



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

Edgar Rolando Champet Pérez.

Asesorado por el Ing. Elwin Ildelfonso Elías Gramajo

Guatemala, octubre de 2009.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
POTABLE DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE
DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR ROLANDO CHAMPET PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. ELWIN ILDEFONSO ELÍAS GRAMAJO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

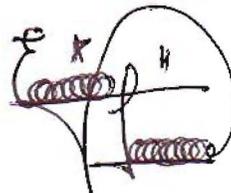
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. César Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los proceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS,

tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 29 de agosto de 2007.

A handwritten signature in dark ink, consisting of a stylized 'E' followed by 'R', 'C', 'P', and 'P', all enclosed within a circular scribble.

Edgar Rolando Champet Pérez

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por ser la fuente de sabiduría que iluminó mi mente, brindándome la oportunidad de cumplir mis sueños y hacerlos realidad, y permitir disfrutar de este momento tan especial junto a mis seres queridos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Por brindarme la oportunidad de desarrollar mi carrera profesional.

HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

Especialmente al Departamento Mantenimiento, por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

MI SUPERVISOR

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda, por dedicar parte de su tiempo para la realización de este trabajo.

MI ASESOR

Ing. Elwin Elías Gramajo, por su apoyo profesional y de gran valor durante la realización de este proyecto.

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

Rolando Champet (q.e.p.d.) flores sobre su tumba y Elena Pérez, por su cariño y apoyo incondicional, sin el cual no hubiera podido alcanzar mis metas.

MIS ABUELOS

Marcelino Champet (q.e.p.d.) flores sobre su tumba, Antonia Argueta, Antonio Pérez y Ángela Sontay, gracias por su cariño y sus sabios consejos.

HERMANOS

Fredy, Heriberto, Nora, Mercedes y Brenda, gracias por su cariño y porque cada día me enseñan lo que significa tener una famililla.

MIS SOBRINOS

Breny, Allan, María José, Pablo Antonio y Alexandra, por la alegría que me brindan

MIS CUÑADOS

Oscar Galindo (q.e.p.d), Jemmy Ramírez y Judith Lucas, por su cariño.

MIS HIJOS

Edgar Alejandro y Emmanuel Isaac, por ser el regalo más hermoso que Dios me concedió.

MIS AMIGOS

Néstor, Carlos y todos con los que compartí momentos agradables, gracias.

MIS PASTORES

Estuardo Vásquez y Esposa, y Luis Sontay por el apoyo espiritual que me brindaron.

A

Quetzaltenango, tierra que me vio crecer y cosechar mis primeros triunfos.

A

San Bartolo Aguas Calientes, Totonicapán; tierra bella que me vio nacer.

Guatemala 20 de mayo de 2009

Ingeniero
Edwin Sarceño
Unidad EPS USAC
Ciudad

Por este medio me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que el estudiante de Ingeniería Mecánica: Edgar Rolando Champet Pérez, realizó en el Hospital General San Juan de Dios el Ejercicio Profesional Supervisado con el título: Optimización del sistema de bombeo de agua potable del Hospital General San Juan de Dios.

El EPS desarrollado por el señor Champet Pérez fue asesorado por mi persona y llena los requerimientos deseados por la Institución.

En espera de poder servirle y sin otro particular,

Atentamente,



Elwin Elías Gramajo
Ingeniero Mecánico
Col. 4784



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 07 de septiembre de 2009
REF.EPS.DOC.561.09.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edgar Rolando Champet Pérez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **8730683**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

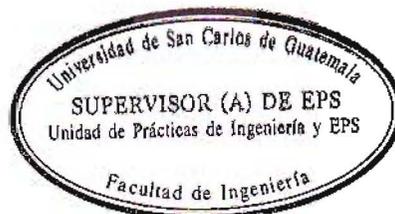
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ta





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 07 de septiembre de 2009
REF.EPS.D.1310.09.09

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edgar Rolando Champet Pérez** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Elwin Elías Gramajo y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación titulado OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, del estudiante Edgar Rolando Champet Pérez, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2009

JCCP/behdcj



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Rolando Champet Pérez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Ochoa Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2009



/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES	
1.1. Reseña histórica	1
1.2. Departamento de mantenimiento	4
1.2.1. Visión	4
1.2.2. Misión	4
1.3. Sección de bombas de agua	4
1.4. Definición de bombas de agua	5
1.5. Clasificación de bombas	6
1.5.1. Bombas dinámicas	7
1.5.2. Bombas de desplazamiento positivo	16
1.6. Uso de las bombas	26

2. SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA	
2.1. Características de los equipos instalados	29
2.2. Evaluación del sistema de bombeo de agua	31
2.3. Diagnóstico general del sistema de bombeo de agua	34
2.4. Requerimientos deseables de funcionamiento (como debería funcionar idealmente el sistema de bombeo)	39
3. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA	
3.1. Propuesta para la optimización del sistema de bombeo de agua	41
3.1.1. Mejoras al sistema mecánico	41
3.1.2. Aplicación del PLC al sistema de bombeo de agua para su optimización	42
3.1.2.1. Requisitos de la aplicación	48
3.1.2.2. Requisitos de la instalación	50
3.2. Diagramas de instalación	53
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Figura de bomba centrífuga tipo voluta	9
2. Figura de bomba centrífuga tipo difusor	11
3. Figura de bomba centrífuga tipo flujo mixto	12
4. Figura de bomba centrífuga tipo flujo axial	14
5. Figura de bomba periférica tipo turbina regenerativa	15
6. Figura de bomba periférica tipo turbina vertical	16
7. Figura de bomba reciprocante tipo acción directa	18
8. Figura de bomba reciprocante tipo potencia	19
9. Figura de bomba reciprocante tipo diafragma	20
10. Figura de bomba reciprocante tipo rotatoria pistón	21
11. Figura de bomba rotatoria tipo engranes	22
12. Figura de bomba rotatoria tipo leva y pistón	23
13. Figura de bomba rotatoria tipo tornillo	24
14. Figura de bomba rotatoria tipo lobular	25
15. Figura de bomba rotatoria tipo bloque de vaivén	26

16. Figura de (PLC) controlador lógico programable	43
17. Figura de entradas y salidas de un PLC	48
18. Diagrama del sistema A en el cuarto de bombeo	57
19. Diagrama del sistema B en el cuarto de bombeo	58
20. Diagrama del tablero sistema A	59
21. Diagrama del tablero sistema B	60
22. Diagrama del tablero principal para ambos sistemas	61
23. Diagrama de optimización del sistema A	62
24. Diagrama de optimización del sistema B	63

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
A	Amperios
E/S	Entrada-Salida
HP	Caballos de fuerza
On/Off	Encender-Apagar
PH	Fases
PLC	Sistemas Lógicos Programables
PSI	Lbf/pulg ²
RPM	Revoluciones por minuto
V	Voltios

GLOSARIO

- Amplitud de presión:** Se constituyen en los límites máximos de presión con los cuales una bomba puede funcionar adecuadamente. Las unidades son lb/plg² (libra por pulgada cuadrada)
- Amplitud de 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. Las unidades son r.p.m. (revoluciones por minuto)
- Bomba:** Es un medio para convertir energía mecánica en energía fluida o hidráulica. Es decir las bombas añaden energía al agua
- Bombas dinámicas:** Las bombas dinámicas aumentan la presión del líquido porque primero la aceleran y, luego, la hacen más lenta a fin de convertir la energía cinética aplicada al fluido, en energía de presión.
- Bombas de desplazamiento positivo:** Las bombas de desplazamiento positivo, a veces, descargan el fluido en una serie de impulsos. Cuando esta carga a pulsaciones es

indeseable, se puede suavizar con un acumulador por resorte o por aire comprimido.

Cavitación: Es la rápida formación y colapso de cavidades en zonas de muy baja presión en un flujo líquido.

Controlador lógico programable (PLC): Es un dispositivo electrónico que controla máquinas y procesos, utilizando una memoria programable para almacenar y ejecutar funciones específicas

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

Eficiencia volumétrica: Se puede determinar mediante la relación entre el volumen teórico de salida a 0 lb/pulg² y el volumen real a cualquier presión asignada.

Energía: Es la capacidad para producir un efecto, la energía aparece en diversas formas y puede transformarse de una en otra

Manómetro: Son aparatos que se encargan de medir la presión.

Potencia:	Es la velocidad con la cual se hace un trabajo.
Presión:	Es la fuerza por unidad de superficie ejercido por un medio sobre sus límites.
Termómetro:	Instrumento empleado para medir temperatura
Viscosidad:	Es el coeficiente de fricción interna del fluido y se designa por la letra η .
Voltímetro:	Son aparatos que se encargan de medir voltajes.
Volumen:	Es la cantidad de fluido que una bomba es capaz de entregar a la presión de operación. Las unidades son gal/min (galones por minuto).

RESUMEN

En el presente trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado, se plantea un diseño para la optimización del sistema de bombeo de agua potable del Hospital General San Juan de Dios.

Con el plan de optimización del sistema de bombeo se aplicaron principios mecánicos y eléctricos, para satisfacer las necesidades de la institución, que debe cumplir al máximo para un servicio óptimo.

Con la elaboración de este proyecto se busca minimizar las horas hombre que actualmente se utiliza en la institución y se espera que económicamente se reduzcan los gastos que actualmente se realizan por operación de la maquinaria.

El diseño se basa en la recuperación física del sistema de bombeo, la implementación de todos sus mecanismos de control y seguridad y la automatización del funcionamiento del sistema utilizando un circuito lógico programable.

Esto mejorará la eficiencia de la maquinaria, reducirá el error en la operación del sistema y registrará datos de eventos que se produzcan en la maquinaria que serán de beneficio para el departamento de Mantenimiento que tendrá más herramientas para un mejor plan de mantenimiento preventivo de las bombas de agua.

OBJETIVOS

General:

Realizar un trabajo adecuado de las diferentes partes que componen el sistema como: cuarto de bombas, sistema de tubería, mediante la optimización de dicho sistema que contribuyan al aprovechamiento óptimo, con el fin de que estos funcionen adecuadamente.

Específicos:

1. Determinar la importancia que tiene un sistema de optimización para el Hospital General San Juan de Dios, que trabaja específicamente con agua y vapor.
2. Realizar las modificaciones convenientes de una forma ingenieril y las diferentes partes que componen el sistema de bombeo.
3. Lograr que el plan de optimización del sistema de bombeo sea la correcta con el objeto de no interferir con la distribución del agua.

INTRODUCCIÓN

La exigencia de estar a la vanguardia respecto a la ciencia requiere que las empresas, compañías o industrias posean tecnología de punta para garantizar un funcionamiento de sus equipos al cien por ciento y así garantizar un servicio satisfactorio a toda la población que la necesite.

En el diseño del sistema de bombeo de agua, fueron involucrados profesionales especialistas de la ingeniería y técnicos, con tal de satisfacer la demanda de agua del hospital; sin embargo, pasaron los años y tanto la ciencia como la tecnología se fueron desarrollando más y más, razón por la cual este trabajo trata principalmente de la optimización de los equipos instalados en el cuarto de bombeo.

La primera parte describe la visión y misión que se debe de llevar a cabo en el departamento de mantenimiento, como también hace referencia a lo que es la sección de bombas de agua o cuarto de bombeo, además se detalla lo que es la definición de bombas y el uso de las mismas.

En la segunda parte incluye información sobre las características de los equipos instalados, así como la evaluación y diagnóstico general del sistema de bombeo de agua, y muy importante aún describe los requerimientos deseables de funcionamiento en pocas palabras; como debería de funcionar adecuadamente el sistema.

Y por último, en la tercera parte se presenta una propuesta para la optimización de todo el sistema en general, mejoras al sistema mecánico, como

también la aplicación de PLC (sistemas lógicos programables) al sistema de bombeo para un mejor funcionamiento y así abastecer de agua potable con una mayor eficiencia.

Los conceptos y criterios vertidos en este trabajo, se pueden tomar en cuenta para tener una aplicación práctica y útil en cualquier sistema de bombeo de otras empresas o compañías y así brindar un mejor servicio para los que lo necesiten.

1. GENERALIDADES

1.1. Reseña histórica

Hospital General San Juan de Dios: En 1630, procedentes de México arribaron a la Muy Noble y Muy Leal ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, hermanos hospitalarios de la Orden San Juan de Dios, bajo la dirección del Padre Fray Carlos Cívico de la Cerda, así como otros religiosos, su objetivo fue el de presentar la solicitud de administrar el hospital de la ciudad.

A la solicitud se acompañó no sólo la promesa de asistir a enfermos y la atención del hospital, sino la de cumplir con lo dispuesto por el Rey de España en 1632, de tratar con servicios médicos a los habitantes de América, como a españoles.

La devastación causada por los terremotos de Santa Marta en los años 1773 y 1774 en Santiago de los Caballeros, en el valle de Panchoy y la destronó de su sitio como Capital, y su lugar fue cedido a la Nueva Guatemala de la Asunción, en el valle de la Ermita.

El “Hospital General San Juan de Dios” fue puesto al servicio público en Octubre de 1778, no se sabe con certeza el día que esto ocurrió, pero a través de su vida se ha celebrado el 24 de octubre, día de San Rafael Arcángel, patrono desde entonces, como fecha de aniversario.

Los primeros profesionales de la medicina en atender en la nueva capital fueron, don Toribio Carvajal, cirujano y don Mariano Rodríguez del

Valle, éste último llegó a ser sustituido por el doctor José Felipe Flores. También se puede mencionar a los doctores Manuel Vásquez de Molina, Joseph Antonio de Córdova, Juan Antonio Ruiz de Bustamante, Manuel de Merlo, Alonzo de Carriola y Francisco Deplanquez.

Ya en el siglo XX y debido al terremoto del 4 de febrero de 1976, el hospital se vio en la necesidad de trasladar algunas de las áreas de atención médica al Parque de la Industria, en la zona 9 capitalina. Las atenciones trasladadas fueron: emergencia, ginecología y obstetricia, medicina, pediatría y traumatología, entre otras.

Fue en el año 1981 que se trasladó el hospital a las actuales instalaciones, en la zona 1.

Con el paso de los años se ha ido mejorando las diferentes áreas, como la estructura física, que permite a los usuarios una mejor estadía. Ampliaciones y remozamientos incluyen: maternidad, consulta externa de la pediatría, trasplantes, traumatología pediátrica, cuidados intensivos y clínica del adolescente.

Se han implementado además nuevas unidades en las especialidades de, cardiología, quemados infantiles, trasplantes, hematología de adultos, etc. Estos son algunos de los logros y avances que se han tenido en el Hospital General San Juan de Dios.

En el afán de optimizar la gestión administrativa y médica, se ha mejorado el nivel tecnológico en compra de equipo de cómputo y médico, que permite brindar atención con calidad y calidez a la población, pero también permite eficiencia en la gestión administrativa, control de la producción, planificación y presupuestaria, así como control en el ingreso y egreso de pacientes en admisiones de consultas externas y emergencias de las áreas de adultos, maternidad y pediatría.

El Hospital General San Juan de Dios, cuenta con el apoyo del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para dar cumplimiento a la misión de brindar atención médica integral de tercer nivel a la población guatemalteca, con personal técnico y profesional especializados, utilizando la mejor tecnología.

Los médicos que laboran en este centro asistencial son catalogados como los mejores de Guatemala. Algunos de ellos tienen a su cargo las diferentes especialidades: cardiología, cirugía, cirugía ambulatoria, cirugía cardiovascular, cirugía de colon y recto, cirugía de tórax, cirugía plástica, clínicas de úlceras, coloproctología, dermatología, endocrinología, fisioterapia, gastroenterología, hematología, maxilofacial, medicina interna, nefrología, neumología, neurocirugía, neurología, odontología, oftalmología, otorrinolaringología, psicología, psiquiatría, reumatología, traumatología y ortopedia, urología.

Existe un departamento de pediatría donde se le brinda al niño y niña atención en las mismas especialidades y, además cuenta con varios programas: espina bífida, clínica del adolescente, control de vacunas, entre otros.

También se cuenta con el departamento de ginecoobstetricia, donde se atienden mujeres embarazadas o derivados de problemas ginecólogos.

Ante la necesidad del pueblo de Guatemala, el Hospital General San Juan de Dios, cuenta con los servicios de apoyo más completos a nivel nacional: banco de sangre, laboratorio clínico, radiología, fisioterapia y rehabilitación, clínica del cesado de fumado, epidemiología, comité de farmacovigilancia y trabajo social.

1.2. Departamento de mantenimiento

1.2.1. Visión

El departamento de mantenimiento debe ser una parte integral dentro de la institución que garantice el funcionamiento y el perfecto mantenimiento de los equipos en forma oportuna, eficiente y eficaz, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles dentro de la institución y específicamente dentro del departamento de mantenimiento.

1.2.2. Misión

El departamento de mantenimiento debe ser una parte integral dentro de la institución responsable de brindar el servicio necesario para asegurar la disponibilidad y mantenimiento del equipo médico e industrial y las instalaciones del hospital, contribuyendo de esta manera con la asistencia que proporciona la institución para garantizar la salud a la población.

1.3. Sección de bombas de agua

En la sección de bombas de agua (cuarto de bombeo), hay cuatro servicios regidos por un control de turno, al hablar de esos servicios se da a entender que; en el cuarto de bombeo trabajan 4 personas, realizando turnos constantemente.

Las horas hombre de trabajo que se realiza en el cuarto de bombeo son de 24 horas por 72 horas; concretamente, 24 horas de trabajo continuo por 72 horas de descanso, derecho adquirido desde el año de 1982.

Cuando los técnicos trabajan las 24 horas continuas, tienen que estar constantemente vigilando el cuarto de bombeo para que todo el sistema trabaje satisfactoriamente.

Una de las desventajas que tienen los técnicos es que, al funcionar las bombas éstas hacen mucho ruido y es muy tedioso poder trabajar de esa manera.

1.4. Definición de bombas

El técnico necesita trabajar con una serie de aparatos para bombeo, cada uno con sus características propias y puede o no ser adecuado para la aplicación que se requiera. Estos aparatos son bombas, compresores y ventiladores o sopladores, en este trabajo se estudiarán solamente bombas.

Las bombas son destinadas a comunicar presión y velocidad a los fluidos y muchas veces es como resultado de una restricción a la circulación corriente abajo de la salida de la bomba. Si no hay esa restricción, entonces se produce poca presión y se necesita menos potencia para impulsar la bomba.

Otra definición es que una bomba hidráulica es un medio para convertir energía mecánica en energía fluida o hidráulica. Es decir las bombas añaden energía al agua.

Cuando se pretende desarrollar una clasificación de los diferentes tipos de bombas hidráulicas, se debe tener claridad en algunos términos para así poder evaluar los méritos de un tipo de bomba sobre otro.

1.5. Clasificación de bombas

Se pueden considerar dos grandes grupos: dinámicas (centrífugas y periféricas) y de desplazamiento positivo (reciprocantes y rotatorias).

Dinámicas	Centrífugas	Voluta Difusor Flujo mixto Flujo axial
	Periféricas	Turbina regenerativa Turbina vertical
Desplazamiento positivo	Reciprocantes	Acción directa Potencia Diafragma Rotatoria-Pistón
	Rotatorias	Engranés Leva y pistón Tornillo Lóbulo Bloque de vaivén

Antes de entrar en detalle de los dos grupos de bombas, se explicará la carga neta positiva de aspiración:

Carga neta positiva de aspiración (NPSH): Esta carga requiere especial atención en el diseño de bombas, la cual es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión de vapor del líquido que se bombea. Esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación que es la responsable de reducir la capacidad de la misma y puede dañar sus partes internas.

En el diseño de bombas destacan dos valores de NPSH, el NPSH disponible y el NPSH requerido.

El NPSH requerido es función del rodete, su valor determinado experimentalmente, es proporcionado por el fabricante de la bomba. El NPSH requerido corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable. Se basa en una elevación de referencia, generalmente considerada como el eje del rodete.

El NPSH disponible es función del sistema de aspiración de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{NPSH}_d = h_a - h_v - h_{ce} - h_{pc}$$

donde h_a es la presión absoluta (m de agua), h_v es la presión de vapor del líquido (m de agua), h_{ce} es la carga estática del líquido sobre el eje de la bomba (m de agua) y h_{pc} es la pérdida de carga debida al rozamiento dentro del sistema de succión (m de agua).

1.5.1. Bombas dinámicas

Las bombas dinámicas aumentan la presión del líquido, porque primero la aceleran y, luego, la hacen más lenta a fin de convertir la energía cinética aplicada al fluido, en energía de presión. La restricción en el lado de corriente abajo de la bomba no produce exceso de presión.

Lo más probable es que se reduzca la presión, porque la eficiencia de la bomba es menor con bajo volumen. Pero, si se hace funcionar la bomba muy por debajo de su circulación de diseño mediante estrangulación con válvulas, se sobrecalentarán la bomba y el líquido y esto hay que evitarlo. Se debe instalar un termómetro en la bomba y el líquido cuando es probable que surja esta condición durante un funcionamiento normal de la bomba.

Bombas centrífugas: La bomba centrífuga es la más común entre las bombas dinámicas. Es sencilla, porque sólo tiene dos componentes principales: el impulsor y la carcasa. El líquido se succiona en el centro del impulsor y se descarga en la circunferencia de la carcasa.

Estas máquinas para el trasiego de líquidos se basa en los mismos principios que los ventiladores centrífugos utilizados para mover masas de aire y otros gases, y su funcionamiento sigue las mismas leyes generales. Las bombas centrífugas son máquinas de velocidad relativamente elevada y generalmente van acopladas directamente a una turbina de vapor o a un motor eléctrico; también pueden ser accionadas por correas trapeciales, o por motores de explosión.

Las bombas centrífugas se fabrican con una serie de plásticos y metales para todas las clases de servicio. Estas bombas se deben cebar (cargar) con líquido para que empiecen a bombear. A veces, tienen alimentación por gravedad para facilitar el arranque.

Debido a que no hay piezas con ajuste muy preciso, las bombas centrífugas pueden manejar líquidos que contengan partículas sólidas. Pero, si los sólidos son muy abrasivos entonces ocurrirán daños por erosión debido a las altas velocidades del líquido dentro de las bombas.

No es raro que se produzca cavitación en estas bombas, debido a las altas velocidades y bajas presiones localizadas que permiten la formación de gases disueltos y burbujas de vapores y que aparezcan en la salida de la bomba y sigan cierta distancia en el líquido en los tubos de descarga.

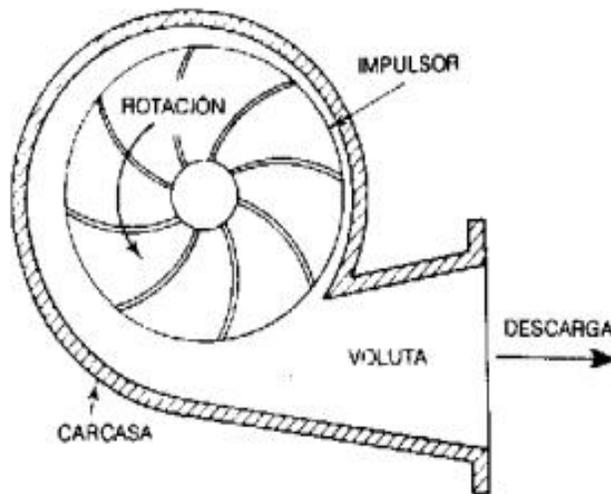
Bombas de tipo voluta: El impulsor descarga en una caja espiral que se expande progresivamente, proporcionada en tal forma que la velocidad del líquido se reduce en forma gradual. Por este medio, parte de la energía de velocidad del líquido se convierte en presión estática.

La bomba de tipo voluta tiene un solo escalonamiento, una entrada de líquido, eje horizontal, carcasa en espiral, y un impulsor abierto o cerrado.

Figura 1. Bomba centrífuga del tipo voluta



Figura 2. Bomba centrífuga del tipo voluta



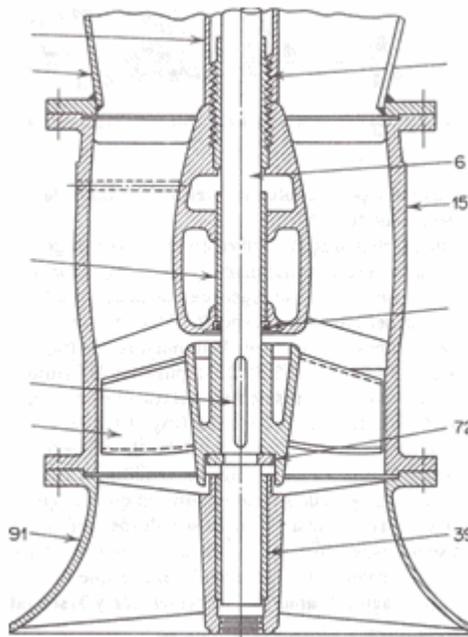
Bombas de tipo difusor: Los álabes direccionales estacionarios rodean al rotor o al impulsor en una bomba del tipo de difusor. Esos pasajes con expansión gradual cambian la dirección del flujo del líquido y convierten la energía de velocidad a columna de presión.

Este tipo de bomba centrífuga emplea un sistema de paletas difusoras fijas que rodean al rodete impulsor. Entre los difusores las secciones rectas van aumentando gradualmente, y en estos conductos la velocidad del líquido al abandonar los bordes de los álabes del rodete va disminuyendo, transformándose la mayor parte de su presión dinámica en presión estática. La conversión de la presión dinámica no solamente tiene lugar en la carcasa en espiral, sino también en los difusores.

Figura 3. Bomba centrífuga del tipo difusor



Figura 4. Bomba centrífuga del tipo difusor



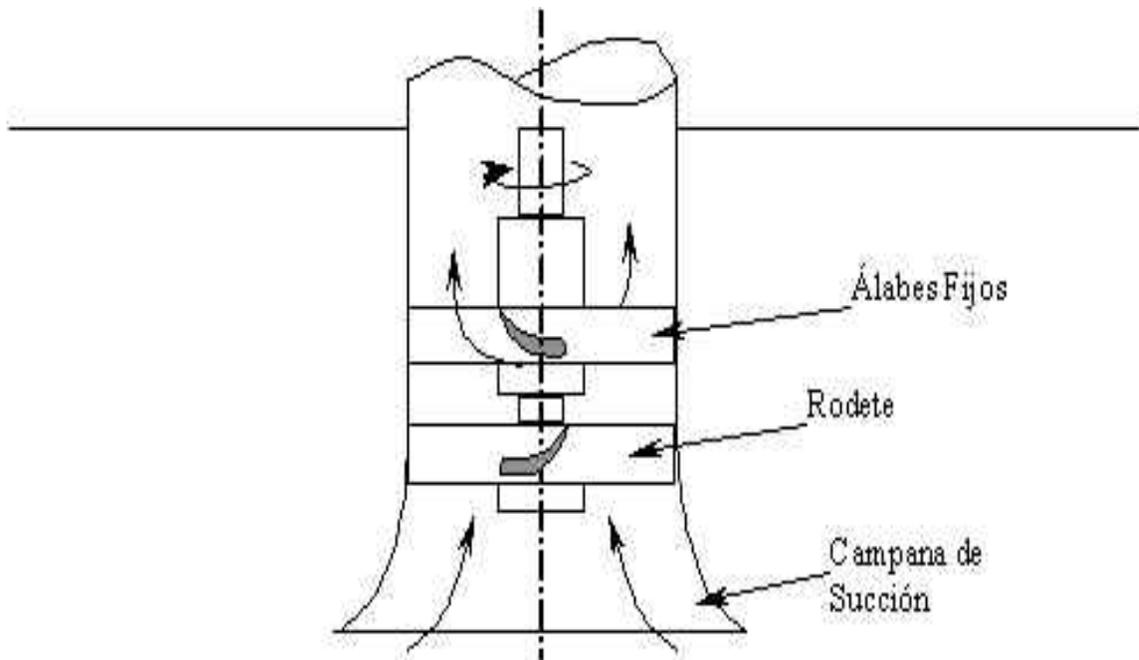
Bombas de flujo mixto: Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido; es decir, el flujo es en parte radial y en parte axial, siendo la forma del rodete acorde con ello. La trayectoria de una partícula de fluido es una hélice cónica. El diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de entrada.

Las bombas de flujo mixto son siempre del tipo abierto y ocupa una posición intermedia entre la bomba centrífuga y la de flujo axial.

Figura 5. Bomba centrífuga de flujo mixto



Figura 6. Bomba centrífuga de flujo mixto



Bombas de flujo axial: Las bombas de flujo axial desarrollan su columna por la acción de impulso o elevación de las paletas sobre el líquido.

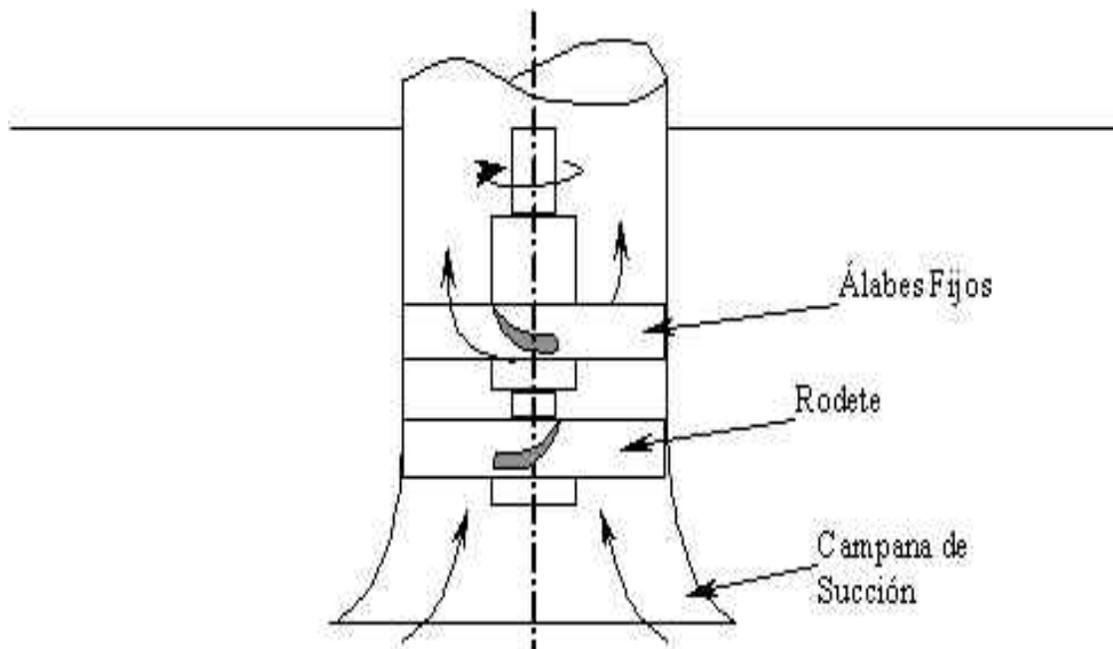
Las bombas de flujo axial, tienen un rodete impulsor en el cual la dirección del líquido y su componente de velocidad dirigida hacia adelante son paralelas al eje de rotación de la bomba.

Este tipo de bomba es muy adecuado cuando hay que elevar un gran caudal a pequeña altura, por esto sus principales campos de empleo son los regadíos, el drenaje de terrenos y la manipulación de aguas residuales, por su mayor velocidad relativa permite que la unidad motriz y la de bombeo sean más pequeñas y por tanto más baratas.

Figura 7. Bomba centrífuga del tipo flujo axial



Figura 8. Bomba centrífuga del tipo flujo axial



Bombas periféricas: Son también conocidas como bombas de tipo turbina, de vértice y regenerativas, en este tipo de bombas se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas, dentro del canal anular donde gira el impulsor. El líquido va recibiendo impulsos de energía.

No se debe confundir a las bombas tipo difusor de pozo profundo, llamadas frecuentemente bombas turbinas aunque no se asemeja en nada a la bomba periférica. La verdadera bomba turbina es la usada en centrales hidroeléctricas tipo embalse llamadas también de acumulación y bombeo, donde la bomba consume potencia; en determinado momento, puede actuar también como turbina para entregar potencia.

Figura 9. Bomba tipo turbina regenerativa



Figura 10. Bomba centrífuga tipo turbina vertical



1.5.2. Bombas de desplazamiento positivo

Las bombas de desplazamiento positivo, a veces, descargan el fluido en una serie de impulsos. Cuando esta carga a pulsaciones es indeseable, se puede suavizar con un acumulador por resorte o por aire comprimido.

Si la restricción de corriente abajo es demasiado grande para el tipo específico de bomba de desplazamiento positivo, continuará en

aumento la presión del líquido; si se permite que siga, se puede dañar la bomba por el exceso de presión. Para evitar daños, se utiliza una válvula de descarga de presión en la tubería de salida de la bomba. La válvula de descarga se ajusta a una presión igual o menor que la presión nominal de la bomba.

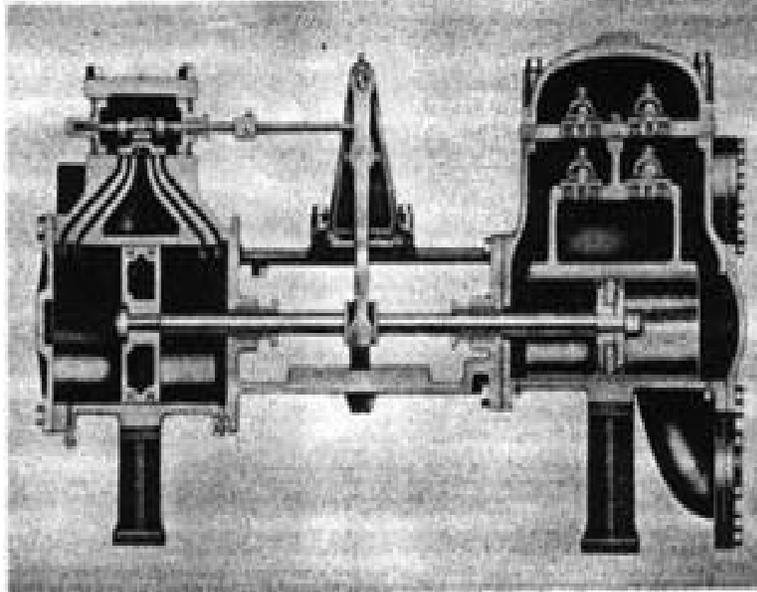
La capacidad de descarga de la bomba de desplazamiento positivo casi siempre es proporcional a la velocidad de la bomba en una amplia gama de velocidades.

Bombas reciprocantes: Son bombas de desplazamiento positivo que descargan una cantidad definida de líquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la distancia de carrera. Sin embargo, no todo el líquido llega necesariamente al tubo de descarga debido a escapes o arreglo de pasos de alivio que pueden evitarlo. Despreciando estos, el volumen del líquido desplazado en una carrera del pistón o émbolo es igual al producto del área del pistón por la longitud de la carrera.

Bombas de acción directa: En este tipo de bomba, una varilla común de pistón conecta un pistón de vapor y uno de líquido o émbolo.

Las bombas de acción directa se construyen simplex (un pistón de vapor y un pistón de líquido, respectivamente) y dúplex (dos pistones de vapor y dos de líquido). Los extremos compuestos y de triple expansión, que fueron usados en alguna época no se fabrican ya como unidades normales.

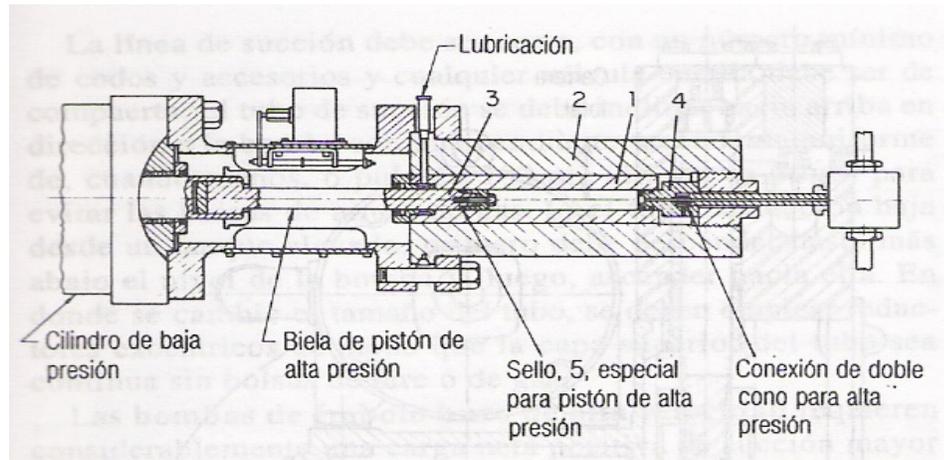
Figura 11. Bomba reciprocante del tipo acción directa



Bombas de potencia: Estas tienen un cigüeñal movido por una fuente externa generalmente un motor eléctrico, banda o cadena.

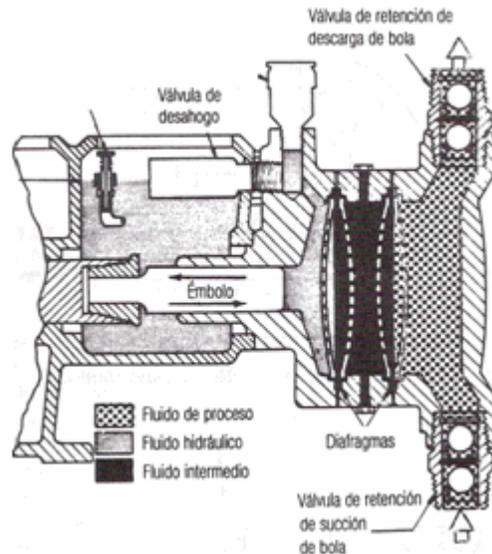
Cuando se mueve a velocidad constante, las bombas de potencia proporcionan un gasto casi constante para una amplia variación de columna, y tienen buena eficiencia.

Figura 12. Bomba reciprocante del tipo potencia



Bombas de diafragma: Las bombas de diafragma se usan para gastos elevados de líquidos, ya sea claros o conteniendo sólidos. También son apropiados para pulpas gruesas, drenajes, lodos, soluciones ácidas y alcalinas, así como mezclas de agua con sólidos que puedan ocasionar erosión. Un diafragma de material flexible no metálico, puede soportar mejor la acción corrosiva o erosiva que las partes metálicas de algunas bombas reciprocantes

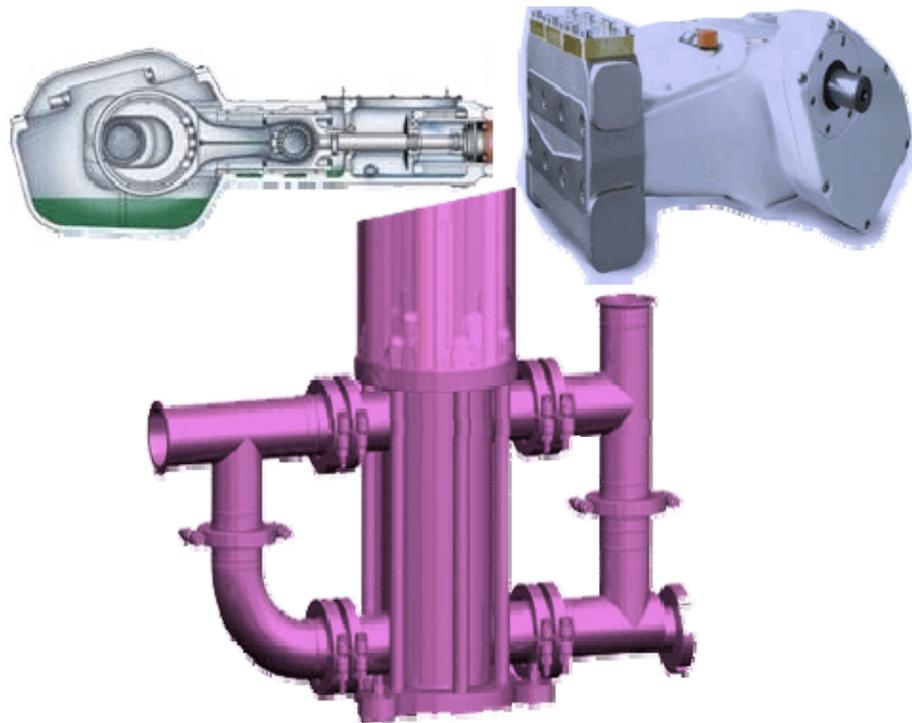
Figura 13. Bomba reciprocante del tipo de diafragma



Bomba rotatoria-pistón: Las bombas tipo rotatoria-pistón son utilizadas generalmente en la industria por su alto rendimiento y por la facilidad de poder trabajar a presiones superiores a 2000 lb/plg^2 y tienen una eficiencia volumétrica aproximadamente de 95% a 98%.

Bombean productos particulados y productos sensibles a esfuerzos de cizalla, manejan frutas y verduras enteras, hojas, rodajas, trozos; y tienen buen diseño higiénico.

Figura 14. Bomba reciprocante del tipo rotatoria-pistón



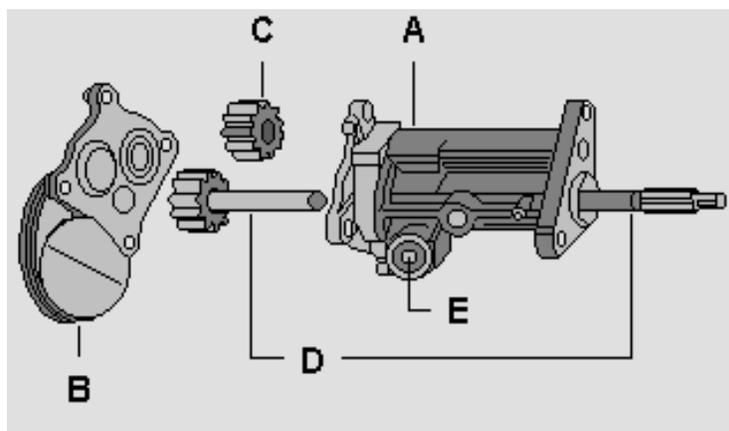
Bombas rotatorias: En resumen una bomba rotatoria, es una bomba de desplazamiento positivo, dotada de movimiento rotativo y en que tienen huelgos reducidos, no solamente entre sus órganos móviles, sino también entre el conjunto interior y la carcasa que le rodea.

Las bombas rotatorias carecen de válvulas, y si no existen fugas indebidas pueden dar un caudal de líquido casi constante a presiones comprendidas entre amplios límites. Su principal campo de aplicación es el bombeado de fuel y otros líquidos que, poseyendo suficiente viscosidad para evitar fugas, tienen, sin embargo, cierto poder lubricante.

Bombas de engranes: Las bombas de engranes están disponibles en dos tipos básicos: engranes externos y engranes internos. En las bombas de engranes externos, se atrapa el líquido entre los dientes de los engranes y la carcasa de la bomba; cuando giran los engranes, el líquido atrapado se transfiere de un lado a otro de la bomba. El acoplamiento entre los engranes expulsa el líquido de entre los dientes.

En las bombas de engranes internos, están colocados uno dentro del otro y giran en el mismo sentido pero a diferentes velocidades. Se succiona el líquido a los dientes cuando se desacoplan y se expulsa a presión cuando acoplan o endentan. Una sección fija en forma de medialuna ayuda a impedir que el líquido que hay entre los dientes regrese a la entrada conforme aumenta la presión en dirección al punto de acoplamiento de los dientes. Las bombas de engranes son para líquidos limpios o filtrados para mayor duración, pues los sólidos particulados producen desgaste prematuro de los engranes.

Figura 15. Bomba rotatoria del tipo engranes



Bombas de leva y pistón: Estas bombas tienen un pistón que se mueve dentro de un cilindro, con dos válvulas en la cabeza (culata) para controlar la entrada y salida del líquido. El movimiento del pistón succiona una nueva carga de líquido cuando se separa de la cabeza y descarga el líquido en la carrera de retorno. Estas bombas se construyen con aleaciones de acero; en el pistón y sellos de las válvulas se emplea una gran diversidad de materiales. Son muy adecuadas para bombear aceites, agua, etc., a presiones altas.

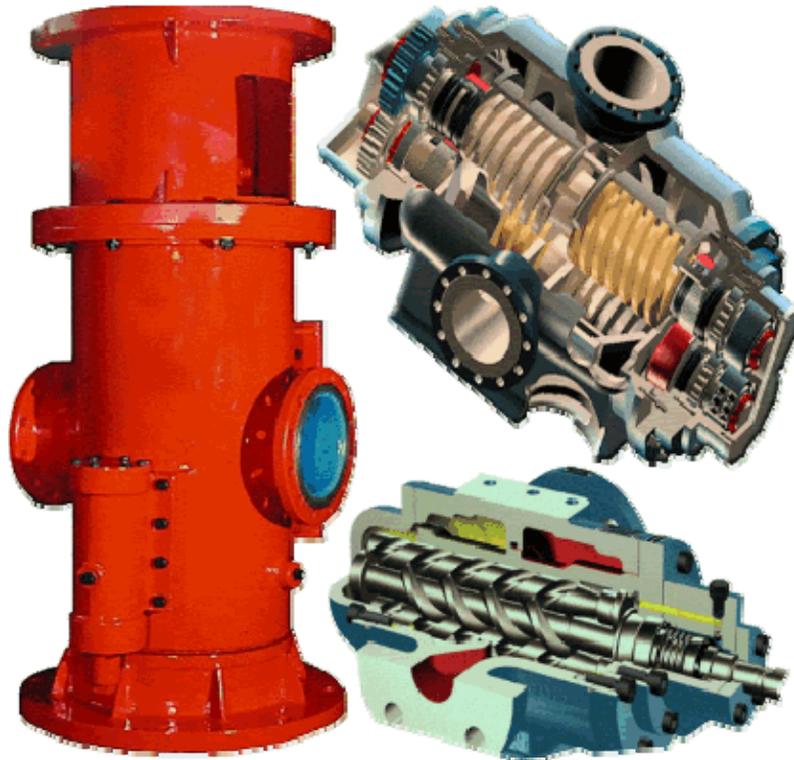
Figura 16. Bomba rotatoria del tipo leva y pistón



Bombas de aspas helicoidales o de tornillo: Estas bombas tienen dos o más rotores paralelos, acoplados con aspas helicoidales que atrapan el fluido entre los rotores correlativos y lo mueven en sentido axial, con circulación constante a lo largo de los rotores.

Las bombas de tornillo tienen una circulación muy suave, son de funcionamiento silencioso, exentas de vibraciones y tienen buenas características de succión.

Figura 17. Bomba rotatoria del tipo tornillo



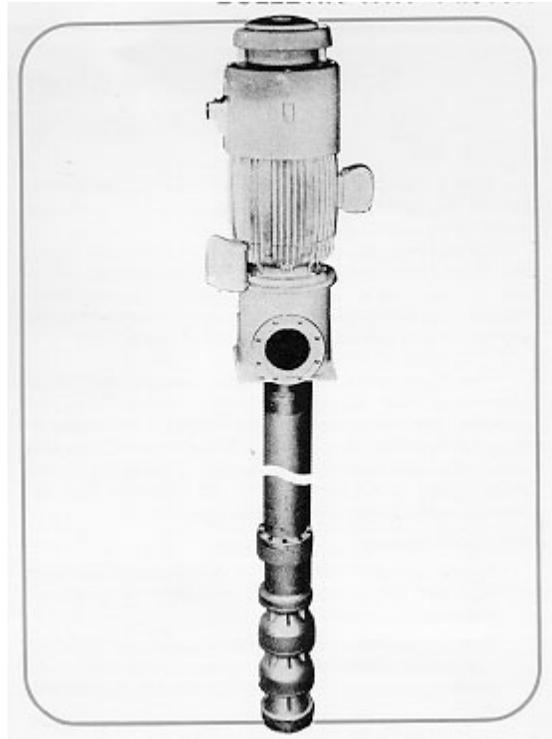
Bombas lobulares: Estas se asemejan a las bombas del tipo de engranes en su forma de acción, tienen dos o más rotores cortados con tres, cuatro, o más lóbulos en cada rotor. Los rotores se sincronizan para obtener una rotación positiva por medio de engranes externos, debido a que el líquido se descarga en un número más reducido de cantidades mayores que en el caso de la bomba de engranes, el flujo del tipo lobular no es tan constante como en la bomba del tipo de engranes. Existen también combinaciones de bombas de engranes y lóbulo.

Figura 18. Bomba rotatoria del tipo lobular



Bombas bloque de vaivén: Estas bombas tienen un motor cilíndrico que gira en una carcasa concéntrica. En el interior del rotor se encuentra un bloque que cambia en posición de vaivén y un pistón recíprocado por un perno loco colocado excéntricamente, produciendo succión y descarga.

Figura 19. Bomba rotatoria del tipo bloque de vaivén



1.6. Uso de las bombas: Las bombas que más se usan en la industria son las siguientes:

Bombas centrífugas: Las bombas centrífugas, debido a sus características, son las bombas que más se aplican en la industria. Las razones de estas preferencias son las siguientes:

- Son aparatos giratorios.
- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla.
- Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.

- Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.

Aparte de las ventajas ya enumeradas, se unen las siguientes ventajas económicas:

- El precio de una bomba centrífuga es aproximadamente $\frac{1}{4}$ del precio de la bomba de émbolo equivalente.
- El espacio requerido es aproximadamente $\frac{1}{8}$ de la bomba de émbolo equivalente.
- El peso es muy pequeño y por lo tanto las cimentaciones también lo son.
- El mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques del prensa-estopa y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

Bombas de émbolo: Las bombas de émbolo se emplean muchísimo en pequeñas centrales térmicas y para ciertas aplicaciones industriales, en las cuales la cantidad de fluido a manipular es muy pequeña y en cambio es grande la presión total que han de vencer; asimismo se utilizan en las prensas hidráulicas. Cuando tanto la presión como el caudal requeridos varían entre amplios límites y cuando no guardan entre sí una relación definida, la bomba de desplazamiento resulta flexible y económica.

Las bombas de émbolo único están muy indicadas para hacer el vacío en los condensadores, porque los huelgos de los cilindros de vapor son relativamente pequeños y apenas si existen emboladas reducidas.

Características del equipo: 60HP, 3PH, 3535RPM, 230V/145.5A, 460V/72.75A.

Bomba número 3 Localización: Cuarto de bombeo
Marca: ITT AC-PUMP Modelo: Frame 500
Serie: AC-258437-0204 Tipo: Sistema A
Características del equipo: Bomba centrífuga, 720GPM, Head 254.

Sistema B:

Motor número 1 Localización: Cuarto de bombeo
Marca: U.S. Electrical Modelo: 286TS
Serie: R-7263-00-877S Tipo: Sistema B
Características del equipo: 40HP, 3PH, 3520RPM, 230V/96.5A, 460V/48.25A.

Bomba número 1 Localización: Cuarto de bombeo
Marca: ITT AC-PUMP Modelo: Frame 500
Serie: AC-258437-0101 Tipo: Sistema B
Características del equipo: Bomba centrífuga, 500GPM, Head 231.

Motor número 2 Localización: Cuarto de bombeo
Marca: U.S. Electrical Modelo: 326TS
Serie: R-9010-02-920MM Tipo: Sistema B
Características del equipo: 60HP, 3PH, 3535RPM, 230V/145.5A, 460V/72.75A.

Bomba número 2 Localización: Cuarto de bombeo
Marca: ITT AC-PUMP Modelo: Frame 500
Serie: AC-258437-0203 Tipo: Sistema B
Características del equipo: Bomba centrífuga, 720GPM, Head 254

Motor número 3 Localización: Cuarto de Bombeo
Marca: U.S. Electrical Modelo: 326TS
Serie: R-9010-02-882S Tipo: Sistema B

Características del equipo: 60HP, 3PH, 3535RPM, 230V/145.5A, 460V/72.75A.

Bomba número 3

Localización: Cuarto de bombeo

Marca: ITT AC-PUMP

Modelo: Frame 500

Serie: AC-258437-0201

Tipo: Sistema B

Características del equipo: Bomba centrífuga, 720GPM, Head 254

2.2. Evaluación del sistema de bombeo de agua

Es importante analizar detalladamente, desde el punto de vista funcional, el sistema de bombeo antes de considerar la optimización. Para ello fue necesario conocer el sistema y poder así plantear las soluciones y desarrollar la forma de mejorar dicho sistema.

Como se mencionó anteriormente, el cuarto de bombeo se divide en dos sistemas; a saber el sistema A y el sistema B que funcionan de la siguiente manera:

Cada sistema se compone de 3 bombas con sus respectivos motores, 2 bombas de 720 galones por minuto y una de 500 galones por minuto, lo mismo sucede con sus motores; 2 motores de 60 caballos de fuerza y un motor de 40 caballos de fuerza.

De día solamente una bomba de 60 caballos de fuerza entra en funcionamiento; al finalizar su turno, al día siguiente entra a funcionar la otra bomba de 60HP siempre y cuando sean bombas del mismo sistema; al finalizar el turno de un sistema seguidamente entra a funcionar el otro.

Lo mismo sucede con las bombas de 40 caballos de fuerza a diferencia de que estas dos bombas únicamente funcionan de noche, esto

se debe a que, hay poca demanda de agua. Y así sucesivamente sigue el ciclo para poder suministrar agua a todo el hospital.

Evaluando los dos sistemas detalladamente; cada bomba entrega agua a una presión de 120 PSI, razón por la cual estas bombas tienen cada una su propio regulador de presión, manteniéndose a 70 PSI para un funcionamiento normal. Cuando un regulador deja de funcionar hay un manómetro en línea que marca más de 70 PSI, eso indica que hay problemas; entonces hay que solucionarlo lo más pronto posible, para no afectar la tubería por una sobrepresión.

Los depósitos que suministran agua a todo el sistema de bombeo se encuentran arriba del nivel de succión de las bombas, por lo que la lectura de la presión de succión es de 5 plg de Hg.

Los aspectos que se recomienda evaluar para un mejor funcionamiento son: humedad (sólo para equipos electrónicos), exposición a vibraciones mecánicas (sólo para equipos electrónicos), presencia de polvo, seguridad de la instalación y temperatura (para equipos eléctricos, mecánicos y electrónicos). Cualquier anomalía o no cumplimiento de estas condiciones con lo establecido, debe ser tomado en cuenta y corregirlo para que no afecten el sistema automático que se propone.

Evaluación externa del equipo: Evaluar o reconocer atentamente el equipo, partes o accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad de quitar partes, tapas, etc. tales como mangueras, chasis, rodos, cordón

eléctrico, conector de alimentación, para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo o correctivo.

Actividades involucradas en la evaluación externa:

- Evaluación del aspecto físico general del equipo y sus componentes, para detectar posibles impactos físicos, maltratos, corrosión en la carcasa o levantamiento de pintura, cualquier otro daño físico. Esto incluye viñetas y señalizaciones, falta de componentes o accesorios, etc.
- Evaluación de componentes mecánicos, para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc. Esto incluye los sistemas neumáticos e hidráulicos, en los cuales también es necesario detectar fugas en el sistema.
- Evaluación de componentes eléctricos, esto incluye: cordón de alimentación, revisar que este se encuentre íntegro, sin dobleces ni roturas, o cualquier signo de deterioro de aislamiento, el toma deberá ser adecuado al tipo y potencia demandada por el equipo y debe hacer buen contacto con el toma de pared. Hacer mediciones con un estado del porta fusibles, etc.

Evaluación interna del equipo: Evaluar o reconocer atentamente las partes internas del equipo y sus componentes, para detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier signo que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente al mantenimiento preventivo o correctivo

Actividades involucradas en la evaluación interna:

- Evaluación general del aspecto físico de la parte interna del equipo y sus componentes, para detectar posibles impactos físicos, maltratos, corrosión en la carcasa o levantamiento de pintura, cualquier otro daño físico.
- Evaluación de componentes mecánicos para determinar falta de lubricación, desgaste de piezas, sobrecalentamiento, roturas, etc. Esto incluye los sistemas neumáticos e hidráulicos en los cuales también es necesario para detectar fugas en el sistema.
- Evaluación de componentes eléctricos, para determinar falta o deterioro del aislamiento, de los cables internos, conectores, etc., que no hayan sido verificados en la revisión externa del equipo, revisando cuando sea necesario, el adecuado funcionamiento de estos con un multímetro.
- Evaluación de componentes electrónicos, tanto tarjetas como circuitos integrados, inspeccionando de manera visual y táctil si es necesario, el posible sobrecalentamiento de estos. Cuando se trata de dispositivos de medición (amperímetros, voltímetros, etc.) se debe visualizar su estado físico y comprobar su funcionamiento con otro sistema de medición que permita verificarlo con adecuada exactitud.

2.3. Diagnóstico general del sistema de bombeo de agua

Al diagnosticar detenidamente el sistema de bombeo de agua, se llega a la conclusión de que no funciona como realmente se esperaba, porque hay varias partes que no funcionan desde algún tiempo atrás.

Para tener un mejor control de cada sistema de bombeo, se requiere que cada manómetro (en este caso son 6 para cada sistema) funcionen,

pero al evaluarlos ninguno funciona y esto le resta un funcionamiento adecuado.

Otra de las partes que no funcionan son las válvulas de paso y que son de vital importancia; y una de sus funciones principales es, cuando hay apagones de luz evitar que el agua regrese a los depósitos, las válvulas principales del sistema no están operando adecuadamente ya que una de ellas tiene desperfectos.

Las tuberías de abastecimiento de agua, por los años que llevan en servicio no están en buenas condiciones, por lo que se requiere darles un buen mantenimiento o en último caso cambiarlas.

Para que todo el sistema de bombeo trabaje normalmente, a continuación se detalla el mantenimiento preventivo; al cual se le debe dar un seguimiento para no tener complicaciones posteriores.

Procedimientos de mantenimiento preventivo en el cuarto de bombeo:

Manómetros: Limpiar la carátula y el cristal cuando lo amerite. Verificar el cero mecánico y ajustarlo si es preciso, rectificar la aguja cuando tenga dobleces. Nunca lubricar con aceite o grasa los manómetros o piezas que tengan contacto directo con oxígeno.

Válvulas y reguladoras de presión: Revisar y limpiar las válvulas de paso. En las válvulas de una sola dirección, limpiar los muelles y los resortes, verificar el estado de los empaques y el diafragma. Cerciorarse de que la válvula cierre en una dirección y abra en sentido contrario.

Tubería: Revisar los tubos, nicles y codos. Hacer limpieza y mantener en buen estado la pintura.

Sistemas hidráulicos: Comprobar que no haya goteos ni fugas.

Diafragma: Revisar si hay perforaciones y pellizcamientos. Cerciorarse de que el empaque garantice un sellado perfecto, en caso de roturas de cualquier magnitud, reemplazar el diafragma y el empaque.

Pintura: Vea que la pintura de la caldera se mantenga siempre igual, si existen daños corregirlos lo más pronto posible.

Motores: Asegurarse de que las tapaderas cierren perfectamente, evitando la entrada de polvo. Lubricar las chumaceras, cerciorándose de que no escurra aceite por las flechas. Comprobar el calentamiento propio del motor, en caso de ser excesivo, buscar si hay esfuerzo mayor originado en alguna pieza del aparato. Tocar cubierta del motor para apreciar vibraciones y escuchar ruidos anormales.

Cojinetes: Hacer su limpieza con petróleo y lubricarlos con grasa especial para cojinetes. Verificar que las superficies de rodamiento sean lisas, que no haya grietas y que los balines rueden libremente. Los cojinetes sellados no deben lubricarse sino cambiarse cuando cumplan su vida útil.

Temperatura de cojinetes: Compruebe la temperatura de los cojinetes del motor poniendo la mano en la parte donde estos van instalados, con la bomba en funcionamiento, si no soportara dejar la mano más de 10 segundos por alta temperatura investigue causa de sobrecalentamiento.

Lubricación de cojinetes: Al lubricar los cojinetes cuidar que no tenga residuos de la grasa anterior y que estén completamente limpios, al ponerles grasa nueva, procurar que sea la cantidad apropiada para evitar problemas que se describen en el punto anterior. Cuando lubrique los cojinetes verificar que no existan ninguna rajadura o señales de deterioro

en su parte física, si es así, cambiarlos por unos nuevos. Nunca cambiar un solo cojinete si está deteriorado, cambiar los dos a la vez.

Prensa estopa: Reemplazar todos los anillos empleando estopa grafitada de la misma medida que se requiere, ajuste los prensa estopa y poner en funcionamiento la bomba, si existen fugas, realizar un ajuste más, hasta que las fugas desaparezcan, si la bomba no usa prensa estopa y en lugar de ellas utiliza sello mecánico, reemplazarlos únicamente si presenta fugas de agua.

Alineación: Revisar que la bomba esté bien alineada con el motor. Para ello utilizar un calibrador de hojas, del cual deben tener la misma cantidad de hojas en la cruz que forman los acoples de la bomba y el motor; de no ser así, aflojar los tornillos del motor que lo sujetan a la base y moverlo hasta que tengan la misma distancia en los cuatro puntos del acople, atornillando nuevamente el motor a la base. Asegurarse de que el interruptor de corriente del motor de la bomba esté en posición de apagado antes de iniciar, para evitar cualquier accidente.

Impulsor: Quitar los tornillos de las tapaderas de la bomba, limpiar y revisar su interior, si la turbina está desgastada investigar el motivo, pudiendo ser que necesite cambio de bushing, cojinetes o turbina, al cerrar la bomba asegurarse de cambiar el empaque para evitar fugas de agua.

Accesorios de tubería: Verificar que no existan fugas a lo largo de la línea de alimentación de agua, desde la bomba de agua hasta la entrada de la caldera; si existen, corregirlas utilizando para ello cinta de teflón. Si las válvulas de globo y de compuerta presentan fugas en el vástago; ajustar la tuerca del prensa estopa, si persiste la fuga cambiar la estopa o si es necesario cambiar la válvula. A las válvulas de retención o cheque

quitarles la tapadera para revisar la compuerta oscilante, remover la suciedad que tenga si el agua se regresa de la caldera a la bomba cuando aquella tiene presión de vapor, cambiar las válvulas por nuevas.

Revisión de terminales: Ver que las conexiones en las terminales estén bien atornilladas, apretando bien los tornillos de cada terminal que se encuentra en el panel de control de la caldera.

Cables de línea: Comprobar que la clavija haga contacto seguro y firme con el tomacorriente de la red; limpiar y, si es necesario, lijar las extremidades de contacto de la clavija y apretar los tornillos. Verificar el buen estado del cable, el forro aislante que le da acceso al chasis. Asegurar conexión a tierra.

Fusibles: Verificar que sean los indicados tanto en el interruptor general como en las diferentes secciones del aparato; en caso contrario, instalar fusibles nuevos de valores correctos. Cuando exista carbonización, oxidación, etc., hacer limpieza tanto en el cartucho como en el receptáculo y ajustar la tensión del portafusible.

Interruptor: Revisar el estado del mecanismo de mando y seguridad; comprobar el contacto correcto de las piezas; eliminar cualquier producto de carbonización, oxidación, etc., e inspeccionar el estado de las navajas y de los platinos de los interruptores magnéticos de seguridad, y de todos aquellos elementos que desempeñen esa función.

2.4. Requerimientos deseables de funcionamiento (como debería de funcionar idealmente el sistema de bombeo)

Al analizar y diagnosticar el sistema de bombeo de agua, vemos claramente que no está funcionando como realmente se esperaba, y esto pasa por la sencilla razón de que tanto las bombas como los motores, los manómetros, las válvulas de paso, las tuberías y todo los accesorios que componen el sistema tienen de estar trabajando un largo período de años y como consecuencia el desgaste de cada uno de los componentes.

Al darles mantenimiento preventivo y correctivo a los dos sistemas que trabajan en el cuarto de bombeo, el funcionamiento es mucho mejor porque siempre se está al tanto de todo el equipo, aparte de eso con una muy buena implementación de la optimización pues obviamente el rendimiento sería eficiente.

3. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA

Tanto en el capítulo uno como en el capítulo dos se analizaron los diferentes tipos de bombas con las que cuenta el cuarto de bombeo del hospital y lo que realmente se necesita es que los dos sistemas funcionen de una forma óptima.

Para eso se optimizará el sistema de bombeo para un mejor control y con esto estar a la par de la tecnología que en la actualidad es necesario, para así mejorar el servicio que se le está dando a la institución, en este caso que no haga falta en ningún momento el agua en todos los sectores y que es uno de los factores más importantes al que se le debe dar la prioridad necesaria y llevar un mejor control del equipo en general.

3.1. Propuesta para la optimización del sistema de bombeo

Para llevar a cabo la optimización de los dos sistemas en que se divide el cuarto de bombeo, se proponen tres puntos importantes y que pueden ayudar en mucho para poder realizar esta propuesta y ponerla en práctica; para así alcanzar un funcionamiento del 100% de todo el equipo en general.

3.1.1. Mejoras al sistema mecánico

Para que todo el sistema de bombeo trabaje con la mayor eficiencia posible, es necesario optimizarlo pero para que esto de resultado se tendrían que hacer mejoras al sistema mecánico que a continuación se detallan:

- Cambiar todo el sistema de acople

- Cambiar válvulas (esto es todo tipo de válvulas)
- Cambiar manómetros (esto es todo tipo de manómetros)
- Cambiar todo el sistema de cableado

3.1.2. Aplicación del PLC al sistema de bombeo para su optimización

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico que controla máquinas y procesos. Utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y ejecutar funciones específicas que incluyen control de activación y desactivación (On/Off), temporización, conteo, secuencia, aritmética y manejo de datos.

Los PLC proporcionan ahorros en los costos de material, instalación, localización y corrección de problemas y mano de obra, al reducir el cableado y los correspondientes errores de cableado. Además, ocupan menos lugar que los contadores, temporizadores y otros componentes de control que estos reemplazaban. Su capacidad para ser programados aumentó notablemente su flexibilidad cuando se cambiaban los diagramas de control.

Tal vez la clave principal para la aceptación de los PLC en la industria, fue que el lenguaje de programación inicial estaba basado en los diagramas de escalera y símbolos eléctricos comúnmente usados por los electricistas.

En cualquier tipo de aplicación, el uso de los PLC incluyen entre otras: empaquetado, embotellado y enlatado, manejo de materiales, maquinado, generación de alimentación eléctrica, sistemas de control de calefacción y aire acondicionado, sistemas de seguridad, ensamble automatizado, líneas de pintura y tratamiento de agua y

abastecimiento de agua, etc. Los PLC se aplican a una variedad de industrias, incluyendo alimentos y bebidas, automotriz, química, plásticos, pulpa y papel, farmacéutica y metales. De hecho cualquier aplicación que requiere de control eléctrico puede usar un PLC.

Figura 19. Controlador lógico programable



Hoy en día, una regla general aceptada es que los PLC son económicamente viables en sistemas de control que requieren de tres a cuatro o más relés. Además del ahorro en costos, los PLC proporcionan muchos beneficios de valor agregado.

Confiabilidad: Una vez que un programa se ha escrito y se han localizado y corregido errores, éste puede fácilmente transferirse y descargarse a otros PLC. Esto reduce el tiempo de programación, reduce la localización y corrección de errores y aumenta la confiabilidad. Con toda la lógica que existe en la memoria de los PLC, no es probable que se cometan errores de cableado de lógica.

El único cableado necesario es para la alimentación eléctrica y para las entradas y salidas.

Flexibilidad: Las modificaciones del programa pueden hacerse con sólo presionar unas cuantas teclas. Los OEM (fabricantes de equipo original) pueden fácilmente implementar actualizaciones al sistema enviando un programa nuevo, en vez de una persona de servicio. Los usuarios finales pueden modificar el programa en el campo, o, contrariamente los OEM pueden evitar que los usuarios finales alteren el programa (una importante característica de seguridad).

Funciones Avanzadas: Los PLC pueden ejecutar una amplia variedad de tareas de control, desde una sola acción repetitiva hasta el control complejo de datos. La estandarización de los PLC abre muchas puertas a los diseñadores y simplifica el trabajo para el personal de mantenimiento.

Comunicaciones: La comunicación con interfaces de operador, otro PLC o computadoras, facilita la recogida de datos y el intercambio de información.

Velocidad: Ya que algunas de las máquinas automatizadas procesan miles de ítems por minuto (y los objetos sólo se encuentran frente a un sensor durante una fracción de segundo) muchas aplicaciones de optimización requieren de la capacidad de respuesta rápida del PLC.

Diagnósticos: La capacidad de localización y corrección de problemas de los dispositivos de programación y los diagnósticos que residen en el PLC, permiten a los usuarios localizar y corregir fácilmente los problemas de software y hardware.

Características típicas del PLC:

- Capacidades matemáticas
- Instrucciones de manejo de datos
- Conteo de alta velocidad
- Rutinas de conversión
- Funcionalidad de temporizador de tambor y secuenciador
- Subrutinas e interrupciones
- Programación con una computadora personal
- Comunicación con otros dispositivos electrónicos

Descripción general de los componentes:

Entradas: Los dispositivos de entrada son dispositivos de campo que actúan como colectores de información para el PLC. Los dispositivos de entrada de estado sólido, como los transistores y triacs son sensibles a las condiciones de cableado de las entradas, polaridad y fugas de corriente. Los dispositivos de entrada electromecánicos tales como interruptores y relés cierran juegos de contactos, para permitir el paso de corriente y como tales, son menos sensibles a esas situaciones.

Interruptores manejados por el operador: El interruptor de botón pulsador es una de las formas más sencillas y más usadas de control de entradas. Los botones pulsadores se usan para arrancar y parar equipo y para iniciar los procesos.

Los interruptores selectores incorporan un operador o un mecanismo interruptor, que tiene varias posiciones. Usan un movimiento rotatorio de una perilla u otro operador para realizar la conmutación.

Los interruptores de pedal se usan donde las manos del operador necesitan manejar otras cosas mientras se opera el equipo o donde las operaciones repetitivas de un interruptor realizadas con las manos podrían causar incomodidad al operador.

Los interruptores preselectores rotatorios son la manera común de introducir datos numéricos a un circuito de control.

Finales de carrera: Se usan para detectar la posición de objetos o materiales. Los transportadores, puertas, brazos oscilantes, válvulas y muchos otros dispositivos usan finales de carrera para proporcionar información al sistema de control acerca de la posición física del equipo. Hay disponibles muchos tipos de mecanismos de activación, pero los más comunes son la palanca rodante, el rodillo de empuje, la palanca de horquilla y varilla oscilante.

Interruptores de flotador: Son la manera más fácil de monitorizar el nivel de líquido en un recipiente. Estos se usan típicamente en pozos, tanques, colectores, depósitos, etc.

Interruptores de flujo: Un interruptor de flujo se inserta en una tubería o ducto para detectar el movimiento de un fluido.

Interruptores de presión: Se usan para detectar el nivel de presión y proporcionar información digital al PLC si el nivel excede una cantidad específica.

Sensores de proximidad: Se usan para detectar la presencia o ausencia de un objeto sin hacer contacto con él.

Sensores fotoeléctricos: Usan un haz luminoso para detectar objetos. Hay tres tipos básicos: sensores de haz transmitido, sensores retroreflectores y sensores difusores.

Sensores ultrasónicos de proximidad: Usan la resistencia comparativa de la señal de retorno proveniente de una señal ultrasónica proyectada para detectar que tan lejos está un objeto de la fuente de sonido.

Interruptores de temperatura: Generalmente se usan para detectar condiciones de sobretemperatura.

Codificadores: Es una forma de sensor que cambia el movimiento rotatorio a impulsos de alta velocidad.

Dispositivos de salida: Son dispositivos de campo usados para que el PLC ejecute las instrucciones de control.

Bombillas: Se usan para indicar el estado de una operación o para avisar de condiciones no deseables o peligrosas.

Alarmas audibles: Están disponibles en forma de bocinas, timbres, campanas, chicharras, alertadores capacitivos y hasta módulos de voz sintetizada.

Relés: Los relés electromecánicos usan una señal de control de amperaje bajo para enganchar electromagnéticamente un juego de contactos.

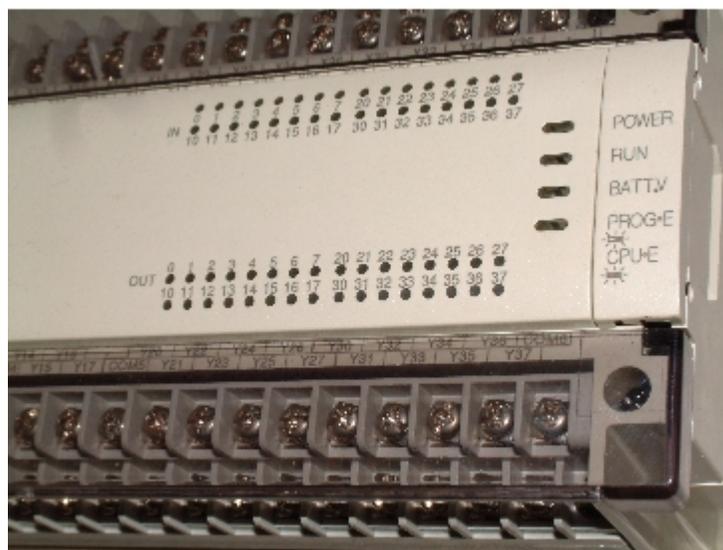
Arrancadores de motores: Son contactos que tienen la protección de un circuito de sobrecarga.

Solenoides: Los solenoides convierten señales eléctricas a movimiento mecánico, se usan comúnmente como parte de otras máquinas o componentes.

Válvulas: Las válvulas operadas mediante solenoide son un tipo muy común de dispositivo de salida.

Contactores: Los contactores son relés que pueden conmutar cargas de alta corriente.

Figura 20. Entradas y salidas de un PLC



3.1.2.1. Requisitos de la aplicación

Sin importar el tipo de sistema de control que finalmente se seleccione, el primer paso para aproximarse a una situación de control es especificar los requisitos de la aplicación. Esto incluye el determinar:

Los requisitos de dispositivos de entrada y salida (E/S)

La necesidad de operaciones especiales además de la lógica discreta (On/Off), incluyendo: temporización, conteo, conteo de alta velocidad, secuenciales, adquisición de datos y cálculo de datos.

Los requisitos eléctricos para las entradas, salidas y alimentación eléctrica del sistema

Que tan rápido debe operar el sistema de control (velocidad de la operación)

Si la aplicación necesita compartir los datos fuera del proceso de comunicación

Si el sistema necesita control o interacción del operador

El entorno físico en el cual el sistema de control estará ubicado

Para determinar los requisitos de la aplicación, los diseñadores necesitan comenzar identificando todas las operaciones que el sistema de control necesita ejecutar y las condiciones que afectan el sistema. (Nota: si existe una especificación de la operación para el proceso/máquina, consultar antes de comenzar. Si no es así, es necesario crear la especificación en este momento).

Que tipo de voltaje se va a usar para un funcionamiento óptimo

Controlar la presión adecuada que se requiere

Cuántas horas trabaja una bomba en la noche

Control total de sobrepresión

Control total de baja presión

Si hay variación de voltaje indicar cuándo se da esa variación

Cuando va a arrancar el motor

Cuando va a parar un motor y seguidamente que arranque el otro motor para no tener interrupción en el suministro de agua

Tiempo de funcionamiento de cada bomba

3.1.2.2. Requisitos de la instalación

El manual del usuario de un PLC contiene las instrucciones de instalación detalladamente pertinentes a ese modelo particular, y éstas se deben seguir cuidadosamente. Como con la instalación de cualquier producto, la planificación adecuada asegura una puesta en marcha sin problemas.

Cuando se instalen los PLC, considerar los ambientes físicos y eléctricos y los requisitos de alimentación eléctrica, montaje y cableado.

Las siguientes son algunas sugerencias para la instalación de los PLC:

Ambiente físico: Ya sea que el PLC se instale en una máquina o en un envoltorio separado, éste requiere de protección contra temperaturas extremas, humedad, polvo, descargas eléctricas, vibración o entornos corrosivos.

Tener cuidado de ubicar el PLC en un envoltorio con otras fuentes generadoras de calor, 55°C es la temperatura ambiental de operación máxima para la mayoría de los PLC. Asegurar de que haya la ventilación y el espacio suficiente entre los

componentes. Si es necesario instalar un ventilador para ayudar a que el aire circule.

Los envolventes no protegen contra la condensación interna que puede ocurrir con las fluctuaciones de temperatura. Para protección contra la condensación, así como para el frío extremo (inferior a los 0°C), considerar la instalación de algún tipo de elemento térmico en el envoltorio.

Ambiente eléctrico: No instalar el PLC cerca de equipo de alto voltaje, tal como motores y equipo para soldar con arco, ya que la interferencia eléctrica podría causar errores. Un envoltorio de acero conectado a tierra correctamente ayuda a reducir la interferencia eléctrica.

Si es posible, no conectar el PLC a la misma alimentación eléctrica de equipo de alta frecuencia, tales como inversores (drives de CA). En ambientes eléctricos (sucios o ruidosos) puede ser necesario filtrar la alimentación eléctrica.

El uso de un cable de par trenzado con blindaje (con el blindaje conectado a tierra en un extremo) entre los dispositivos de campo y los terminales de entrada reduce los efectos de las perturbaciones de alta frecuencia.

Alimentación eléctrica: Seguir los procedimientos de cableado del PLC recomendados por el fabricante.

Colocar el interruptor de desconexión principal de la alimentación eléctrica donde los operadores y el personal de mantenimiento tengan acceso rápido y fácil. Si el interruptor de desconexión

integrada está montado dentro de un envolvente, asegurarse de instalar un interruptor montado externamente al panel.

Montaje: Montar el PLC usando las recomendaciones del fabricante.

Generalmente, montar el PLC en el panel posterior o lateral de un envolvente (y no en la parte superior o inferior) usando tornillos de montaje.

Asegurarse de proporcionar la ventilación adecuada.

No exceda las especificaciones de descarga eléctrica y vibración publicadas por el fabricante del PLC.

Evitar fuentes de alta vibración.

Si es necesario, usar un montaje acolchonado.

Dejar suficiente espacio entre la puerta y los componentes.

Considerar el uso de portadocumentos, los cuales a menudo se fijan en el interior de la puerta.

Cableado: Dejar por lo menos 2 pulg entre los conductos de cableado de E/S o regletas de terminales y el PLC para facilitar el acceso durante la instalación y el mantenimiento.

No instalar el cableado de señales o comunicación y el cableado eléctrico en la misma canaleta. Los cables de señales con características diferentes deben instalarse en rutas separadas.

Seguir cuidadosamente las instrucciones de conexión a tierra del fabricante.

Los dispositivos de salida inductiva tales como arrancadores de motores y solenoides pueden requerir supresión de sobretensiones para proteger los contactos de salida del PLC. Colocar el dispositivo de supresión lo más cerca posible del dispositivo de salida.

Que tipo de PLC se va a usar de acorde al sistema de bombeo.

3.2. Diagramas de instalación

En este último punto se proponen diagramas de flujo y horarios específicos para ambos sistemas y tener una eficiencia máxima que es lo que realmente se pretende.

Pero antes de entrar en detalle de los diagramas y horarios para cada sistema, es que:

Los horarios que se detallan más adelante, se tomaron en función a los horarios actuales; es decir; las bombas A1 y B1 por ser de menos capacidad trabajan únicamente de noche, esto se debe a que hay poca demanda de agua. Y por otro lado las bombas de mayor capacidad que son A2, A3, B2 y B3 trabajan de día como se explicó en el capítulo 2; y para tener un equilibrio en ambos sistemas, las bombas deben de trabajar la misma cantidad de horas, (específicamente las bombas que trabajan de día).

Listado de dispositivos:

- Botón On/Off para encender el sistema de bombeo
- Botón On/Off para apagar el sistema de bombeo

Para el sistema A:

- Arrancar el motor A2: (6:00 AM a 15:00 PM)
- Arrancar el motor A3: (15:00 PM a 0:00 AM)
- Arrancar el motor A1: (0:00 AM a 6:00 AM)

Nota: El motor A1 es de 40HP por lo tanto es el que trabaja menos tiempo

Para el sistema B:

Para este sistema, se toma el mismo horario que el sistema A, haciendo la aclaración de que, al cumplir el sistema A con las 24 horas inmediatamente empieza a funcionar B

- Arrancar el motor B2: (6:00 AM a 15:00 PM)
- Arrancar el motor B3: (15:00 PM a 0:00 AM)
- Arrancar el motor B1: (0:00 AM a 6:00 AM)

Nota: El motor B1 es de 40 HP por lo tanto es el que trabaja menos tiempo

Funciones avanzadas:

- Controlar alta presión
- Controlar baja presión
- Controlar alto voltaje
- Controlar bajo voltaje

El resumir los requisitos eléctricos para un sistema de control en una tabla facilita organización, en este caso para el sistema de bombeo es la siguiente:

Sistema A:

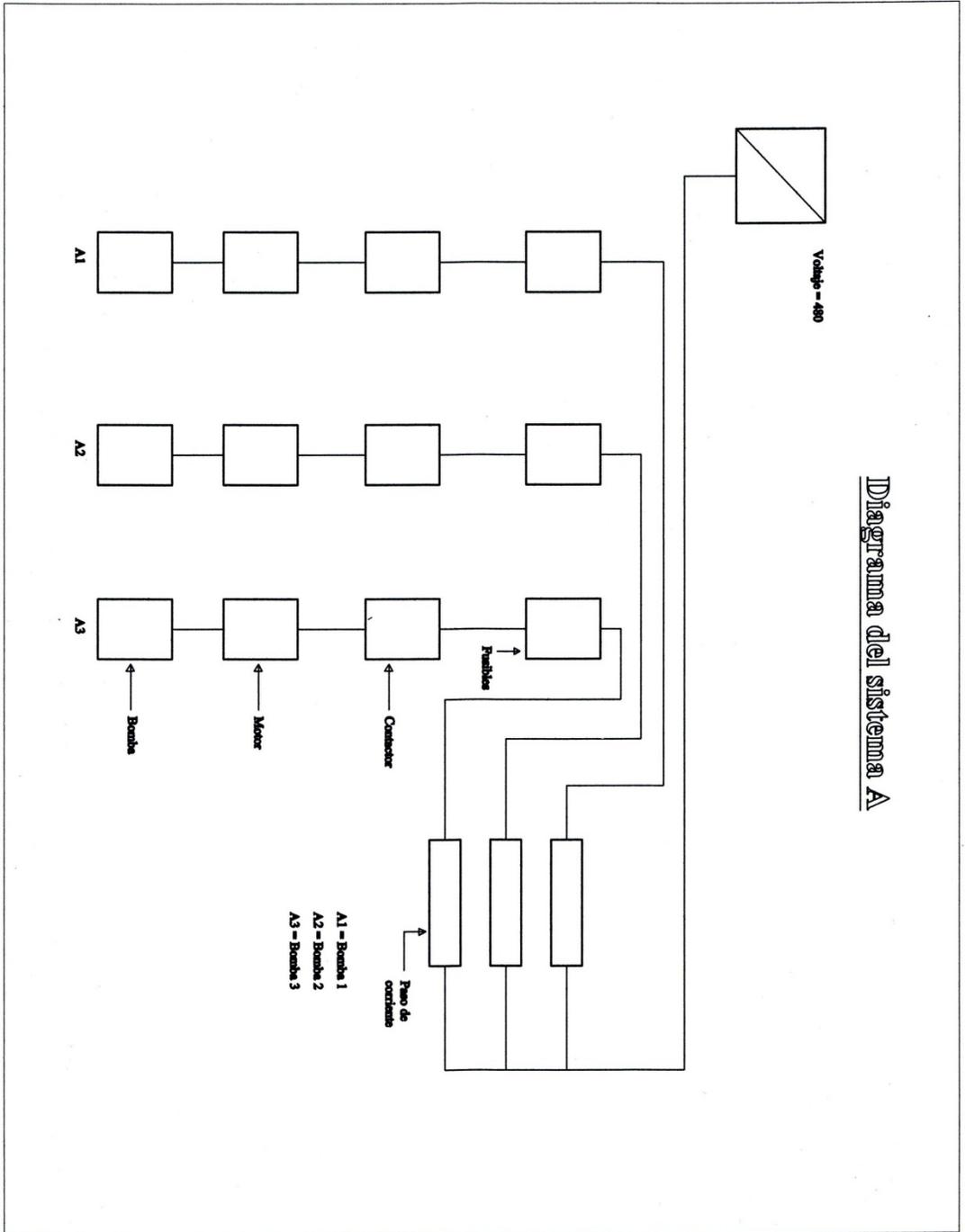
Función (entradas)	Dispositivos
Arranque de motor A2	Timer
Arranque de motor A3	Timer
Arranque de motor A1	Timer
Controlar alta presión	Manómetro
Controlar baja presión	Manómetro
Controlar alto voltaje	Voltímetro
Controlar bajo voltaje	Voltímetro
Función (salidas)	Dispositivo
Arranque de motor A2	Contactador A2
Arranque de motor A3	Contactador A3
Arranque de motor A1	Contactador A1
Controlar alta presión	Alarma
Controlar baja presión	Alarma
Controlar alto voltaje	Alarma
Controlar bajo voltaje	Alarma

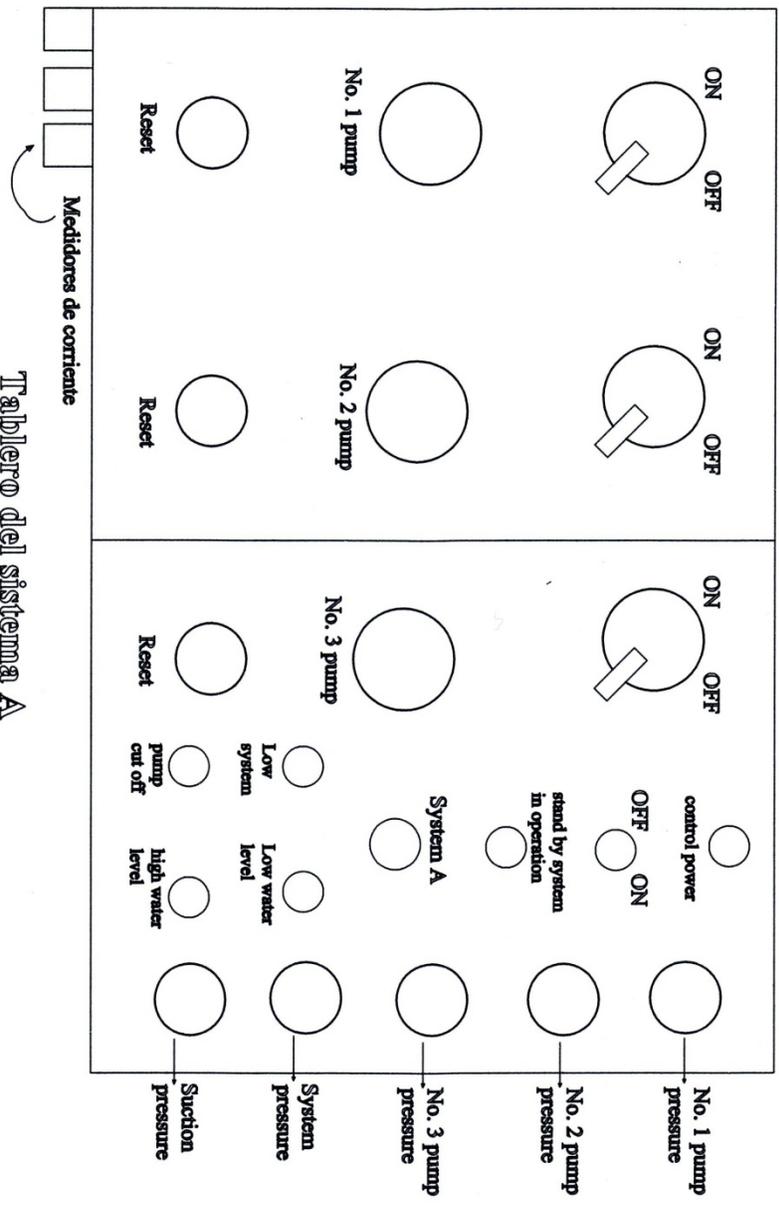
Sistema B:

Función (entradas)	Dispositivos
Arranque de motor B2	Timer
Arranque de motor B3	Timer
Arranque de motor B1	Timer
Controlar alta presión	Manómetro
Controlar baja presión	Manómetro
Controlar alto voltaje	Voltímetro
Controlar bajo voltaje	Voltímetro
Función (salidas)	Dispositivos
Arranque de motor B2	Contactador B2
Arranque de motor B3	Contactador B3
Arranque de motor B1	Contactador B1
Controlar alta presión	Alarma
Controlar baja presión	Alarma
Controlar alto voltaje	Alarma
Controlar bajo voltaje	Alarma

Para entender mejor la optimización de este sistema, a continuación se detallan en diagramas para un mejor entendimiento y apreciación:

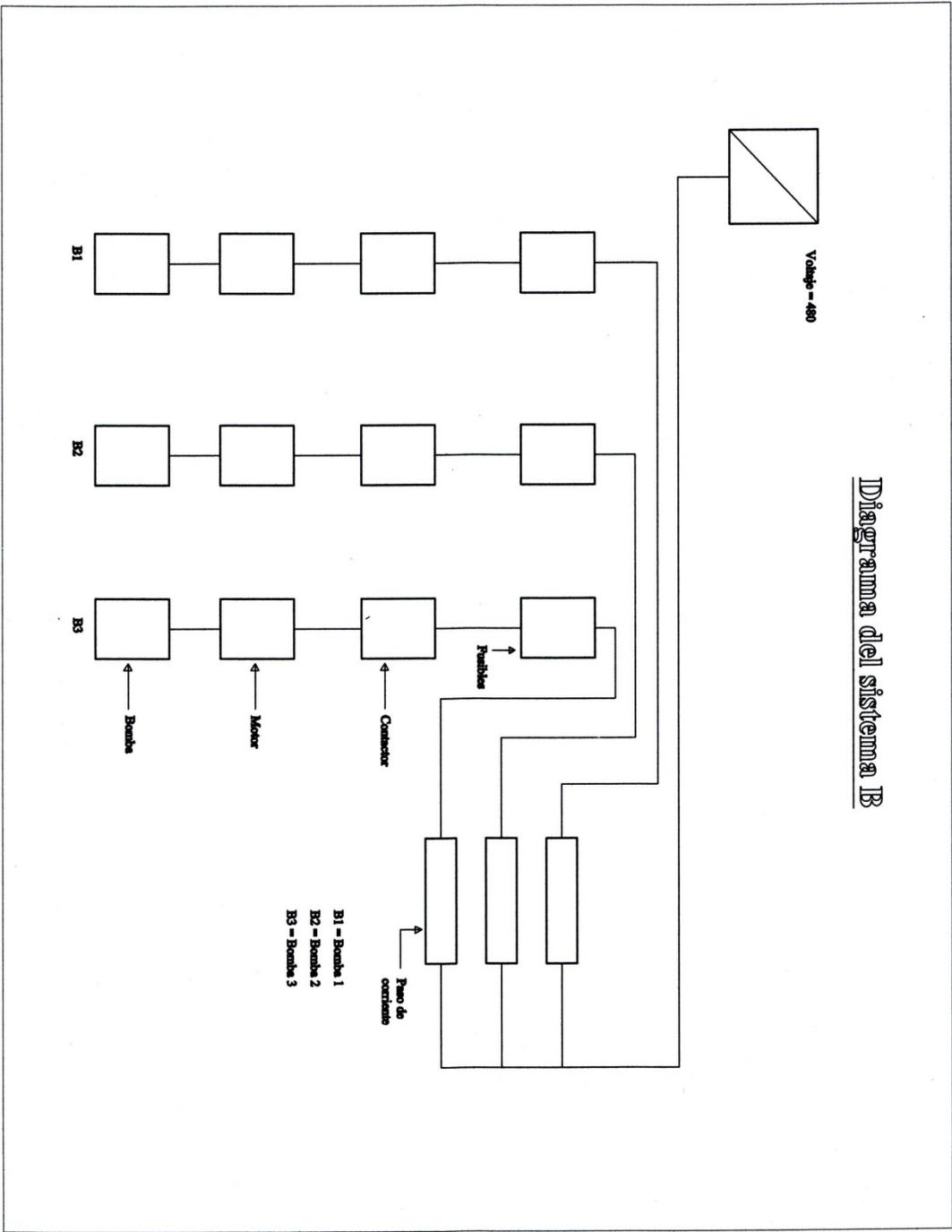
Diagrama del sistema A

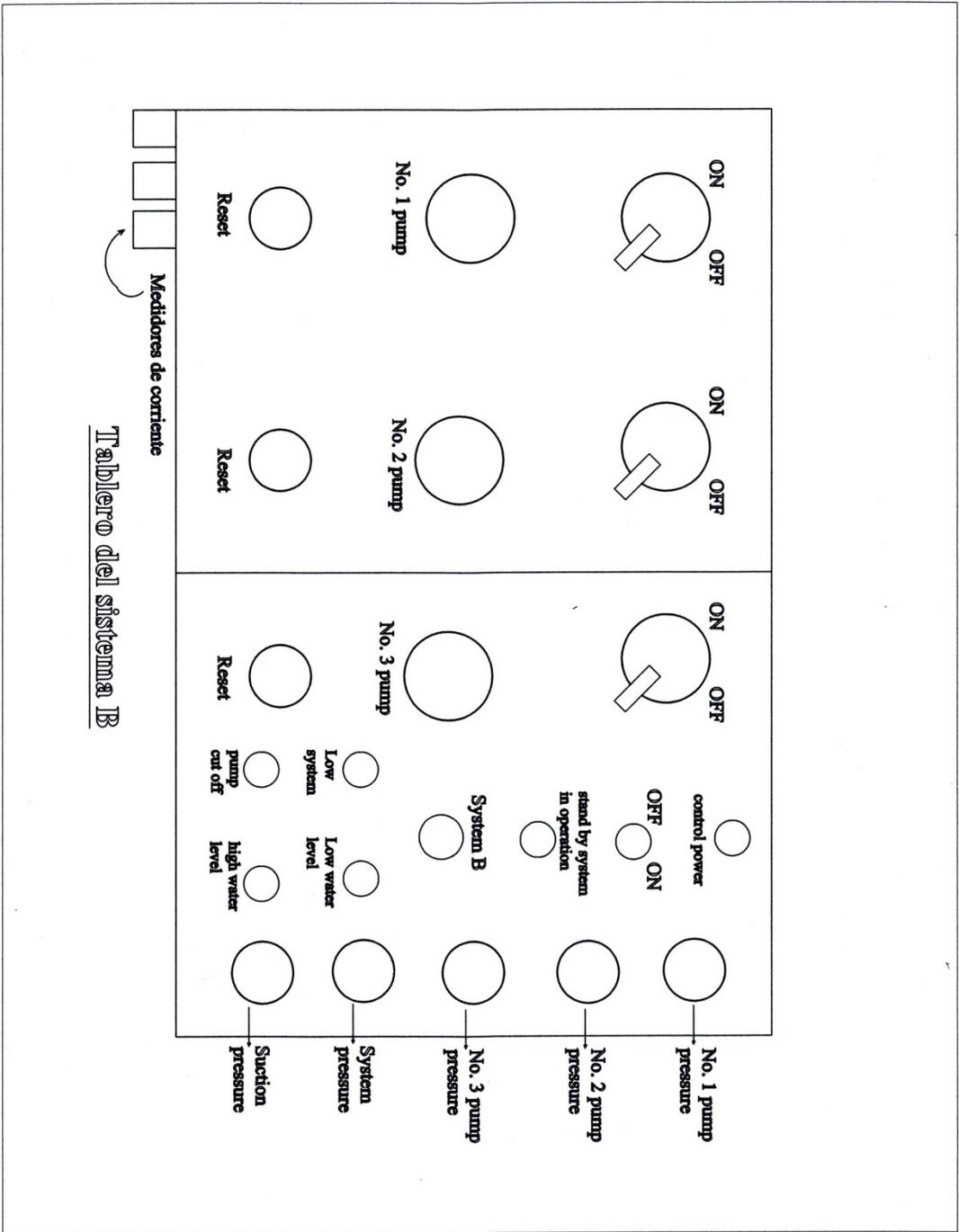




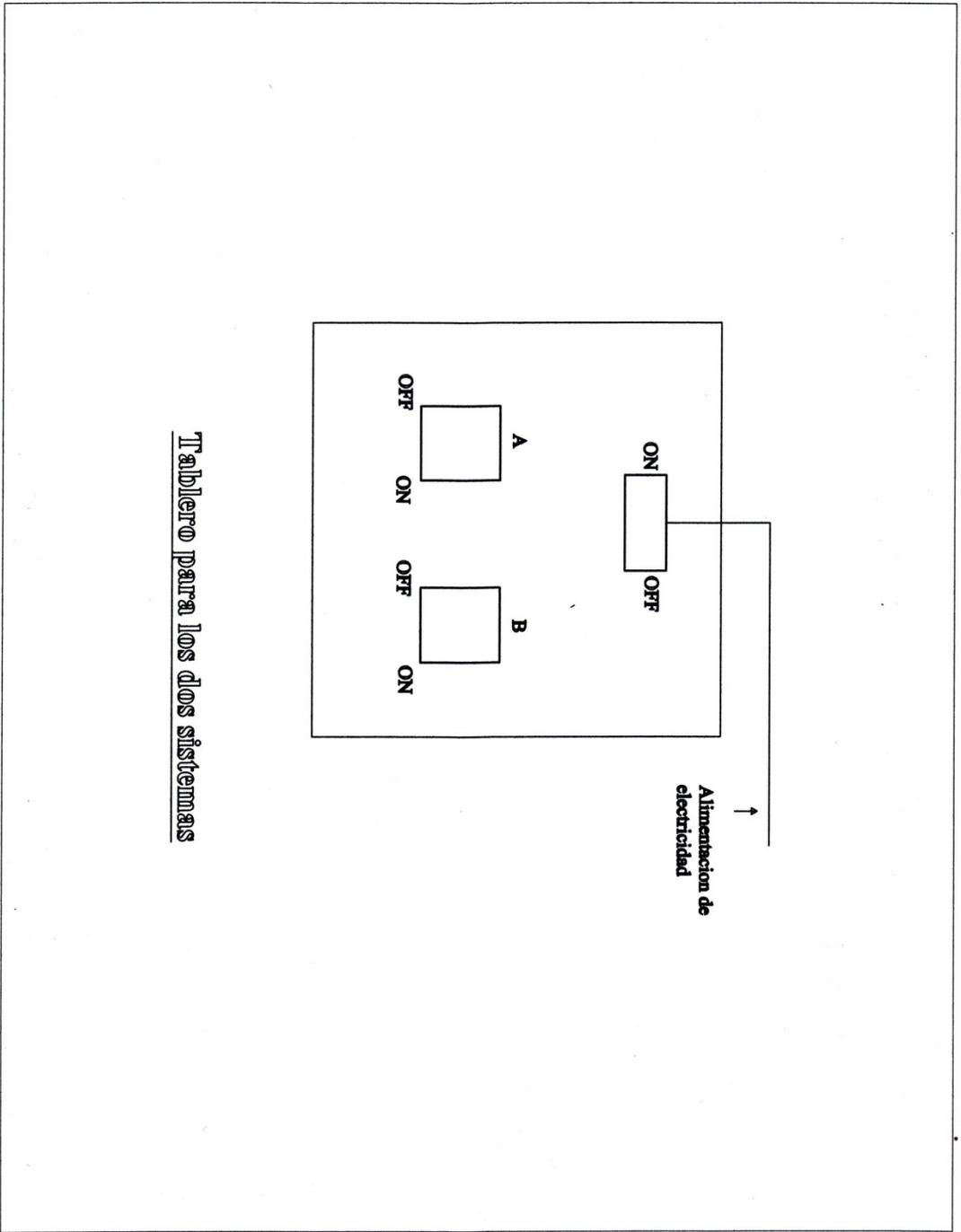
Tablero del sistema A

Diagrama del sistema IB





Tablero del sistema B



Tablero para los dos sistemas

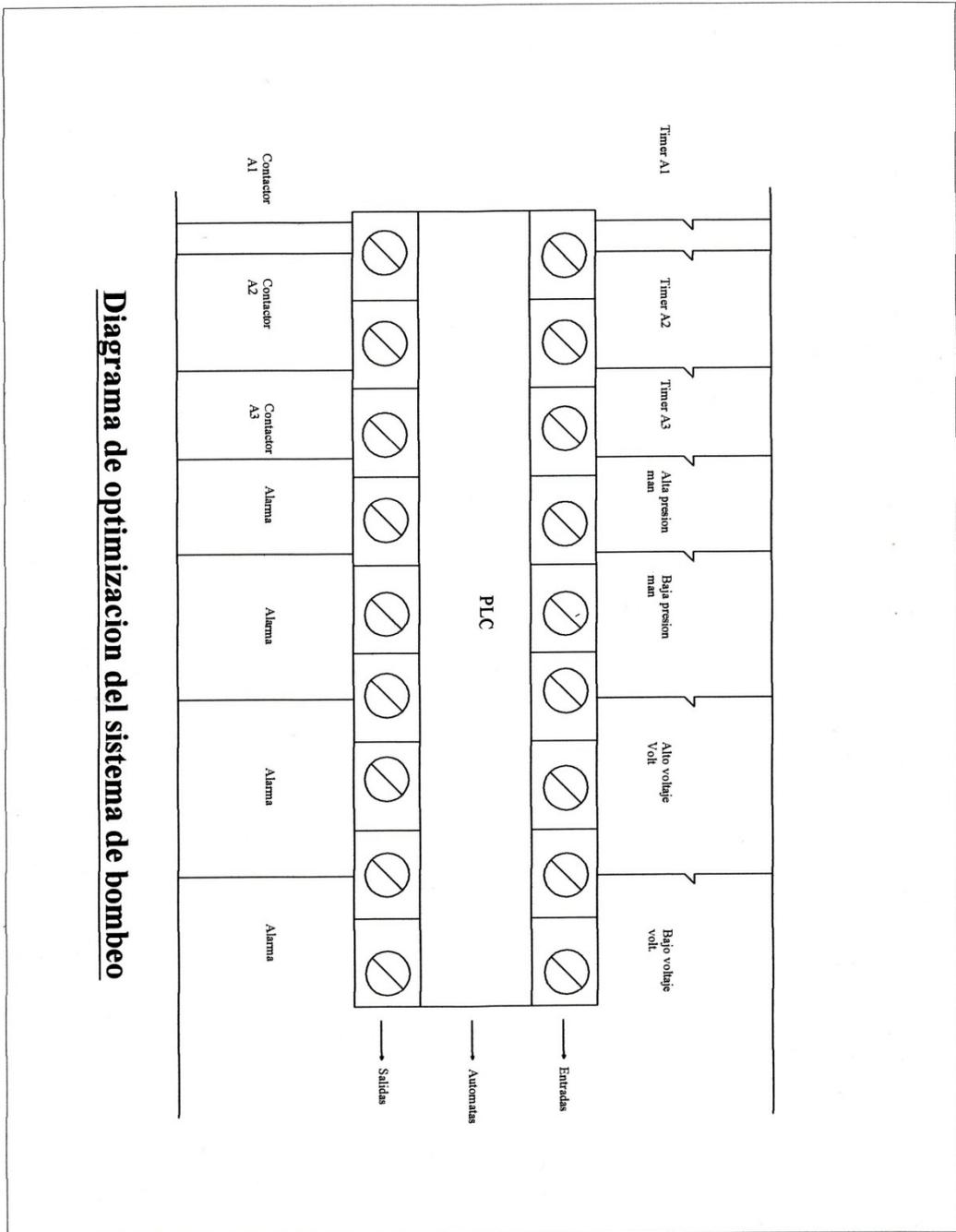


Diagrama de optimizacion del sistema de bombeo

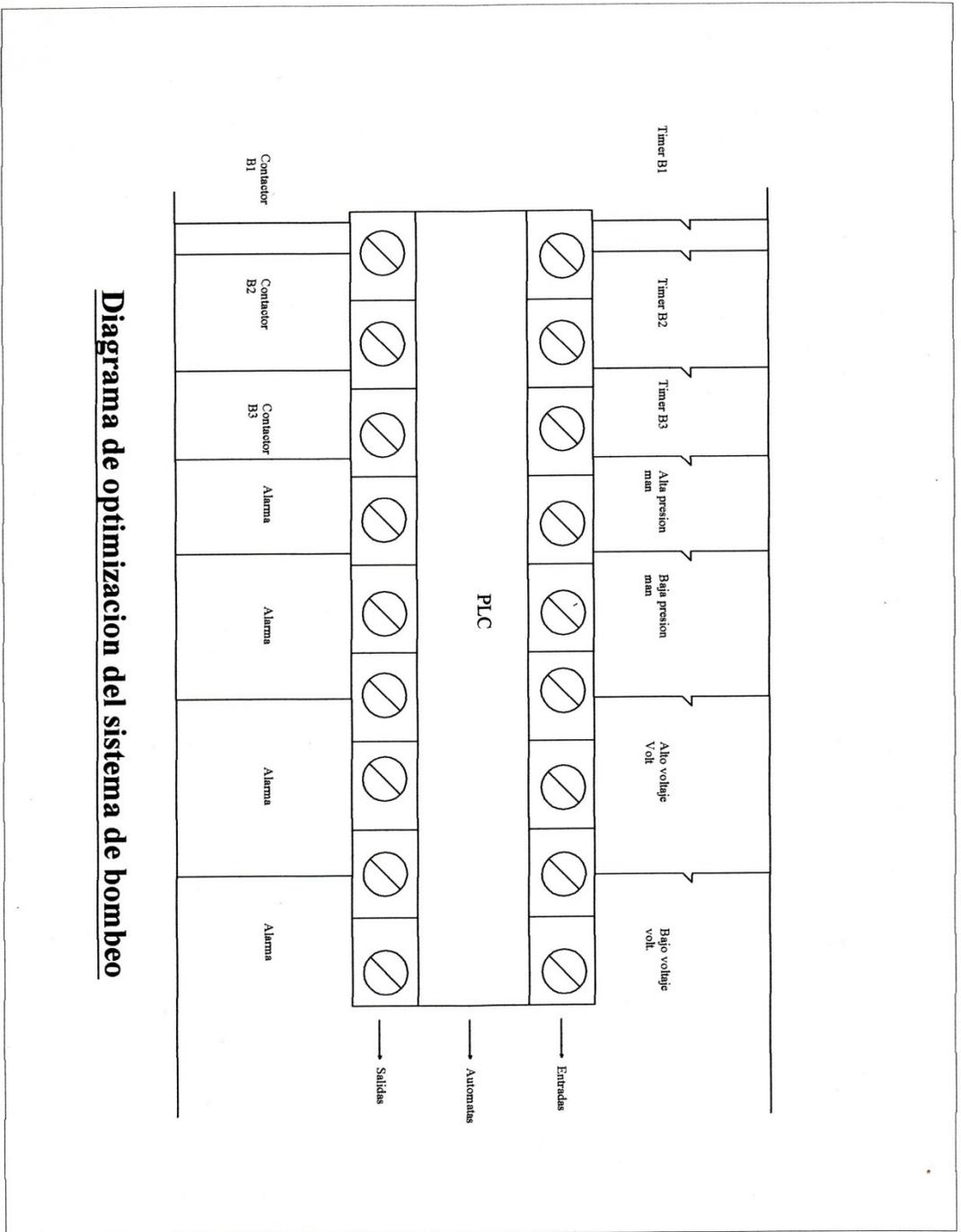


Diagrama de optimizacion del sistema de bombeo

CONCLUSIONES

1. En el Hospital General San Juan de Dios, el sistema de bombeo de agua no funciona como debiera, debido a que no se lleva un control adecuado dentro del cuarto de bombeo.
2. La implementación de un sistema de optimización para suministrar agua a todos los sectores del hospital, es una adecuada y económica solución al problema, debido a que dicha optimización garantiza una eficiencia óptima.
3. El sistema de bombeo de agua, necesita más atención en lo referente al mantenimiento preventivo y al mantenimiento correctivo. Como se sabe, limpiando todas las partes en que se constituye dicho sistema; mejora el rendimiento de las bombas, motores, tuberías, etc., como la calidad de suministrar agua.

RECOMENDACIONES

A la Dirección Ejecutiva del Hospital General San Juan de Dios:

1. Analizar la posibilidad de la ejecución de este proyecto, ya que permitiría la utilización confortable del sistema de optimización del equipo de bombeo a cualquier hora, día y mes del año. Esto redundaría en beneficio directo del hospital.
2. El jefe de mantenimiento debe supervisar la ejecución de las rutinas de mantenimiento, con el propósito de lograr que los equipos tanto de bombeo como de optimización, puedan trabajar eficientemente y que se pueda prolongar así la vida de éstos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Williams King, Horace
Manual de Hidráulica
México: 1995
2. González Apaolaza, Raúl
Plantas Eléctricas
México: 1970
3. INTECAP, Centro de capacitación No. 2 Guatemalteco Alemán
Controles Lógicos Programables (PLC), Principios
Guatemala: Marzo 1998
4. INTECAP, Centro de capacitación No. 2 Guatemalteco Alemán
Controles Lógicos Programables (PLC), Aplicación
Guatemala: Marzo 1998