



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“DESARROLLO DE UN MANUAL Y PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PARA BOMBAS CENTRÍFUGAS
PURITI QC APLICADO A LA INDUSTRIA LÁCTEA”**

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

**I N G E N I E R O M E C Á N I C O
E L E C T R I C I S T A**

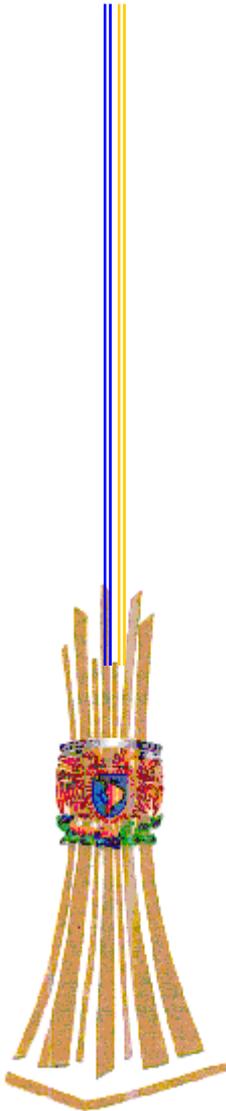
P R E S E N T A N :

MARCO ANTONIO LÓPEZ RODRÍGUEZ

LUIS EDUARDO SANTILLÁN JIMÉNEZ

DIRECTOR:

ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA



México 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Yo estoy demasiado agradecido con Dios por haberme permitido estudiar una carrera profesional, hoy en día no cabe en mi cabeza el poder finiquitar de una manera honrosa un círculo que se fue forjando con mucho trabajo, esfuerzo y cansancio.

A lo largo de la carrera pude observar la gracia de Dios, el espíritu de aliento brindado por el me dio las fuerzas necesarias para seguir aun en las situaciones más difíciles.

Agradezco el apoyo incondicional a mis padres con los cuales estaré eternamente agradecido por existir y por lograr juntos una meta más en mi vida. Sin ellos no hubiera logrado nada, agradezco el pan diario, el sustento y abrigo, así mismo el apoyo moral y espiritual.

Agradezco el apoyo de mis hermanas, ellas fueron un aliciente y a su vez un impulso para no bajar los brazos nunca.

Agradezco a mis compañeros de ingeniería los cuales brindaron apoyo en todas las circunstancias, juntos logramos resolver problemas y asimilar los conocimientos para su mejor aprovechamiento.

Agradezco a mis queridos profesores que dedicaron gran parte de su tiempo en brindar toda aquella sabiduría sin importar nada a cambio, por el apoyo en cualquier duda, e inclusive por sus sabios consejos para la vida profesional.

MARCO ANTONIO LÓPEZ RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme brindado la vida, por ponerme en el seno de una gran familia, por darme la fortaleza y permitirme llegar hasta este momento.

A mis padres Luis y Reyna, por todo su apoyo durante todos estos años, porque siempre me educaron con amor y siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas, por su esfuerzo y sacrificio gracias por todo papás.

A mis hermanas Berenice, Eliza y Gisela, por estar siempre a mi lado, por escucharme y siempre darme ánimos para seguir adelante, por ese gran cariño incondicional la quiero hermanitas.

A mis amigos, por compartir esas horas de estudio, charlas y diversión, gracias por hacer de estos años los más maravillosos de mi vida.

A mi familia, por todos sus consejos y por lo mucho que me apoyaron para que pudiera estudiar en otro estado

Al ing. Alejandro Rodríguez Lorenzana, por su apoyo y consejos para la realización de esta tesis y por impulsarnos a seguir siempre adelante

A mi amada Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme dado la oportunidad de estudiar en ella y ser mi segunda casa, por todo lo que me dio sin pedir nunca nada a cambio por contribuir en mi formación personal y profesional

LUIS EDUARDO SANTILLÁN JIMÉNEZ

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
CAPÍTULO I ANTECEDENTES DEL PROYECTO	4
1.1.- RESEÑA HISTÓRICA DE LICONSA	5
1.2.-UBICACIÓN.....	9
1.3.-DESCRIPCIÓN Y DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO.....	9
1.3.1.-VALOR ALIMENTICIO.....	10
1.4.-PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LECHE.....	12
1.4.1.- ÁREA DE TOLVAS	12
1.4.2.- ÁREA DE REHIDRATACIÓN.....	14
1.4.3.- ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE GRASA.....	15
1.4.4.- ÁREA DE PASTEURIZACIÓN	17
1.4.5.- ÁREA DE ENVASADO.....	19
1.4.6.- ÁREA DE LIMPIEZA DEL EQUIPO (CIP)	22
1.4.7.- CONTROL DE PROCESO	23
CAPÍTULO II CONCEPTOS FUNDAMENTALES	24
2.1.- TERMODINÁMICA	25
2.2.- LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA	25
2.3.- LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.....	26
2.4.- ENERGÍA.....	27
2.5.- PRINCIPALES TIPOS DE ENERGÍA	28
2.5.1.- ENERGÍA POTENCIAL.....	28
2.5.2.- ENERGÍA CINÉTICA	29
2.5.3.- ENERGÍA MECÁNICA	29
2.5.4.- ENERGÍA ELÉCTRICA	29
2.5.5.- ENERGÍA QUÍMICA.....	29
2.5.6.- ENERGÍA NUCLEAR.....	30
2.5.7.- ENERGÍA EÓLICA.....	30
2.5.8.- ENERGÍA SOLAR	30
2.6.- CLASIFICACIÓN DE LOS FLUIDOS	31
2.6.1.- FLUIDO	31
2.6.2.- FLUIDOS NEWTONIANOS.....	32
2.6.3.- FLUIDOS NO NEWTONIANOS	33

2.6.4.- LÍQUIDOS	33
2.6.5.- GASES.....	33
2.7.- PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.....	34
2.7.1.- SUSTANCIA.....	34
2.7.2.- MASA.....	34
2.7.3.- VOLUMEN.....	34
2.7.4.- VOLUMEN ESPECÍFICO.....	34
2.7.5.- DENSIDAD.....	35
2.7.6.- DENSIDAD RELATIVA.....	35
2.7.7.- PESO ESPECÍFICO.....	35
2.7.8.- VISCOSIDAD	36
2.7.9.- TENSIÓN SUPERFICIAL.....	36
2.7.10.- COMPRESIBILIDAD	37
2.7.11.- FLUIDO IDEAL.....	38
2.7.12.- PRESIÓN.....	38
2.7.13.- PRESIÓN ABSOLUTA.....	38
2.7.14.- PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	39
2.7.15.- PRESIÓN MANOMÉTRICA.....	39
2.7.16.- PRESIÓN VACUOMETRICA.....	39
2.7.17.- HIDROSTÁTICA.....	39
CAPÍTULO III BOMBAS	41
3.- SISTEMA DE BOMBEO	42
3.1.-BOMBAS CENTRIFUGAS	42
3.2.- CLASES Y TIPOS BOMBAS	44
3.2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	45
3.3.- ACCIÓN DE LA BOMBA CENTRIFUGA	45
3.3.1.- BOMBAS DE TIPO VOLUTA:.....	45
3.3.2.- BOMBAS DE TIPO DIFUSOR:	46
3.3.3.- BOMBAS DE TIPO TURBINA:.....	46
3.3.4.- TIPOS DE FLUJO MIXTO Y FLUJO AXIAL.....	47
3.4.- CLASIFICACIÓN SEGÚN APLICACIÓN	48
3.5.- DISEÑOS NORMALES TÍPICOS DE BOMBAS.....	48
3.5.1.- BOMBAS DE PROPÓSITO GENERAL:	49

3.5.2.- BOMBAS ACOPLADAS DIRECTAMENTE	49
3.5.3.- BOMBAS INATASCABLES.....	50
3.5.4.- BOMBAS CONTRA INCENDIOS	50
3.5.5.- BOMBAS VERTICALES.....	51
3.5.5.1.-BOMBAS VERTICALES DE FUNCIONAMIENTO EN SECO.....	51
3.5.6.- BOMBAS TURBINAS REGENERATIVAS	52
3.5.7.- BOMBAS ROTATORIAS	53
3.5.7.1.- APLICACIÓN DE LAS BOMBAS ROTATORIAS	55
3.5.8.- BOMBAS RECIPROCANTES	55
3.5.8.1.- TIPOS DE BOMBAS RECIPROCANTES	56
3.5.8.2.- BOMBAS DE ACCIÓN DIRECTA:	56
3.5.8.3.- BOMBAS DE POTENCIA:	56
3.5.8.4.- BOMBAS DE POTENCIA DE BAJA CAPACIDAD:	57
CAPÍTULO IV ACCESORIOS	59
4.-VÁLVULA.....	60
4.1-VÁLVULA DE COMPUERTA.....	60
4.2-VÁLVULAS DE GLOBO.....	60
4.3-VÁLVULAS DE MARIPOSA.....	61
4.4-VÁLVULAS DE MACHO	62
4.5-VÁLVULA DE BOLA.....	62
4.6-VÁLVULAS DE AGUJA.....	63
4.7.- VÁLVULAS DE COMPRESIÓN.....	63
4.8.- VÁLVULAS DE CORREDERA	63
4.9.- VÁLVULAS PARA TANQUES DE FONDO PLANO.....	63
4.10.- VÁLVULA DE DRENAJE TIPO ARIETE.....	64
4.11.- VÁLVULAS DE DIAFRAGMA	64
4.12.- VÁLVULAS EN Y	64
4.13.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK).....	64
4.14.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE BOLA.....	65
4.15.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE PISTÓN	65
4.16.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE MARIPOSA.....	65
4.17.-VÁLVULAS ESPECIALES	66
CAPÍTULO V MANTENIMIENTO.....	67

5.- EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	68
5.1.- TRAYECTORIA RELEVANTE QUE INCIDEN EN EL MANTENIMIENTO VIGENTE.....	68
5.2.- LA INGENIERÍA Y LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO OIT	70
5.3.- TRAYECTORIA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ASOCIADA AL MANTENIMIENTO.....	71
5.3.1.- HISTORIA	71
5.3.2.- DIFERENTES CULTURAS.....	71
5.3.3.- RENACIMIENTO.....	72
5.3.4.- REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	73
5.3.5.-MOTORES Y MÁQUINAS DE VAPOR.....	73
5.3.6.- MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	74
5.3.7.- AVIACIÓN	75
5.3.8.- ERA ESPACIAL	76
5.3.9.- ÉPOCA ACTUAL.....	77
5.4.- LOS FALLOS.....	79
5.4.1.- CLASIFICACIÓN DE LAS AVERÍAS.....	79
5.4.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS AVERÍAS SEGÚN LA INDUSTRIA	80
5.4.3.- FALLOS POR FALTA DE CALIDAD DEL PRODUCTO.....	80
5.4.4.- FALLOS POR FALTA DE SEGURIDAD.....	80
5.4.5.- FALLOS POR CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	80
5.4.6.- CLASIFICACIÓN DE LOS FALLOS POR DIVERSOS CONCEPTOS	81
5.4.7.- FALLOS DEBIDO A MAL DISEÑO Y MAL CÁLCULO DEL EQUIPO	81
5.4.8.- FALLOS POR DEFECTOS DE FABRICACIÓN.....	81
5.4.9.- FALLOS POR MAL USO DEL EQUIPO O INSTALACIÓN	82
5.4.10.- FALLOS POR FENÓMENOS NATURALES Y AGENTES EXTERNOS..	82
5.5.- TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	82
5.5.1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	83
5.5.2.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO	83
5.5.2.1.- MANTENIMIENTO DE USO	85
5.5.2.2.- MANTENIMIENTO HARD TIME	85
5.5.2.3.- MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	85
5.6.- MANTENIMIENTO MODIFICATIVO.....	85
5.7.- ENGRASE DE LOS EQUIPOS.....	86

CAPÍTULO V DESARROLLO DE UN MANUAL Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	87
6.1.- DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA.....	88
6.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA.....	88
Características:	88
Datos técnicos.....	88
6.3.- ESQUEMA EXPLOSIVO DE LA BOMBA Y SUS PARTES.....	90
6.4.- FALLAS MÁS COMUNES QUE PRESENTAN ESTE TIPO DE BOMBAS.....	92
6.5.- MANUAL DE MANTENIMIENTO	93
6.6.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	112
6.7.- CÁLCULO DE VIDA ÚTIL DEL RODAMIENTO	113
6.8.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ACTUALMENTE EN USO	114
6.9.- PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	114

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia en los procesos de producción se ha manifestado la lucha para mantener en condiciones óptimas los equipos que participan en el proceso de producción y lograr objetivos establecidos como meta.

Uno de los equipos que está presente en la mayoría de las industrias y procesos son las bombas en sus diferentes versiones y es por ello que existe la necesidad de tener estos equipos en las mejores condiciones posibles todo el tiempo.

En el Capítulo I se da una reseña histórica de Liconsa, la cual es una empresa de participación estatal que industrializa y distribuye leche de alta calidad a un precio accesible en apoyo a las familias en condiciones de pobreza.

También se menciona la ubicación, la descripción y la denominación de los diferentes tipos de leche y se describe el proceso de producción de la leche, teniendo en cuenta todas las áreas y explicando cada una de estas.

En el Capítulo II se abordan varios conceptos de la termodinámica y de la mecánica de fluidos que son necesarios para el estudio de los sistemas de bombeo, bombas y fluidos.

En el Capítulo III se habla de los diferentes tipos de clases de bomba que existen en la actualidad y se da una descripción breve de cada una de ellas.

En el Capítulo IV se describen diferentes tipos de válvulas que se encuentran en los sistemas de bombeo, así como donde se deben utilizar.

En el Capítulo V se aborda lo que es el mantenimiento, así como su evolución a lo largo de la historia, hasta llegar a la época actual. Los diferentes tipos de mantenimiento que se realizan y algunos métodos utilizados para comprobar el estado en que se encuentran los equipos o

maquinas. Se describen las principales causas por las que fallan los equipos.

En el Capítulo VI este es el capítulo más importante de este trabajo ya que se desarrolla un manual de mantenimiento para bombas centrifugas marca puriti de manera gráfica y explicita, se mencionan los problemas más comunes y su posible solución, también se describe el desarmado de una bomba y sus partes, el re ensamble de la misma, las herramientas y refacciones necesarias para poder realizar un mantenimiento preventivo y los periodos cuando realizarlos.

El presente trabajo es útil para cualquier persona que esté interesada en aprender a realizar mantenimiento a este tipo de bombas y facilitara la capacitación del personal que se encuentra laborando en esta industria.

JUSTIFICACIÓN

Debido a que se presentaron algunas fallas durante el proceso de producción de leche, principalmente en bombas, con lo cual se vio afectado todo el proceso de producción.

Se decidió en proponer unas modificaciones al programa de mantenimiento basado en algunos de los criterios del fabricante y en algunas circunstancias vistas en la planta, lo que permitirá mantener en condiciones óptimas e ideales nuestro sistema de bombeo.

Así mismo se creara un manual de mantenimiento gráfico con la finalidad de ser un apoyo didáctico para el nuevo personal que se integra a este departamento, y que el proceso de capacitación sea más rápido y no se cometan errores.

OBJETIVO

El objetivo del trabajo es desarrollar de manera grafica y explicita un manual de mantenimiento para bombas centrifugas aplicados a la industria láctea, con la finalidad de apoyar a toda persona que esté interesada en conocer cómo se realiza dicho tipo de mantenimiento paso

a paso, de manera que sea entendible para personas que no están familiarizadas con el tema.

Con lo cual se pretende crear una herramienta de estudio para el personal en capacitación, para que se facilite su trabajo.

Así como proponer un programa de mantenimiento que ayude a reducir el número de fallas que se ha estado presentando. Los dos en conjunto el manual y el programa tienen como finalidad aumentar la vida útil de los equipos y reducir las fallas que ocasionan pérdidas de tiempo en la producción.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES DEL

PROYECTO

1.1.- RESEÑA HISTÓRICA DE LICONSA

En 1945 año caracterizado por una profunda crisis mundial, se construye por gestiones del Gobierno Federal, una empresa a la que se le denominó "LECHERÍA NACIONAL, S.A." fundada por un grupo de empresarios independientes. Esta empresa importaba leche en polvo para ser rehidratada, pasteurizada, embotellada y distribuida en la zona metropolitana. Su precio de venta era el mismo al que se vendía leche pasteurizada de producción nacional.

En noviembre de 1946, al iniciar su operación, se publicó un acuerdo presidencial otorgando la exención de impuestos a esta empresa, lo cual venía a cooperar de forma definitiva a la resolución de uno de los problemas más graves que afrontaba el propio Distrito Federal, que era el abastecimiento de Leche, cuya escasez era pública y notoria.

Cinco años más tarde, debido a las diferencias surgidas con los representantes de las diversas asociaciones ganaderas "Lechería nacional" paso a formar parte de la "Compañía Exportadora e Importadora Mexicana S.A. (CEIMSA)" , la cual adquirió la responsabilidad de elaborar, distribuir y vender en nuestro país la leche importada ya rehidratada y reconstituida.

Aun cuando en esos años el país contaba con un gran número de cabezas de ganado lechero, diversos factores provocaron que la producción de leche fuera insuficiente para satisfacer la demanda nacional, lo que hizo necesario que en el año de 1953, el Gobierno Federal, por medio de CEIMSA, iniciara la construcción de una planta re-hidratadora de leche con capacidad de 60,000 Litros diarios, misma que hoy se convirtió en la "Gerencia Metropolitana Norte" de LICONSA.

En el año de 1954, se inicia la operación de la PLANTA TLALNEPANTLA, con un volumen diario de 30,000 Litros envasados en botellas de vidrio.

En esas mismas fechas, CEIMSA suscribe un contrato de maquila con la planta "CREMEX", ubicada en Coapa, para que esta última rehidratara otros 30,000 Litros por día.

Posteriormente, dos cambios en la denominación de la razón social, los convirtieron en "REHIDRATADORA DE LECHE CEIMSA" en 1962, y en

1963 en "COMPAÑÍA REHIDRATADORA DE LECHE CONASUPO, S.A.". En 1965 se transformaron en una sociedad anónima de capital variable.

Por la comodidad que ofrecía su manejo, hasta 1966, se emplearon los envases "Tetra-pack", pero su alto costo terminó por hacerlos económicamente inaceptables. Por tal razón a mediados de ese mismo año se regresó al uso de la botella de vidrio, ya que a pesar de su vulnerabilidad a las roturas, resultaba comparativamente más económico por la posibilidad de emplearla varias veces.

En 1968, se inicia la comercialización del producto a granel, dejando atrás el problema que presentaban los envases de vidrio. Este cambio motivó una fuerte inversión monetaria, ya que por un lado, se tuvieron que adquirir modernos camiones equipados con tanques térmicos para hacer llegar el lácteo hasta los sitios de venta, y por otro lado, se tuvieron que acondicionar las lecherías con costosos equipos de surtido automático.

No obstante, la fuerte inversión se justificaba porque con esta forma de vender el producto, se reducían substancialmente los costos de operación.

Fue en el año de 1972 un año multifacético para la empresa, en que cambiaron nuevamente el nombre de la razón social, al ser nombrados como "LECHE INDUSTRIALIZADA CONASUPO S.A. de C.V. (Comúnmente llamada LICONSA), denominación que perduró por más de 23 años. Pero no solo trató de un cambio más de nombre, sino también de objetivos.

El gobierno Federal dispuso que a partir de ese momento, la empresa no solo se dedicaría a la ardua tarea de cubrir las necesidades de leche de los habitantes de la capital de la República, sino de abastecer en mayor medida la demanda de leche y productos básicos del país, tanto de los consumidores que habitan en las grandes ciudades, como de los que viven en regiones más apartadas de nuestro territorio nacional. Es por eso que en esas fechas, LICONSA realizó las inversiones necesarias para ampliar la capacidad de la Planta Tlalnepantla a 1,000,000 de Litros diarios.

Con el avance de la tecnología, la empresa introdujo una nueva forma de expendir la leche. El mismo 1972 fue el testigo de este acontecimiento.

A partir de entonces, el producto comenzó a ser envasado en bolsas de polietileno termo soldables con contenido unitario de un litro, y dos años más tarde, se cambió por bolsas de dos litros. La nueva presentación demostró ser económica y confiable, ya que su empleo aseguró la calidad e higiene de la leche.

Hasta 1972, la planta en Tlalnepantla era el único centro de trabajo con que contaba LICONSA. Aquí se concentraba el total de las actividades productivas, normativas y de control de la paraestatal. En los años venideros se crearon nuevas fuentes de desarrollo para la empresa, creciendo de tal manera, que su presencia se extendió a casi todo el país. Así mismo, se tenía la recomendación de comercializar también, a precios bajos, productos básicos como parte de su línea de actuación.

Para 1987, este programa ya producía más de 1, 200,000 Litros diarios de los cuales el 56% aproximadamente eran distribuidos a granel, y los restantes 44%, eran destinados a la presentación en envase.

Hasta 1992, este Centro de Trabajo entonces llamado PROGRAMA DE ABASTO SOCIAL Y FOMENTO LECHERO, D.F. NORTE, se continuaba rehidratando leche para abastecer a la zona Norte y Centro del Distrito Federal, así como gran parte del estado de Hidalgo, inclusive. Por su parte, la labor de comercialización de productos básicos vería su próximo final.

A partir de esas fechas, dado el gran cúmulo de responsabilidades que presentan estas actividades, el citado Programa de Abasto Social, desaparece por separación administrativa, disociando las funciones de la planta productiva y las del programa social. Esta medida origino la creación de lo que fue la "PLANTA TLALNEPANTLA" y el "PROGRAMA DE ABASTO SOCIAL DEL ESTADO DE MÉXICO (P.A.S.E.M)".

La primera, tenía la función de producir leche para cubrir las necesidades del segundo, quien a su vez tenía encomendada la distribución y la comercialización del lácteo para hacerlo llegar a las comunidades más pobres de la región.

En Agosto de 1995, fueron re sectorizados como una paraestatal dependiendo de la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL),

adquirieron con este cambio el nombre actual de la empresa LICONSA S.A. DE C.V.

Todavía en los inicios de 1995, los más de 1, 200,000 Litros diarios de producción de leche que generaba la Planta Tlalnepantla, se distribuían aun en igual proporción entre envase y a granel. Sin embargo a partir de los primeros meses de ese año, tomo impulso el proyecto de envasar toda la leche, y fue así como la forma de vender el producto a granel que inicio en 1968, concluyo finalmente en Septiembre de 1996, debido a los riesgos de contaminación que presentaba su distribución y por el limitado nivel de control higiénico que ofrecía su manejo.

La presentación en bolsas de polietileno permite ventajas de control sanitario que la leche a granel nunca pudo garantizar. Este fue el motivo fundamental que origino la desaparición de la venta de leche en volumen por la de la leche en bolsas de polietileno. Para entonces se alcanzó una cifra promedio de 950,000 Litros diarios en envase como capacidad máxima de producción total.

En 1997 e inicios de 1998, la planta instalo siete nuevas envasadoras de leche modelo IS-7 de manufactura francesa provistas con tecnología de punta, para sustituir a un número igual de máquinas de modelo anterior, que eran obsoletas y su desgaste ya demandaban un cambio. Estas adquisiciones permitieron elevar la capacidad de envasado hasta los 1, 250,000 Litros por día como nuevo límite de producción total.

Durante los meses de Febrero y Marzo de 1999, se efectuaron los trabajos de traslado de este proceso, iniciándose desde entonces en forma progresiva, el inicio de operaciones.

Las nuevas instalaciones de envasado, más amplias, modernas y eficientes, imprimieron gran versatilidad a dos de sus funciones que son el envasado y el despacho del producto terminado.

En 2004 la Gerencia Metropolitana Norte cumplió satisfactoriamente con los requisitos de empresa limpia y así mismo se le reconoció como una empresa que cumple con los márgenes de calidad a nivel nacional.

1.2.-UBICACIÓN

La Gerencia Metropolitana Norte tiene ubicado su domicilio en la Avenida Presidente Juárez No 58, Colonia Centro "El Cortijo", en el Municipio de Tlalnepanitla de Baz, en el estado de México, C.P. 54000.

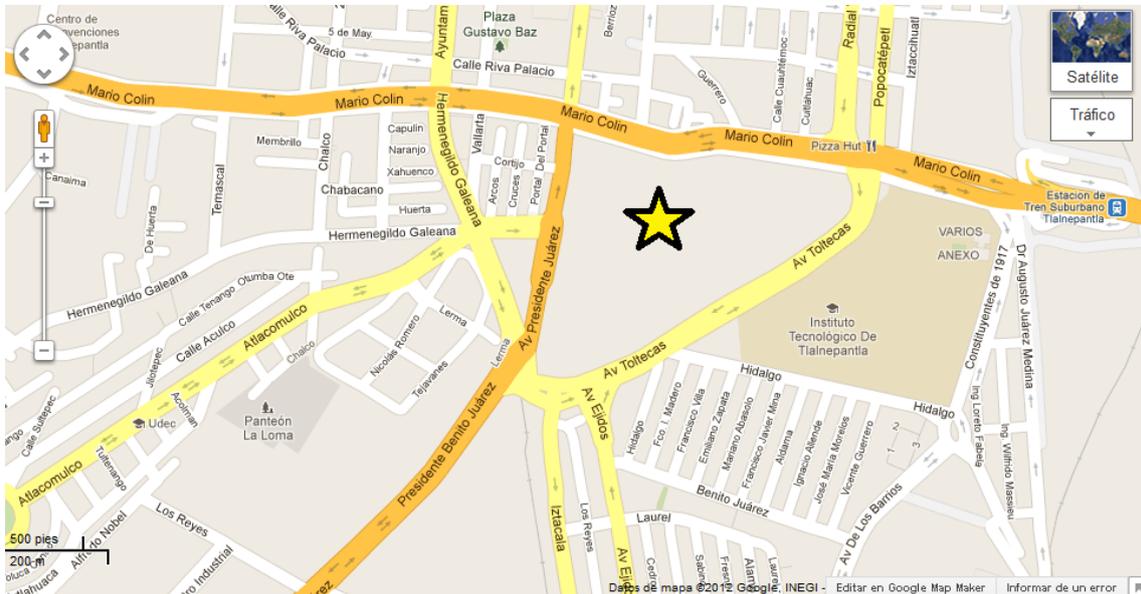


Figura 1.- Croquis de ubicación de la empresa, Imagen tomada del sitio <https://maps.google.com.mx/> (16 abril 2013)

1.3.-DESCRIPCIÓN Y DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO

En la Gerencia Metropolitana Norte se rehidrata y reconstituye leche con grasa vegetal, con características similares a las de leche de vaca líquida, fresca, pasteurizada y homogenizada. Sin embargo, también se recibe para su pasteurización leche bronca proveniente de distintos centros de acopio ubicados a lo largo del país.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003 "Leche, Formula Láctea, y producto Lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones físico químicas, información comercial y métodos de prueba", que emitió la secretaria de economía con fecha 12 de septiembre del 2003, el producto se inscribe dentro de la denominación de "leche con grasa vegetal", por su contenido de grasa, es del tipo de

“leche entera” y por su tratamiento térmico es una “leche pasteurizada”. Según el registro ante la Secretaria de Salud, dicho lácteo tiene la denominación de “Leche con grasa vegetal, pasteurizada y fortificada con vitaminas y minerales”.

El rehidratado del producto se realiza a partir de leche en polvo, adicionándole agua purificada, grasa vegetal (generalmente de palmoleína que es un aceite de palma africana, o de coco, aunque también se puede utilizar aceite de girasol, cártamo, maíz, y soya parcialmente hidrogenada o mezclas de estas) y mezclas vitamínicas. La mezcla se filtra, se homogeniza, pasteuriza y se enfría para envasarla en higiénicas bolsas de polietileno de baja densidad, para ser posteriormente transportada en unidades de servicio concesionado hacia las lecherías que forman un programa social.

1.3.1.-VALOR ALIMENTICIO

Por sus altos contenidos de proteínas, grasas, vitaminas y minerales, la leche es un alimento insustituible en los primeros años de edad.

El consumo de leche a edad temprana es determinante para la formación y crecimiento de los huesos, para la construcción de los músculos, para el adecuado desarrollo del cerebro y para el fortalecimiento del sistema nervioso. Es además un medio que propicia una adecuada regulación metabólica, y por ende, un sano desarrollo físico y mental.

Por su alto contenido de proteínas, la leche es una fuente de aminoácidos esenciales. Su principal proteína es la caseína, además de las llamadas proteínas de suero. Estas proteínas poseen una alta calidad nutricional, debido a su importante valor biológico y a su fácil digestión.

La grasa contenida en la leche es aprovechada en el cuerpo como una de sus más importantes fuentes de energía, ya que proporciona alrededor de 9 kilocalorías por gramo de grasa.

Con respecto a los carbohidratos, la lactosa es la que en mayor medida se encuentra presente en la leche. También proporciona energía, aunque en menor proporción que la grasa. Su aporte energético es

aproximadamente 4 kilocalorías por gramo. Sin embargo lo más importante de este carbohidrato, no reside en la energía que brinde, sino en que esta sustancia ayuda al organismo a absorber el calcio y otros minerales, además de que es uno de los compuestos utilizados en la síntesis de los principales componentes del cerebro.

La leche producida en la planta contiene también minerales, debido a su alto contenido de calcio, base elemental para el crecimiento de los huesos, para la construcción de los músculos y para la transmisión de impulsos nerviosos.

También son aportados fósforo, magnesio, hierro y zinc, minerales indispensables para la óptima función orgánica.

Las principales vitaminas que figuran en la leche son oleosas o liposolubles, es decir las que están contenidas en la grasa. Entre este tipo de vitaminas sobresalen la vitamina "A" y la vitamina "D3". La función más importante de la vitamina A, es la formación del pigmento visual, sustantivo en el proceso de visión. La vitamina D3 ayuda a la absorción del calcio y del fósforo, y a su transportación a la pared intestinal.

También se encuentran presentes las llamadas vitaminas hidrosolubles, que en su gran mayoría corresponden al complejo "B". La más abundante de estas vitaminas en la leche, es la riboflavina. Un solo vaso de esta leche cubre el 100% de los requerimientos diarios de un niño para este tipo de vitaminas.

1.4.-PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LECHE

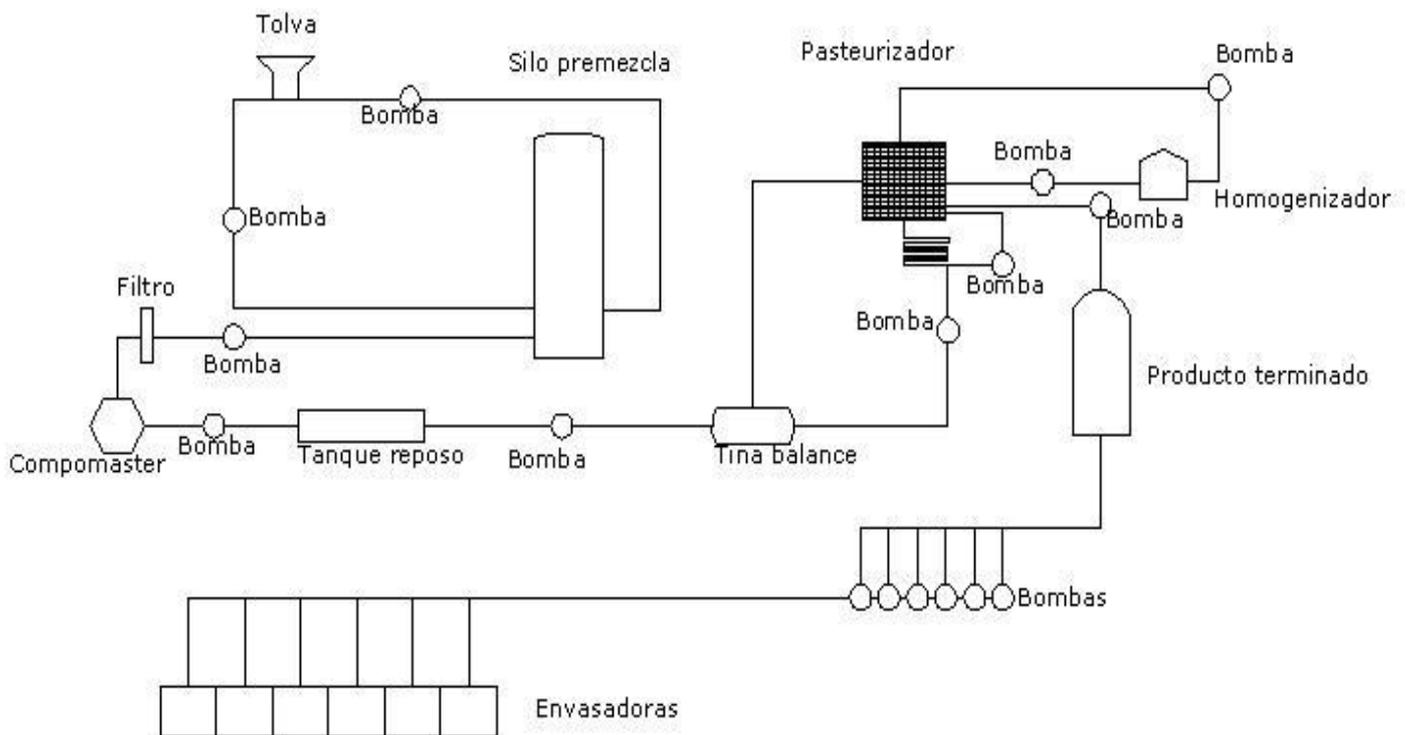


Figura 2.- Proceso de producción de leche, planta Liconsa Norte. Plano realizado en Autocad (20 abril 2013)

El objetivo de Liconsa es producir leche líquida deodorizada, así mismo verificar su estado homogéneo, proveyendo de los nutrientes necesarios para su consumo. Envasándose en bolsas de polietileno tomando como materia prima leche en polvo o leche fresca.

A continuación se explicara y mostrara las áreas por las cuales el proceso se va llevando acabo.

1.4.1.- ÁREA DE TOLVAS

El área de tolvas también conocida como área seca, es la primera área, si es que se utiliza leche en polvo como materia prima.

La leche en polvo es enviada por el almacén al área de tolvas, dependiendo de las necesidades de producción de la planta, por medio de

costales, dichos costales tienen un peso aproximado de 25 kilogramos cada uno.

Los costales son apilados para así posteriormente enviarlos a las tolvas de vaciado por medio de una banda transportadora. La banda es accionada por un pedal para así lograr transportar los costales a las tolvas de vaciado.

Dentro de la trayectoria por la cual los costales llegan a las tolvas de vaciado, hay sensores eléctricos que permiten contabilizar los costales. Los costales son abiertos por operadores los cuales con algún instrumento punzocortante llámese cuchillo o navaja realizan un corte a dichos costales con la finalidad de poderlos vaciar a las tolvas de vaciado.



Figura 3.- Obrero laborando en el área de tolvas, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración. (17 septiembre 2012)

Las tolvas son importantes en el proceso ya que permiten el almacenamiento de la leche en polvo y así mismo su correcta dosificación para continuar con el proceso.

Las tolvas cuentan con un sistema insuflado, dicho sistema es controlado por una tarjeta electrónica de tiempos que permite la apertura o clausura de válvulas selenoides, estos dispositivos electromecánicos son

necesarios para que la leche en polvo pueda transportarse. Inmediatamente después que la leche en polvo se descarga en las tolvas, las válvulas se abren, la leche cae en la línea de producción y por medio de una bomba centrífuga se bombea agua logrando una pre-mezcla entre la leche en polvo y el agua.

1.4.2.- ÁREA DE REHIDRATACIÓN

Ahora bien la leche es bombeada a unos silos de Pre-mezcla en donde por medio de sensores se analiza el porcentaje de sólidos que contiene la leche, ya por norma la empresa tiene establecido un rango de entre 15% a 20% de sólidos, si se excede esa cantidad la leche es recirculada en la línea con más agua hasta que cumpla con lo requerido.

Después de esto la leche es bombeada a un sistema importante llamado sistema compomaster o regulador másico, lo cual indica que tiene la función de regular la masa dentro del sistema, su finalidad es reducir la cantidad de sólidos por medio de la adición de agua.

Recordando que la leche paso en principio por un silo de pre mezcla en donde ya se tiene un límite en la cantidad de sólidos

Ahora bien el sistema compomaster realiza la misma función que el silo de pre mezcla pero de una forma más estricta antes de que la leche entre en el sistema de producción, para esto es necesario la adición de agua dependiendo del porcentaje de sólidos totales, el cual debe ser aproximadamente de 9.8 % de sólidos totales.



Figura 4.- Silos de pre-mezcla, planta Licónsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración. (17 septiembre 2012)

Después de que la leche pasa por el sistema compomaster, la leche es bombeada a una tina de balance.

La tina de balance no es más que un gran contenedor de leche que se encarga de equilibrar la entrada de leche al proceso de pasteurización, se utiliza para tener siempre un nivel adecuado y óptimo para evitar la cavitación en las bombas antes de entrar a la etapa de pasteurización.

1.4.3.- ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE GRASA

Existen 3 tanques de acero inoxidable aislados en donde se almacena grasa vegetal, la grasa vegetal es succionada por bombas horizontales y transportada a tanques Müller.

Los tanques Mueller son cargados con la grasa vegetal para posteriormente trasladar la grasa vegetal al pasteurizador después de que la leche se ha calentado, por medio de bombas positivas de lóbulos.



Figura 5.- Tanques de almacenamiento de grasa vegetal, planta Licónsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración.(17 septiembre 2012)



Figura 6.- Bombas de lóbulos, planta Licónsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración. (17 septiembre 2012)

1.4.4.- ÁREA DE PASTEURIZACIÓN

El proceso ejecutado por la empresa es conocido como HTST (High temperatura short time, Alta temperatura en corto tiempo). Como bien sabemos que es un proceso térmico con la finalidad de reducir agentes patógenos.

La leche fluida llega a los tanques de reposo donde además de ser almacenada por lapsos de 20 minutos también se mantiene con agitación lenta, con el fin de eliminar todo el aire ocluido y la espuma de la leche.

Después de ello la leche es transportada mediante una bomba centrífuga hacia unos filtros llamados dúplex con la finalidad de capturar aquellas impurezas como hilo, fibra, papel, etc. Ya filtrada la leche llega a la tina de balance donde por medio de sensores de nivel hidrostático controlan el nivel de operación de la leche.

De las tinas de balance la leche es transportada mediante una bomba centrífuga hacia los intercambiadores de calor de placas. La primera etapa es conocida como etapa de precalentamiento donde la leche entra de 5°C a 7°C y sale de esta etapa de 26°C a 28°C, después de esta primera etapa la grasa es suministrada.

La leche entra en la segunda etapa conocida como regeneración donde transferirá el calor a la nueva descarga de leche.

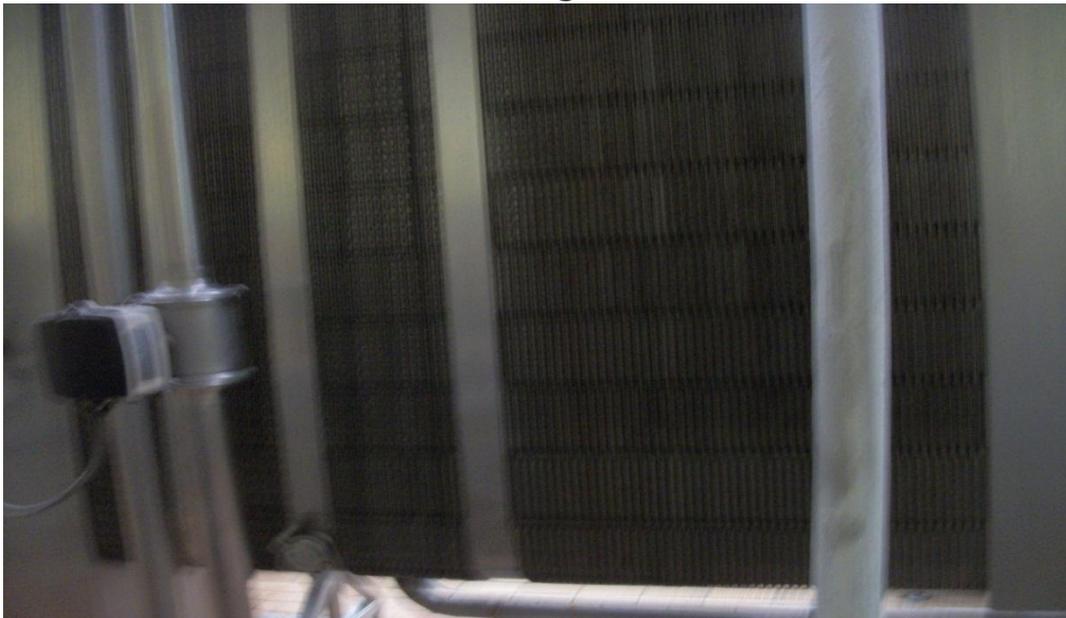


Figura 7.- Pasteurizador de placas paralelas, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración. (18 septiembre 2012)

La leche pasa por un deodorizador cuya función es de extraer olores y sabores extraños, el cual es controlado por un sistema de nivel de presión hidrostática que controla una válvula neumática.

Cuando la leche ya está deodorizada es transportada por medio de una bomba centrífuga hacia el homogeneizador.

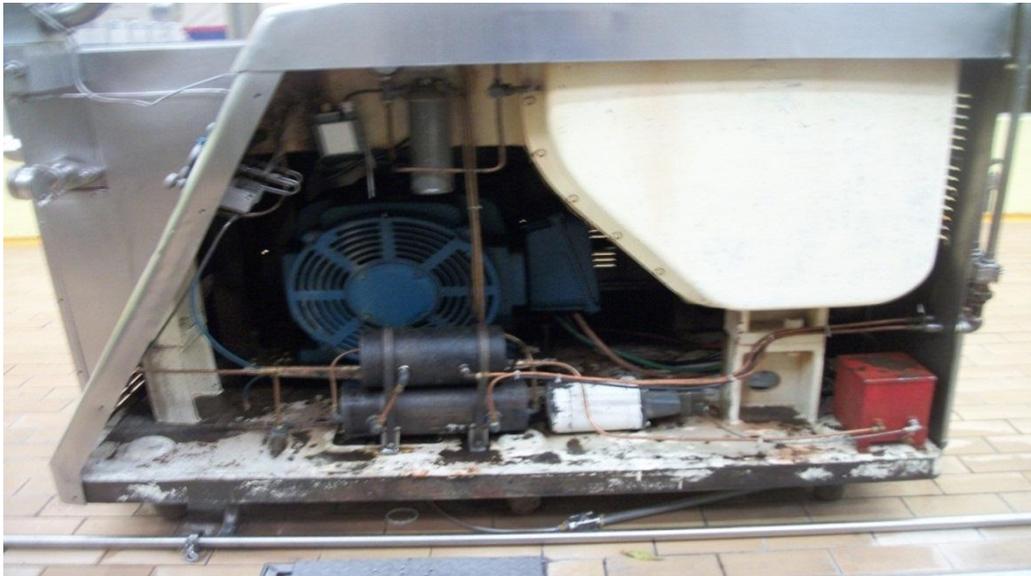


Figura 8.- Homogeneizador, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración. (17 septiembre 2012)

El homogeneizador tiene la función de reducir el tamaño de los glóbulos grasos hasta una micra de diámetro, esto solo se puede analizar y observar con un microscopio, este sistema consta de manómetros especiales indican la presión de homogenización, presión de homogenización es controlada por medio de una bomba hidráulica.

Finalmente cuando la leche sale del homogeneizador se envía nuevamente al intercambiador de placas donde pasa por la última etapa conocida como calentamiento.

El intercambio de calor se realiza mediante agua caliente proveniente de un sistema de calderas, el agua es recirculada por medio de una bomba centrífuga y la leche alcanza una temperatura de 80 °C aproximadamente, la leche caliente sale del intercambiador de placas y se dirige a un tubo de sostenimiento que básicamente es un serpentín, aproximadamente de 35 metros de largo y 3 pulgadas de diámetro, cuando la leche finaliza este proceso se realiza una lectura de

temperatura por medio de un sensor de temperatura RTD y un termómetro bimetálico.

Si la leche no cumple con la temperatura de pasteurización que es aproximadamente de 80°C es desviada a la tina de balance por medio de válvulas electro-neumáticas.

Si la leche cumple con la temperatura aproximadamente de 80°C al finalizar su recorrido por el tubo de sostenimiento, pasa al siguiente proceso del intercambiador de calor, en donde paulatinamente se va enfriar con la solución agua glicol en donde finalmente la leche tendrá una temperatura inferior a 6°C.

Como se menciona, pasa exactamente lo mismo en esta etapa de la pasteurización, la leche es censada con un termómetro RTD y si se detecta que la leche no cumple con estas características de temperatura, se abrirán válvulas para poder regresar la leche a las tinas de balance; en caso contrario la leche ya pasteurizada continua su camino hacia un cabezal de carga, con la finalidad de llenar los silos de almacenamiento.

La leche es transferida a través de un cabezal de válvulas neumáticas "cabezal de descarga" y gracias a una bomba centrífuga al área de envasado.

1.4.5.- ÁREA DE ENVASADO

En esta área la leche llega a los cabezales de descarga donde el producto es finalmente envasado, se cuenta con 12 máquinas envasadoras, cada una de estas máquinas cuenta con 2 boquillas.

Cada boquilla es capaz de envasar 35 bolsas / min. La máquina envasadora realiza su operación de envasado con un rollo de polietileno, así mismo ya se cuenta con un sistema de programación sumamente sofisticado por el cual realiza un sellado perfecto con las mediciones exactas para obtener una bolsa de polietileno con 2 Lts de leche lista para beber.

M1 = 35 bolsas/min (2 boquillas) = 70 bolsas/min

M2 = 35 bolsas/min (2 boquillas) = 70 bolsas/min

M3 = 35 bolsas/min (2 boquillas) = 70 bolsas/min

M4 = 35 bolsas/min (2 boquillas) = 70 bolsas/min

M5 = 35 bolsas/min (2 boquillas) = 70 bolsas/min

M6 = 35 bolsas/min (2 boquillas) = 70 bolsas/min

MT = 420 bolsas/min

Como hemos mencionado cada bolsa tiene una capacidad volumétrica de 2 Lts

A continuación por medio del dato proporcionado por las envasadoras calcularemos el gasto promedio.

Bolsa = 2 Lts

(420 bolsas) (2 Lts) = 840Lts / min

840 Lts/min (60 min/1 hora)=50,400 Lts/hora

Por 20 horas

100,800 Lts/hora (20horas/día)=1,008, 000Lts. /día

Que coincide con el dato que la empresa nos proporcionó del volumen total de litros por día y es de 1,000, 000Lts por día aproximadamente.

Estas bolsas son colocadas en canastillas de plástico que a través de un sistema electro-mecánico de contabilización permiten vaciar solamente la cantidad de 10 bolsas por canastilla.



Figura 9.- Leche recién envasada, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración. (18 septiembre 2012)

Las canastillas siguen un recorrido en unos rodillos mecánicos como se muestra en la figura 9 y llegan una maquina conocida como estibador en donde se logran apilar 6 canastillas.

Después de este procedimiento algunos obreros transportan las canastillas a los cuartos frigoríficos donde momentáneamente son almacenadas. Ya que en el transcurso de la madrugada serán transportadas en vehículos de carga; Y repartidas en las lecherías ya establecidas por programa.

Cabe mencionar que Liconsa planta Norte renovó sus máquinas envasadoras por maquinas mucho más eficientes por un modelo francés como se mencionó en capítulos anteriores.

1.4.6.- ÁREA DE LIMPIEZA DEL EQUIPO (CIP)

Primeramente es importante mencionar la abreviatura CIP que no es más que "Clean in this place", "Limpieza en este lugar".

La limpieza fundamental en este proceso total, se refiere a la limpieza de las tuberías en donde circula la leche.

El sistema CIP consta de 3 tanques verticales de acero inoxidable con capacidad de 4,500 Litros, en dos de los cuales se prepara una solución específica de detergente alcalino (NaOH) y ácido (H_3PO_4), la solución es calentada hasta los 80 °C. Dichos tanques constan de sensores de temperatura RTD. La manera en que las soluciones son suministradas depende de un controlador de tiempo y una bomba centrífuga por cada tanque.



Figura 10.- Tanques de acero inoxidable, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración. (18 septiembre 2012)

Existe otro tanque con las mismas características sin embargo en este se almacena Agua, que posteriormente será utilizada para poder enjuagar las tuberías.

Dentro del sistema de lavado cabe mencionar que los equipos utilizados en la pasteurización se lavan de manera diferente e independiente al sistema explicado con anterioridad. Los detergentes no son recuperados, esta operación de lavado se realiza diariamente.

1.4.7.- CONTROL DE PROCESO

Es muy importante el control del proceso ya que a través de este se monitorea cada una de las señales utilizadas en los componentes en todas las etapas del proceso (proceso de reconstitución, proceso de pasteurización, proceso de envasado)

Liconsa consta de una Red DH+ con 10 nodos; 2 de estos se utilizan para computadoras industriales con el SCADA y con 8 controladores SLC modelo 5/04 Allen Bradley con procesador 1747-L542.

Consta de un software RSLogix 500 versión 2.10.13.0 por Rockwell.

Otro que es el Process Control Software Lookout for Win32 por National Instruments.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS

FUNDAMENTALES

2.1.- TERMODINÁMICA

La termodinámica es definida como la ciencia de la energía. El término *termodinámica* proviene de las palabras griegas *therme* (calor) y *dynamis* (fuerza), lo cual corresponde a lo más descriptivo de los primeros esfuerzos por convertir el calor en energía. En la actualidad, el concepto se interpreta de manera amplia para incluir los aspectos de energía y sus transformaciones, incluida la generación de potencia y las relaciones entre las propiedades de la materia.



Figura 11.- Cerillo encendido, Autor anónimo, Imagen tomada de <http://zendacaballero.blogspot.com/2010/10/la-termodinamica-de-nuestra-vida.html> (16 septiembre 2012)

2.2.- LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La primera ley de la termodinámica es más que una expresión del principio de conservación de energía y sostiene que la *energía* es una propiedad termodinámica. La ley está basada en observaciones físicas y no está sujeta a demostración matemática. En su aplicación a las transformaciones de energía aplicable en la tierra, se sabe que la masa se convierte en energía y así mismo la energía en materia.

Se mencionara el análisis en los sistemas cerrados

Energía final – Energía inicial = Energía agregada al sistema

$$E_2 - E_1 = Q - W$$

El trabajo y el calor existen únicamente cuando atraviesan el límite fronterizo, en un cierto estado del sistema no podrá existir como energía. La energía cinética, potencial e interna si pueden existir de tal manera.

$$E = U + \frac{mv^2}{2} + mgz(J)$$

Dividiendo entre la masa del sistema

$$e = u + \frac{v^2}{2} + gz \left(\frac{J}{kg}\right)$$

Energía inicial + Energía entrante = energía final + energía saliente

$$E_1 + Q = E_2 + W$$

$$Q = (E_2 - E_1) + W; q = (e_2 - e_1) + w$$

Por tanto;

$$q = (u_2 - u_1) + (v_2^2 - v_1^2)/2 + g(z_2 - z_1) + w(J/kg).$$

2.3.- LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La segunda ley, así como la primera vienen establecidas de la experiencia ganada en muchos años y de lo factible establecido por los criterios de la lógica. Básicamente sus principios son basados en el trabajo de Carnot. Hasta el momento no se ha logrado comprobar ni observar algún evento macroscópico que esté en contra de lo establecido en la segunda ley de la termodinámica. Mencionaremos algunos enunciados que guiaran a comprender dicha ley.

Es imposible fabricar una máquina con un solo depósito de calor que, mientras funcione siguiendo un ciclo, produzca otros efectos que el de realizar trabajo a base de tomar calor de dicho depósito enfriándolo.

Ninguna máquina o motor real ni ideal que funcione siguiendo ciclos puede convertir en trabajo todo el calor que se suministra a la sustancia de trabajo; ésta tiene que descargar o ceder parte de su calor a un sumidero naturalmente accesible.

Es por ello que a esta ley se conoce como la ley de la degradación de energía

Es imposible que un proceso tenga como único resultado la transferencia de calor de un cuerpo más frío a uno más caliente.

La conversión de energía es un aspecto esencial de nuestro planeta ya que día con día se utilizan estas leyes termodinámicas sin darnos cuenta que existan; así mismo son de vital importancia para el desarrollo de la tecnología.

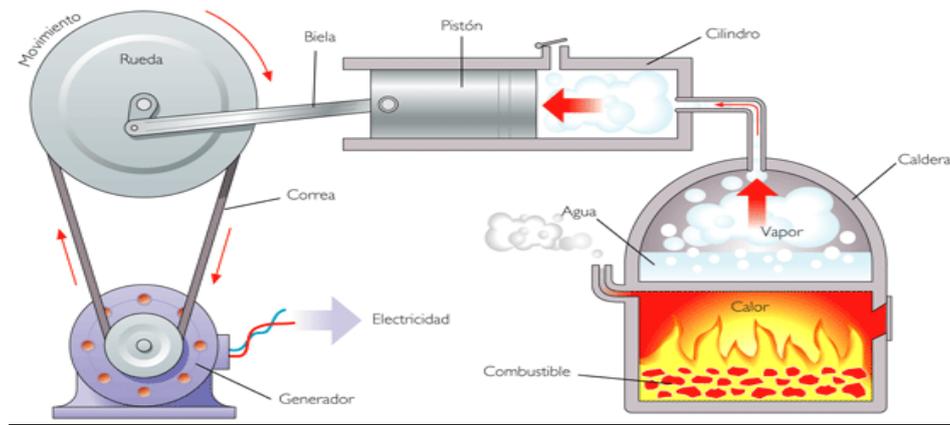


Figura 12.- Diagrama práctico de la segunda ley de la termodinámica, Autor anónimo, Figura tomada de <http://procesostermodinamicoseq8.blogspot.mx/> (12 septiembre 2012)

2.4.- ENERGÍA

Hoy en día es difícil tener una sola definición de energía ya que todos mencionan la interacción y movimiento de partículas para producir trabajo o algún efecto sobre lo que actúa y así también se basan a las transformaciones de ellas.

La energía es el impulso de la vida, gracias a la energía hoy podemos vivir y estamos en completa dependencia de ella.

Dichas manifestaciones de energía las podemos observar en la vida cotidiana como nuestros reflectores, alumbrados, vehículos de combustión interna-híbridos, trabajo de cualquier tipo de máquinas, en el crecimiento de la flora y la fauna etc.

El hombre desde su aparición en la tierra ha buscado la manera de sobrevivir, inicialmente el hombre empezó a quemar leña con la finalidad de calentarse y así mismo cocinar la carne obtenida en la cacería.

Con el paso del tiempo se dieron cuenta de que las grandes bestias podrían ser de gran utilidad para facilitar su trabajo y su transporte.

En diferentes culturas utilizaron a los bueyes como instrumento que facilitara el arado. La India utilizó el elefante como medio de transporte.

El hombre seguía en búsqueda del desarrollo y no fue hasta la revolución industrial que logró dar ese gran paso. Se empezaron a construir máquinas que ayudaron a sustituir labores manuales en mecánicas, tal es el caso de los molinos accionados por el viento, pequeños tornos que ayudaban a realizar herramientas y armamento.

A pesar de estos grandes avances para esa época hubo uno que cambió la historia de la humanidad para siempre, este invento fue la creación de la "Máquina de vapor" este fenómeno fue de vital importancia para el mundo entero ya que a partir de esa innovación el desarrollo tecnológico creció en gran manera.

2.5.- PRINCIPALES TIPOS DE ENERGÍA

La energía se presenta en la naturaleza en diferentes formas, algunas ya, favorablemente entendidas y otras, que tal vez en el futuro serán descubiertas y aprovechadas. Para mencionar los tipos de energía conocidas es necesario mencionar que cada una tiene un grado de calidad. La calidad de una forma de energía está determinada por su grado de asociación a la materia.

2.5.1.- ENERGÍA POTENCIAL

Energía potencial: Es la energía poseída por la materia en función de su posición dentro de un campo gravitatorio, es decir, en función de su peso.

2.5.2.- ENERGÍA CINÉTICA

Energía cinética: Es la energía presente en los cuerpos en función de su estado de movimiento.

2.5.3.- ENERGÍA MECÁNICA

Energía mecánica: Es una rama de la física que se encarga de estudiar el equilibrio y el movimiento de los cuerpos a la aplicación de una carga o una fuerza. Es fundamentada en las tres leyes de Isaac Newton.

2.5.4.- ENERGÍA ELÉCTRICA

Energía eléctrica: Es la forma de energía capaz de almacenarse o circular en el ámbito de las orbitas de los electrones de los átomos de determinados materiales. Está constituida por muy pequeñas porciones de energía, denominadas cargas eléctricas. La energía eléctrica interviene, prácticamente, en todas las actividades humanas.

Existe una estrecha relación entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos. El magnetismo es un fenómeno natural aunque es desconocido, pero del cual practicamos su aprovechamiento; está íntimamente ligado a los fenómenos eléctricos. La generación de energía eléctrica es de índole electromagnética.

2.5.5.- ENERGÍA QUÍMICA

Energía química: Es la energía contenida dentro de la estructura de las moléculas. Desde el descubrimiento del fuego, hace 400, 000 años el hombre ha utilizado este tipo de energía a través del fenómeno de la combustión. Este proceso se inició con la utilización de la madera, se pasó al carbón, y finalmente al petróleo. La industria química moderna ha logrado sintetizar nuevos combustibles.

2.5.6.- ENERGÍA NUCLEAR

Energía nuclear: Es la energía contenida dentro de los núcleos de los átomos que es de muy difícil extracción. En tiempos históricamente recientes, se ha logrado fraccionar el núcleo atómico de determinados elementos químicos, obteniéndose volúmenes enormes de energía de radiación y térmica, utilizados primeramente en la guerra y posteriormente, después de mucha investigación, en las actuales estaciones generadoras de energía eléctrica denominadas centrales nucleares.

2.5.7.- ENERGÍA EÓLICA

Energía eólica: Es un conjunto de procesos generados en la tierra por la intervención de corrientes de viento determinando el relieve de la corteza terrestre.

2.5.8.- ENERGÍA SOLAR

Energía solar: Es la energía proveniente de la radiación solar captada por nuestro planeta tierra, se basa en la fusión nuclear que se produce dentro del astro solar. Esta radiación se puede aprovechar con distintos dispositivos desde muy simples hasta muy sofisticados como por ejemplo desde un horno solar hasta una planta solar de generación eléctrica.



Figura 13.- Diferentes tipos de energía, Autor anónimo, Imagen tomada de

http://es.123rf.com/photo_14002215_ilustracion-de-muchos-tipos-diferentes-de-generacion-de-energia-incluido-el-combustible-nuclear-comb.html (13-Oct-2012)

2.6.- CLASIFICACIÓN DE LOS FLUIDOS

2.6.1.- FLUIDO

Un fluido es definido como una sustancia que se deforma de manera continua cuando sobre ella actúa un esfuerzo cortante de cualquier magnitud.

Sustancia que puede fluir, sustancia que se adapta al recipiente que la contiene.



Figura 14.- Fluido en movimiento, Autor anónimo, Imagen tomada de <http://sobreconceptos.com/fluido> (24-Septiembre-2012)

En el grupo de los fluidos podemos encontrar a líquidos y gases. La diferencia entre ambos está relacionada con la magnitud de cohesión de sus moléculas.

Los líquidos de manera sencilla toman la forma del contenedor en el que se encuentran a ciertas condiciones de presión y temperatura; sin embargo los gases son bastante compresibles en comparación con los líquidos, donde los cambios en la densidad del gas están relacionados con los cambios de presión y temperatura.

2.6.2.- FLUIDOS NEWTONIANOS

Los fluidos para los cuales el esfuerzo de corte está relacionado linealmente con la razón de deformación de corte se denominan fluidos newtonianos.

Afortunadamente, la mayor parte de los fluidos comunes, tanto líquidos como gaseosos son newtonianos.

2.6.3.- FLUIDOS NO NEWTONIANOS

Los fluidos para los cuales el esfuerzo de corte no está relacionado linealmente con la razón de deformación de corte se denominan fluidos no newtonianos.

2.6.4.- LÍQUIDOS

Los líquidos, al igual que en los sólidos, tienen volumen constante. En los líquidos las partículas están unidas por unas fuerzas de atracción menores que en los sólidos por esta razón las partículas de un líquido pueden moverse con libertad. El número de partículas por unidad de volumen es muy alto, por esta razón las colisiones y fricciones entre partículas es frecuente.

Por ello los líquidos no tienen forma fija y adoptan la forma del contenedor en el que se encuentran presentes.

En los líquidos el movimiento es desordenado, pero existen asociaciones con varias partículas que se mueven como si todas estas fueran una, al aumento de temperatura, aumenta el nivel energético del sistema.

2.6.5.- GASES

Los gases se diferencian de los sólidos y líquidos ya que sus partículas no se encuentran de manera unida, sus partículas no tienen mucha cohesión. Adoptan la forma del recipiente que los contienen, sus partículas se mueven con mucha facilidad. Pueden comprimirse fácilmente debido a que existen enormes espacios vacíos entre las partículas.

2.7.- PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

2.7.1.- SUSTANCIA

Tipo de materia o material por el cual están conformado algún cuerpo.

2.7.2.- MASA

Es una propiedad intrínseca de los cuerpos que determina la medida de la masa inercial y de la masa gravitacional, se menciona que es la cantidad de materia o material que posee un cuerpo.

2.7.3.- VOLUMEN

El volumen ¹ es una magnitud escalar ² definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, ya que se halla multiplicando la longitud, la anchura y la altura. Desde un punto de vista físico, los cuerpos materiales ocupan un volumen por el hecho de ser extensos, fenómeno que se debe al principio de exclusión de Pauli.

2.7.4.- VOLUMEN ESPECÍFICO

El volumen específico es definido como el volumen ocupado por unidad de masa, o bien como la inversa de la densidad

$$V_e = \frac{1}{\rho}$$

$$V_e = \text{volumen específico} \left(\frac{\text{volumen}}{\text{masa}} \right)$$

2.7.5.- DENSIDAD

La densidad de un fluido, es designada por la letra griega ρ (rho), es definida como la masa por unidad de volumen. La densidad es utilizada para caracterizar la masa de un sistema fluido.

El valor de la densidad pueden existir variaciones ampliamente entre fluidos diferentes, pero para líquidos las variaciones de presión y temperatura en general afectan muy poco el valor de ρ ; sin embargo para los gases la densidad se ve afectada por las variaciones de presión y temperatura.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

ρ = densidad kg/m³

M= masa kilogramos en el SI

V= volumen en m³

2.7.6.- DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa de un fluido está definida como la densidad del fluido dividida entre la densidad del agua a alguna temperatura específica.

$$DR = \frac{\rho}{\rho_{\text{agua @ 4 }^\circ\text{C}}}$$

2.7.7.- PESO ESPECÍFICO

El peso específico de un fluido, se representa por la letra griega γ (gamma), y es definido como su peso por unidad de volumen. Así, el peso específico está relacionado con la densidad con esta ecuación.

$$\gamma = \rho g$$

γ = peso específico N/m³

ρ = densidad kg/m³

g = gravedad m/s²

2.7.8.- VISCOSIDAD

Cuando se aplica un esfuerzo de corte a un sólido este se deforma un cierto ángulo. Sin embargo si aplicamos un esfuerzo cortante a un fluido en reposo, no podrá soportar un esfuerzo de corte, se deformara un ángulo que aumentara indefinidamente con el tiempo y fluirá. Es por ello que el ángulo formado por el esfuerzo no es de importancia sino la velocidad de deformación por el esfuerzo de corte.

$$\tau_x = \mu \frac{dv_x}{dy}$$

2.7.9.- TENSIÓN SUPERFICIAL

En la interface entre un líquido y un gas, o entre líquidos inmiscibles, son creadas fuerzas en la superficie de líquido que hacen que la superficie se comporte como si existiera una piel o una membrana estirada sobre la masa del fluido. Aunque la membrana no existe realmente, esta explicación permite comprender los fenómenos comúnmente observados, un claro ejemplo se puede demostrar por medio de una aguja de acero que flota sobre el agua si es colocada suavemente sobre la superficie, ya que la tensión que se desarrolla en la piel o membrana hipotética sostiene a la aguja.

La intensidad de la atracción molecular por unidad de longitud a lo largo de cualquier línea de la superficie se denomina *tensión superficial* y es designada por la letra griega σ (sigma). La tensión superficial es una propiedad del líquido y depende de la temperatura, así como del otro fluido con que este en contacto en la interface con unidades de lb/pie o

N/m. El valor de la tensión superficial disminuye conforme aumenta la temperatura.

2.7.10.- COMPRESIBILIDAD

Cuando analizamos los fluidos una cuestión importante que debemos conocer es que tan fácil puede cambiar el volumen de una masa dada del fluido cuando hay un cambio de presión. En pocas palabras es decir que tan compresible es nuestro fluido de estudio.

Para lograr obtener el valor de la compresibilidad de un fluido es necesario obtener el módulo de elasticidad volumétrico.

$$E_v = -\frac{dp}{dV/V}$$

E_v = módulo de elasticidad volumétrico N/m^2

dp = Diferencia de presión N/m^2

dv = Diferencia de volumen m^3

Al disminuir el volumen de una masa dada $m = \rho V$ se obtiene un incremento de la densidad por lo cual la ecuación anterior se puede expresar de la siguiente manera.

$$E_v = \frac{dp}{d\rho/\rho}$$

E_v = módulo de elasticidad en Lb/pul^2 o en N/m^2

dp = Diferencia de presión Lb/pul^2 o en N/m^2

$d\rho$ = kg/m^3

2.7.11.- FLUIDO IDEAL

En mecánica de fluidos como bien se estudió y analizó los fluidos, en el caso de los fluidos ideales se menciona, aquellos fluidos en los cuales no existe viscosidad alguna; pero se concluye que ningún fluido tiene valor de 0 en la viscosidad por lo cual no existen.

2.7.12.- PRESIÓN

La presión se menciona una magnitud física que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

La presión aplicada a un fluido en reposo se define como la fuerza normal por unidad de área ejercida sobre una superficie con moléculas del fluido.

La presión en la ley de los gases ideales es expresada como una presión absoluta, lo que significa que se mide con respecto a la presión cero absoluta. Por acuerdo internacional, la presión atmosférica normal a nivel del mar es de 14.696 lb/pulg² (absoluta) o 101.33 KPa (absolutos). Para casi todos los cálculos, estas presiones se pueden redondear a 14.7lb/pulg² y 101 KPa

2.7.13.- PRESIÓN ABSOLUTA

La Presión absoluta es la presión que es medida a un fluido con respecto al vacío perfecto o cero absolutos. En otros términos se dice que es la presión manométrica del sistema más la presión atmosférica.

Presión absoluta = Presión manométrica + Presión atmosférica

Presión absoluta = Presión atmosférica – Presión vacuométrica

2.7.14.- PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica es la fuerza que el peso de la columna de atmosfera por encima del punto de medición ejerce por unidad de área. Se dice que es la presión medida por medio de un barómetro y tiene variación dependiendo la altitud en la que se mida; Si nos encontramos a nivel del mar marcará la máxima presión atmosférica, sin embargo si nos alejamos más a nivel del mar marcará menor presión atmosférica, todo depende de la altitud y temperatura.

2.7.15.- PRESIÓN MANOMÉTRICA

Es la presión medida en un sistema, se dice que es la diferencia de la presión absoluta y la presión atmosférica, se hace la medición solo cuando dicha presión es superior a la atmosférica.

2.7.16.- PRESIÓN VACUOMETRICA

Es la presión medida en un sistema solo cuando dicha presión es inferior a la presión atmosférica. También es conocida como presión negativa o de vacío.

2.7.17.- HIDROSTÁTICA

La hidrostática es la ciencia que estudia a los líquidos en reposo. Algunos de sus principios se aplican a los gases, recordemos que dentro de la clasificación de los fluidos se encuentran los líquidos y también los gases ya que ambos tienen características en común. Sin embargo un gas puede comprimirse con demasiada facilidad, mientras que un líquido es imposible de comprimir.

$$P = P_o + \rho g z$$

P = Presión total

P_0 = Presión superficial

ρ = Densidad del fluido

z = Altura

2.7.18.- PRINCIPIO DE PASCAL

El principio de pascal menciona que el incremento de presión que se le aplica a la superficie de un fluido incompresible, la mayoría son líquidos. Depositados en contenedores indeformables, se transmite el mismo valor a cada una de las partes del mismo.

Si se aplica una presión a un líquido no comprimible en un contenedor cerrado, esta es transmitida con igual intensidad en todas las direcciones y sentidos. Este fenómeno se puede apreciar tanto en una prensa hidráulica como un gato hidráulico.

2.7.19.- PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

El principio de Arquímedes menciona que cualquier cuerpo sólido sumergido en un líquido experimenta un empuje de forma ascendente igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo sólido.

CAPÍTULO III

BOMBAS

3.- SISTEMA DE BOMBEO

Un equipo de bombeo transforma la energía. Recibe energía mecánica, proveniente de algún motor eléctrico, térmico y así mismo la convierte en energía que un fluido absorberá en forma de presión, de posición o de velocidad.

Una bomba de pozo profundo es un ejemplo de cambio de posición así mismo se adiciona energía para que el agua del subsuelo salga a la superficie.

Una bomba en un oleoducto es un ejemplo de incremento de presión debido a la altura y diámetros de tubería tomando en cuenta que es necesario vencer a la fricción por las características presentes en el fluido.

El funcionamiento inverso de una bomba se tiene en una maquina llamada turbina, esta transforma la energía de un fluido en energía mecánica.

Para el caso de máquinas eléctricas, una bomba es un generador hidráulico, mientras que la turbina es un motor hidráulico. Generalmente un generador hidráulico es accionado por un motor eléctrico mientras que un motor hidráulico acciona un generador eléctrico.

3.1.-BOMBAS CENTRIFUGAS

Las bombas se clasifican según dos consideraciones generales diferentes:

- La que toma en consideración las características de movimiento de líquidos (Dinámicas)
- La que se basa en el tipo o aplicación específica para los cuales se ha diseñado la bomba.

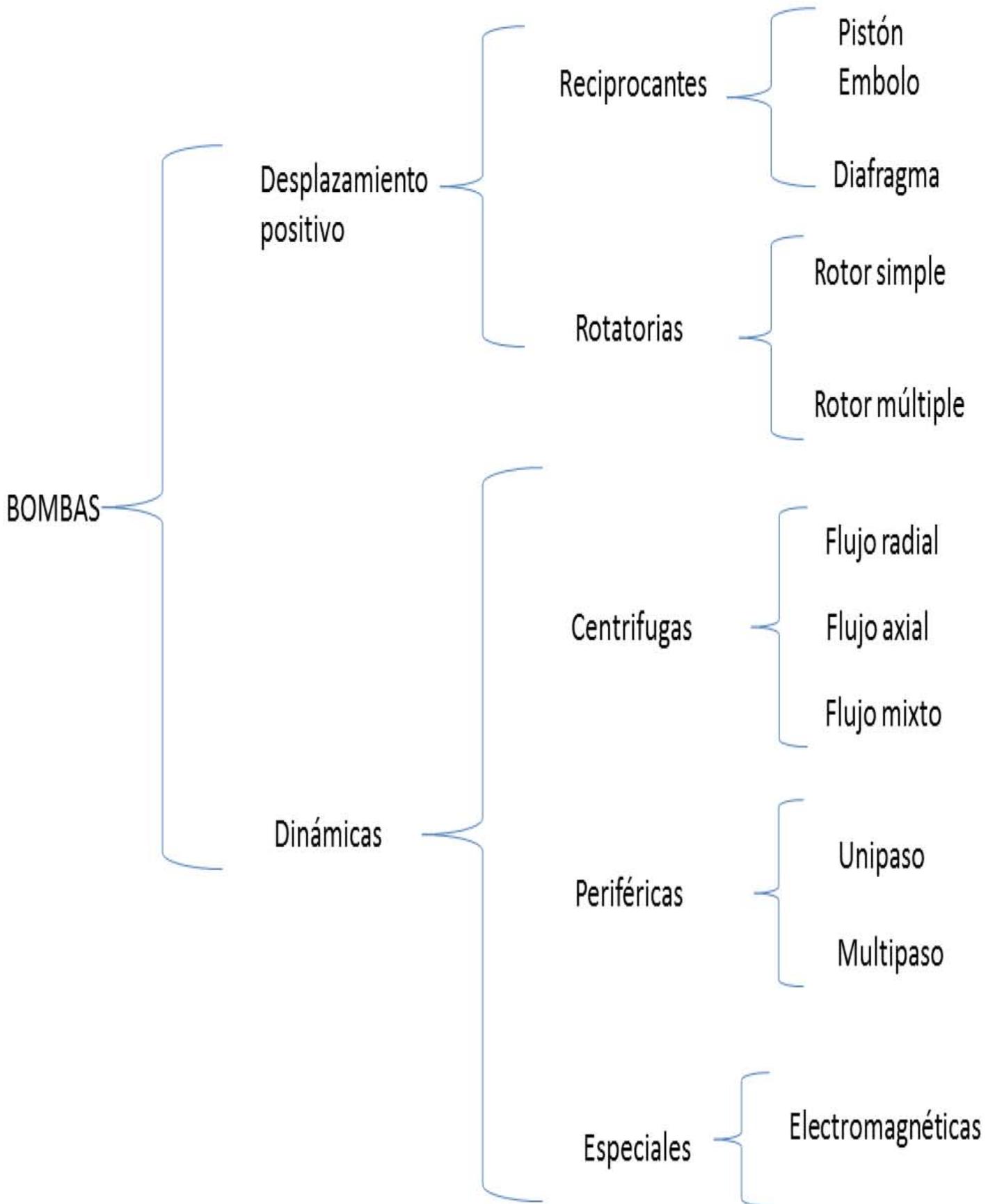


Figura.- 15 Clasificación de las bombas

3.2.- CLASES Y TIPOS BOMBAS

Hay tres clases de bombas en uso común: centrífuga, rotatoria y reciprocante. Esto se aplica solamente a la mecánica de movimiento de líquido y no al servicio para el que se ha diseñado una bomba.

Por ejemplo, bajo la clasificación de rotatorias se encuentra las de leva, tornillo, engranes y álabes. Cada una es un tipo particular de bomba rotatoria. La bomba de aceite de combustible es un tipo de bomba rotatoria de 3 tornillos.

El Instituto Hidráulico de Estados Unidos, recomienda que la clasificación normal se considere como aplicada solamente al tipo, dejando al constructor el uso de los detalles que haya desarrollado y normalizado para ese tipo de bombas. Así, para seleccionar una bomba es generalmente necesario comparar, detalle por detalle.

El Instituto Hidráulico, en sus últimas normas clasifica las bombas centrífugas como:

- a) Flujo Radial
- b) Flujo Mixto
- c) Flujo Axial

Con respecto a los materiales de construcción, el Instituto Hidráulico usa las designaciones siguientes:

- a) Con aditamentos de bronce
- b) Toda de bronce
- c) Bronce de composición específica
- d) Toda de hierro
- e) Con aditamentos de acero inoxidable
- f) Toda de acero inoxidable

Las bombas con aditamentos de bronce tienen una carcasa de hierro vaciado, impulsor de bronce y anillos impulsores y cubre flechas de bronce.

En una bomba toda de bronce, cada parte que se encuentre en contacto con el líquido está hecha con el bronce normal del fabricante.

Las bombas todas de fierro tienen las partes de metal ferroso en contacto con el líquido que se está bombeando.

En una bomba con aditamentos de acero inoxidable, la carcasa está hecha de un material adecuado al servicio, en tanto que los impulsores, anillos y cubre flechas, si se usan, están hechos de un acero resistente a la corrosión adecuado para el líquido que se maneja.

En una bomba toda de acero estructural, las partes en contacto con el líquido están hechas de acero resistente a la corrosión y adecuado a la aplicación, en tanto que la flecha está hecha de un acero resistente a la corrosión.

3.2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

Debemos de guiarnos cuando se desea encontrar una bomba con capacidades bajas y líquidos claros y limpios con una columna alta.

En cualquier problema hay que recordar que la columna de succión no debe exceder el límite máximo recomendado. La capacidad en litros por minuto (l.p.m.), determina el tamaño de la bomba y afecta la elección de la clase de unidad. La naturaleza del fluido es también importante en la elección de la bomba.

En general, se encontrara que los detalles de la bomba se encuentran sujetos en gran parte a los requisitos de aplicación, así, el arreglo particular de una bomba centrífuga puede depender tanto de la tubería, espacio y condiciones de trabajo como de otros factores existentes.

3.3.- ACCIÓN DE LA BOMBA CENTRIFUGA

3.3.1.- BOMBAS DE TIPO VOLUTA:

En la Figura 17.- 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.

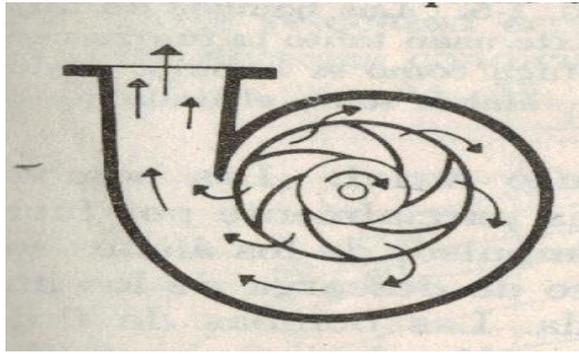


Figura 16.- Acción de la bomba centrífuga, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición,, 1980 editorial Continental S.A. México, pág. 23

3.3.2.- BOMBAS DE TIPO DIFUSOR:

Los alabes direccionales estacionarios rodean al rotor o 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.

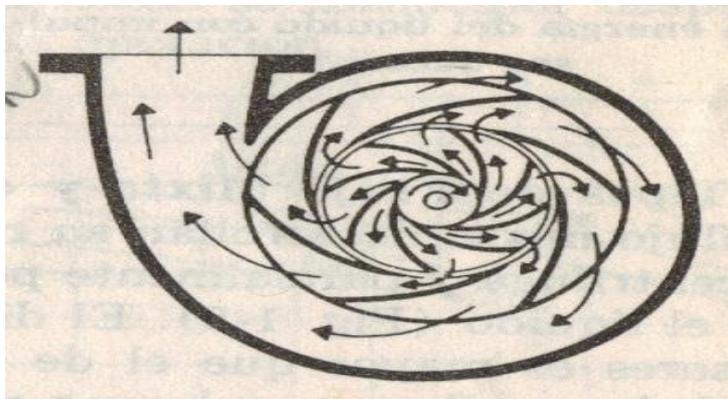


Figura 17.- Acción del difusor, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 23

3.3.3.- BOMBAS DE TIPO TURBINA:

También se conocen como bombas vórtice, periféricas y regenerativos; en este tipo se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas dentro del canal anular en el que gira el impulsor. El líquido va recibiendo impulsos de energía. Las bombas del

tipo difusor de pozo profundo, se llaman frecuentemente bombas turbinas. Sin embargo, no se asemejan a la bomba turbina regenerativa en ninguna forma y no deben confundirse con ella.

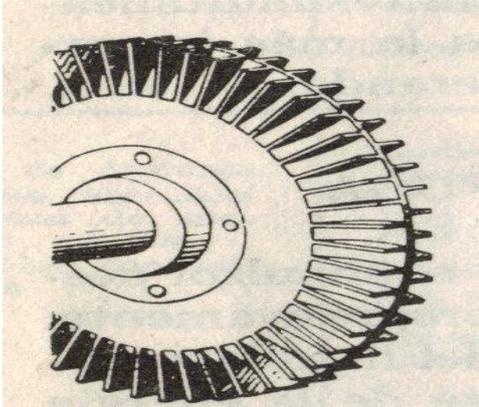


Figura 18.- Bomba tipo turbina, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1° edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 24

3.3.4.- TIPOS DE FLUJO MIXTO Y FLUJO AXIAL

Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los alabes sobre el líquido. El diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de entrada. Las bombas de flujo axial desarrollan su columna por la acción de impulso o elevación de las paletas sobre el líquido.

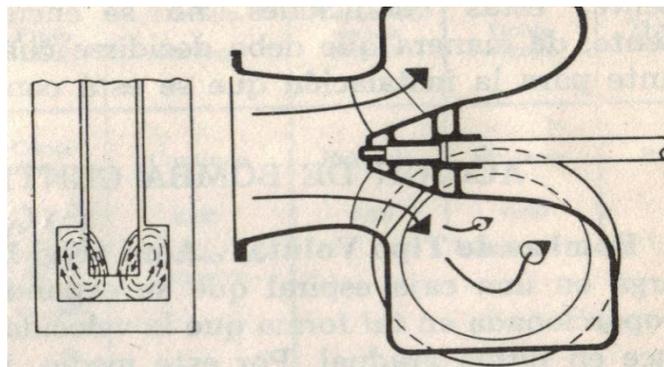


Figura 19.- Tipos de flujo, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1° edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 24

El diámetro del impulsor es el mismo en el lado de succión y en el de descarga. Una bomba de impulsor es un tipo de bomba de flujo axial.

3.4.- CLASIFICACIÓN SEGÚN APLICACIÓN

Se considera con mayor detenimiento otro método usado de clasificación, la aplicación específica para la que se ha diseñado y construido la bomba. No todas las bombas centrífugas se clasifican por un nombre genérico que designara su aplicación final, gran parte de estas bombas incluyen este termino relacionado con su servicio. A continuación se muestra un listado de como se pueden llamar estas bombas

- a) De alimentación de alimentación de caldera
- b) De propósito general
- c) De sumidero
- d) De pozo profundo
- e) De refinería (petróleo caliente)
- f) De condensación
- g) De vacío (calefacción) de proceso
- h) De drenaje
- i) De desperdicios
- j) De circulación
- k) De cenizas
- l) De agua de retroceso

Cada una de estas bombas mencionadas tiene características específicas de diseño, así como también los materiales específicos recomendados para ese servicio en particular.

Existe otra subdivisión relacionada con la estructura física y general como por ejemplo: bombas horizontales, bombas verticales, diseños de acoplamiento directo, impulsores de succión simple y doble, carcasas divididas horizontalmente, carcasas de barril.

3.5.- DISEÑOS NORMALES TÍPICOS DE BOMBAS

Los diseños normales para servicios específicos facilitan la selección de bomba, ya que los fabricantes se han dedicado a resolver muchos problemas.

3.5.1.- BOMBAS DE PROPÓSITO GENERAL:

Dichas bombas son utilizadas para manejar líquidos frescos y limpios a temperaturas ambientes o moderadas. Son de un solo paso, pueden ser de carcasa dividida y aditamentos normales, algunas de varios impulsores.

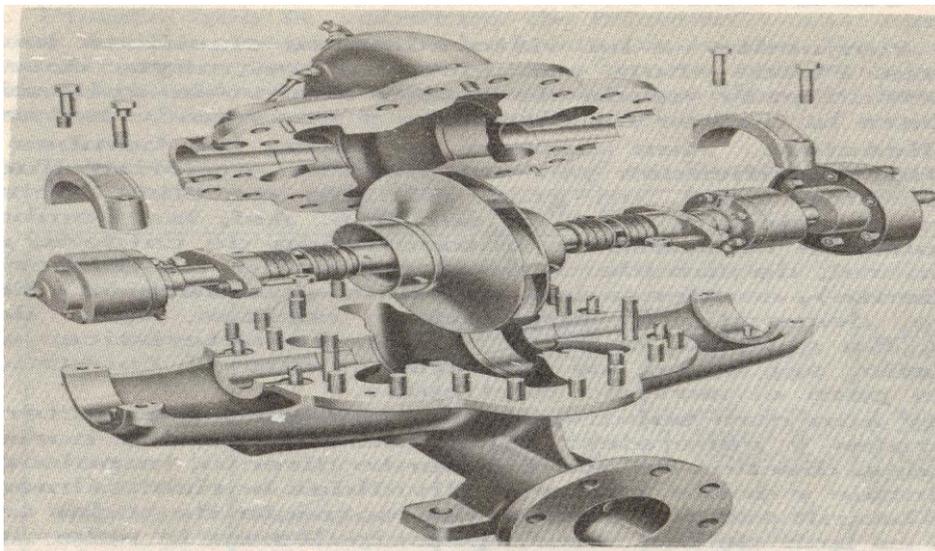


Figura 20.- Bomba de un solo paso, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1° edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 32

3.5.2.- BOMBAS ACOPLADAS DIRECTAMENTE

Estas bombas combinan la bomba y su motor en una sola unidad, no contiene sellos ni estoperos. Diseñada para manejar diversidad de líquidos químicos.

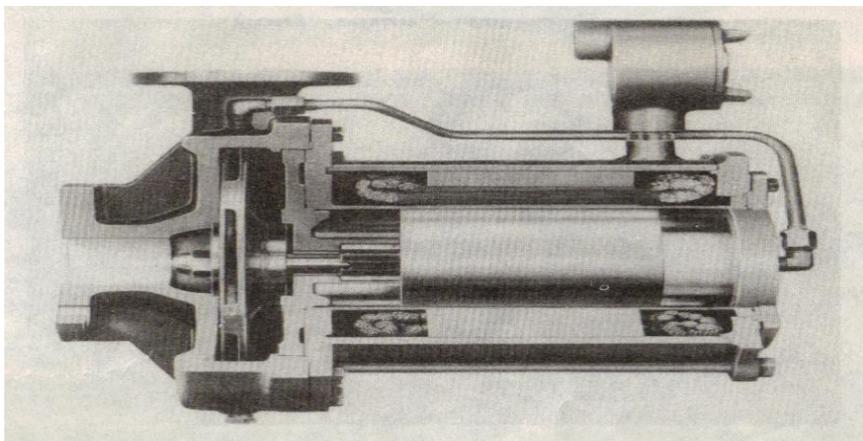


Figura 21.- Bomba directamente acoplada para productos químicos, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1° edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 33

3.5.3.- BOMBAS INATASCABLES

Pueden o no tener impulsores de paleta, su uso es para el manejo de líquidos de drenaje, líquidos viscosos y algunos otros líquidos con sólidos integrados.

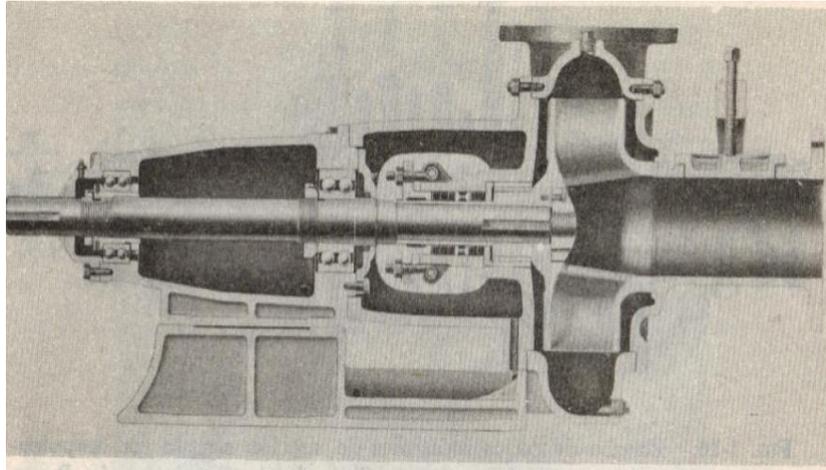


Figura 22.-Bomba inatascable con impulsor de 2 alabes, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 34

3.5.4.- BOMBAS CONTRA INCENDIOS

Usualmente eran rotatorias o de acción directa por vapor. Están limitadas al 130 por ciento de su capacidad de clasificación máxima utilizan motores de 30 Hp.

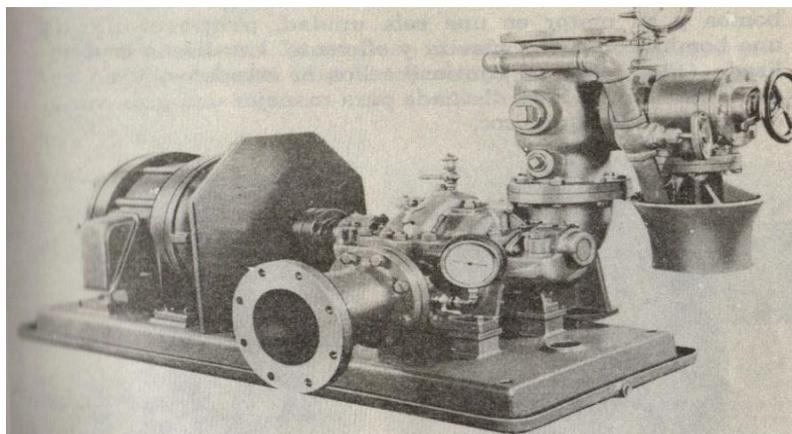


Figura 23.- Bomba contra incendios de un solo paso con motor y accesorios, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, 1980 editorial Continental S.A, Mexico, pag 35

3.5.5.- BOMBAS VERTICALES

Las bombas con eje de giro en posición vertical tienen, casi siempre, el motor a un nivel superior al de la bomba, por lo que es posible, al contrario que en las horizontales, que la bomba trabaje rodeada por el líquido a bombear, estando, sin embargo, el motor por encima de éste. Existe gran variedad de bombas verticales

La ventaja de las bombas verticales, es que requieren muy poco espacio horizontal que las hace insustituibles en barcos, pozos, etc.; sin embargo se necesita un espacio vertical superior suficiente para permitir su cómodo montaje y desmontaje.

Para bombas de gran caudal, la construcción vertical resulta en general más barata que la horizontal. Las bombas verticales se emplean normalmente en aplicaciones marinas, para aguas sucias, drenajes, irrigación, circulación de condensadores, etc.

3.5.5.1.-BOMBAS VERTICALES DE FUNCIONAMIENTO EN SECO

En las bombas verticales no sumergidas, el motor puede estar inmediatamente sobre la bomba, o muy por encima de ésta. El elevarlo responde a la necesidad de protegerlo de una posible inundación o para hacerlo más accesible si, por ejemplo, la bomba trabaja en un pozo.

El eje alargado puede ser rígido o flexible por medio de juntas universales, lo que simplifica el siempre difícil problema del alineamiento.

3.5.5.2.-BOMBAS VERTICALES SUMERGIDAS.-

El funcionamiento sumergido de las bombas centrífugas elimina el inconveniente del cebado, por lo que el impulsor se halla continuamente, aún parado, rodeado por el líquido a impulsar y, por lo tanto, la bomba está en disposición de funcionar en cualquier momento.

El control de la unidad requiere únicamente la puesta en marcha del motor de accionamiento, sin necesidad de dispositivos adicionales de cebado previo.

Si esta profundidad es menor de lo debido, 2 ó 3 veces el diámetro del orificio de aspiración, se pueden crear en la superficie vórtices o remolinos por cuyo centro se introduce aire en la bomba, con la consiguiente pérdida de caudal y deficiente funcionamiento.

Las bombas sumergidas tienen la ventaja de ocupar un espacio horizontal mínimo, sólo el necesario para acomodar el motor vertical y la impulsión, siendo incluso ésta a veces subterránea.

Las ventajas hidráulicas son evidentes al desaparecer todos los problemas de aspiración que constituyen el principal inconveniente en el funcionamiento de las bombas centrífugas.

Desde un punto de vista mecánico, esta disposición presenta grandes inconvenientes con respecto a la horizontal. Las bombas son inicialmente más caras y su mantenimiento mucho más elevados, ya que cualquier reparación exige el desmontaje de la bomba para izarla a la superficie.

El eje alargado, somete a los cojinetes a un trabajo duro que sobre todo, si están lubricados por agua o líquidos sin grandes propiedades lubricantes, hace que su vida sea corta e imprevisible.

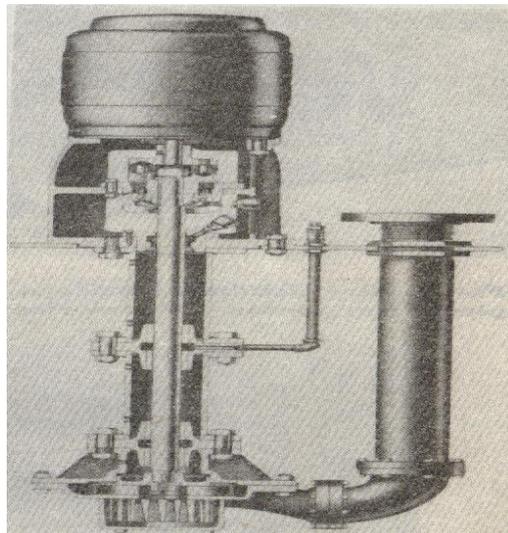


Figura 24.- Bomba vertical de sumidero con impulsor semiabierto, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1° edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 36

3.5.6.- BOMBAS TURBINAS REGENERATIVAS

Estas bombas cuentan con limitaciones ya definidas en cuanto columna y capacidad, no pueden competir con la bomba centrífuga usual, sin

embargo cuentan con ventajas como buena succión, elevación, buena capacidad y buena eficiencia.

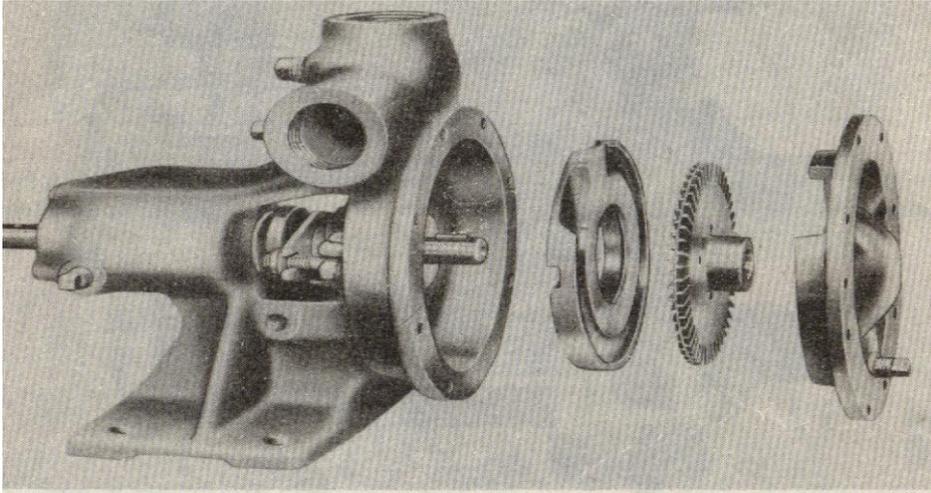


Figura 25.- Bomba de turbina horizontal de un solo paso, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1° edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 34

3.5.7.- BOMBAS ROTATORIAS

Las bombas rotatorias descargan un gasto constante independiente de las presiones variables de descarga. Así la curva HQ es casi una línea horizontal

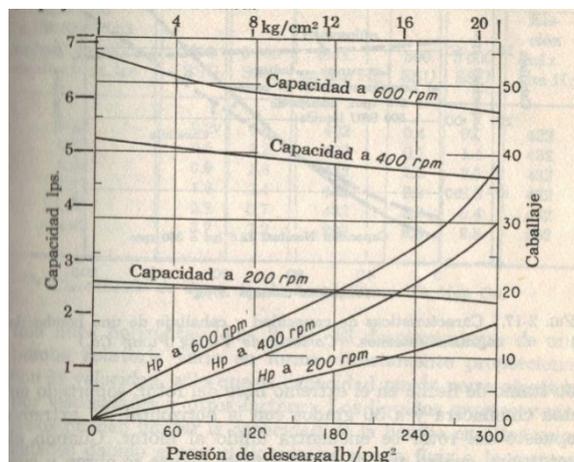


Figura 26.- Características de capacidad y caballaje de una bomba de engranes externos, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1° edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 51

El desplazamiento de una bomba rotatoria varía en forma directamente proporcional con la velocidad, sólo que la capacidad puede verse afectada por viscosidades. Los líquidos gruesos limitan la capacidad de la bomba en altas velocidades, la razón principal es que el líquido no puede fluir a la carcasa con la rapidez necesaria para llenarla.

La potencia requerida por una bomba rotatoria, curva PQ aumenta con la viscosidad del líquido. La eficiencia disminuye con el aumento de la viscosidad.

En la siguiente Tabla se muestran las curvas características HQ y PQ para una bomba rotatoria del tipo de engrane y perno.

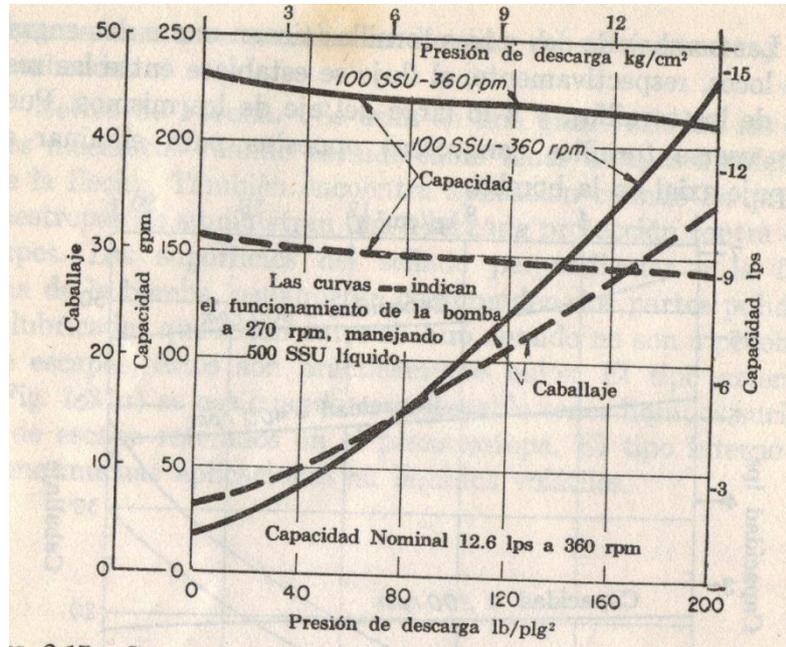


Figura 27.- Características de capacidad y caballaje de una bomba de engranes internos, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 52

Materiales de construcción de las bombas rotatorias

Según el Instituto Hidráulico las bombas rotatorias se clasifican en:

- a) Todas de fierro
- b) Con aditamentos de bronce
- c) Todas de bronce

En una bomba toda de fierro, todas las partes están en contacto directo con el líquido.

Una bomba con aditamentos de bronce la carcasa esta hecha de metal ferroso, algunas partes son susceptibles al desgaste como rotores, álabes, y otras partes movibles.

Las bombas todas de bronce tienen todas y cada una de las partes tienen contacto directo con el líquido, exceptuando la flecha.

3.5.7.1.- APLICACIÓN DE LAS BOMBAS ROTATORIAS

La gran mayoría de las bombas rotatorias son auto-cebantes y pueden trabajar con gas y aire. Dentro de sus aplicaciones están:

Paso de líquido de todas las viscosidades, procesos químicos, alimento, descarga de barcos, lubricación a presión, pintura a presión, sistemas de enfriamiento, servicio de quemadores de aceite, manejos de grasa, manejos de gases licuados.

3.5.8.- BOMBAS RECIPROCANTES

Las bombas reciprocantes se consideran de desplazamiento positivo, descargan una cantidad definida de líquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la distancia de carrera.

El volumen del líquido desplazado en una carrera del pistón es igual al producto del área del pistón por la longitud de la carrera.

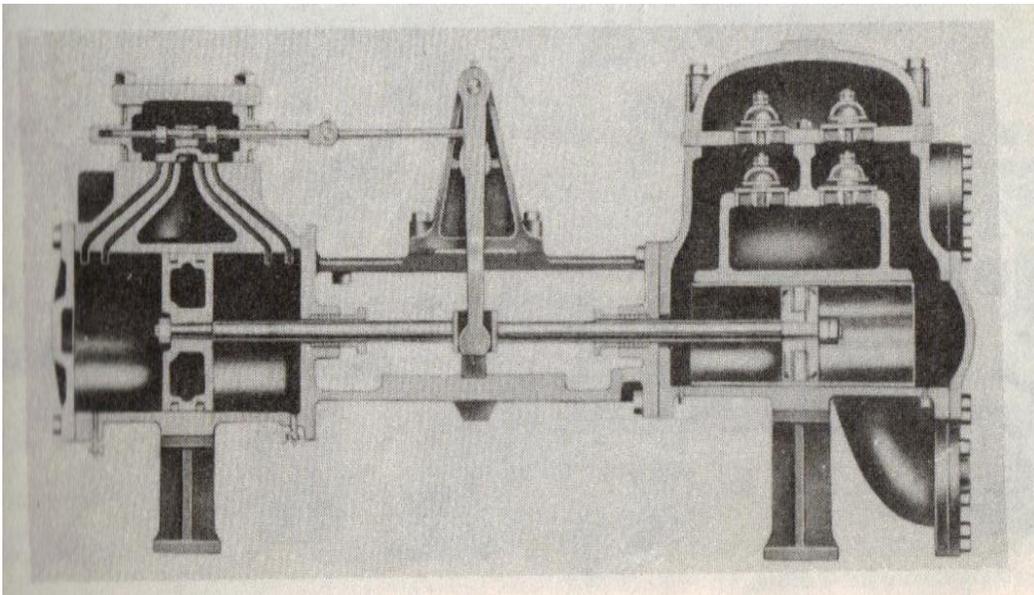


Figura 28.- Bomba reciprocante, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 57

3.5.8.1.- TIPOS DE BOMBAS RECIPROCANTES

Básicamente son dos tipos de bombas reciprocantes existentes:

- Acción directa
- Bombas de potencia

3.5.8.2.- BOMBAS DE ACCIÓN DIRECTA:

Este tipo una varilla de pistón conecta un pistón de vapor y uno de líquido. Se construyen simplex y dúplex. Las simplex son de un pistón de vapor y un pistón de líquido. Las dúplex son de dos pistones de vapor y dos de líquido. Algunos de sus son han sido por ejemplo:

Alimentación de calderas en presiones bajas y medianas, bombeo de aceite y agua.

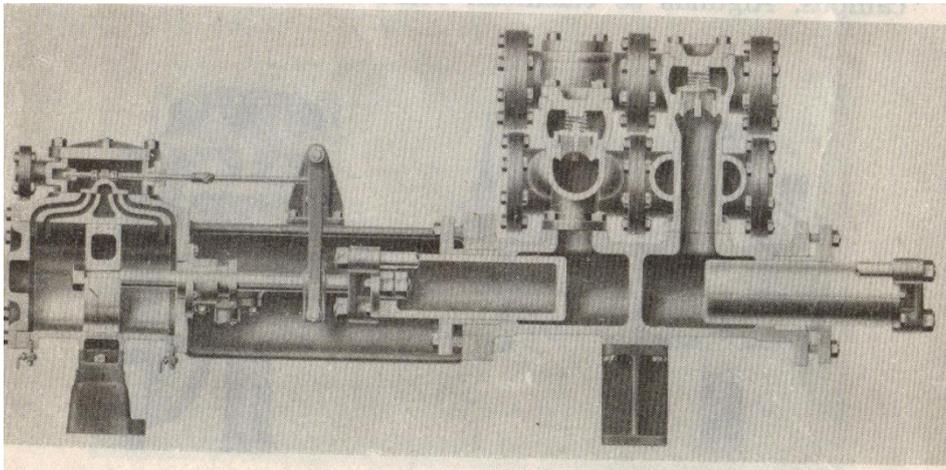


Figura 29.- Bomba horizontal dúplex, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 58

3.5.8.3.- BOMBAS DE POTENCIA:

Se caracterizan por que tiene un cigüeñal movido por una fuente externa generalmente un motor eléctrico, banda o cadena. Se usan engranes entre el motor y el cigüeñal.

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

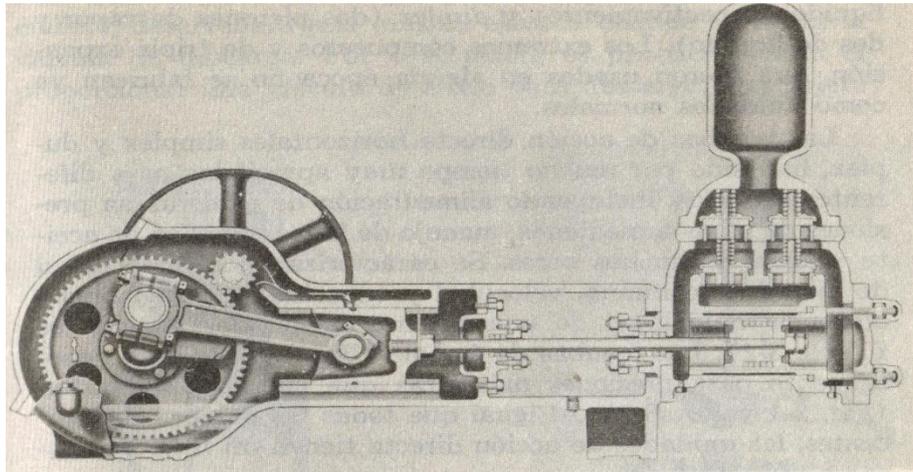


Figura 30.- Bomba horizontal de potencia simple, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1^o edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 59

3.5.8.4.- BOMBAS DE POTENCIA DE BAJA CAPACIDAD:

Estas unidades también son conocidas como bombas de capacidad variable, volumen controlado y de proporción, su uso principal es para controlar flujos en pequeñas cantidades para alimentar calderas, equipos de procesos y unidades similares.

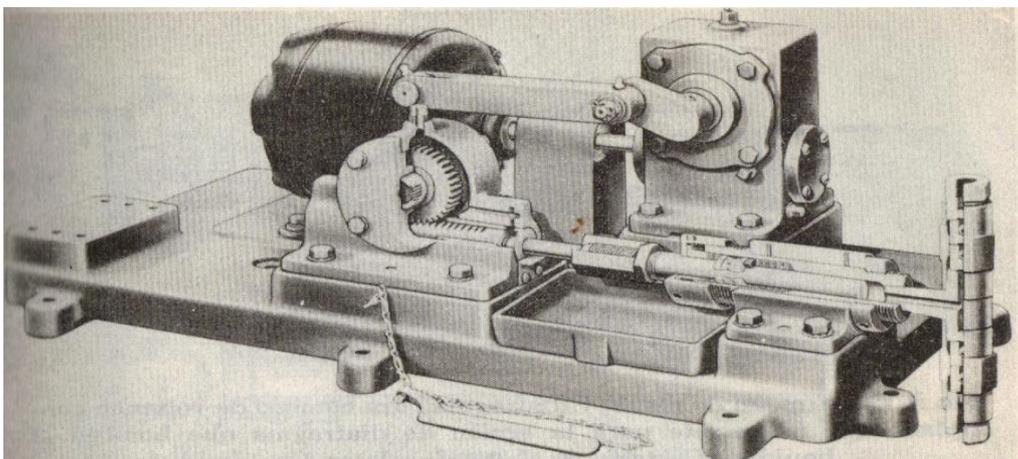


Figura 31.- Bomba de embolo para medición, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1^o edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 63

La bomba combinada de diafragma y pistón generalmente es usada para pequeñas cantidades. Son apropiadas para pulpas gruesas, drenajes, lodos, soluciones acidas y alcalinas. El diafragma de material flexible no metálico, puede soportar mejor la acción corrosiva o erosiva que las partes metálicas de algunas bombas reciprocantes.

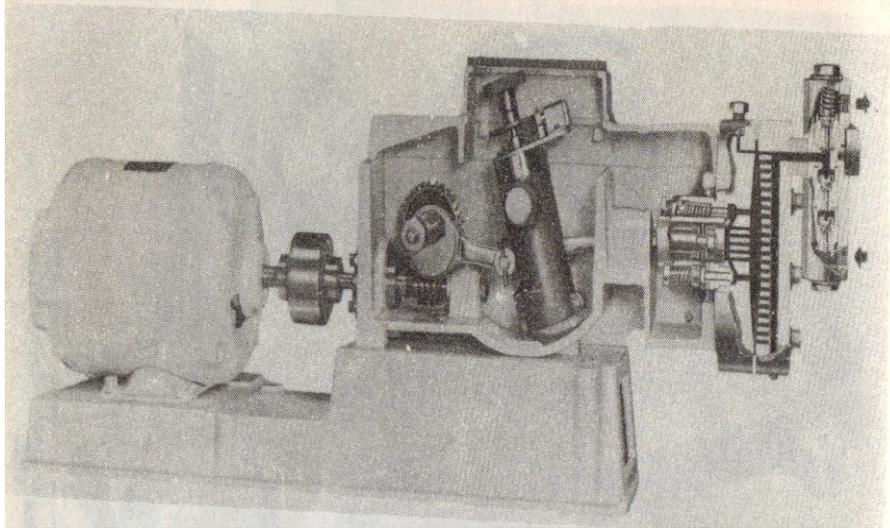


Figura 32.- Unidad de pistón y diafragma, Hicks G Tyler, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, 1980 editorial Continental S.A., México, pág. 64

CAPÍTULO IV

ACCESORIOS

4.-VÁLVULA

El tipo de válvula dependerá de la función que debe efectuar, sea de cierre (bloqueo), estrangulación o para impedir un flujo inverso.

Dado que hay diversos tipos de válvulas disponibles para cada función, es necesario determinar las condiciones de servicio en que se emplearan las válvulas. Es sumamente importante conocer las características físicas y químicas de los fluidos que son manejados.

4.1-VÁLVULA DE COMPUERTA

Supera en número a los otros tipos de válvulas en servicios en donde se requieren circulación interrumpida y poca caída de presión. Las válvulas de compuerta no se recomiendan para servicios de estrangulación, porque la compuerta y el sello tienden a sufrir erosión rápida cuando restringen la circulación.

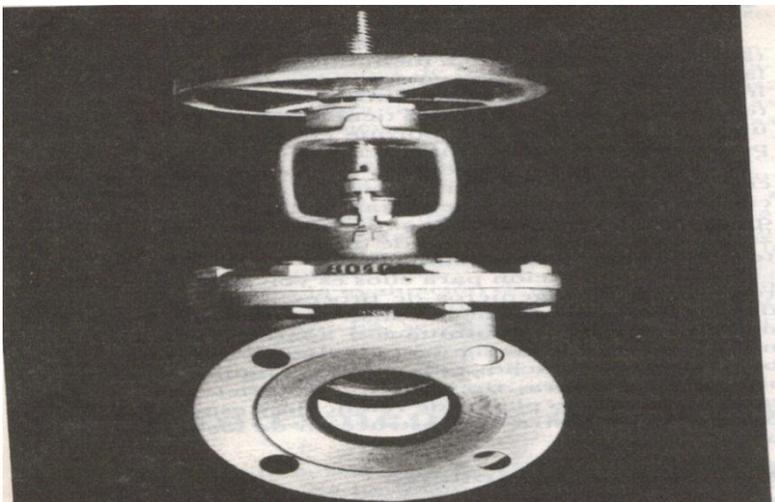


Figura.- 33 Válvula de compuerta, Greene Richard W, Válvulas selección, uso y mantenimiento, 1ª Edición, 1989, editorial McGraw Hill, pág. 16

4.2-VÁLVULAS DE GLOBO

Las válvulas de globo se utilizan para cortar o regular el flujo del líquido y éste último es su utilidad principal. El cambio de sentido de flujo (dos

vueltas en ángulo recto) en la válvula ocasiona turbulencia y caída de presión.

Los principales componentes usuales de una válvula de globo son: volante, vástago, bonete, asientos, disco y cuerpo.

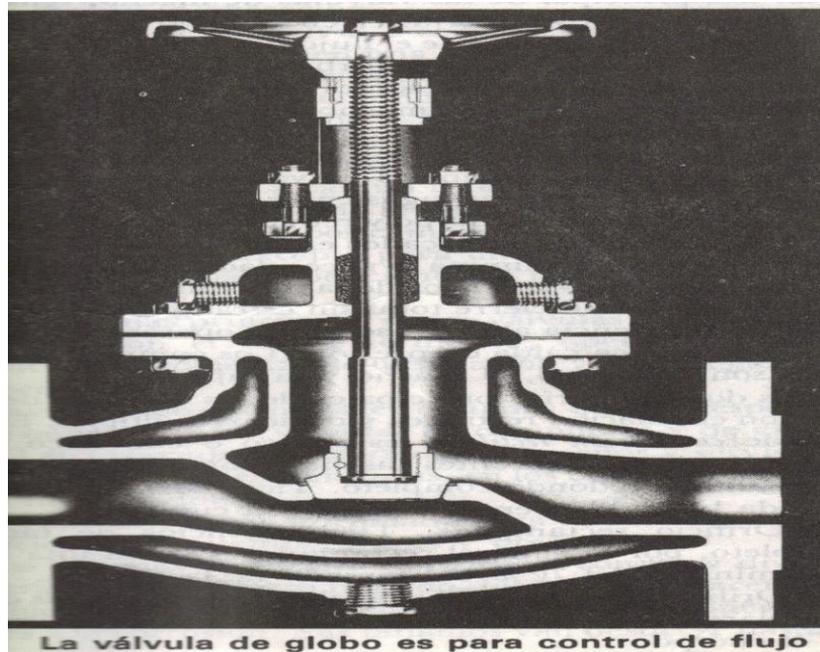


Figura.- 34 Válvula de globo, Greene Richard W, Válvulas selección, uso y mantenimiento, 1º Edición, 1989, editorial McGraw Hill, pág. 17

4.3-VÁLVULAS DE MARIPOSA

Las válvulas de mariposa son uno de los tipos más antiguos que se conocen. Son sencillas, ligeras y de bajo costo. El uso principal de las válvulas de mariposa es para servicio de corte y de estrangulación cuando se manejan grandes volúmenes de gases y líquidos a presiones bajas.

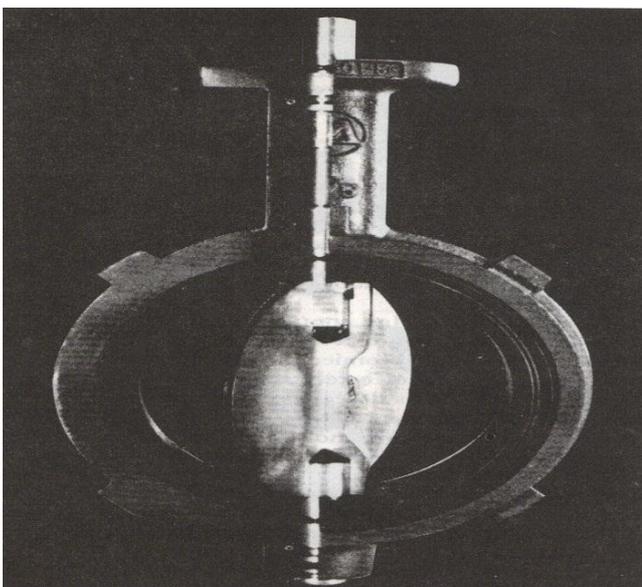


Figura.- 35 Válvula de mariposa, Greene Richard W, Válvulas selección, uso y mantenimiento, 1º Edición, 1989, editorial McGraw Hill, pág. 18

4.4-VÁLVULAS DE MACHO

El uso principal de las válvulas de macho, igual que las válvulas de compuerta, es en servicio de corte y sin estrangulación. Dado que el flujo por la válvula es suave e ininterrumpido, hay poca turbulencia dentro de ella y, por tanto la caída de presión es baja.

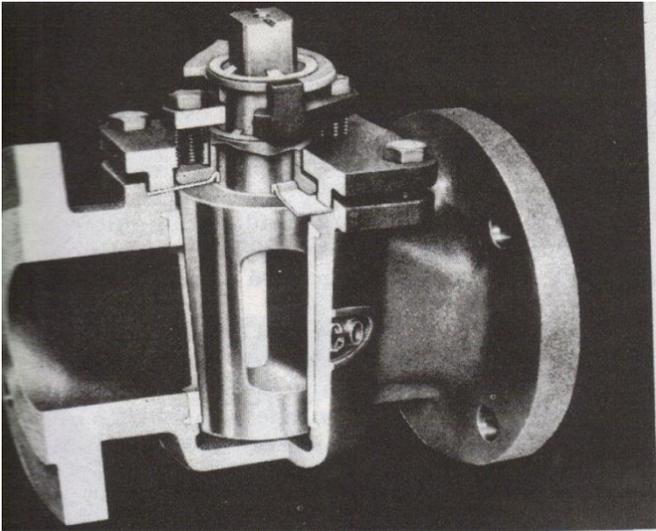


Figura.- 36Válvula macho, Greene Richard W, Válvulas selección, uso y mantenimiento, 1º Edición, 1989, editorial McGraw Hill, pág. 19

4.5-VÁLVULA DE BOLA

Las válvulas de bola, básicamente, son válvulas de macho modificadas; Debido a la tecnología de los plásticos se ha logrado sustituir asientos metálicos con elastómeros.

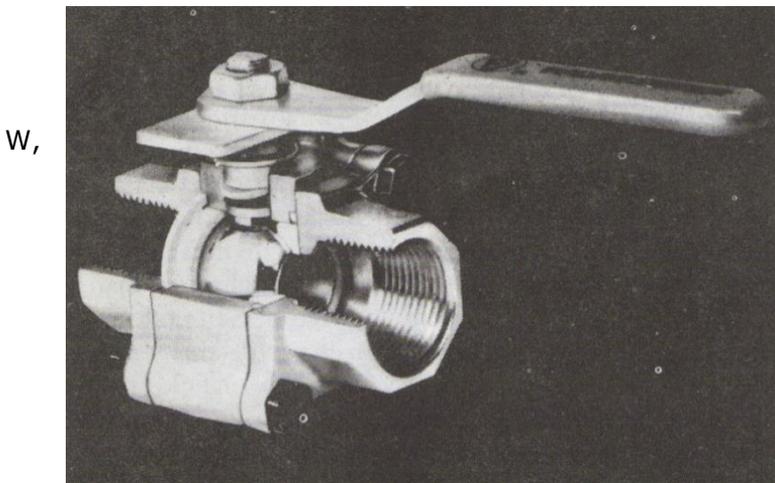


Figura.- 37 Válvula de bola, Greene Richard W, Válvulas selección, uso y mantenimiento, 1º Edición, 1989, editorial McGraw Hill, pág. 20

4.6-VÁLVULAS DE AGUJA

Las válvulas de aguja son, básicamente, válvulas de globo que tienen machos cónicos similares a agujas que ajustan con precisión en sus asientos. Al abrirlas, el vástago gira y se mueve hacia afuera. Se puede lograr estrangulación exacta de volúmenes pequeños debido al orificio variable que se forma entre el macho cónico y su asiento también cónico.

4.7.- VÁLVULAS DE COMPRESIÓN

Las válvulas de compresión son las mas sencillas y baratas de todas. Se pueden utilizar para servicio de corte o de estrangulación. Las características principales de las válvulas de compresión son servicio de corte y estrangulación.

4.8.- VÁLVULAS DE CORREDERA

Las válvulas de corredera que, por lo general, se utilizan para controlar líquidos y gases a baja presión, no se destinan a servicios en donde se requiere un cierre hermético.

4.9.- VÁLVULAS PARA TANQUES DE FONDO PLANO

Una válvula de corredera consiste en un cuerpo que en su interior contiene una parte móvil y una serie de pasajes internos. La parte móvil puede (adoptar diversas posiciones) desconectar o comunicar entre si, de diversas formas, a estos pasajes internos. La parte móvil la constituye una pieza torneada que puede deslizarse (como si fuera un pistón) dentro de una cavidad cilíndrica que tiene el cuerpo de la válvula

Las válvulas para fondo plano se utilizan para vaciar tanques y otros recipientes.

4.10.- VÁLVULA DE DRENAJE TIPO ARIETE

Las válvulas de drenaje tipo ariete es otro tipo de válvula para fondos planos, en la cual el ariete penetra en el tanque cuando esta cerrada y evita la acumulación de materiales que podrían obstruir la salida del tanque o recipiente.

4.11.- VÁLVULAS DE DIAFRAGMA

Las válvulas de diafragma se utilizan para el corte y estrangulación de líquidos que pueden llevar una gran cantidad de sólidos en suspensión.

En las válvulas de diafragma se aísla el fluido de las partes del mecanismo de operación. Esto las hace idóneas en servicios corrosivos o viscosos, ya que evita cualquier contaminación hacia o del exterior.

La estanqueidad se consigue mediante una membrana flexible, generalmente de elastómero, pudiendo ser reforzada con algún metal, que se tensa por el efecto de un eje-punzón de movimiento lineal, hasta hacer contacto con el cuerpo, que hace de asiento.

Las aplicaciones de este tipo de válvula son principalmente para presiones bajas y pastas aguadas que a la mayoría de los demás equipos los corroerían y obstruirían

Las válvulas de diafragma se utilizan en servicios para corte y estrangulación y desempeñan una serie de servicios importantes para el control de los líquidos.

4.12.- VÁLVULAS EN Y

Las válvulas en Y, que son una modificación de las válvulas de globo, tienen el conducto rectilíneo de una válvula de compuerta. El orificio para el asiento está a un ángulo de unos 45° con el sentido del flujo.

4.13.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK)

Las válvulas de retención check son integrales y se destinan a impedir el flujo en una tubería. La presión del fluido circulante abre la válvula; el peso del mecanismo de retención y cualquier inversión en el flujo la cierran.

Válvulas horizontales de retención

En las válvulas horizontales de retención, se eleva un disco o bola dentro de sus guías desde su asiento por la presión de circulación ascendente. Cuando se detiene o se invierte el flujo, el disco vuelve a asentar por gravedad. En algunas válvulas se utilizan resortes para tener un cierre más positivo.

4.14.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE BOLA

En estas válvulas, en lugar del disco guiado se utiliza una bola o balón de libre rotación, para distribuir el desgaste con mayor uniformidad en toda la superficie.

4.15.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE PISTÓN

Son muy similares a las horizontales de retención y están equipadas con un amortiguador que consta de un pistón y un cilindro que producen acción amortiguadora durante el funcionamiento.

4.16.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE MARIPOSA

Se trata de una válvula para colocar entre bridas que ajustan entre sí. El cuerpo esta formado por un anillo máximo cuando la válvula esta totalmente abierta (en control todo-nada se consideran 90* y en control continuo 60*, a partir de la posición de sierre ya que la ultima parte del giro es bastante inestable), siempre que la cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circula.

La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo. Un actuador exterior acciona el eje de giro del disco y ejerce su par presión diferencial permanezca constante. En la selección de la válvula es importante considerar las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre; se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada.

No se trata de un sistema lineal porque las secciones son diferentes y por lo tanto variable el caudal. Las válvulas de mariposa se emplean para el control de grandes caudales de fluidos a baja presión. Es muy utilizada para sistemas de contra incendio, ya que permanece abierta; de este modo deja pasar el agua, al ser un sistema que no está en movimiento nunca

4.17.-VÁLVULAS ESPECIALES

En la mayor parte de las instalaciones de tubería se requieren válvulas especiales destinadas a un solo tipo de servicio. Dos de estas válvulas son: válvula de globo y ángulo para retención de vapor y válvula de purga; su uso principal es en servicios de vapor.

CAPÍTULO V

MANTENIMIENTO

5.- EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

El principal papel del requerimiento en realizar mantenimiento es sostener con vida la funcionalidad de los equipos y así mismo conservar en buen estado las máquinas a través del tiempo. Bajo este objetivo se puede comprender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas, de acuerdo con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante el uso de estos activos para producirlos.

La historia del mantenimiento, como parte esencial de las empresas, data desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre se integra de manera benéfica a la tecnología y al desarrollo de la energía en muchos equipos.

Es realizado un reconocimiento a la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las maquinas desde principios del siglo XX, en los Estados Unidos, donde hasta ese momento todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan únicamente con el mantenimiento correctivo.

El desarrollo del mantenimiento como rama de estudio permite diferenciar varias generaciones de evolución, en relación con los diferentes objetivos que son observados en las áreas productivas o de manufactura (y en mantenimiento) a través del tiempo. Primeramente se analiza como son llevadas cada una de las etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción para ese momento. La clasificación generacional relaciona las áreas del mantenimiento y producción en términos de desarrollo y evolución.

5.1.- TRAYECTORIA RELEVANTE QUE INCIDEN EN EL MANTENIMIENTO VIGENTE

El mantenimiento es el sustantivo que corresponde al verbo mantener. La función objetiva del mantenimiento es sostener la funcionalidad y el

cuerpo de un objeto o aparato productivo para que cumpla su función de producir bienes o servicios.

Dichos aparatos y o sistemas mecánicos, neumáticos, hidráulicos y eléctricos no son más que los objetos que generan la ingeniería en sus diferentes versiones. Por ejemplo, la ingeniería mecánica con toda la maquinaria, la ingeniería civil con grandes edificaciones, puentes, carreteras, autopistas, instalaciones físicas; la ingeniería eléctrica con sus sistemas eléctricos de generación o transmisión eléctrica; la ingeniería electrónica con sus sistemas electrónicos y aparatos electrónicos, etc.

En cada división de la ingeniería cambian los objetos que se deben de cuidar para que funcionen correctamente, pero la función de mantener primeramente sobre la ingeniería en general, lo cual permite afirmar que el objeto que mejor reúne la función de producir otros bienes o servicios son las máquinas. Para tal efecto se hace una revisión histórica sucinta y concreta de la ingeniería mecánica, para describir los hechos antiguos y recientes, que inciden hoy en el mantenimiento. Se deja constancia de que por el hecho de describir situaciones anteriores de ingeniería mecánica, el mantenimiento no es exclusivo de esta división de la ingeniería.

Se realizó una presentación del ejercicio profesional de la ingeniería mecánica en base al diseño, la proyección, el funcionamiento, la conservación y la reparación; como bien dichas actividades hacen referencia al mantenimiento de maquinaria, instalaciones, sistemas industriales, etc., tal como es definido por la OIT mediante las tareas, funciones y actividades de todas las ingenierías con reconocimiento universalmente.

Este concepto de la ingeniería mecánica es ratificada en la definición de ingeniería, conjunto de conocimientos por los que las propiedades de la materia y los recursos naturales de energía se hacen útiles al hombre mediante máquinas, estructuras, etc. En particular el concepto de la rama mecánica, adjetivo relativo a la máquina o a la mecánica o realizado por una máquina.

En algunos casos se encuentra la asignatura universitaria *Equipos industriales y mantenimiento* en programas de ingeniería industrial. Pero al respecto la OIT (OIT-C1UO-88) se pronuncia sobre las ingenierías no

clasificadas dentro de las cuales aparecen: industrial, producción, textiles, entre otras, donde, donde se describe que estas solo se dedican a el desarrollo de procedimientos relativos a la eficiencia de la producción, sobre tecnologías de procesos de fabricación. Pero no enuncia la maquinaria como su objeto, de lo que se hace o analiza.

Sin embargo, la mayoría de productos o servicios derivados de las otras ingenierías son objetos, artefactos o aparatos que ayudan a producir otros bienes o servicios, lo cual los hace susceptibles de aplicarles mantenimiento.

5.2.- LA INGENIERÍA Y LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO OIT

La ingeniería se clasifico en el subgrupo 2145 (62), dentro del segmento 214 arquitectos, ingeniero y afines, los cuales investigan, perfeccionan o desarrollan conceptos, teorías y métodos, aplicando los conocimientos de su especialización en campos como la ingeniería o la tecnología y otros, o en la determinación de la eficiencia económica de procesos de producción.

El mantenimiento y la reparación son partes muy esenciales del objeto de estudio de la especialización, entendiéndose la función de mantenimiento dependiente del ciclo de vida de las máquinas en sus tres etapas: mantenimiento, reparación o sustitución; y la función de reparación como una especie de mantenimiento especial en un estado de uso (o abuso) más avanzado del equipo; es decir, con una mantenibilidad más reducida.

Las últimas tareas descritas (construir, mantener y reparar), enunciadas en el documento CIUO-88, son empleadas en edificios, obras públicas, ciudades, zonas urbanas, otras obras propias de la ingeniería, o de la ingeniería mecánica y afines, y sus aplicaciones industriales, estructuras, instalaciones, máquinas y equipos, sistemas y en métodos de extracción de petróleo, gas natural y otros minerales. O agua, de separación de metales y de refinación y tratamientos; procesos mecánicos, químicos o de otra índole. También sirven para estudiar y asesorar acerca de los aspectos tecnológicos de determinados materiales, productos o procesos

industriales, y para asuntos relacionados con la eficiencia de la producción y de la organización del trabajo. Así mismo, se pueden usar en preparar ponencias (MIT-C1UO-88) e informes científicos o técnicos. Sus tareas incluyen la supervisión de otros trabajadores.

5.3.- TRAYECTORIA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ASOCIADA AL MANTENIMIENTO

La historia de las máquinas, su desarrollo, avance y así mismo retroceso está enmarcada por múltiples hechos que inciden en el mantenimiento industrial vigente y actual. Entre los hechos con mayor relevancia se enunciaran algunos que permiten comprender el mantenimiento realizado en nuestra época.

5.3.1.- HISTORIA

El desarrollo de los mecanismos y de las máquinas tiene su origen en dos vértices: en la arqueología que permite el estudio histórico de los mecanismos que se usan desde la prehistoria, y en el vértice biológico que es un trabajo continuo de la naturaleza en los seres vivos, que analiza los complejos mecanismos biológicos de los animales y de las plantas, a través del tiempo.

Desde la época de la prehistoria el humano ha utilizado el sílex para la producción de sus máquinas, como cuchillos, martillos, hachas y demás instrumentos y utensilios; es decir, el sílex es aprovechado como una fuente de materia prima para sus instrumentos.

5.3.2.- DIFERENTES CULTURAS

Durante la explosividad del mundo islámico en la Edad Media se dieron las bases de lo que posteriormente ocurre en el Renacimiento, época en que se expande el concepto de la mentalidad creativa e innovadora en la

bella Italia, con su teatro y sus escenarios de máquinas, lo cual coincide con la publicación de los 21 libros sobre los ingenios y las maquinas.

Con la Revolución Industrial en Inglaterra, que se extendió a toda Europa, se consolida todo el desarrollo anterior que dio origen a una cultura que utiliza una maquina a su servicio, con la secuencia de un vertiginoso crecimiento en la evolución y el desarrollo de las máquinas y mecanismos, desde lo más recóndito de la historia hasta lo actual de los siglos XIX, XX Y XXI. En China sobresale su gran progreso en la escritura, y en los medios tecnológicos para masificarla, en ocasiones superior a la que se alcanza en Europa en el siglo XV. Los chinos logran grandes avances en astronomía, biología, matemáticas, física e ingeniería y en los aparatos en que se apoyan para ese crecimiento.

5.3.3.- RENACIMIENTO

Las maquinas adquieren gran difusión y expansión, así mismo se logra un avance en la era del renacimiento en Europa Occidental. Se olvida la decadencia cultural de la Edad Media, y sobresale el desarrollo tecnológico con protagonistas como: Galileo Galilei, Miguel Ángel, Leonardo da Vinci, Francisco di Giorgio, Agostino Ramelli, Georgius Agrícola, Isaac Newton, etc.

Se dan grandes avances en la astronomía, la medicina, la invención de la pólvora, las armas bélicas, las embarcaciones, el descubrimiento de América, y muchos más que contribuyen eficientemente a los desarrollos actuales de máquinas, mecanismos y equipos.

Después del renacimiento, el descubrimiento de nuevos territorios permitió la expansión y la creación de colonias europeas, que encuentran nuevos minerales y materias primas para su explotación, lo cual implica el desarrollo urgente de nuevos mecanismos y maquinas que, a su vez, permiten un gran avance en la ingeniería mecánica.

5.3.4.- REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

En esta época es acoplada una gran cantidad de inventos, creaciones, bosquejos, mecanismos, maquinas, conocimientos, explicaciones, etc., para así lograr un súper avance en la producción industrial. La creación de la máquina de vapor pone un punto de quiebre en el desarrollo de la ingeniería. Y es cuando se logra entender el concepto según el cual las maquinas no requieren al hombre para funcionar, sino más bien que han de servirle a la humanidad para su bien y para mejorar la calidad de vida.

En esta época surgió un buen desarrollo en la ingeniería textil, empiezan los primeros vestigios de sistemas de producción en grandes volúmenes. Inglaterra es el primer país en donde se implementan sistemas fabriles mecanizados y con algún grado de automatización, que permiten elabora grandes cantidades de productos.

Los grandes avances tecnológicos que se dan en la Revolución Industrial, como la máquina de vapor, sirven de base para el sistema empresarial moderno que, desde los siglos XIX, XX y en el actual, aprovechan ese cúmulo de conocimientos y otros más recientes como la masificación de la energía eléctrica para construir los sistemas productivos de la actualidad.

Con los grandes progresos y avances tecnológicos de las máquinas y los mecanismos en la Revolución Industrial, en el siglo XIX se logra independizar la ingeniería mecánica de las otras áreas de la ingeniería. Y con el advenimiento de los grandes progresos de la ingeniería en el siglo XX son consolidadas las especializaciones de la ingeniería.

5.3.5.-MOTORES Y MÁQUINAS DE VAPOR

Gracias a la máquina de vapor revoluciona la industria metalúrgica en Inglaterra y luego en Francia, y la hace crecer en volúmenes y producciones en economías de escala, inimaginables para la época.

La máquina de vapor permitió el rápido crecimiento de los sistemas mundiales de transporte y la expansión de los mercados globales. Existen algunos inventos derivados de la máquina de vapor, como el martillo de vapor de los hermanos Scheider del Greuzot en 1841 y los hornos Siemens. Los primeros sistemas de transporte masivo, que usan la máquina de vapor, aparecen en el transporte fluvial.

La fuerza motriz e industrial que se logra con los animales o el hombre, para los sistemas de fabricación, se sustituye vertiginosamente con la aparición de la máquina de vapor, el automóvil, y los motores de combustión interna. En 1771, Joseph Cugnot construye un vehículo tractor metálico autopropulsado, a partir del cual diversos constructores e inventores logran avances significativos en la fabricación de automóviles.

5.3.6.- MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores de combustión interna generó grandes cambios en los sistemas empresariales y de transporte masivo de personas y carga industrial. Pese a que el holandés Christian Huygens diseñó un motor de combustión en 1678, solo hasta 1876 se consolida este invento, con Augusto Otto que dio origen al motor de propulsión con gas. Más adelante, hacia 1887, Karl Benz y Gottlieb Daimler introducen eficaces automóviles a gasolina.

Posteriormente la Peugeot se consolida como el primer fabricante masivo de automóviles en serie en 1891, mientras otros fabricantes como Benz en Europa y Olds en Estados Unidos empiezan a consolidar la fabricación masiva de automóviles, hacia 1900.

Entre 1913 y 1920, Henry Ford se logró ser un fabricante en masa de vehículos, con cadenas y sistemas organizados de producción y estandarización en sus partes y automóviles, al alcanzar volúmenes de producción de hasta dos millones de carros por año. Hacia 1920, Canadá y Estados Unidos son los artífices del 90% de la producción mundial de vehículos. Durante todo el siglo XX se expande la industria automotriz en

todo el mundo, y junto con el petróleo se convierte en dos puntales de la economía mundial.

Por otro lado, en el desarrollo de la industria automotriz es pertinente enunciar a Rudolph Diesel, quien aportó el motor Diesel, base de la industria del transporte marítimo, fluvial, terrestre, etc. En sistemas de grandes volúmenes de carga pesada en muchos países del mundo.

5.3.7.- AVIACIÓN

Por estos últimos siglos la aviación también presenta avances interesantes. El montaje inglés Roger Bacon, en el siglo XIII, descubre que igual que el agua soporta un barco, el aire podría soportar objetos. Posteriormente Leonardo da Vinci realizó algunos diseños que luego sirvieron de base para construir aeronaves. Los franceses Penaud, en 1871, y Víctor Tatin construyeron modelos que lograron volar por periodos y trayectos cortos.

En 1891, un aparato diseñado por Lawrence Hargrave voló 95 metros. Pierpont Langley, en 1896, vuela con un aeroplano casi 1 200 metros.

Por fin, el 17 de diciembre de 1903, los hermanos Wright, de Estados Unidos, en la ciudad KittyHawkn logran vuelos significativos que fueron la base para el posterior desarrollo vertiginoso de la aviación con sus modelos Flyer, Flyer II y Flyer III, que paulatinamente alcanzan progresos hasta durar más de media hora en vuelo, en una demostración realizada en Francia en agosto de 1908 con su aeroplano de motor.

La primera fábrica de aviones del mundo, de la que se tiene registro, es la de los hermanos Voisin en París. Uno de los aviones que se fabricaron allí, el Levavasseur Antoinette con un motor de vapor de 40 caballos, tripulado por el brasileño A.Santos D. en 1906 alcanzó a recorrer 220 metros en 22.5 segundos. Otro avión de la fábrica de los Voisin, con piloto Henri Farman, voló más de dos minutos en 1907. En 1909, Orville uno de los hermanos Wright completa con un avión los requisitos de vuelo del Cuerpo de Señales del Ejército de los Estados Unidos, lo que constituye el primer aeroplano operativo con funciones de milicia.

El estadounidense Glenn Hammond Curtiss voló un dirigible de Thomas Baldwin, en 1907, y cuatro años más tarde sirvió de piloto al primer hidroavión. El francés Louis Blériot logró cruzar el canal de la Mancha, en un recorrido de aproximadamente 37 Km, que realizó en unos 35 minutos. Earle Ovington realiza, en 1911, algunos vuelos en Estados Unidos con correo a bordo.

Durante la primera guerra mundial y en los años sucesivos se construyeron más aviones que en los últimos quince años. El primer vuelo transcontinental lo realiza Calbraith P. Rodgers en 1911. Y el primer trayecto aéreo transatlántico sin escala se logra, en 1919, con los británicos John William Alcock y Arthur Whitten Brown. En 1927, el estadounidense Charles A. Lindbergh cruza en solitario el océano Atlántico.

En 1944, los Estados Unidos alcanzaron la cifra de 97.694 aviones producidos, y Alemania agregó dos nuevos aportes a la aviación mundial: motores de reacción para aviones y el primer proyectil volante. En general, durante la Segunda Guerra Mundial se logran importantes avances de todo género en la navegación aérea. Hacia 1986 la aviación logra el primer vuelo de una aeronave ligera alrededor del mundo sin escalas.

En 1947 nacen la OACI y la IATA como entidades reguladoras del transporte aéreo mundial, ambas con sede en Montreal Canadá.

5.3.8.- ERA ESPACIAL

La navegación espacial contribuye de manera impresionante al desarrollo de la ingeniería, de los mecanismos, de las máquinas y de todos sus artefactos relacionados. Importantes avances se logran a través del vertiginoso crecimiento de la ciencia espacial tanto en el orden militar como el científico, en cuyo campo sobresalen diferentes protagonistas, tales como Konstantin Eduardovich Tsiolkovski hacia finales del siglo XIX, con sus principios sobre la teoría de vuelos de cohetes y perspectivas de la navegación aeroespacial. El estadounidense Dr. Robert Goddard, quien amplía la gama del conocimiento de cohetes y el

comportamiento dinámico de naves en el espacio y lanza por primera vez en el mundo un cohete movido por combustible líquido, en 1926.

Al inicio de la segunda guerra mundial, Alemania alcanza el vuelo controlado de cohetes con giróscopo. Al final de la guerra, ya Rusia y Estados Unidos contaban con avances tecnológicos que les permitían penetrar la atmosfera con cohetes sonda. Una vez finaliza el conflicto global, la mayoría de las tecnologías relacionadas con la navegación espacial se ubican en Estados Unidos, en Rusia, Francia y Gran Bretaña.

En 1957, Rusia pone en orbita el primer Satélite espacial llamado Sputnik.

Posteriormente, con el lanzamiento por Estados Unidos del Explorer 1, nace la carrera espacial entre norteamericanos y rusos. La llegada del hombre a la Luna y demás avances tecnológicos vertiginosos por parte de diferentes potencias, entre finales del siglo XX e inicios del siglo XXI, permiten grandes aportes a las máquinas y a los mecanismos y, por ende, crean una necesidad creciente de avanzar en el mantenimiento de estos complejos equipos y sistemas.

5.3.9.- ÉPOCA ACTUAL

Otras ciencias que se desarrollan a grandes velocidades son la metalurgia con materiales nuevos, con memoria, aleaciones, y con materiales inteligentes, por un lado, y por el otro la nanotecnología, la electrónica, la cibernética, la automatización y las micro-maquinas. En general el mundo actual tiene unos ritmos de crecimiento exponenciales, lo que obliga a los mantenedores de estos tiempos a manejar un espectro amplio y profundo de conocimiento para mantener la funcionalidad confiable de los mecanismos y maquinas de producción.

Etapa	Sucede aproximadamente	Orientación hacia	Necesidad específica	Orientación hacia	Objetivo que pretende
I	Antes de 1950	El producto	Generar el producto	Hacer acciones correctivas	Reparar fallos imprevistos
II	Entre 1950 y 1959	La producción	Estructurar un sistema productivo	Aplicar acciones planeadas	Prevenir, predecir y reparar fallos
III	Entre 1960 y 1980	La productividad	Optimizar la producción	Establecer tácticas de mantenimiento	Gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	Entre 1981 y 1995	La competitividad	Mejorar índices mundiales	Implementar una estrategia	Medir costos, CMD, compararse, Predecir índices, etc.
V	Entre 1996 y 2003	La innovación tecnológica			
VI	Desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinado entre ambas dependencias anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimiento. -Predicciones-Pronósticos-Gestión de activos			

Figura.-38 Tabla evolución del mantenimiento, Mora Luis Alberto, Mantenimiento planeación, ejecución y control, 1° edición, 2009, editorial Alfa Omega, pág. 11

5.4.- LOS FALLOS

Todos tenemos clara la idea de que una empresa crea un producto porque existe una serie de clientes a los que les interesa. Cuanto más se adapte este producto a sus necesidades más satisfechos estarán, atrayendo a nuevos clientes. El éxito de muchos productos se basa en estudiar tanto las necesidades de los clientes para poder lograr su satisfacción, como el proceso productivo para lograr el máximo beneficio. Cuando hablamos de producto nos referimos tanto a un servicio como a cualquier objeto y cuando hablamos de clientes a quien recibe el producto.

Para el caso del mantenimiento, la idea no es tan trivial pero puede aplicarse igualmente. La necesidad que nos produce cualquier instalación es la de conservarla en situación de que permita obtener el fin al que esta destinada. Mantenimiento ofrece como producto para cubrir esta necesidad la reparación de anomalías que surjan e incluso las correcciones para que no lleguen a producirse. En principio, el cliente de mantenimiento será el departamento de producción. Aunque el cliente en este caso es único, sus necesidades pueden ser muy variadas en función del tipo de instalación.

De la misma manera que para lanzar un nuevo producto se estudia el mercado (clientes y sus necesidades) y el proceso de producción óptimo, Mantenimiento debe estudiar las posibles averías que se presenten en la instalación y el proceso de su reparación.

En ocasiones, se comete el error de centrar el mantenimiento en las reparaciones olvidando el análisis de la avería. La manera de hacer una buena reparación pasa por evitar que ocurra la avería nuevamente, es por tanto imprescindible conocer las causas que la han originado y eliminarlas.

5.4.1.- CLASIFICACIÓN DE LAS AVERÍAS

Empezaremos por definir que es una avería, los diferentes tipos y las clasificaciones que podemos hacer de ellas.

La definición de avería viene dada como: Deterioro o desperfecto en cualquiera de los órganos de un aparato que impide el funcionamiento normal de este.

Experimentalmente observamos que no existe un equipo perfecto que esté libre de cualquier fallo o anomalía a lo largo de su utilización.

5.4.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS AVERÍAS SEGÚN LA INDUSTRIA

A nivel industrial se suele entender como avería un fallo que impide que la instalación mantenga el nivel productivo. Esta idea debemos ampliarla a los fallos que ocasionan falta de calidad del producto, falta de seguridad, pérdidas energéticas y contaminación ambiental.

5.4.3.- FALLOS POR FALTA DE CALIDAD DEL PRODUCTO

Los equipos deben ser capaces de alcanzar la producción para la que se diseñaron pero, además deben hacer el producto que se esperaba. Si la calidad del producto depende del estado de la instalación, cualquier hecho que haga descender esta calidad será igualmente un fallo.

5.4.4.- FALLOS POR FALTA DE SEGURIDAD

Por otra parte, si el estado de las maquinas puede ocasionar algún riesgo para las personas o el resto de la instalación, también debe considerarse un fallo.

5.4.5.- FALLOS POR CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Como último tipo de fallo podemos considerar el ambiental. La normativa en este aspecto es cada vez más exigente y afecta no solo a los procesos productivos sino también al estado y mantenimiento de los equipos.

Dentro de este tipo de averías debemos considerar pérdidas energéticas y posibles soluciones.

Por ahora nos encontramos ante una primera clasificación de los fallos: los que afectan directamente al producto (cantidad-calidad) y los que afectan al entorno (seguridad-medio ambiente).

En la práctica nos encontramos con averías que pueden ser combinación de varios de estos tipos.

5.4.6.- CLASIFICACIÓN DE LOS FALLOS POR DIVERSOS CONCEPTOS

Podemos obtener otras clasificaciones y tipos de fallo por numerosos conceptos. Empezaremos por el origen de la avería, diferenciando los siguientes casos:

5.4.7.- FALLOS DEBIDO A MAL DISEÑO Y MAL CÁLCULO DEL EQUIPO

Fallos debidos a un mal diseño o errores de cálculo del equipo: No conocer exactamente las condiciones en las que trabajara la maquina, despreciar efectos que luego resultan más importantes de lo que se esperaba o el exceso de simplificación en el aparato para obtener mejores precios, ocasiona errores de diseño que adquirimos con el equipo.

5.4.8.- FALLOS POR DEFECTOS DE FABRICACIÓN

Fallos debidos a defectos durante la fabricación del equipo: Si se descuidan los controles de calidad de los materiales y piezas que componen el equipo, nos encontraremos con los fallos potenciales incluidos en la maquina que no tardaran en aparecer.

5.4.9.- FALLOS POR MAL USO DEL EQUIPO O INSTALACIÓN

Fallos producidos por el mal uso de la instalación: Proviene de un desconocimiento del manejo del equipo, por emplearlo en aplicaciones para las que no está diseñado, y sobre todo por utilizarlo en regímenes superiores o los especificados por el diseñador.

5.4.10.- FALLOS POR FENÓMENOS NATURALES Y AGENTES EXTERNOS

Fallos debidos a fenómenos naturales y otras causas: Dentro de esta clasificación están incluidos los que son debidos a fenómenos meteorológicos y causas exteriores.

5.5.- TIPOS DE MANTENIMIENTO

A continuación se describirán los tipos de mantenimiento existentes. Es difícil establecer el límite de cada tipo de mantenimiento. Exceptuando el mantenimiento correctivo.

Podemos hacer una sub-clasificación de los tipos de mantenimiento de la siguiente forma:

- A) Mantenimiento correctivo
- B) Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento de uso
 - Mantenimiento hard time
 - Mantenimiento predictivo
- C) Mantenimiento modificativo
 - Mantenimiento de proyecto
 - Prevención del mantenimiento
 - Mantenimiento de reacondicionamiento

D) Engrase de los equipos

5.5.1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y el encargado de las reparaciones el personal de mantenimiento.

Aunque los inconvenientes del mantenimiento correctivo son mayores que sus ventajas, es imposible prescindir de él. Siempre habrá averías que se escapen a cualquier predicción y que sea necesario reparar inmediatamente.

5.5.2.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo tiene por misión conocer el estado actual, por sistema, de todos los equipos y programar así el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno.

Los métodos más usuales que utiliza el mantenimiento preventivo para el conocimiento de los equipos los podemos resumir en:

INSPECCIONES VISUALES

Consiste en verificar posibles defectos o anomalías superficiales que vayan apareciendo en diferentes elementos del equipo. La inspección puede ser interna o externa. Para la externa puede realizarse a simple vista o con ayuda de lupas.

Para la interna se utilizan aparatos como los boroscopios y flexiscopios, capaces de acceder a zonas difíciles del interior del equipo.

MEDICIÓN DE TEMPERATURAS

La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, sin embargo su significado formal en termodinámica es más complejo, a menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica, que con la temperatura real. Se pueden detectar anomalías que van acompañadas de generación de calor como rozamiento o mala lubricación, fugas en válvulas y purgadores e incluso permite determinar el estado de los equipos mediante termografías superficiales.

CONTROL DE LA LUBRICACIÓN

El análisis de los aceites de las máquinas permite determinar el contenido de hierro o cualquier otro metal, el grado de descomposición, la posible presencia de humedad o cualquier otro compuesto que altere su funcionamiento. Con estos análisis podemos determinar los grados de desgaste de los elementos lubricados.

MEDICIÓN DE VIBRACIONES

El estudio de los espectros de vibraciones y su amplitud pueden proporcionarnos suficiente información para saber las partes que comienzan a dañarse dentro del equipo.

CONTROL DE FISURAS

Para el control de fisuras y otros defectos, se emplean métodos como las radiografías, líquidos penetrantes, ultrasonidos, corrientes inducidas, etc.

CONTROL DE LA CORROSIÓN

Para el control de la corrosión pueden emplearse desde testigos hasta medición de espesores mediante ultrasonidos o radiografías.

5.5.2.1.- MANTENIMIENTO DE USO

El mantenimiento de uso pretende responsabilizar del primer nivel de mantenimiento a los propios usuarios de los equipos. Para poder poner en marcha este mantenimiento es necesario dar a los usuarios cierta formación en mantenimiento y delimitar hasta donde pueden y deben actuar. Las acciones mas frecuentes que suelen realizar a los propios usuarios son el engrase, la limpieza, y el apriete de las partes de unión.

5.5.2.2.- MANTENIMIENTO HARD TIME

Consiste en revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca ningún fallo. La revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se deben sustituir o reparar perfectamente los elementos con una fiabilidad baja y los de una mantenibilidad alta.

5.5.2.3.- MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo consiste en el conocimiento permanente del estado y operatividad de los equipos, mediante la medición de determinadas variables. El estudio de los cambios en estas variables determina la actuación o no del mantenimiento correctivo.

5.6.- MANTENIMIENTO MODIFICATIVO

El mantenimiento modificativo se refiere a las acciones que llevan a cabo un mantenimiento, para modificar las características de producción de los equipos, como para lograr una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

5.7.- ENGRASE DE LOS EQUIPOS

La razón de incluir el engrase dentro de los tipos de mantenimiento es más por la importancia y consecuencias que genera el no realizarlo.

El engrase, normalmente, se suele introducir en el mantenimiento preventivo, siendo responsabilidad del departamento de mantenimiento. Sin embargo, el engrase debe considerarse como una necesidad unida al funcionamiento del equipo y no como una acción más del mantenimiento.

CAPÍTULO VI
DESARROLLO DE UN
MANUAL Y
PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO

6.1.- DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA

6.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA

Características:

- Impulsor abierto.
- Carcaza voluta con succión en el centro.
- Acabado sanitario de acuerdo a los estándares 3A.
- Conexiones: Clamp (estándar), Brida, NPT, Soldable, BevelSaet, DIN.
- Juego de soporte y patas en acero inoxidable.
- Fabricadas en normas NEMA (americanas) e IEC (europeas).
- Puede trabajar tanto en 60 Hz como en 50 Hz.
- Adaptador de acero inoxidable.
- Todas las partes en contacto con el producto están construidas en acero inoxidable T316L.
- Tipo de sellos: externo balanceado, doble balanceado enfriado por agua, y asiento externo estacionario.
- Opciones de empaque: Buna, Viton, EPDM, Teflón.

Datos técnicos

•Caudal:	hasta 1,200 GPM
•Presión:	hasta 310 pies de carga
•Viscosidad:	hasta 600 CPS
•Temperatura:	hasta 180°C (356°F)

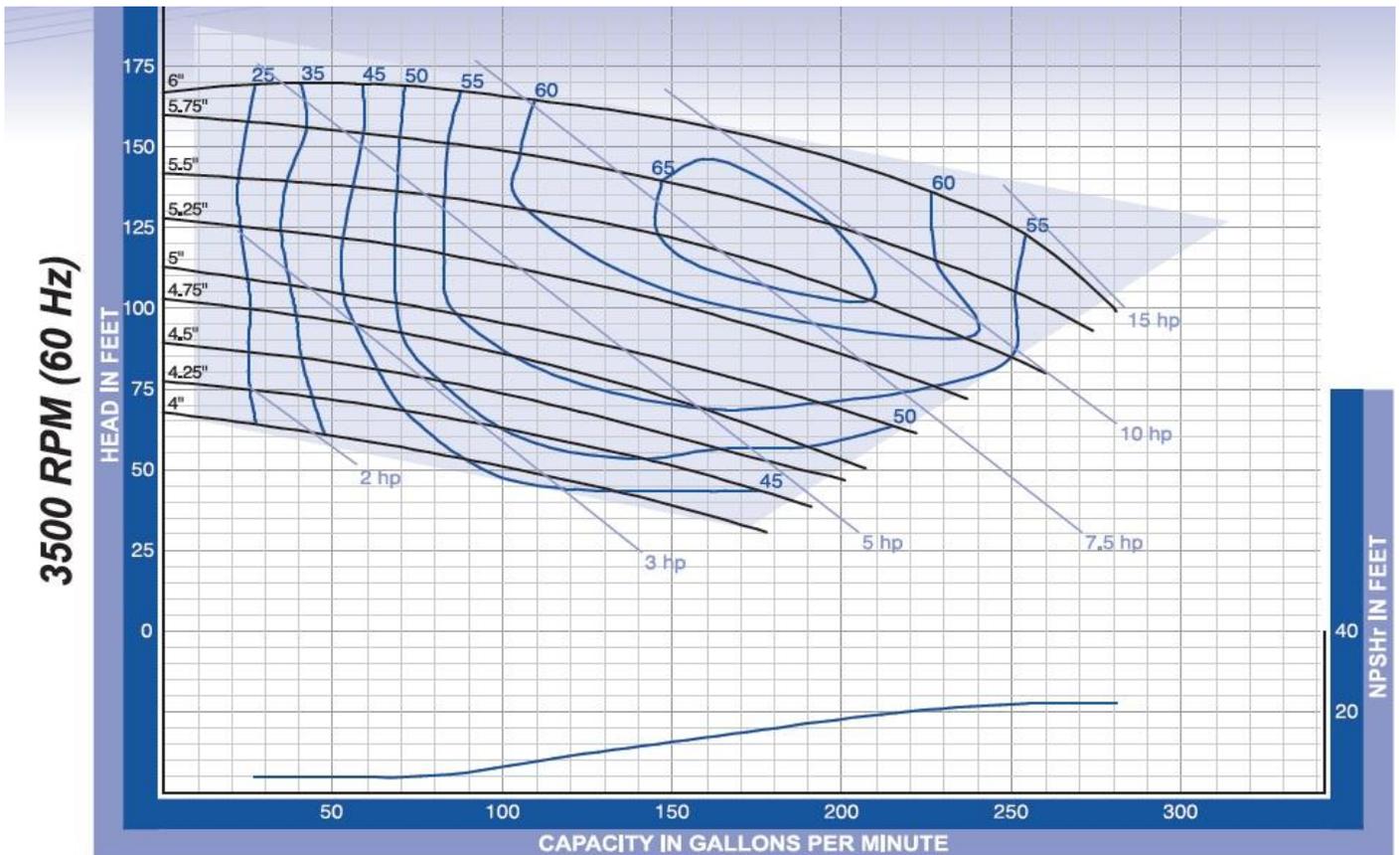


Figura.- 39.-Fotografía de la eficiencia de la bomba, Imagen tomada del Manual Q Pumps 1999, pag 14

LISTA DE NOMBRES DE LAS PARTES DE LA BOMBA

Sello externo balanceado tipo D			Sello doble balanceado tipo E		
11	Tapa posterior "D"	1	11B	Tapa posterior "E"	1
11F	Escuadra	2*	11F	Escuadra	2*
80	Carbón	1	17	Tapa de caja de sello "E"	1
80A	Arandela sello "D"	1	17A	Tomillos de tapa caja de sello	4**
80B	O-ring carbón	1	17B	O-ring tapa de caja de sello	1
80C	Resorte sello "D"	1	17C	Arandelas de presión	4**
80K	Opresor de collarín sello "D"	2	80	Carbón	2
80L	Collarín sello "D"	1	80B	O-ring de carbón	2
Sello estacionario tipo DG			80G	Arandela sello "E"	2
11F	Escuadra	2*	80H	Resorte sello "E"	1
11H	Tapa posterior "DG"	1	80J	Collarín sello "E"	1
17J	Caja de sello "DG"	1	80M	Opresor de collarín sello "E"	2
17K	Tomillos caja de sello	4**	83C	Caja de sello "E"	1
17M	Arandelas de presión	4**	83D	Tomillos caja de sello "E"	4**
80N	Asiento estacionario "DG"	1	83E	O-ring caja de sello	1
80P	Teflón delgado	1***	Kit industrial plus		
80R	Teflón grueso	1***		Kit plus	1
Juego de soportes y patas			11F	Escuadra	2*
207	Pata	4	11P	Tapa posterior Industrial	1
209	Soporte	2	95	Sello T21 industrial (juego)	1
209A	Tomillo patas-soporte	4	Elementos comunes		
209B	Tomillo soporte-motor	4	1	Carcaza	1
Kit plus			2	Impulsor estándar	1
2P	Impulsor plus	1	6A	Opresor de portaflecha	**
6P	Portaflecha plus	1	6E	Portaflecha estándar	1
24C	Cuña de flecha plus	1	24	Seguro de impulsor	1
24D	Tuerca plus	1	40	Deflector de portaflecha	1
91A	Empaque posterior plus	1	71	Adaptador inoxidable	1
91B	Empaque frontal plus	1	71A	Postes de adaptador	2*
92	Collarín portaflecha plus	1	71B	Tomillo adaptador-motor	4
92A	Tomillo collarín plus	1	75	Abrazadera clamp	1
Portaflecha roscada			90	Empaque de carcaza	1
6A	Opresores de portaflecha	**	131	Guarda de adaptador	1
6F	Portaflecha roscada	1	131A	Tomillo de guarda	1
24A	Tuerca castillo	1	132	Chorro de agua	1
24B	Chaveta para tuerca	1	M	Motor	1

* No son necesarias en algunos modelos

** La cantidad puede variar según el modelo

*** No son intercambiables

Figura 41.- Lista de las partes de la bomba, Imagen tomada de Manual Q pumps 1999, pag 7

6.4.- FALLAS MÁS COMUNES QUE PRESENTAN ESTE TIPO DE BOMBAS.

PROBLEMAS COMUNES PARA ESTE TIPO DE BOMBAS	
1.-SIN FLUJO	SOLUCIÓN
Velocidad del motor baja	Verifique las conexiones y el motor
Dirección incorrecta del giro	Revierta una de las 3 fases del motor trifásico
Obstrucción en la tubería de descarga o tiene válvulas cerradas	Remueva la obstrucción y abra las válvulas
2.-INSUFICIENTE FLUJO	SOLUCIÓN
Velocidad del motor baja	Verifique las conexiones y el motor
Dirección incorrecta del giro	Revierta una de las 3 fases del motor trifásico
Obstrucción en la tubería de descarga o tiene alguna válvula parcialmente cerrada	Remueva la obstrucción y abra las válvulas
Impulsor dañado	Reemplace el impulsor
3.-EXCESIVO CONSUMO DE POTENCIA	SOLUCIÓN
Velocidad del motor alta	El devanado del motor está mal, reemplazar el motor
Impulsor dañado	Reemplace el impulsor
Rodamientos dañados	Reemplazar rodamientos
La flecha del motor esta gastada	Reemplazar flecha del motor
4.-RUIDO EXCESIVO	SOLUCIÓN
Rodamientos dañados	Reemplazar rodamientos
Partículas extrañas rotan junto con el impulsor	Remover la carcaza y extraer las partículas extrañas
Impulsor dañado	Reemplace el impulsor
Cavitación	Verificar la carga positiva de succión
5.-VIBRACIÓN EXCESIVA	SOLUCIÓN
Bomba no esta nivelada	Nivelar la bomba
Impulsor dañado	Reemplace el impulsor
La tubería no esta soportada	Soporte la tubería de succión y descarga
Cavitación	Verificar la carga positiva de succión
6.-FUGAS DE FLUIDO	SOLUCIÓN
O-ring del sello desgastados	Reemplace o-ring
Carbón del sello desgastado	Reemplazar el carbón del sello
Insuficiente compresión del sello mecánico	Reemplace el resorte del sello mecánico
Succión o descarga de la carcaza dañadas	Reemplace la carcaza
Empaque de la carcaza desgastado	Reemplace el empaque de la carcaza
Abrazadera suelta	Apretar la abrazadera clamp

Figura 42.- Fallas comunes, Imagen tomada de Manual Q pumps 2009, pág. 19

6.5.- MANUAL DE MANTENIMIENTO

Se explicara la manera en que se realiza un mantenimiento preventivo y correctivo a este tipo de bombas en estas condiciones de trabajo y operación en la industria láctea.

- 1) Antes de empezar se debe asegurar que se cuentan con todo el material, la herramienta y las refacciones necesarias para realizar el mantenimiento

Lo primero que se debe realizar antes de cualquier tipo de mantenimiento a la bomba, es desconectar de la alimentación eléctrica cuidadosamente y aliviar la presión del sistema de bombeo es decir, drenar todo el fluido de la bomba y tuberías conectadas.



Figura.-43 Drenado de tubería, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 de septiembre 2012)

- 2) Ahora bien se dispone a desarmar el mecanismo de bombeo, con la ayuda de un desarmador plano se procede a desapretar y a retirar la abrazadera clamp que se encuentra ubicada en la parte superior frontal, justo detrás de la carcasa de la bomba como se puede observar en la figura 45

Es importante tener un estuche o una charola de plástico con el propósito de depositar en ésta, las piezas que vayamos retirando al

Desarmar la bomba, ya que es muy tedioso y frustrante estar buscando un tornillo o una abrazadera al momento de ensamblar nuevamente el equipo y se ha observado que en este tipo de detalles se puede perder mucho tiempo



Figura.- 44 Abrazadera clamp, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre)

3) Una vez que hemos retirado la abrazadera Clamp y la hemos colocado en la charola , se procede a desmontar la carcasa de la bomba

Con la ayuda de dos desarmadores planos los cuales se colocaran entre la carcasa de la bomba y la tapa posterior D, se ejerce palanca sobre la carcasa con el objetivo de aflojar la carcasa, es importante no hacer demasiada palanca sobre la carcasa porque puede caerse y sufrir algún daño.

Una vez que se ha aflojado la carcasa, se dejan los desarmadores y con la ayuda de las manos se procede a retirar la carcasa de la bomba jalándola hacia nosotros como se ve en la figura 46



Figura.- 45 Desmontaje Carcasa, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 4) Una vez que se ha desmontado la carcasa, se procederá a verificar el estado del impulsor

Esto se realiza mediante una inspección manual es decir, si se gira con la mano se tiene que sentir la resistencia del motor de la bomba en caso de que estuviera atascado y no girara el problema estaría en el motor. Y una inspección visual es decir que no muestre signos de fricción, cavitación o grietas.

El impulsor de la figura se encuentra en buen estado, no siempre sucede así ya que algunas veces puede estar averiado, debido a que si el opresor se afloja puede ocasionar que él impulsor se afloje y choque contra el plato y la carcasa ocasionando que el impulsor se dañe

Algunas veces inclusive se puede dañar la carcasa, es por eso que siempre es muy importante checar el estado del impulsor.



Figura.- 46 Inspección visual al impulsor, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 5) Una vez que se ha verificado el estado del impulsor se procederá a desmontarlo, con la ayuda de una llave allen, se afloja el opresor superior del postizo para poder quitar el impulsor.



Figura.- 47 Opresor, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

6) Una vez que se ha retirado el impulsor y que hemos colocado el tornillo del opresor en la charola de plástico para que no se pierda.

Procederemos a quitar el empaque y el plato de la carcasa de la bomba, se verifica de manera visual el estado de del plato, observando que no presente signos de fricción.

Se desecha el empaque de la carcasa viejo puesto que al momento de ensamblar la bomba se sustituirá por uno nuevo.



Figura.- 48 Verificación del sello de la carcasa y plato, planta Licónsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

7) Una vez que se retiró el plato, se procede a la verificación del estado del sello doble balanceado tipo E (sello mecánico), debiendo prestar especialmente atención en el estado del sello de carbón. mano izquierda de la figura 50, ya que este impide que el líquido de la bomba entre al motor eléctrico y ocasione un daño mayor.

Por lo tanto es preferible cambiarlo cada vez que se realiza mantenimiento.



Figura.- 49 Verificación del sello mecánico, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 8) Se dispone a quitar el porta flechas estándar y así mismo corroborar el estado del eje, posteriormente dependiendo del estado en el que se encuentre se realiza limpieza con la ayuda dewd-40 para retirar impurezas y óxidos.



Figura.- 50 Verificación del porta flechas estándar y limpieza, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

9) Ahora se procede al cambio de baleros, para esto es necesario retirar el capuchón del ventilador trasero

Para lo cual será necesario auxiliarse de un desarmador plano para desatornillar los tornillos, que unen al capuchón con la carcasa del motor una vez retirados los tornillos, los colocamos en la charola de plástico y ahora jalamos el capuchón hacia nosotros para desmontarlo.

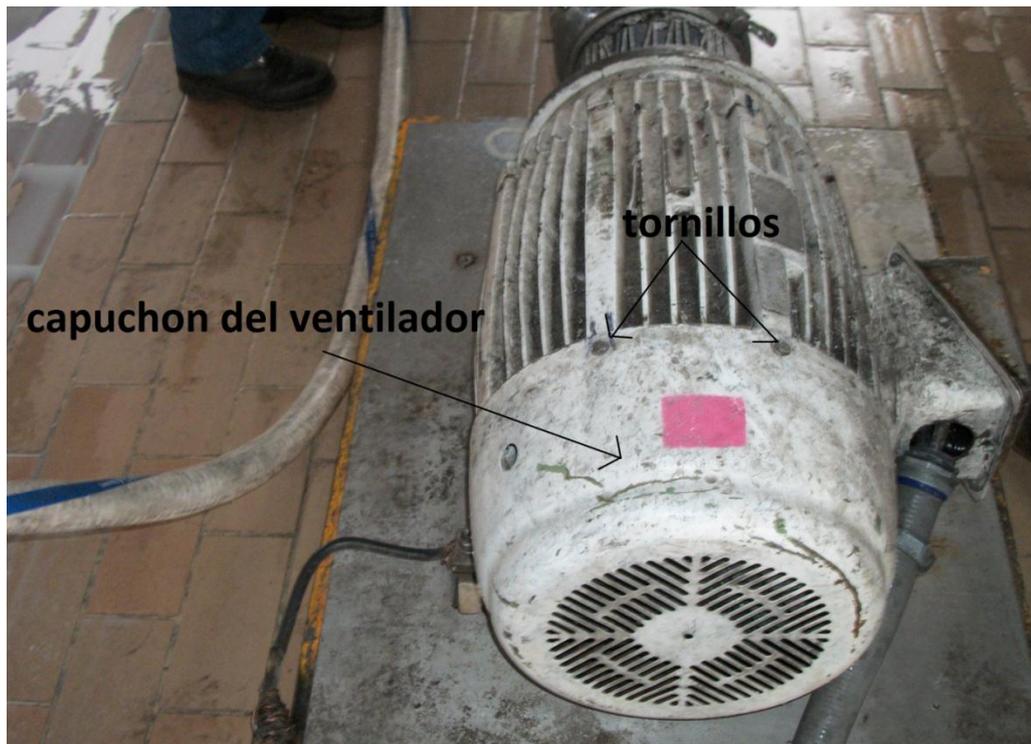


Figura.- 51E xtracción del capuchón, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

10) Una vez desmontado el capuchón del ventilador trasero, se procederá a retirar el ventilador.

Para esto será necesario retirar la arandela de presión que sujeta el ventilador con el eje del motor, para esto nos apoyaremos de unos alicates de punta redondeada

Se introducirán las puntas de el alicate, en los orificios de la arandela de presión, abrimos y retiramos la arandela de presión, no

olvidar colocar la arandela en la charola de plástico inmediatamente después de haberla retirado

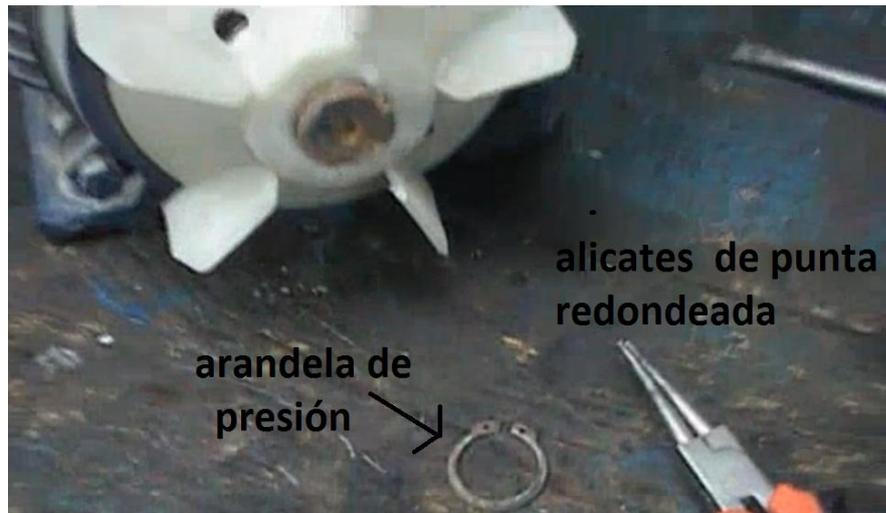


Figura.- 52 Extracción de la arandela de presión del ventilador, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 11) Una vez retirada la arandela de presión y con la ayuda de 2 desarmadores planos, ejerceremos palanca desde el ras del eje para poder retirar el ventilador



Figura.- 53 Extracción del capuchón y ventilador, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

12) Una vez que las puntas de los ejes están liberadas del porta-flechas y del ventilador

Se procederá a desmontar la tapa trasera y delantera del motor, para esto será necesario desatornillar los tornillos que sujetan las tapas a la carcasa del motor

Para esto será necesario utilizar una llave española 5/16, recordar que se desatornilla en sentido contrario a las manecillas del reloj y que una vez desatornillados los tornillos se deben poner en la charola de plástico

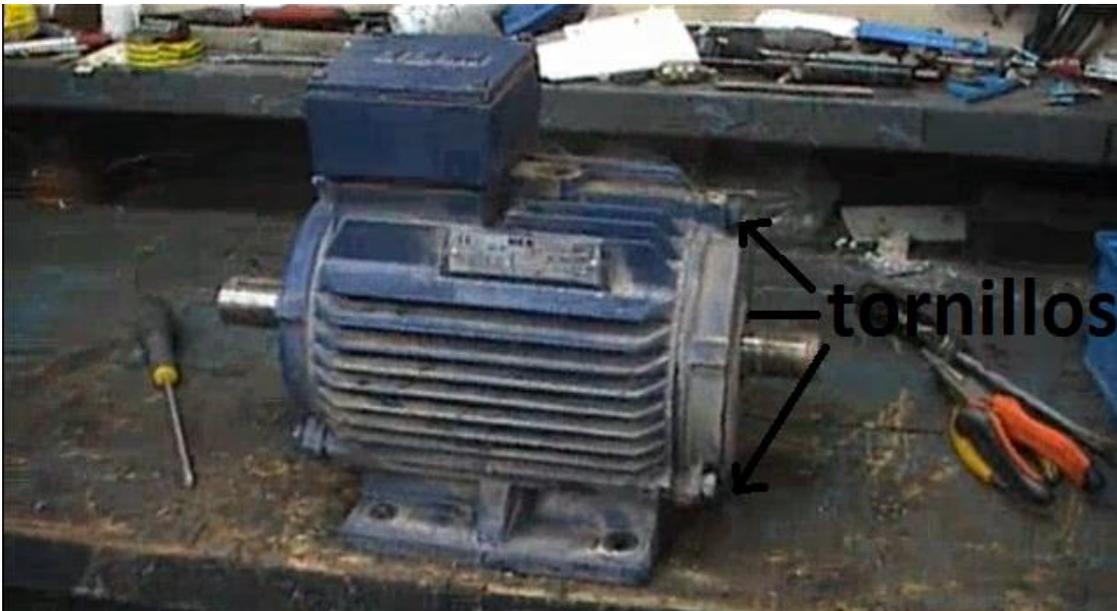


Figura.- 54 Extracción de la tapa trasera, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

13) Una vez que hemos retirado los tornillos largueros, se procederá a golpear el eje del motor en la parte delantera, de forma axial con un martillo de goma para no dañar dicho eje, como se puede observar en la figura 56, los golpes son muy leves y solo serán hasta soltar la tapa trasera del motor, como puede observarse en la figura 57.

Esta tapa saldrá junto con la flecha y el rotor como veremos mas adelante



Figura.- 55 y 56 Pasos previos para extraer el rotor, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

14) Procedemos a retirar la tapa trasera del eje del rotor, para esto nos auxiliaremos del martillo de goma, para no dañar la tapa, dando pequeños golpes en la parte donde entran los tornillos por ser aquí donde hay mas grosor de la tapa, estos golpes deben ser alternados y nunca en el mismo punto



Figura.- 57 Extraer tapa del eje del rotor, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 15) Una vez que hemos retirado la tapa trasera del motor se procederá a cambiar el balero que se encuentra ubicado en esta tapa



Figura.- 58 y 59 Colocación del balero de la tapa trasera, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 16) una vez retirado el rotor, con ayuda de una brocha de 2-1/2" se re barnizara el devanado del estator con un barniz dieléctrico se aplicaran una capa dejándola secar al sol.



Figura.- 60 Barnizado del estator, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 17) Una vez retirado el rotor de la tapa trasera se coloca en una prensa y en caso de ser necesario, debido a que se encuentre oxidado, con ayuda de un cepillo de alambre y de wd40 retiramos el oxido.



Figura.- 61 Limpieza del rotor, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 18) Con ayuda de un extractor de rodamientos extraeremos el balero que se encuentra en mal estado. El extractor debe centrarse con precaución, de lo contrario el asiento puede sufrir algún daño.



Figura 62.- Extracción del balero delantero, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012)

- 19) Una vez extraído el balero, procederemos a limpiar la flecha con ayuda de WD40 para retirar impurezas y oxido que se encuentran presentes en la flecha

Una vez que se ha limpiado la flecha se procede a la colocación del balero nuevo, el balero nuevo se colocara con la ayuda de un casquillo metálico de $\frac{3}{4}$ de diámetro.

Se coloca el balero nuevo en la flecha del eje, hasta donde nos sea posible, y con la ayuda del casquillo metálico colocamos el balero hasta que asiente perfectamente la parte de la flecha que le corresponde.

Es importante recordad que bajo ninguna circunstancia se debe golpear el balero directamente, ya que esto puede dañar el balero irremediablemente y seria necesario usar otro nuevo, el casquillo metálico como puede observarse solo hace contacto con el anillo interior del balero lo cual no causa daño al balero.



Figura 63.- Colocación del balero nuevo, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

20) Una vez colocado el balero trasero en la tapa y el delantero en el eje procedemos a montar el eje con el rotor en la tapa delantera y colocamos las tapas en su posición original teniendo cuidado que los orificios de los tornillos coincidan.



Figura 64.- Colocación del rotor en la tapa delantera y la tapa trasera, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

21) Procedemos a atornillar las tapas, una vez q el tornillo llega al llegue se debe dar media vuelta más, no intentar dar más de esta ya que de lo contrario se podría dañar la cuerda



Figura 65.- Atornillar las tapas del motor, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

- 22) Una vez atornilladas las tapas se coloca el ventilador, con ayuda del martillo de goma en su posición original y se coloca la arandela de presión con ayuda de las alicatas de punta redondeada para q este no se salga en un futuro



Figura 66.- Colocación del ventilador, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

- 23) Se coloca el capuchón del ventilador y se atornilla



Figura 67.- Colocación del capuchón, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

24) Ahora se procede a colocar el porta flechas, para esto se coloca una cuña en el eje cuidadosamente y posteriormente se introduce el porta flechas con precaución dejándose guiar por la cuña insertada.



Figura 68 y 69.- Colocación del porta flechas, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

25) Ahora bien procederemos a colocar el adaptador metálico, el cual previamente limpiamos con liquido WD40 para evitar oxido e impurezas. Se hace coincidir con los agujeros del mismo con los agujeros de la tapa delantera, se introducen los tornillos de 1/2 uno por uno y se aprietan mientras se introducen.



Figura 70 y 71.- Colocación del adaptador metálico, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

- 26) Continuamos el proceso con la instalación del sello mecánico, el cual es remplazado por uno nuevo.



Figura 72 y 73.- Colocación del sello mecánico, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

- 27) Se continúa con la colocación del plato, el cual se debe colocar centrado al porta flecha y presionándolo hasta que asiente en el sello mecánico, nunca se deberá forzar ninguna parte a que asiente por la fuerza



Figura 74.- Colocación del plato, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

28) Procederemos a la colocación del impulsor, el cual se coloca centradamente sobre el porta flecha, y se aprieta un tornillo allen 3/16 que sirve para sujeción del impulsor.



Figura 75 y 76.- Colocación del impulsor sello mecánico, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

29) Ahora se procederá a colocar un empaque nuevo en la carcasa de la bomba



Figura 77.- Colocación del empaque de la carcasa, planta Liconsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

30) Finalmente se coloca la carcasa de manera centrada, junto con la abrazadera clamp y es apretada.



Figura 78 y 79.- Colocación de la carcasa, planta Licónsa Norte. Fotografía tomada con permiso de la administración (22 septiembre 2012).

6.6.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Con base a la información recopilada con respecto a la falla común para este tipo de bombas y así mismo la problemática que sufrían los equipos de bombeo, la cual era que algunos motores se calentaban debido a la falta de lubricación y mantenimiento de los rodamientos.

Este problema condujo una serie de sucesos negativos para la producción, ya que debido a esto, las líneas de producción fueron detenidas, para urgentemente realizar un mantenimiento correctivo.

Nosotros nos enfocamos en brindar una sugerencia a la administración para evitar que los problemas continuaran. Se habló con el personal técnico el cual proporciono el programa de mantenimiento que tienen agendado para los sistemas de bombeo, y que pieza mecánica se tiene que remplazar en determinado tiempo.

Se observó detalladamente que el cambio de baleros se realiza dentro de la empresa cada 2 años.

Decidimos realizar un estudio ingenieril para comprobar si esto era adecuado, nos asesoramos en un manual de rodamientos skf, el cual brindo la información necesaria para realizar los cálculos.

El resultado fue que aproximadamente el cambio de los rodamientos para este tipo de bombas es de 2 veces cada año, debido al alto desempeño que realizan estas bombas trabajando durante los 365 días del año.

6.7.- CALCULO DE VIDA ÚTIL DEL RODAMIENTO

$$L_{10} = \left[\frac{C}{P} \right]^3$$

L_{10} = numero en millones de revoluciones de la vida util de un rodamiento

C = Carga basica en N

P = Carga dinamica equivalente N

En Donde C = Se obtuvo de tablas del manual SKF con numero de balero 61806; $C = 4490 N$

P = Se obtuvo de un valor promedio $450N$

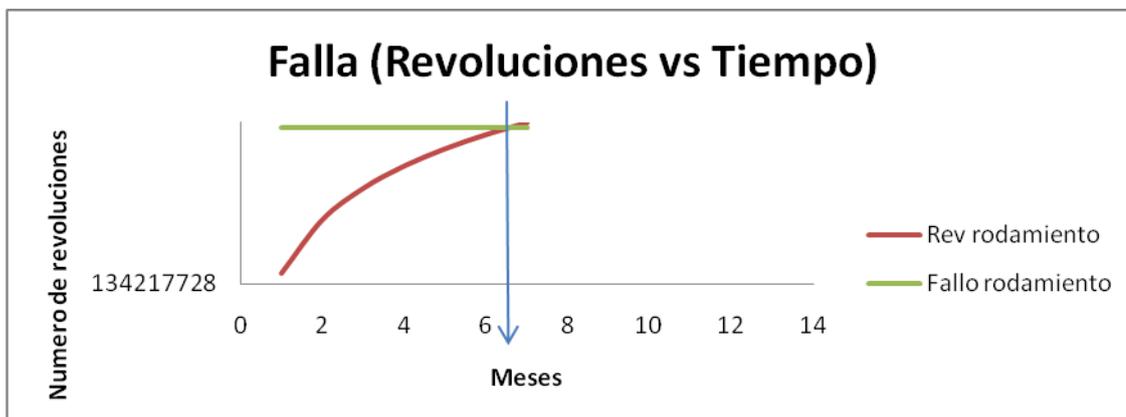
Calculo de las revoluciones por año

$$\text{Revolucion totales por año} = \frac{3500 \text{ rev}}{1 \text{ min}} \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ dia}} \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} = 1839600 \text{ 000 rev}$$

$$\left[\frac{C}{P} \right]^3 = \left[\frac{4490 \text{ N}}{450 \text{ N}} \right]^3 = 993 \text{ 350 000 rev}$$

$$\frac{1839600000 \text{ rev}}{993350000 \text{ rev}} = 1.85 \approx 2.0 \text{ veces por año}$$

GRAFICA DEL DESGASTE DEL RODAMIENTOS



6.8.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ACTUALMENTE EN USO

PIEZA	ACTIVIDADES	FRECUENCIA
Equipo completo	Verificar alineación	90 días
	Verificar estado de la flecha	90 días
Bomba	Cambio del sello mecánico	365 días
	Verificar estado del impulsor	180 días
	Verificar plato	180 días
	Cambio del empaque de la carcasa	365 días
Motor	Lectura del voltaje y amperaje	60 días
	Verificación de elementos térmicos	60 días
	Cambio de baleros	730 días
	Limpieza interior y re barnizado	730 días

6.9.- PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

PIEZA	ACTIVIDADES	FRECUENCIA
Equipo completo	Verificar alineación	90 días
	Verificar estado de la flecha	90 días
Bomba	Cambio del sello mecánico	180 días
	Verificar estado del impulsor	90 días
	Verificar plato	90 días
	Cambio del empaque de la carcasa	180 días
Motor	Lectura del voltaje y amperaje	30 días
	Verificación de elementos térmicos	30 días
	Cambio de baleros	180 días
	Limpieza interior y re barnizado	365 días

CONCLUSIÓN

Una vez terminado el trabajo se cumplieron los objetivos, ya que se pudo elaborar de manera satisfactoria el manual de mantenimiento, el cual tiene la finalidad de ser un manual de consulta rápida y sencilla para todas las personas que estén interesadas en realizar este tipo de mantenimiento, este manual será entregado a la empresa en función a la gratitud que brindo en abrirnos las puertas.

Gracias a la empresa Liconsa realizamos prácticas profesionales; esto fue de gran ayuda para nuestro proyecto ya que algún tiempo estuvimos verificando el estado del sistema de bombeo.

Nos ha parecido una experiencia realmente agradable el poder aprender cómo se lleva a cabo un proceso de producción masivo, así mismo esto nos ayudó a tener una perspectiva diferente de las industrias y se ganó un cierto grado de experiencia laboral.

Hoy en día sabemos que los sistemas de bombeo son de vital importancia para cualquier proceso de producción, es por ello que necesitan constante cuidado y un mantenimiento periódico.

Estos fallos ocurrían en algunos de los equipos de bombeo, es por esto que decidimos analizarlo de manera ingenieril.

Cada que ocurría un fallo se tenía que parar alguna línea de producción lo que provocaba pérdida de tiempo y dinero.

El mantenimiento en caso de falla es de tipo correctivo ya que no estaba contemplado en el programa de mantenimiento y así mismo se tenía que realizar en ese mismo instante, lo que provocaba problemas agendados a otras actividades.

Realizamos una investigación e hicimos cálculos determinantes para determinar el tiempo útil de los rodamientos, sugerimos modificar el programa de mantenimiento para reducir la falla que sufrían estos equipos.

Dicha propuesta de mantenimiento fue entregada en la administración de la empresa, de acuerdo a nuestra propuesta el mantenimiento preventivo

se tendrá que realizar cada 2 veces el cambio de baleros lo que ayudara a corregir la falla y evitar un mantenimiento correctivo imprevisto.

BIBLIOGRAFÍA

Streeter L, 1999, Mecánica de fluidos, 9º edición, Mc Graw Hill.

MunsonBrucer R, 1999, Fundamentos de mecánica de fluidos, 1º edición, Limusa.

Hicks Tyler G, 1980, Bombas su selección y aplicación, 1º edición, Continental S.A.

Burghardt M. David, 1984, Ingeniería termodinámica. 2º edición, Harla.

Karassik Igor J. 1978, Bombas centrifugas selección, operación y mantenimiento, 1º edición, Continental S.A

Greene Richard W, 1989, Válvulas selección, uso y mantenimiento, 1º edición, Mc Graw Hill.

Mora Luis Alberto, 2009, Mantenimiento planeación ejecución y control, 1º edición, Alfa Omega.

Navarro Elola Luis, 1997, Gestión integral de mantenimiento, 1º edición, Marcombo.