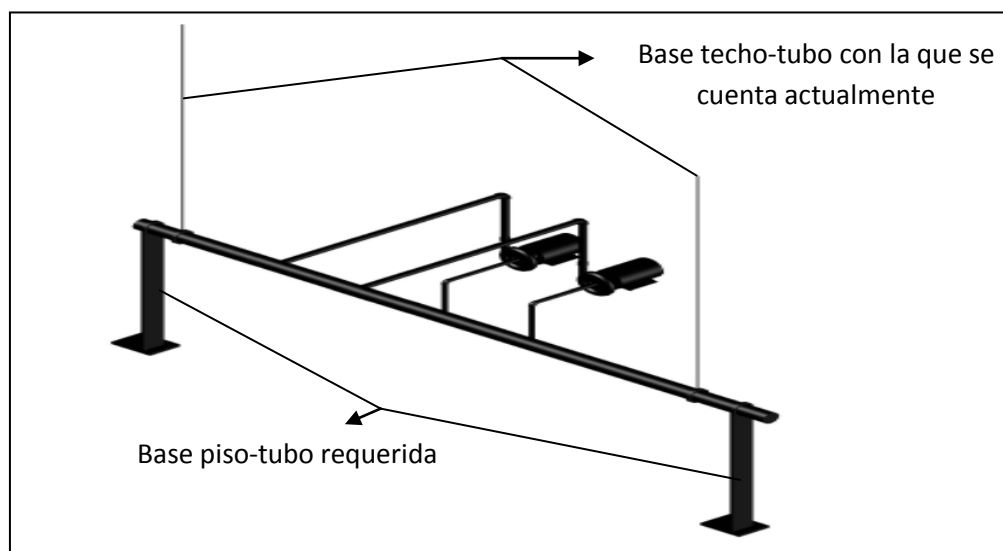


Fig. No 31.- Tubería con base para evitar movimientos y rupturas

RIEGO		
COMPONENTE	FALLA	ACCIONES
BOMBA 1	Superficie de instalación no plana	Instalación de una base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Rodete sumamente dañado	Cambiar la pieza
	Empaque roto	
BOMBA 2	Superficie de instalación no plana	Instalación de una base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Empaque roto	Cambiar la pieza
	Tubo de descarga no instalado	Instalar tubo de descarga
TUBERIA	No tienen una inclinación para evitar bolsas de aire	Dejar inclinación de 15 ° en tubería de succión. Fig. 29
	Contiene partes oxidadas	Mantenimiento programado
VÁLVULAS DE PASO 1	Tuercas dañadas y barridas No cuentan con palanca de abertura	Cambio de válvula de paso
VÁLVULAS DE PASO 2		
CONEXIÓN ELECTRICA	Protección de cables deteriorada	Cambio de tubo conduit.
	Cables en desorden y tirados en el área de trabajo	Ordenar de forma correcta los cables

SANITARIO		
COMPONENTE	FALLA	ACCIONES
BOMBA 1	Superficie de instalación no plana	Instalación de una base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Rodete sumamente dañado	Cambiar la pieza
	Empaque roto	
BOMBA 2	Superficie de instalación no plana	Instalación de una base plana
	Exceso de sarro en su armazón	Mantenimiento programado
	Empaque roto	Cambiar la pieza
	Adaptación errónea en la tubería de descarga	Cambiar la pieza por tubería original
TUBERIA	No tienen una inclinación para evitar bolsas de aire	Dejar inclinación de 15 ° en tubería de succión. Fig. 29
CONEXIÓN ELECTRICA	Protección de cables deteriorada	Cambio de tubo conduit.
	Cables en desorden y tirados en el área de trabajo	Ordenar de forma correcta los cables

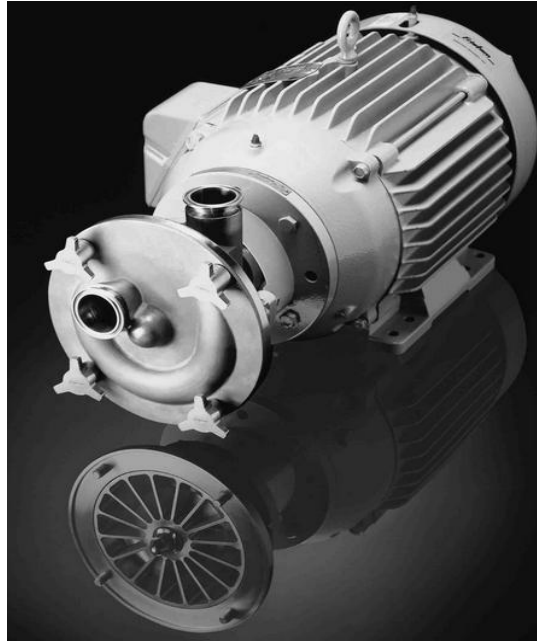
Como se puede notar, la mayor parte de los fallos anteriormente mencionados es causa de no tener un mantenimiento programado del tipo preventivo, provocando que por acciones tardadas se pierdan por completo piezas que posteriormente se necesiten reemplazarlas, ocasionando pérdidas de eficiencia en los sistemas, pérdidas económicas, mayor esfuerzo y trabajo de parte del personal de mantenimiento. Una vez que todos estos fallos se corrijan con las acciones recomendadas se podrá aplicar de manera apropiada los PLC's y llevar a cabo un mantenimiento preventivo para evitar estos errores nuevamente y así obtener la optimización y mejora del sistema principal de bombeo sugerido.

El sistema de trasvase se encuentra de forma manual debido a que las bombas, tuberías y accesorios tienen daños que impiden al PLC que controla al sistema funcionar correctamente, detectando errores e impidiendo el arranque de este. La solución es como ya se mencionó anteriormente llevar a cabo las acciones propuestas y una vez realizadas programar el PLC como también ya se ha mencionado. Otras cosas que hay que tener en cuenta es la instalación de una reducción excéntrica para evitar la formación de bolsas de aire en la succión de la bomba, los diámetros nominales de las tuberías deben ser igual al diámetro de la brida de la bomba y las velocidades de los fluidos en este tipo de instalaciones no deben ser superiores a los 2.5 m/s.

Como último punto, es de gran importancia mencionar algunos servicios de prevención de riesgos laborales debido a herramientas en mal estado ya que también esto ayuda a tener un mejor servicio y evitar accidentes. A continuación se mencionaran los más importantes:

- Debe existir un programa de inspección, mantenimiento continuo y periódico de las herramientas para así mantener un plan de recambio que permita dar de baja oportunamente herramientas con excesivo desgaste o por fallas insalvables.
- Espacios adecuados para almacenar herramientas.
- Uso de la herramienta adecuada para las distintas operaciones a realizar.
- Capacitación del personal para el uso y conservación de herramientas.

MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA "BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES"



IMPORTANCIA DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO

Los desperfectos en las máquinas y equipos con lo que cuentan las empresas son uno de los tantos y más frecuentes problemas a los que tienen que enfrentarse. Toda empresa, independientemente de su tamaño, es una organización formal cuya función es producir un producto o prestar un servicio a satisfacción completa de los consumidores o usuarios al nivel más económico. Para garantizar la satisfacción completa del consumidor y el funcionamiento eficiente y armónica, cada empresa debe desarrollar una gama amplia de políticas y de procedimientos de trabajos, así como, establecer los flujos de mando y definir las responsabilidades de los distintos integrantes de la organización. El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, maquinas, construcciones civiles e instalaciones. El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

El manual de mantenimiento es un documento indispensable para cualquier tipo y tamaño de empresa o industria ya sea que elabore un producto o preste algún servicio. Disponer de un manual es importante por cuanto a que:

- Constituye el medio que facilita una acción planificada y eficiente del mantenimiento.
- Permite la formación de personal capacitado.
- Induce el desarrollo de un ambiente de trabajo conducente a establecer una conducta responsable y participativa del personal y al cumplimiento de los deberes establecido.

En el manual se indica los objetivos de mantenimientos, los procedimientos de trabajo, de control y de acciones correctivas.

Si se siguen unas cuantas instrucciones al armar y desarmar la bomba se pueden economizar tiempo, trabajo y problemas. Estas instrucciones son aplicables a toda clase de bombas.

SERVICIO DE LA BOMBA

La bomba no requiere otro mantenimiento que una inspección periódica y limpieza ocasional.

El propósito de la inspección es prevenir fallas, de este modo se obtiene una vida de servicio más óptima. El mamelón de la bomba es lubricado por el fluido que se empieza a bombear y por lo tanto no requiere de lubricación periódica.

REPARACIONES

La bomba puede ser desensamblada usando las ilustraciones y el texto proporcionado. Una vez completado el desensamble y verificado todas sus partes ocasionalmente será necesario ensamblar la bomba. Algunas ilustraciones que se presentan muestran las instrucciones del desensamble de la bomba en varias etapas. Las mismas ilustraciones se proporcionan para ayudar al usuario a identificar las partes de la bomba.

Cuando desensamble su bomba, inspeccione todas sus partes para así poder determinar su reusabilidad, por ejemplo: las carcasas agrietadas nunca deberán ser usadas; las empaquetaduras deberán ser cambiadas durante el desensamble, simplemente como un ahorro a la economía de su mantenimiento ya que es mucho más barato cambiarlas cuando están un poco deterioradas que cambiarlas cuando han fallado completamente.

DESENSAMBLE

El desensamble únicamente se debe hacer cuando se necesiten hacer reparaciones o inspecciones. Si las reparaciones las requiere únicamente la bomba, no será necesario quitar el adaptador.

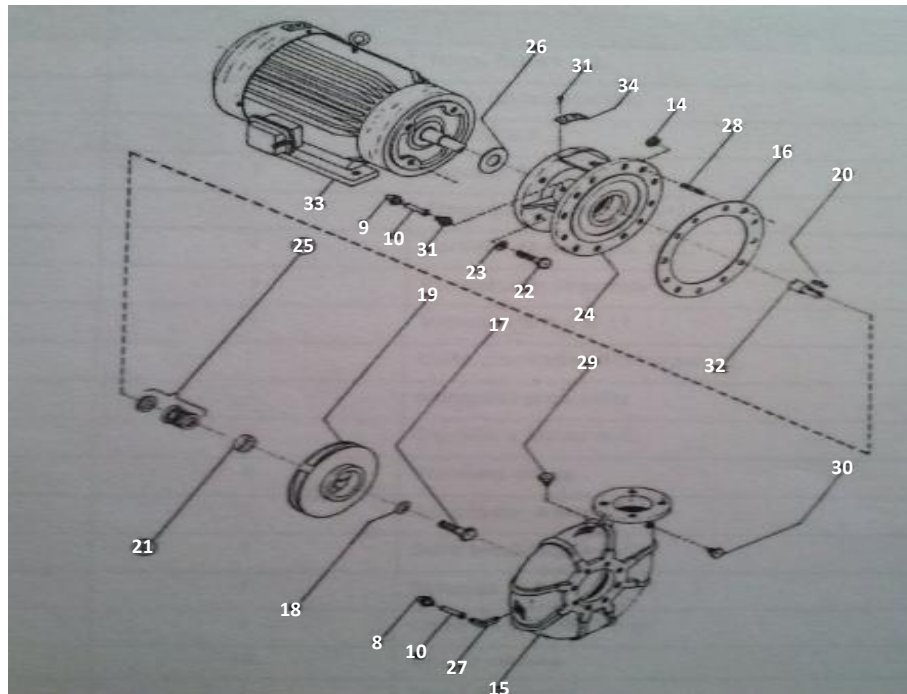


Fig. No 32.- Componentes de una bomba

No de pieza	Cantidad	Descripción
8,9	2	Tuerca fler 41 F.S.
10	1	Tubo de lubricación
14	12	Tuerca N.F
15	1	Carcaza
16	1	Empaque de carcaza
17	1	Tornillo de impulsor
18	1	Rondana de impulsor
19	1	Impulsor
20	1	Cuña cuadrada para impulsor
21	1	Manguito para sello
22	4	Tornillo a motor N.C
23	4	Rondana plana
24	1	Adaptador a motor
25	1	Sello mecánico
26	1	Botagua
27	1	Codo de 90° NPT-fler
28	12	Birlo de carcaza
29, 30	2	Tapón de carcaza
31	1	Niple NPT-fler
33	1	Motor
34	1	Placa de identificación

Los pasos a seguir para el desensamble una vez desconectado el motor se procede como sigue:

- 1.- Desconecte tanto la línea de succión como la línea de descarga de la bomba. La tubería auxiliar debe desconectarse sólo en los puntos en que sea necesario para quitar una parte, excepto cuando hay que quitar la bomba de la base.



- 2.- Después de haber desconectado la tubería, debe amarrarse un trapo limpio en los extremos o aberturas del tubo para evitar la entrada de cuerpos extraños.
- 3.- Quite los cuatro tornillos del adaptador y separe la carcaza, como lo muestra la figura.



- 4.- Quite el empaque del adaptador solo si esta averiada.



- 5.- Quite el tornillo central del impulsor y retírelo. Emplear siempre un extractor para quitar un acople del eje.



6.- Quite los birlos con su tuerca y separe el adaptador.



7.- Quite el bota-agua del eje del motor. Ver figura.

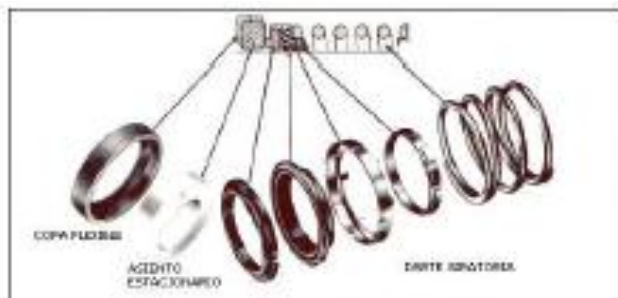


Antes de hacer la inspección y el chequeo, limpie las partes cuidadosamente. Los residuos gomosos y espesos pueden quitarse a vapor. El lodo, el coque o depósitos de sustancias extrañas similares a las anteriores pueden quitarse por medio de un chorro de arena, trabajo que se hace cuidadosamente para que no forme huecos ni dañe las superficies labradas de la máquina.

PRECAUCION.

El sello mecánico, es un producto de precisión y debe ser tratado como tal. Durante su desprendimiento se debe tener mucho cuidado al tomar cualquier parte del sello.

Se debe tener particular cuidado de no rayar las caras lapeadas que asientan en la parte estacionaria del sello.



REENSAMBLE

La bomba hidráulica es una máquina construida con precisión. Las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias son muy pequeñas y debe ejercerse el mayor cuidado para ensamblar adecuadamente sus partes con el objeto de conservar estas tolerancias. El eje debe estar completamente recto y todas las partes deben estar absolutamente limpias. Un eje torcido, mugre o lodo en la cara del eje impulsor, o sobre la camisa de un eje puede ser causa de fallas o daños en el futuro.

Los impulsores, las camisas del espaciador y las del eje constituyen un ensamblaje resbaladizo bastante ajustado al eje. Debe usarse una pasta delgada de aceite al ensamblar estas partes en el eje. Limpie e inspeccione todas las partes minuciosamente antes del ensamble, ponga aceite en el sello y empaquetaduras.

Revise que todas las caras se mantengan libres de impurezas y rebabas. Inspeccione que el impulsor no tenga señas de excesivo desgaste. Cuando se coloque la parte estacionaria del sello en la copa para sello del adaptador, debe hacerse con mucho cuidado para no dañarlo.

Para el reensamble de su bomba proceda como sigue:

1. Coloque el bota-agua en la flecha del motor.
2. Ponga una película de aceite a la parte estacionaria del sello e introdúzcalo en la copa para sello del adaptador.

3. Coloque el adaptador en el motor procurando que el avance sea uniforme, de lo contrario se corre el riesgo de estropear el sello estacionario y fíjelo con los birlos cuidando de que el apriete sea uniforme.
4. Ponga una película de aceite en el sello giratorio, y empuje hacia el fondo del adaptador con la ayuda de una guía.
5. Coloque la cuña en el cuñero de la flecha del motor.
6. Monte el impulsor, teniendo cuidado de que la ranura para cuñero coincida con la cuña, presionando hacia atrás el impulsor.
7. Monte el tornillo con su rondana de impulsor y atornille para fijar el impulsor.
8. Coloque el empaque de carcasa en el adaptador, verificando de que no quede doblado.
10. Verifique que la bomba gira libremente.
11. Instale la empaquetadura y el anillo de cierre hidráulico.
12. Asegúrese que la empaquetadura no bloquea la entrada del agua de sello.
13. Monte la carcasa en el adaptador, sujetándola con los tornillos, cuidando de que el apriete sea uniforme, sin que el apriete sea demasiado para no romper las orejas del adaptador.

REGLAS GENERALES A CONSIDERAR

1. Nunca deberán usarse tuberías de diámetro menor que los diámetros de succión y descarga de la bomba, de preferencia, mayores.
2. El diámetro de la tubería de succión será igual o mayor que el diámetro de la tubería de descarga.
3. Úsense reducciones excéntricas en la succión para evitar la formación de bolsas de aire. Las figuras ilustran la instalación incorrecta y correcta respectivamente.
4. Los aumentos y reducciones en la descarga y succión deberán ser graduales para que aseguren un escurrimiento eficiente y ahorro de energía.
5. Deben instalarse las tuberías de succión y descarga lo más directamente posible y con un mínimo de codos y otras piezas especiales.

6. La tubería de succión deberá ser colocada exactamente horizontal o con pendiente uniforme hacia arriba del cárcamo de succión hacia la bomba.
7. Nunca debe ponerse un codo en un plano horizontal directamente en la brida de descarga de la bomba. Entre el codo y la brida de succión úsese un tramo recto de por lo menos 4 a 6 veces el diámetro del tubo.

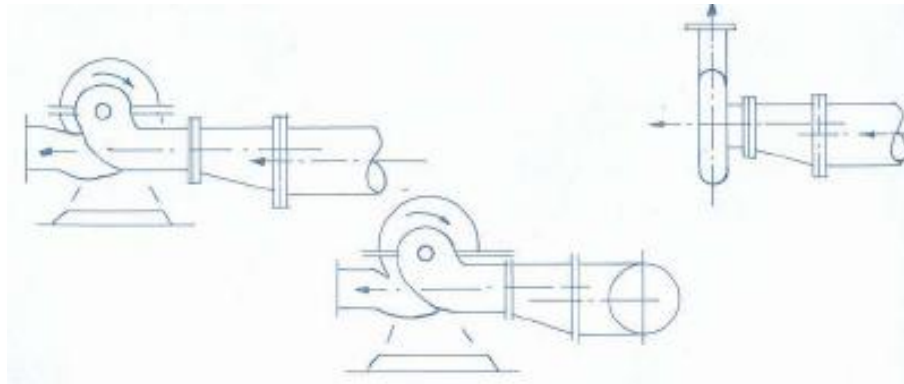


Figura 33.- Instalación correcta de tuberías

Las figuras muestran instalaciones incorrecta y correcta, respectivamente. Un codo en las circunstancias desfavorables señaladas causa empuje desigual y pérdidas hidráulicas. Esto se debe a un mejor llenado de un lado de la cámara de succión y ojo del impulsor que en el otro.



Fig. No 34.- Instalación incorrecta de codo en plano horizontal

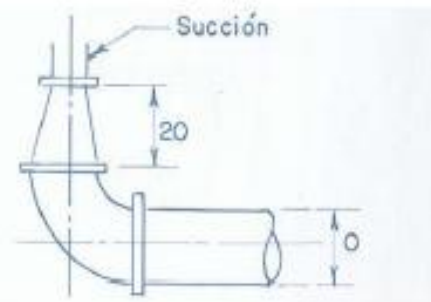


Figura No 35.- Instalación correcta de codo en plano horizontal.

8. Siempre que sea posible, la reducción en la succión y el aumento en la descarga deberán instalarse directamente a las bridas de la bomba. Esto producirá mejor conversión de la velocidad y reducirá las pérdidas hidráulicas que puedan causar

válvulas o codos conectados directamente y que puedan afectar la eficiencia de la bomba.

9. Selecciónense tuberías, válvulas y piezas especiales de un tamaño tal que resulte económica la instalación

REQUISITOS EN LA SUCCIÓN.

1. Asegúrese que la presión absoluta sea mayor que la presión de vapor de agua.
2. Siempre que sea posible evítense las instalaciones con altura de succión. Cuando se tenga que hacer así, se deberá hacer el estudio de la altura de succión permisible.

REQUISITOS EN LA DESCARGA.

1. Deberá instalarse una válvula de seccionamiento y una de retención junto a la bomba. Colóquense la válvula de retención entre la bomba y la válvula de seccionamiento y después del aumento. La válvula de retención protegerá la bomba contra sobrepresiones durante un golpe de ariete si se usa válvula de pie, y contra rotación contraria si no se usa válvula de pie.
2. La válvula de seccionamiento puede usarse para controlar el gasto de la bomba.
3. Los aumentos en la descarga son concéntricos.
4. En muchas ocasiones es necesario mantener el nivel en el cárcamo de succión. Si las salidas son mayores que las entradas podrán tenerse arranques y paradas frecuentes. Esto podría eliminarse con el uso de una derivación o paso lateral, conectando el múltiple de descarga con el cárcamo de succión intercalando una válvula de seccionamiento

MATERIALES.

1. En general, las válvulas son de fierro fundido y requieren conexión con bridas.
2. Las piezas especiales pueden ser de acero, fierro fundido o fierro negro.

3. En general, se recomienda que los múltiples sean de acero con piezas soldadas. Los múltiples de fierro fundido usados con conexiones con bridas pueden requerir la función de muchas piezas que no sean de fabricación estándar.
4. Las líneas de succión y descarga pueden ser de acero, fierro fundido y fierro negro.

ACCESORIOS.

1. Juntas flexibles. En general, se usan juntas Gibault para conectar tuberías de fierro fundido y asbesto-cemento y juntas Dresser para tuberías de acero.
2. Atraques. Las tuberías deberán atracarse perfectamente y se deberá hacer el cálculo de la fuerza que actuará en ellas para lograr un diseño adecuado.
3. Provéanse las conexiones para el dispositivo amortiguador del golpe de ariete.
4. En las líneas de descarga habrá que colocar válvulas de entrada y alivio de aire en las crestas para evitar vacíos por rotura de la columna de agua y para eliminar aire acumulado

INSTALACIÓN

Antes de instalar la bomba, asegúrese de lo siguiente:

- La bomba debe estar en un lugar que permita el acceso para el mantenimiento, la inspección y la limpieza.
- Las bases de las bombas deben ser rígidas.
- Debe cimentarse la placa de asiento de la bomba.
- Comprobar el alineamiento entre la bomba y su sistema de accionamiento.
- Las tuberías no deben ejercer esfuerzos sobre la bomba.
- Usar tuberías de diámetro amplio, especialmente en la succión.
- Colocar válvulas de purga en los puntos elevados de la bomba y de las tuberías.
- Disponer de un abastecimiento adecuado de agua fría.

- Instalar medidores de flujo y manómetros adecuados.
- La bomba debe ubicarse tan cerca como sea posible del suministro de líquido de manera que la línea de succión sea corta y directa.
- La bomba debe estar en un lugar que permita el acceso para el mantenimiento, la inspección y la limpieza.
- La ubicación debe requerir un mínimo de codos y acoples en la línea de descarga para minimizar las pérdidas por fricción.
- La unidad debe protegerse contra inundación.

TUBERIA

- La tubería de succión y descarga debe instalarse con los tramos más cortos y más directos. Los codos deben ser preferiblemente del tipo de radio largo.
- Los tubos deben alinear naturalmente, la tubería nunca debe ser jalada hasta colocarla en posición mediante los pernos de brida. Los tubos deben soportarse cerca de la bomba.
- La tubería de succión, si no se instala apropiadamente, es una posible causa de operación defectuosa.
- Las líneas de succión deben estar libres de fugas de aire, y disponerse de tal manera que no haya curvas o puntos altos en los cuales pudiera atraparse aire. Generalmente, la línea de succión es más larga que la boquilla de succión de la bomba, y deben utilizarse reductores excéntricos. Si el suministro de líquido está ubicado debajo de la línea central de la bomba, el reductor debe instalarse con el lado recto hacia arriba.
- Las instalaciones con una altura de succión estática preferiblemente deben tener la entrada del tubo de succión vertical sumergida en el líquido a cuatro veces el diámetro de la tubería.
- Nunca debe conectarse un codo corto directamente a la boquilla de succión de la bomba.

- Si no pueden utilizarse tubos de succión separados para cada bomba, entonces debe utilizarse un cabezal ahusado con ramales en “Y”. Nunca debe utilizarse un cabezal recto de ramales.

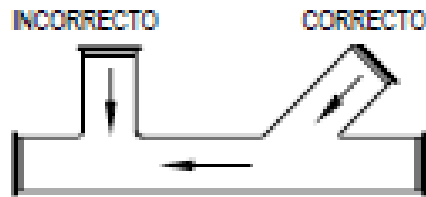


Fig. No 36.- Forma correcta e incorrecta de utilizar ramales en Y

- Antes de instalar la bomba, el tubo de succión y la bomba deben ser inspeccionados internamente, limpiados y engrasados.
- Si se instala un filtro en el tubo de succión, los orificios del tamiz deben revisarse y limpiarse periódicamente.
- El tubo de descarga debe instalarse con válvula anti-retorno y válvula de compuerta, con la válvula anti-retorno colocada entre la bomba y la válvula de compuerta. La válvula anti-retorno evita el flujo en reverso y protege la bomba contra excesiva contra-presión, la válvula de compuerta se utiliza para aislar la bomba para mantenimiento, cebadura y arranque. Si se utiliza un difusor, éste debe colocarse entre la bomba y la válvula anti-retorno.
- Asegúrese de que la tubería tenga buen soporte y esté bien alineada en la entrada de succión y la salida de descarga, a fin de evitar daños graves a la carcasa de la bomba.



Fig. No 37.- Tubería con soporte sólido

- Evite el uso de válvulas reguladoras en la tubería de succión.
- Evite sumideros donde puedan acumularse sedimentos.

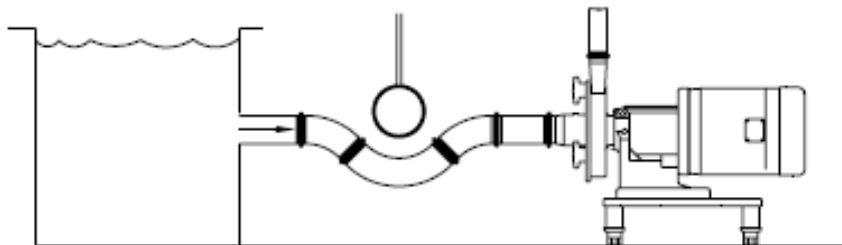


Fig. No 38.- Tubería con sumideros

- Evite la formación de bolsas de aire en la tubería (figura 26).

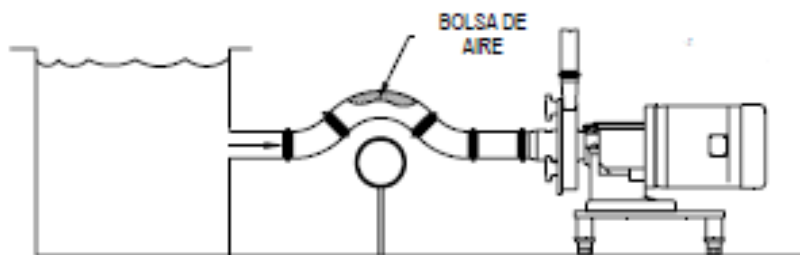


Fig. No 39.- Tubería con curvaturas creando bolsas de aire

Todas estas recomendaciones, evidentemente fundamentales, ayudarán a obtener el servicio más seguro, el mantenimiento más económico, y la mayor vida posible para las bombas hidráulicas. El mantenimiento adecuado no comienza con la reparación o la reposición de las piezas dañadas, sino con una buena selección e instalación, es decir, evitando que haya que reponer o reparar.

SELECCIÓN

Cuando aun elegiremos una bomba hay que tener presente los siguientes puntos

- Indicar al proveedor de bombas la naturaleza exacta del líquido a manejar.

- Especificar los gastos o caudales máximos y mínimos que pueden llegar a necesitarse, y la capacidad normal de trabajo.
- Dar información semejante relativa a la presión de descarga o planos, y datos para calcularla.
- Proporcionar al proveedor un plano detallado del sistema de succión existente o deseado.
- El proveedor necesita saber si el servicio es continuo o intermitente.
- Indicar de que tipo o tipos de energía se dispone para el accionamiento.
- Especificar las limitaciones del espacio disponible.
- Asegurarse de que se consiguen las partes de repuesto.

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

El mantenimiento se realiza las instalaciones para que estas cumplan con la función para la cual fueron proyectadas con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizadas en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción.

La falta o mantenimiento inadecuado de las instalaciones y equipos es la causa de graves problemas. Las razones que ocasionan este problema son:

- Carencia de repuestos.
- Falta de entrenamiento en el personal.
- Ausencia o inadecuadas prácticas de mantenimiento.

La carencia de mantenimiento preventivo ocasionará un alto porcentaje de salidas, baja disponibilidad de los equipos y baja capacidad de utilización lo que redundará en una elevación del consumo específico de energía. La disponibilidad y la capacidad de utilización determinan la productividad de las instalaciones. Es por esto muy importante poner en práctica políticas de mantenimiento en la empresa que

incluyan entrenamiento del personal, almacén de repuestos y procedimientos y prácticas de mantenimiento adecuado.

Los puntos más importantes a seguir mientras se da mantenimiento o se repara una bomba son los que a continuación se presentan.

- No debe desmontarse totalmente la bomba para su reparación.
- Tener mucho cuidado en el desmontaje.
- Es necesario un cuidado especial al examinar y reacondicionar los ajustes.
- Limpiar completamente los conductos de agua de la carcasa y repintarlos.
- Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.
- Estudiar la erosión la corrosión y los efectos de cavitación en los impulsores.
- Verificar la concentricidad de los nuevos anillos de desgaste antes de montarlos en los impulsores.
- Revisar todas las partes montadas en el rotor.
- Llevar un registro completo de las inspecciones y reparaciones.

REVISIÓN PRELIMINAR

Antes de iniciar la operación de bombeo, revise la fijación (firmeza) de todos los pernos, tubería y cableado, revise todos los indicadores, válvulas e instrumentos para que estén en buenas condiciones de trabajo y revise todo el equipo para que tenga una lubricación adecuada y una rotación correcta.

ARRANQUE

Al arranque, observe los indicadores de presión e interruptores por algún indicio de que los valores de ajuste de los controles requieran algún ajuste. Pueden ser necesarios algunos arranques de prueba para la correcta selección de los valores de ajuste apropiados.

- a) Abra la válvula de succión, abra todas las válvulas de venteo requeridas de bomba y sello.
- b) Abra la válvula de descarga, permita que la bomba se llene de líquido, luego cierre la válvula de descarga.
- c) Energice el accionador, e inmediatamente abra la válvula de descarga, no permita que la válvula de descarga permanezca cerrada por ningún espacio de tiempo, puesto que la temperatura del fluido bombeado se incrementara excesivamente, causando daños a la bomba.

REVISIÓN EN OPERACIÓN

Tan pronto como sea posible después que se inicio la operación de bombeo, este seguro que todos los indicadores e instrumentos marcan como se especificó, y determine que la velocidad de la bomba es la especificada.

Además del registro de flujos, presiones, temperaturas y lubricación, la bomba no debe requerir más atención durante la operación. En el caso que ocurran síntomas de problemas, consultar las tablas de posibles causas presentadas mas adelante.

LOCALIZACIÓN DE PROBLEMAS

La siguiente tabla numera la mayoría de los problemas que se pueden encontrar durante la operación de la bomba, sus posibles causas y remedios recomendados.

PROBLEMAS	CAUSAS PROBABLES	SOLUCION
Rodamiento caliente	<ul style="list-style-type: none"> a) Aceite insuficiente b) Aceite contaminado c) Desalineamiento 	<ul style="list-style-type: none"> a) Añada aceite b) Drene y limpie depósito de aceite, llenar con aceite limpio. c) Verifique la alineación de la bomba y accionador.
Fuga por abajo de la manga de la flecha.	<ul style="list-style-type: none"> a) Empaque de la manga gastado b) Tuerca de la manga suelta 	<ul style="list-style-type: none"> a) Cambie empaque manga. b) Apriete tuerca de manga
La bomba no entrega líquido	<ul style="list-style-type: none"> a) La bomba no está cebada b) Velocidad muy baja c) Impelentes tapados d) Succión obstruida e) Impelentes dañados f) Rotación equívoca g) Toma de aire por la boca del aspirador 	<ul style="list-style-type: none"> a) Ceba la bomba b) Verifique la entrada del accionador. c) Limpie impelentes. d) Limpie la línea de Succión. e) Reemplace impelentes f) Verifique la rotación del accionador. g) Aumentar sumergencia
Caudal insuficiente	Válvula de pie parcialmente obstruida	Limpiar la válvula
	Poca sumergencia	Aumentar sumergencia, reducir el caudal
	Fuga en tubería de impulsión	Eliminar fugas
	Sentido de rotación cambiado	Cambiar conexión en cuadro de mando
	Desgaste de piezas internas	Cambiar piezas desgastadas

	Cavitacion	Cambiar las condiciones de trabajo de las bombas en la instalación.
Capacidad o presión de descarga baja	<ul style="list-style-type: none"> a) Entrada de aire b) Velocidad muy baja c) Succión tapada d) Impelentes tapados e) Impelentes dañados f) Rotación equivocada 	<ul style="list-style-type: none"> a) Revisar línea de succión. b) Revisar fuente de energía de accionador c) Limpiar línea de succión d) Limpiar Impelente e) Cambiar impelente f) Verificar rotación del accionador.
Se sobrecarga el Accionador	<ul style="list-style-type: none"> a) Carga del sistema menor que la carga b) Accionador girando a mayor velocidad por cambio de gravedad o viscosidad 	<ul style="list-style-type: none"> a) Verificar presión de succión y descarga. b) Verificar gravedad específica o viscosidad
Las bombas vibran	Falta de rigidez en los anclajes de bombas o bancada	Corregir defecto
	Tension en las bridas de las bombas o en los colectores	Elimiras las tensiones
	Toma de aire en la boca de aspiracion	Desairear el liquido o evitar su entrada
Excesivo numero de arranques	Fugas continuas en la instalación	Eliminar fugas
	Caudal inferior al previsto	Revisar datos de caudal. Regular válvulas de impulsión

Síntomas de las fallas	Causas	Posible fallo	Posibilidad de subsanar la avería
Caudal demasiado reducido	Rodetes gastados	Gran contenido de arena en el medio a transportar	Desmontar la bomba y repararla (verificar la elección del material de acuerdo con un análisis del agua)
		Agresividad del medio a transportar	Verificar las condiciones de servicio
Equipo en marcha pero no succiona	Altura de presión demasiado elevada	La altura total de presión del sistema no corresponde a la curva característica de la bomba	Disminuir la altura de presio
	Equipo no está siempre sumergido en el medio que transporta	Profundidad de instalación demasiado reducida	Verificar el nivel del pozo y suspender el equipo más profundamente
	Tubería de presión no está libre	Válvula de cierre cerrada	Verificar los depósitos de cierre
	El motor marcha pero la bomba no gira	Acoplamiento defectuoso entre la bomba y el motor	Desmontar y reparar el quipo
	Filtro de aspiración obstruido	Cuerpos extraños en el pozo	Desmontar el equipo y limpiar el filtro de aspiración

DETECCION DE PROBLEMAS EN LA OPERACIÓN

NO SE ENTREGA AGUA

- La bomba no está cebada – indicado por la ausencia de presión en la descarga.
- Velocidad demasiado baja – indicado por baja presión en la descarga.
- Válvula cerrada – indicado por alta cabeza de presión en la descarga.
- Impulsor completamente taponado – indicado por baja presión en la descarga.

SE ENTREGAN CANTIDADES ANORMALMENTE PEQUEÑAS

- Fugas de aire en el tubo de succión o las cajas de empaquetadura.
- Velocidad demasiado baja.
- Impulsor parcialmente taponado.
- Obstrucción en el tubo de succión.
- Defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.

PRESIÓN INSUFICIENTE

- Velocidad demasiado baja. Podría ser causada por voltaje bajo o características de corriente eléctrica diferentes a las indicadas en la placa de datos del motor.
- El aire en el agua hará que la bomba produzca un ruido de crujido.
- Defectos mecánicos: anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado, carcasa o sello defectuoso.

OPERACIÓN INTERMITENTE

- Tubo de succión con fuga.
- Sello de agua taponado (por lo tanto, una caja de empaquetadura con fuga).
- Altura de succión demasiado alta.
- Aire, gas o vapor en el líquido.

LA BOMBA SOBRECARGA EL MOTOR

- Velocidad demasiado alta.
- Cabeza de presión inferior a la nominal, por lo tanto, se bombea demasiada agua. (Esto es válido para las bombas de velocidad específica baja).
- Defectos mecánicos: cajas de empaquetaduras demasiado apretadas, eje torcido, elemento giratorio se pega.
- Fricción debida a material extraño en la bomba entre los anillos de la carcasa y el impulsor.

LA BOMBA VIBRA

- Desalineamiento.
- La cimentación no es suficientemente rígida.
- Impulsor parcialmente taponado.
- Defectos mecánicos: eje torcido, elemento giratorio se pega, cojinetes desgastados, acople defectuoso.
- Los tubos de succión y descarga no están anclados.
- La bomba está cavitando por una altura de succión demasiado alta.
- Atrapamiento de aire en la succión de la bomba debido a bajo sumergimiento.

En el caso de que el equipo de la bomba esté durante bastante tiempo en reposo, se recomienda poner el equipo en marcha cada 2 ó 3 meses durante 10 minutos, de modo que se detecten a tiempo fallos en el funcionamiento.

CONCLUSION

Todo proceso es factible de mejorar y de invertir en el, siempre y cuando este cambio valla orientado hacia la calidad ya que para lograr ser mejor se debe ofrecer eficacia en cada uno de los aspectos esenciales que conforman a una institución, ya que si se deja pasar desapercibido un error por más mínimo que este sea, tendrá consecuencias y repercutirá en el proceso. Toda institución grande o pequeña necesita de la colaboración de los integrantes que la conforma, realizando las actividades correspondientes de cada uno. Los hospitales son instituciones donde las responsabilidades son muy grandes y la calidad en el servicio debe ser lo más alta posible, es por eso que cualquier tipo de anomalías o errores deben ser detectados antes de que estos sean graves y repercutan complicaciones en los pacientes.

Esta residencia es un buen ejemplo para aprender que, independientemente de lo actualizado que estén los mecanismos que facilitan al hombre obtener las necesidades requeridas, deben ser cuidados de manera adecuada, estableciendo tiempos y formas para realizarlos en cada componente, es decir, se debe contar con un programa de mantenimiento preventivo y ser aplicado de manera responsable, con dedicación, esfuerzo y de manera precisa, creando una base de datos de los problemas más comunes que facilite su localización o detección, evitando paros y deficiencia en los procesos. Pasar por alto cualquier tipo de fallo así sea muy pequeño traerá una serie de errores que posteriormente provocara funcionamientos defectuoso y daños permanentes en los componentes. Todo esto es indispensable para crear conciencia en quienes operan y mantienen los equipos electromecánicos ya que son parte fundamental en el funcionamiento de las Instituciones.

Optimizar y mejorar un sistema es muy simple cuando no se sigue un programa de mantenimiento ya que al ponerlo en marcha se logra este objetivo, optimizar o mejorar no quiere decir solamente la invención o modificación de un mecanismo si no que también saber utilizarlos de forma adecuada y darle el mantenimiento adecuado cuando se requieran y así obtener la máxima eficiencia con la que han sido fabricados.



FUENTES DE INFORMACION

Mecánica de Fluidos - Merle Potter y David Wiggert - Tercera Edicion

Mecanica_de_los_Fluidos_-_Streeter_-_9_Edicion_AM

Mecanica de fluidos - Sexta edicion - Robert L Mott

www.italmax.com

ohm.ing.unal.edu.co/civil/hidra

<http://es.slideshare.net/cerodano/uso-y-manejo-de-herramientas-1205514#btnNext>

www.unirioja.es/servicios/spri/pdf/herramientas.pdf

<http://www.youtube.com/watch?v=luJueyMV4yk>

http://acerobsv.com/html/tubos_cedula30.html

www.picsabombas.com

<http://www.acerosdelpacifico.com.mx/especificaciones/AHMSA147.pdf>

<http://es.slideshare.net/cerodano/uso-y-manejo-de-herramientas-1205514#btnNext>

www.unirioja.es/servicios/spri/pdf/herramientas.pdf