

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PRUEBA DE UN BANCO DE
BOMBAS CENTRÍFUGAS EN SERIE, PARALELO Y MIXTO.**

**HERNÁN ANDRÉS GARCÍA HERNÁNDEZ
JESÚS ALBERTO SUÁREZ RINCON**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2010**

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PRUEBA DE UN BANCO DE
BOMBAS CENTRÍFUGAS EN SERIE, PARALELO Y MIXTO.**

**HERNÁN ANDRÉS GARCÍA HERNÁNDEZ
JESÚS ALBERTO SUAREZ RINCON**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

**DIRECTOR
EMIL HERNÁNDEZ ARROYO
EMIL HERNÁNDEZ ARROYO
ING. MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2010

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga _____ - __ de _____

**A MI PAPÁ, A MI MAMÁ,
A MI HERMANA, A MIS 2 HIJAS
Y A TODOS LOS QUE
CREYERON EN MÍ**

Hernán Andrés

A Dios

Agradezco a DIOS por darme sabiduría, fortaleza y salud para poder lograr mis objetivos.

A mis padres

A mi padre el gran Ingeniero JESUS ALBERTO SUAREZ SANCHEZ y a mi madre ANA FLORRIPEZ RINCON *por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su gran amor de padres.*

A mis familiares

Agradezco a mis hermanas las cuales con sus constantes apoyos y sus ganas de que saliera adelante me brindaron ánimo y fortaleza para poder seguir en el camino del bien, a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis. ¡Gracias a ustedes!

A mis maestros

Agradezco todo el apoyo y tiempo que me brindaron cada uno de mis docentes de carrera dicho apoyo sirvió para poder llegar a donde estoy en estos momentos a todos mil gracias.

A mis amigos

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, Seguimos siendo amigos y colegas.

*A la **Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga** y en especial a la **Facultad de Ingeniería Mecánica** por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.*

Jesús Alberto

AGRADECIMIENTOS

Los realizadores de este proyecto agradecen al ingeniero Emil Hernández por ser nuestro director de proyecto y brindarnos todos sus conocimientos y apoyo en el desarrollo de nuestro proyecto.

A Ludwing Casas por enseñarnos, apoyarnos y compartir sus habilidades en el taller de armado y soldadura.

Al Ingeniero Mecánico Edwin Córdoba por su colaboración en la parte electrónica y configuración del variador de frecuencia.

A todos nuestros profesores que con su esfuerzo tiempo y dedicación pasaron el conocimiento que usaremos en nuestra carrera profesional.

Por ultimo a la Universidad Pontifica Bolivariana por ser nuestra segunda casa durante estos años tan importantes para nuestra vida profesional, por dejar en nosotros sus valores morales, cristianos y enseñanzas de vida; y por hacer de nosotros mejores personas para nosotros y para los demás.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir e implementar un banco de pruebas de bombas centrífugas para el respectivo análisis de su funcionamiento en diferentes condiciones y verificar los puntos de mejor operación. Con este proyecto se busca relacionar la parte teórica con la experimental y fortalecer el laboratorio de máquinas hidráulicas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Diseñar y construir un banco de pruebas de bombas centrífugas para el laboratorio de maquinas hidráulicas, este tendrá un manejo académico y dejará ver al estudiante el montaje real de un sistema mixto de bombas centrífugas. **Resultado:** Un banco de pruebas con 3 bombas centrífugas con diferentes sistemas de operación (paralelo, serie, mixto). **Indicador:** El banco suministrara los datos necesarios para diferentes prácticas de laboratorio y estará instrumentado con válvulas, codos, cheques, acoples y demás elementos necesarios para su funcionamiento.
- Obtener las curvas de desempeño del sistema de bombas centrífugas que se utilizará para comparar los datos teóricos del fabricante con los experimentales. **Resultado:** Documento que contiene las curvas de desempeño y el análisis de comparación. **Indicador:** desviaciones sustentadas entre las curvas experimentales y las curvas del fabricante de la misma forma entre el caudal de diseño de la bomba con el caudal de funcionamiento óptimo.
- Realizar un manual de laboratorio el cual le permitirá al estudiante (practicante) realizar las practicas con el banco de bombas. **Resultado:** Manual de laboratorio **Indicador:** El manual debe contener procedimientos, gráficos, guías de las prácticas a realizar, normas y cuidados que se deben tener al manipular el banco.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. MARCO TEORICO	19
1.1 DEFINICION Y CLASIFICACION DE LAS BOMBAS	19
1.2 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS ROTODINAMICAS	19
1.3 EI RODETE: CLASIFICACION DE LAS BOMBAS POR EL NUMERO ESPECIFICO DE REVOLUCIONES	19
1.4 CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA	22
1.5 EI PUNTO DE OPERACIÓN DE UNA BOMBA Y LA SELECCIÓN DE ESTA	25
1.6 SISTEMA EN SERIE	27
1.7 SISTEMA REAL EN SERIE	27
1.8 SISTEMA EN PARALELO	28
1. 9 SISTEMA REAL EN PARALELO	28
1.10CAVITACION	29
1.11 LABORATORIOS DE MAQUINAS HIDRÁULICAS EXISTENTES SOBRE BOMBAS CENTRIFUGAS:	31
DISEÑO CONCEPTUAL	34
2.1 SISTEMA DE BOMBAS	34
2.2 TANQUE	35
2.3 ACCESORIOS	36
2.4 ESTRUCTURA	36
3. DISEÑO BASICO	38
3.1 SISTEMA DE BOMBAS	38
3.2TANQUE	42
3.3 ACCESORIOS	43
3.4 ESTRUCTURA	45

3.5 TABLERO DE CONTROL Y SISTEMA ELÉCTRICO	46
4. DISEÑO DETALLADO	48
4.1 SISTEMA HIDRAULICO	48
4.2 SISTEMA DE BOMBAS	49
4.2.3 Despiece de Bomba.	50
4.3 DISEÑO SOLID EDGE	51
5. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS	54
5.1 CURVA ALTURA VS CAUDAL BOMBA 1 CP610X	54
5.1.2 Gráfica Altura H (m) vs Caudal Q	55
5.2 CURVA ALTURA VS CAUDAL BOMBA 2 CP610X	57
5.2.1 Grafica altura H (m) vs caudal Q	58
5.2.2 Gráfica H (m) vs Q (l/min) Experimental Banco de Bombas UPB.	58
5.3 CURVA ALTURA VS CAUDAL BOMBA 3 CP660	60
5.3.1 Grafica H (m) Altura vs Q (l/min)	60
5.3.2 Gráfica Altura H (m) vs Caudal Q (l/min) Experimental Banco de Bombas UPB.	61
5.4 ANALISIS DE RESULTADOS	63
5.4.1 Bomba 1 Cp610x	63
5.4.2 Bomba 2 Cp 610x	64
5.4.3 Bomba 3 CP660	65
6. MANUAL LABORATORIO	66
6.1 OBJETIVO GENERAL	66
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	66
6.3 MARCO TEORICO	66
6.3.1 Sistema en serie	66
6.3.2 Sistema paralelo.	67
6.3.3 Bomba a diferentes RPM	67
6.4 PROCEDIMIENTO	69
6.4.1 Encendido del Banco	70
6.4.2 Práctica numero 1: 2 bombas cp610x en Serie	70

6.4.3 Práctica numero 2: 2 bombas cp610x en Paralelo	70
6.4.4 Practica numero 3: Bomba trifásica cp660 con diferentes RPM	71
6.5 CALCULOS Y TABLAS	71
6.5.1 Cálculos y tablas Para sistema en serie 2 bombas CP610x 5	72
6.5.2 Cálculos y tablas Para sistema en Paralelo 2 bombas CP610x	74
6.5.3 Cálculos y tablas para bomba trifásica cp660 a diferentes RPM.	75
6.6 CONCLUSIONES.	77
6.6.1 Bombas en serie	77
6.6.2 Bombas en paralelo	78
6.6.2 Bomba CPM 660 Trifásica 2hp en diferentes RPM	79
6.7 RECOMENDACIONES.	80
7. CONCLUSIONES	81
8.RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFIA	83
ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Rodete semiabierto de una bomba radial	18
Figura 2. Tipos de rodetes	18
Figura 3, Rodete de una bomba adaptada.	19
Figura4. Curvas características de la bomba	20
Figura 5. Ensayo completo de una bomba centrífuga.	22
Figura 6. Punto de operación de una bomba.	23
Figura 7. Representación de un sistema con dos bombas trabajando en serie	27
Figura8, Configuración del sistema trabajando en serie.	27
Figura 9. Sistema de dos bombas en paralelo.	28
Figura 10, Configuración del sistema trabajando en paralelo	28
Figura 13, Banco de Bombas Serie Paralelo	31
Figura 14. Banco de Bombas Serie Paralelo obtenida de	32
Figura 15. Practicas posibles con este laboratorio	32
Figura 16. Bomba Pedrollo Cpm 660 y CP610x tomado de	34
Figura 17 .Tanque Plástico con tabla de capacidades	35
Figura 18 .Diseño conceptual, Estructura Tanque y Control.	36
Figura 19 .Diseño conceptual, Estructura Tanque y Control.	37
Figura 24 Tanque Aluminio 66 litros	42
Figura 25. Variador de Frecuencia sinamics g110	43
Figura 26. Caudalímetro HEDLAND EZ-VIEW 18GPM Y 65LPM, Foto tomada	44
Figura 27. Codos, Manómetros, Tubos, Válvulas, Foto tomada GARCIA,	44
Figura 28. Estructura en Aluminio, Foto tomada GARCÍA	45
Figura 29. Diseño Básico, Estructura. Solid Edge v18	46
Figura 30. Estructura en Aluminio	47
Figura 31. Plano PDF en Circuito de control	47
Figura 32. Plano PDF en VISIO 2007 García Hernán	48

Figura 33 .Vista Frontal, Lateral y medidas de bomba pedrollo cp 610x $\frac{3}{4}$ de caballo	49
Figura 35. Despiece de Bombas pedrollo CPm 660 2 caballos y CP 610x de $\frac{3}{4}$ de caballo.	51
Figura 36. Diseño Detallado, Tablero de control Renderizado. Solid Edge ST	52
Figura 37. Diseño Detallado, Isométrico Renderizado. Solid Edge ST	52
Figura 38. Diseño Detallado, Vista planta Renderizada. Solid Edge ST	53
Figura39. CP610x Monofásica	55
Figura40. Grafica H(m) Altura vs Q(l/min) Caudal Teórica vs Experimental bomba	
Figura41 .CP610x Monofásica	58
Figura42. Grafica H(m) Altura vs Q(l/min) Caudal Teórica vs Experimental	58
Figura 43.CP660 Trifásica	61
Figura 44. Grafica Altua H(m) vs Caudal Q(l/min) Experimental vs Teórica	61
Figura 45 . Bomba 1 Cp 610x Graficas H Altura N Eficiencia y sistema full open	63
Figura 46 . Bomba 2 Cp 610x Graficas H Altura N Eficiencia y sistema full open	64
Figura 47 . Bomba 3 Cp 660 Graficas H Altura N Eficiencia y sistema full open	65

LISTA FIGRUAS LABORATORIO

	Pág.
Figura 1. Grafica bombas en serie	66
Figura 2. Grafica Bombas en paralelo	67
Figura 3. Grafica bomba en diferentes RPM	67
Figura 4. Diagrama de la Bomba Solid edge Garcia Hernan, Suarez Alberto	69
Figura 5. Tablero de control Solid edge Garcia Hernan, Suarez Alberto	70
Figura 6. Grafica obtenida en Excel 2007, Garcia Hernan, Suarez Alberto	73
Figura 7. Grafica obtenida en Excel 2007, Garcia Hernan, Suarez Alberto	73
Figura 7. Grafica H vs Q bombas en paralelo obtenida en Excel 2007, Garcia Hernan, Suarez Alberto	74
Figura 8. Grafica Eficiencia 2 bobmas en paralelo obtenida en Excel 2007, Garcia Hernan, Suarez Alberto	75
Figura 9. Grafica H vs Q bomba trifásica a diferentes RPM obtenida en Excel 2007, Garcia Hernan, Suarez Alberto	77
Figura 10. Graficas comparativas bombas independientes y bombas en serie, García Hernán, Suarez Alberto.	78
Figura 11. Graficas comparativas bombas independientes y bombas en Paralelo, García Hernán, Suarez Alberto.	79

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS BOMBAS	85
ANEXO B. DISEÑO HIDRAULICO	92
ANEXO C. PLANOS	93

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PRUEBA DE UN BANCO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS EN SERIE, PARALELO Y MIXTO.

AUTORES: HERNÁN ANDRÉS GARCÍA HERNÁNDEZ
JESÚS ALBERTO SUÁREZ RINCON

FACULTAD: INGENIERIA MECANICA

DIRECTOR: EMIL HERNÁNDEZ ARROYO

RESUMEN

Se construyó un equipo que puede trabajar con 3 bombas centrífugas conectadas de maneras diferentes ya sea serie, paralelo o mixto.

El equipo consta de 2 bombas monofásicas de 0.85 HP cada una, y una bomba trifásica de 2 HP, además de diferentes accesorios como vacuómetros, manómetros y válvulas de bola y de compuerta, caudalímetro y un variador de frecuencia que regulan el caudal del sistema. Contiene 1 tanque en aluminio de 66 litros que surte de agua al banco de pruebas, un tablero de control que contiene voltímetros, amperímetros y bombillos piloto que permite observar de manera segura en qué condiciones esta trabajando cada bomba.

El banco de pruebas permitirá medir caudales y presiones para así poder hallar las curvas características de cada bomba y verificar si trabajan como el fabricante lo propone, también se realizarán pruebas que permitan observar el comportamiento de las bombas centrifugas en diferentes condiciones, además de un manual de funcionamiento que contenga diferentes prácticas y explique el funcionamiento detallado, encendido, manejo del equipo.

Palabras clave: Bombas Monofásicas, Bombas Trifásicas, Vacuómetros, variador de frecuencia, caudalímetro, amperímetro, voltímetro.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PRUEBA DE UN BANCO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS EN SERIE, PARALELO Y MIXTO.

AUTHORE: HERNÁN ANDRÉS GARCÍA HERNÁNDEZ
JESÚS ALBERTO SUÁREZ RINCON

FACULTY: MECHANICAL ENGINEERING

DIRECTOR: EMIL HERNÁNDEZ ARROYO

ABSTRACT

Built an Equipment that works with 3 centrifugal pumps connected in different ways either serial, parallel or mixed.

The equipment consists of two single phase pumps of 0.85hp each and a three-phase 2 HP pump, as well as various accessories such as vacuum, gauges, pressure gauges, ball valves, flow meter and a frequency inverter that regulate the flow of the system. A tank containing 66 liters of water made of aluminum which supplies fluid to the equipment, a control panel that contains voltmeters, ammeters and pilot bulbs for easily observation of each pump working conditions.

The equipment can measure flow and pressure to find the curves of each pump and see if they work as proposed by the manufacturer, we also performed tests to observe the behavior of centrifugal pumps under different conditions, and a manual containing different operating practices and explain the detailed operation, power, handling of the equipment.

Keywords: Pumps Single Phase, Three Phase Pumps, Vacuum gauges, variable frequency, flow meter, ammeter, voltmeter

INTRODUCCION

Este proyecto tiene como objetivo demostrar cómo funcionan las bombas centrífugas conectadas de diferente forma.

En los procesos u operaciones industriales existen requerimientos de flujo en los que es necesario utilizar un sistema de bombeo con más de una bomba; esto puede ser porque la demanda de cabeza o de altura del proceso sea excesivamente variable.

El uso de dos o más bombas, en lugar de una, permite que cada una de ellas opere en su mejor región de eficiencia la mayor parte del tiempo de operación, aún cuando los costos iniciales pueden ser mayores, el costo de operación más bajo y la mayor flexibilidad en la operación ayuda a pagar la inversión inicial.

Como objetivo principal se tiene la construcción de un banco de pruebas que permita maniobrar las bombas en 3 diferentes maneras (serie, paralelo o mixto). Y que con sus accesorios permita hallar las curvas características de las bombas y simular diferentes situaciones que hasta ahora no se pueden observar en la universidad. El libro contiene un marco teórico que se investigó para escoger las bombas y los materiales adecuados, un diseño conceptual, básico y detallado también contiene el resultado final un manual de laboratorio, fotos y datos de las pruebas tomadas en el banco.

La comparación de los datos de los fabricantes con los datos obtenidos también estará incluida en el libro, y será respectivamente analizado.

La facultad de ingeniería mecánica, se encuentra en continuo crecimiento y por esto la adquisición de nuevos equipos, a partir de proyectos de grado, es una realidad que se necesita implementar cada día más; es por esto que uno de los mayores entregables de este proyecto es el equipo que será utilizado como material académico de los estudiantes, para el desarrollo de prácticas necesarias. Y en vista de que el banco de pruebas quedara en el laboratorio de Maquinas Hidráulicas de la Universidad se realizara un manual que contiene además de las instrucciones de encendido y utilización, también tendrá incluidas algunas de las practicas con las que se podrá ver el banco en funcionamiento con todos sus sistemas, este manual será publicado para futuras practicas en el laboratorio.

En la construcción y pruebas del proyecto se contó con el apoyo de servicios generales de la Universidad los recursos fueron aportados en su mayoría por la universidad y los materiales faltantes por los estudiantes.

1. MARCO TEORICO

1.1 DEFINICION Y CLASIFICACION DE LAS BOMBAS

Bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa energía hidráulica.

Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos (agua, aceites de lubricación, combustibles, ácidos; líquidos alimenticios: cerveza, leche, etc.; estas últimas constituyen el grupo importante de las bombas sanitarias). También se emplean las bombas para bombear líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc.

Las bombas se clasifican en:

1. Bombas rotodinámicas. Todas y solo las bombas que son turbo máquinas pertenecen a este grupo, del cual nos ocuparemos en el presente capítulo.
 - Estas son siempre rotativas. Su funcionamiento se basa en la ecuación de Euler; y su órgano transmisor de energía se llama rodete.
 - Se llama rotodinámica porque su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía.
2. Bombas de desplazamiento positivo. A este grupo pertenecen no solo las bombas alternativas, sino las rotativas llamadas rotoestáticas porque son rotativas, pero en ellas la dinámica de la corriente no juega un papel esencial en la transmisión de la energía. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo.

1.2 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS ROTODINAMICAS

- Según la dirección del flujo: bombas de flujo radial, de flujo axial y de flujo radioaxial.
- Según la posición del eje: bombas de eje horizontal, de eje vertical y de eje inclinado.
- Según la presión engendrada: bombas de baja presión, de media presión y de alta presión.
- Según el número de flujos en la bomba: de simple aspiración o de un flujo y de doble aspiración, o de dos flujos.
- Según el número de rodets: de un escalonamiento o de varios escalonamientos.

1.3 EL RODETE: CLASIFICACION DE LAS BOMBAS POR EL NUMERO ESPECIFICO DE REVOLUCIONES.

El rodete reviste formas muy variadas y aun caprichosas, cuando la aplicación particular lo requiere. El rodete de la fig. 1 es de tipo semicerrado y solo tiene dos álabes para evitar obstrucciones por las materias fibrosas y sólidos en suspensión que arrastra la corriente. Tipos análogos de rodetes se emplean para bombear pasta de papel, para achique de aguas sucias, etc. Análogos son los rodetes de las bombas de que están provistos algunos barcos pesqueros modernos que bombean desde la red hasta la cubierta el agua del mar con los peces. Los cuales atraviesan vivos el rodete de la bomba.

Figura 1. Rodete semiabierto de una bomba radial



FIG. 19-12. Rodete semiabierto de una bomba radial de dos álabes en forma de «S» construida por la casa Sulzer de Suiza, empleada para el bombeo de líquidos con elevado contenido de aire y gas, así como de materias fibrosas y sólidas en suspensión. La ejecución abierta de los álabes permite una cómoda limpieza.

Fuente MATAIX (Octubre de 2004), Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Segunda edición; México D.F, ALFAOMEGA pag.379

Los rodetes se clasifican en cuatro tipos según la forma de sujeción de los álabes. Estos cuatro tipos se representan en la fig. 2 y son:

- Rodete cerrado de simple aspiración: las caras anterior y posterior forman una caja: entre ambas caras se fijan los álabes:
- Rodete cerrado de doble aspiración.
- Rodete semiabierto de simple aspiración: sin la cara anterior, los álabes se fijan solo en la cara posterior.
- Rodete abierto de doble aspiración sin cara anterior ni posterior: los álabes se fijan en el núcleo o cubo de rodete.

Figura 2. Tipos de rodetes

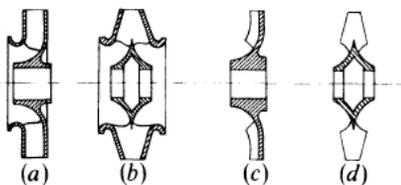


FIG. 19-13. Tipos de rodetes: (a) rodete cerrado de simple aspiración; (b) rodete cerrado de doble aspiración; (c) rodete semiabierto de simple aspiración; (d) rodete abierto de doble aspiración.

MATAIX (Octubre de 2004), Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Segunda edición; México D.F, ALFAOMEGA pág. 380

El rodete de una bomba roto dinámica se ha de proyectar de manera que para la Q y H requeridas se obtenga el óptimo rendimiento. En la práctica, los Q y H necesarios varían entre amplios límites, y dentro de ellos puede requerirse cualquier combinación Q y H con diferentes valores de n , buscando siempre el óptimo rendimiento. La consecuencia de esto es la siguiente:

El rodete de las bombas roto dinámicas va cambiando insensiblemente de forma para adaptarse a las diferentes condiciones de servicio.

Así, los rodetes de la fig. 3 se van poco a poco adaptando a caudales mayores y alturas efectivas más pequeñas. Las figs. (a) a (e) están dibujadas a la misma escala y todas requerirían la misma potencia.

- En la fig. 3 a el flujo es totalmente radial, y la diferencia de diámetros de entrada D_1 y salida D_2 es máxima.
- En las figs. 3 b a d el flujo es cada vez más axial.
- En la fig. 3 d se representa un rodete claramente semiaxial o rodete de flujo mixto.
- En la fig. 3 e el flujo es totalmente axial.

Cada uno de los cinco rodetes de la figura representa una familia de rodetes geoméricamente semejantes. El tamaño se ajustara a la potencia. Así el tipo e podría construirse para 1 kw o para 10.000 kw. Naturalmente se han seleccionado unos pocos tipos solamente. Entre cada dos tipos consecutivos podrían haberse intercalado otros muchos. Es decir, todas las bombas fotodinámicas pueden someterse a esta clasificación.¹

Figura 3, Rodete de una bomba adaptada.

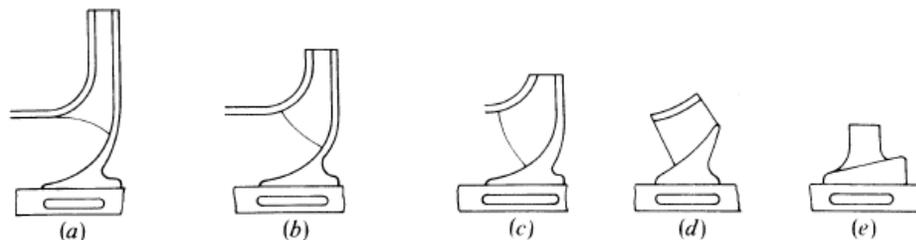


FIG. 19-15. El rodete de una bomba rotodinámica se adapta a las exigencias de Q , H y n . De (a) a (e) las bombas se adaptan a caudales relativamente mayores y a alturas efectivas menores. Los números específicos de revoluciones son: (a) $n_s = 40$ a 80 : rodete marcadamente radial (lento); (b) $n_s = 80$ a 140 ; (c) $n_s = 140$ a 300 ; (d) $n_s = 300$ a 600 : rodete semiaxial o de flujo mixto; (e) $n_s = 600$ a 1.800 : rodete axial (rápido).

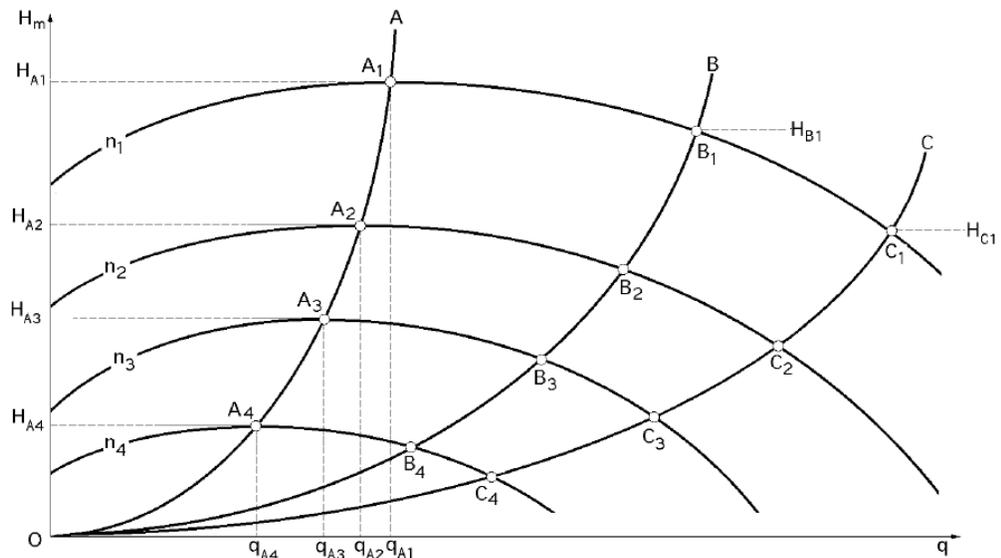
MATAIX (Octubre de 2004), Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Segunda edición; México D.F, ALFAOMEGA Mataix pagina 3.81 fig. 19.15

¹ MATAIX (Octubre de 2004), Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Segunda edición; México D.F, ALFAOMEGA Mataix

1.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA BOMBA

Si las curvas características se proyectan sobre un plano paralelo al (H_m, q) , Fig 4, se obtiene una familia de parábolas congruentes, de forma que sus máximos $A_1, A_2, A_3 \dots$ están a su vez sobre otra parábola (OA); asimismo, cada serie de puntos homólogos $B_1, B_2, B_3 \dots, C_1, C_2, C_3$ estarán sobre otras tantas parábolas (OB), (OC), respectivamente.

Figura4. Curvas características de la bomba



Fuente. FERNÁNDEZ DIÉZ, Pedro. Bombas centrífugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética, Universidad de Cantabria

En efecto, dadas una serie de curvas características de una bomba, correspondientes a velocidades de giro $n_1, n_2, n_3 \dots$, y si en dichas curvas se consideran los máximos A_1, A_2, A_3 , que corresponden a puntos homólogos $(H_{mA1}, q_{A1}), (H_{mA2}, q_{A2}), (H_{mA3}, q_{A3})$, respectivamente, las ecuaciones de semejanza quedan en la forma:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{q_{A_1}}{q_{A_2}} = \frac{n_1}{n_2} ; \quad \frac{H_{mA_1}}{H_{mA_2}} = \frac{n_1^2}{n_2^2} = \left(\frac{q_{A_1}}{q_{A_2}}\right)^2 \\ \frac{q_{A_2}}{q_{A_3}} = \frac{n_2}{n_3} ; \quad \frac{H_{mA_2}}{H_{mA_3}} = \frac{n_2^2}{n_3^2} = \left(\frac{q_{A_2}}{q_{A_3}}\right)^2 \\ \dots \dots \dots \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{H_{mA_1}}{q_{A_1}^2} = \frac{H_{mA_2}}{q_{A_2}^2} = \dots = \frac{H_{mA}}{q_A^2} = k_A$$

en donde k_A es una constante para todos los puntos homólogos $A_1, A_2, A_3 \dots$, que estarán sobre una parábola (OA) de regímenes semejantes, (igual rendimiento), de ecuación:

$$H_{mA} = k_A q_A^2$$

en la que la constante k_A se deduce conociendo uno cualquiera de estos puntos, dividiendo la altura manométrica del mismo por el cuadrado del caudal correspondiente.

Figura 5. Ensayo completo de una bomba centrífuga.

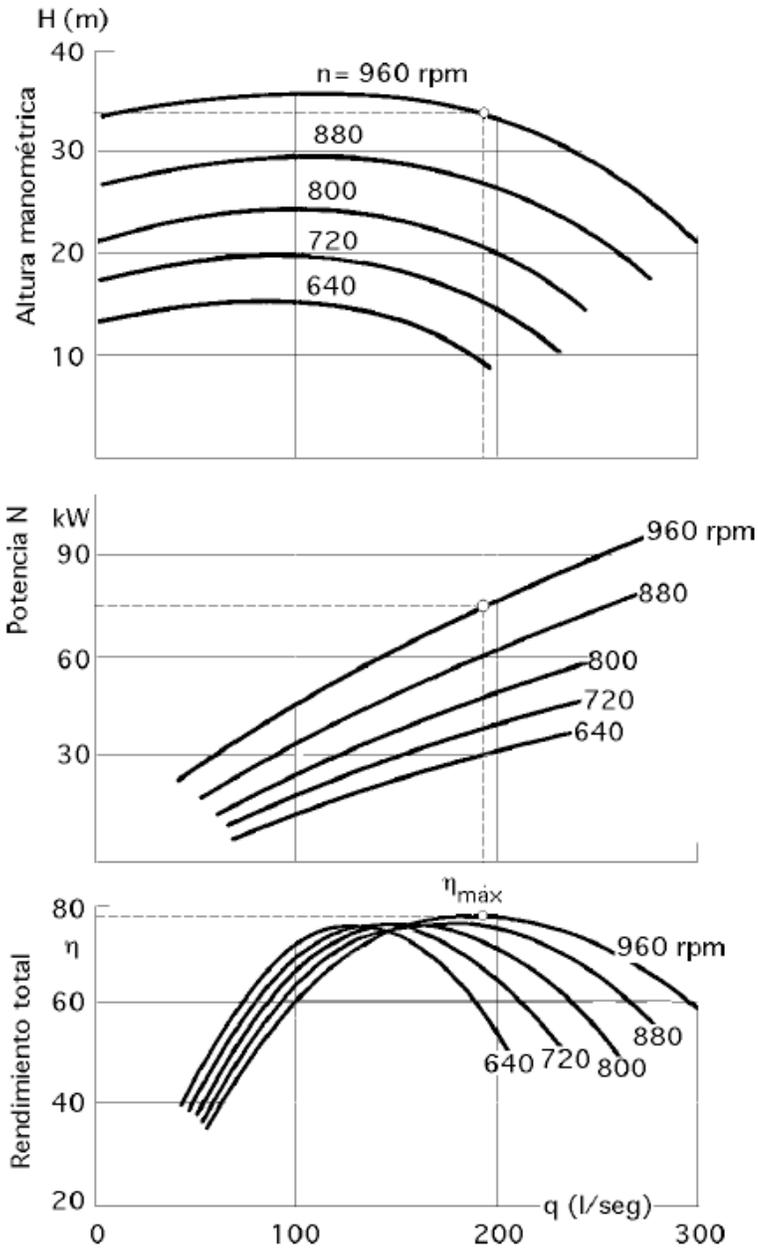


Fig V.3.- Ensayo completo de una bomba centrífuga a diferente nº de rpm.

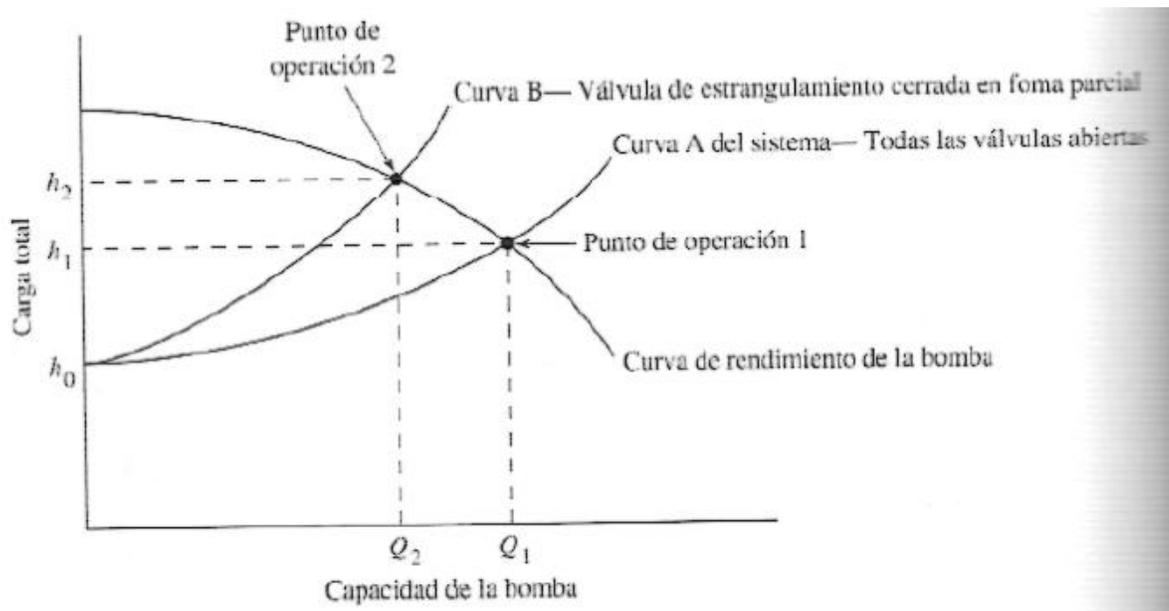
Curvas, $H_m = f(q)$; $N = f(q)$; $\eta = f(q)$

Fuente. FERNÁNDEZ DIÉZ, Pedro. Bombas centrífugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética, Universidad de Cantabria

1.5 EL PUNTO DE OPERACIÓN DE UNA BOMBA Y LA SELECCIÓN DE ESTA

El punto de operación de una bomba se define como el flujo volumétrico que enviará cuando se instale en un sistema dado. La carga total que desarrolla la bomba se determina por medio de la resistencia del sistema que corresponde a la misma del flujo volumétrico. La figura 6 ilustra este concepto. La curva de rendimiento de la bomba es la grafica del flujo volumétrico que la bomba distribuye como función de la carga total, y a la que está sujeta por el sistema del que forma parte.

Figura 6. Punto de operación de una bomba.



Fuente MOTT, Robert , Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Sexta edición; México D.F, ALFAOMEGA Fig. 13.36 pág. 410.

Ahora observe la curva A del sistema, en la figura 4. Esta es una grafica de la resistencia que exhibe un sistema dado con todas sus válvulas abiertas por completo. A continuación se analizara la forma de esta curva. En el extremo izquierdo, la curva comienza con un valor específico de carga total correspondiente a un flujo volumétrico igual a cero. Esto ilustra la resistencia del sistema antes que se establezca flujo alguno. Pero la bomba lleva el fluido a la elevación del punto de destino en el sistema y mantiene la presión de dicho lugar. Este se denomina carga estática total H_0 donde.

$$h_0 = (p_2 - p_1)/\gamma + (z_2 - z_1)$$

Esta se obtiene de la ecuación de la energía y prescribe que la bomba debe desarrollar una carga igual a la diferencia de la carga de presión entre los dos puntos de referencia, mas la diferencia de carga de elevación antes que se envíe algún flujo.

Pero la bomba es capaz de trabajar contra una carga mayor, y de hecho cuando distribuye fluido al sistema. Tan pronto como el fluido comienza a circular a través de los tubos, válvulas y acoplamientos del sistema, se desarrolla más carga debido a las pérdidas de energía que ocurren. Hay que recordar que las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de presión en los tubos y, por tanto, aumenta de acuerdo con el cuadrado del flujo volumétrico. Esto tiene que ver con la forma de la curva (exponencial) sistema. Conforme el flujo se incrementa con su aumento correspondiente en carga total, la curva del sistema interseca eventualmente la curva de rendimiento de la bomba.

El punto de operación verdadero de la bomba de este sistema es donde se interseca la curva de este con la curva de rendimiento de la bomba.

Pero suponga que en realidad quisiera enviar un flujo volumétrico más bajo, Q_2 . Una forma de lograrlo con esta bomba en particular sería incrementar la resistencia (carga total) sobre la bomba, lo que haría que el punto de operación retrocediera a la izquierda a lo largo de la curva de rendimiento de aquella. Esto podría hacerse con el cierre parcial de una válvula en la línea de descarga, proceso que se denomina estrangulamiento. La resistencia incrementada cambiaría la curva del sistema por aquella con la leyenda Curva B, y el nuevo punto de operación 2 resultaría en el envío del flujo volumétrico deseado Q_2 a la carga total nueva h_2 .

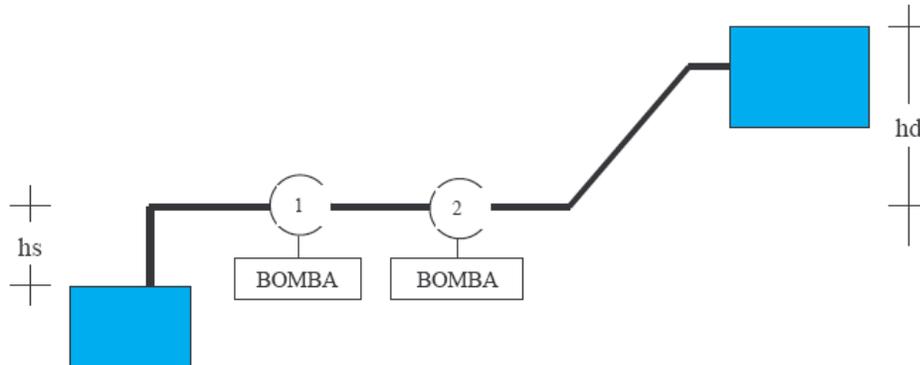
Debe entenderse que en general no es deseable el estrangulamiento por que se desperdicia virtualmente la energía que representa la diferencia entre las cargas totales en los puntos 1 y 2. Debe especificar con cuidado una bomba que tenga el punto de operación que se desea muy cerca de la curva de la bomba, sin tener que hacer un estrangulamiento. Si el sistema debe operarse a tasas de flujo diferentes, es más deseable utilizar un impulso de velocidad variable.³

³ Fuente MOTT, Robert , Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Sexta edición; México D.F, ALFAOMEGA Fig. 13.36 pág. 410.

1.6 SISTEMA EN SERIE

Para aumentar la altura dinámica total (H_e) se utilizan dos o más bombas trabajando en serie, las cuales pueden ser diferentes, pero lo usual es que sean iguales. Si se tiene un sistema con dos bombas 1 y 2 en serie, la succión de la bomba 2 se alimenta con la descarga de la bomba 1 (Figura 7).

Figura 7. Representación de un sistema con dos bombas trabajando en serie

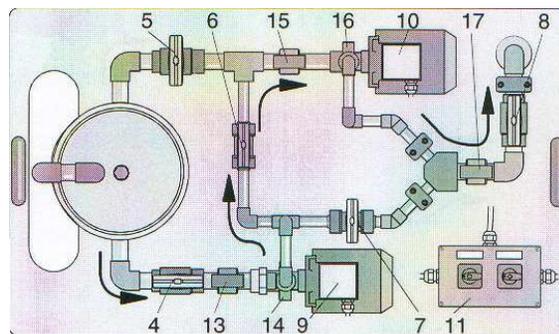


Fuente: http://atenea.unicauca.edu.co/~hdulica/14_bombas.pdf

1.7 SISTEMA REAL EN SERIE

En la figura 4 se presenta un diagrama real de un banco existente, en esta se puede ver el recorrido de el fluido de una bomba hacia la otra. En este caso se deja pasar el fluido por la válvula 4, cerrando la válvula 7, para que la succión de la bomba 10 sea la descarga de la bomba 9. También hay que tener en cuenta que la válvula 5 este cerrada para que no salga el fluido por este lado del tanque.

Figura8, Configuración del sistema trabajando en serie.

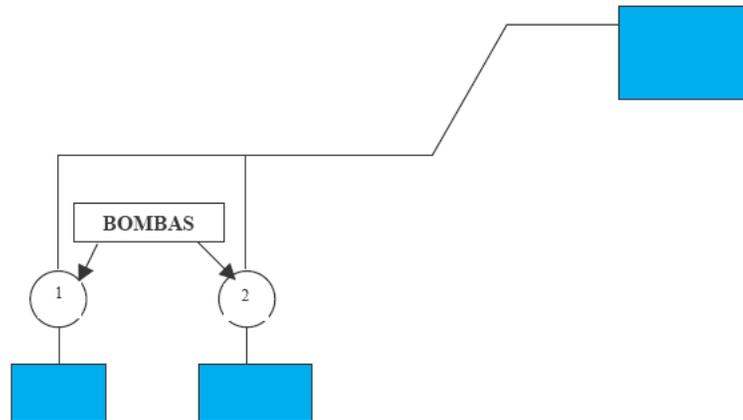


Fuente: http://atenea.unicauca.edu.co/~hdulica/14_bombas.pdf

1.8 SISTEMA EN PARALELO

Para el abastecimiento ó remoción de grandes flujos volumétricos de agua, el tipo más común de estación de bombeo consiste en un sistema de bombas operando en paralelo (Figura 9). El sistema en paralelo mantiene constante la presión de bombeo pero aumenta el caudal.

Figura 9. Sistema de dos bombas en paralelo.

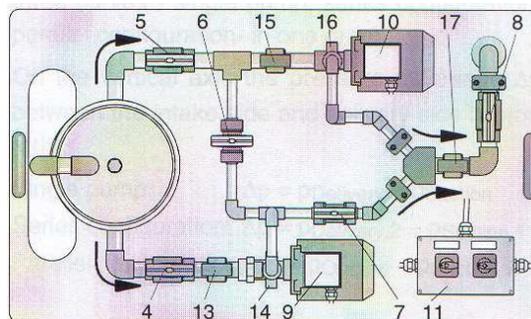


Fuente: http://atenea.unicauca.edu.co/~hdulica/14_bombas.pdf

1.9 SISTEMA REAL EN PARALELO

Al igual que en la figura anterior, en la figura 10 se presenta un diagrama real de un banco existente, en la cual se puede ver el recorrido de el fluido desde el tanque hacia las 2 bombas. En este caso se deja pasar el fluido por la válvula 4 y 5 cerrando la válvula 6 para que la descarga de las bombas 9 y 10 lleguen al mismo punto aumentando el caudal generado.⁴

Figura 10, Configuración del sistema trabajando en paralelo



Fuente: http://atenea.unicauca.edu.co/~hdulica/14_bombas.pdf

⁴ Fuente: http://atenea.unicauca.edu.co/~hdulica/14_bombas.pdf

1.10 CAVITACION

Las bombas centrífugas funcionan con normalidad si la presión absoluta a la entrada del rodete no está por debajo de un determinado valor; cuando el líquido a bombear se mueve en una región donde la presión es menor que su presión de vapor, vaporiza en forma de burbujas en su seno, las cuales son arrastradas junto con el líquido hasta una región donde se alcanza una presión más elevada y allí desaparecen; a este fenómeno se le conoce como cavitación, cuyas consecuencias se describen a continuación.

Si a la entrada del rodete la presión es inferior a la presión parcial del vapor p_v se forman las burbujas de vapor que:

- Disminuyen el espacio utilizable para el paso del líquido
- Perturban la continuidad del flujo debido al desprendimiento de gases y vapores disueltos

disminuyendo el caudal, la altura manométrica, el rendimiento de la bomba, etc, Fig 11; en su recorrido dañan los conductos de paso del líquido en el tubo de aspiración y llegan a una zona en el rodete, de presión superior a la presión de vapor, en la que, instantáneamente, toda la fase de vapor pasa a líquido, de forma que el volumen de las burbujas pasa a ser ocupado por el líquido, en forma violenta, que se acompaña de ruidos y vibraciones, lo cual se traduce en un golpeteo sobre los álabes, que se transmite al eje, cojinetes, cierres mecánicos, etc.

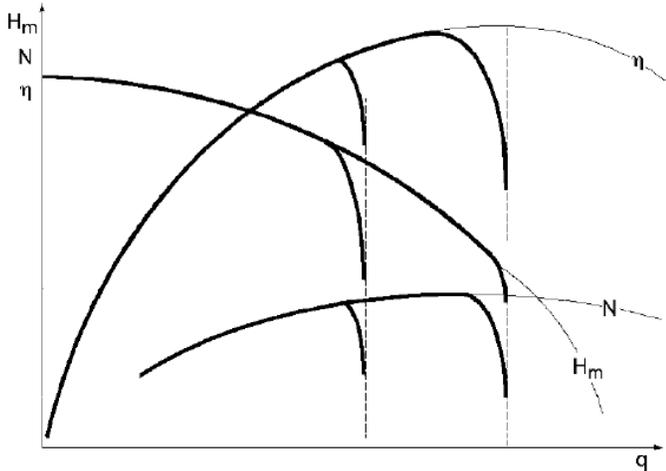
Si la bomba funciona en estas condiciones durante cierto tiempo se puede dañar; la intensidad del golpeteo a medida que disminuye la presión absoluta a la entrada del rodete, se aprecia claramente en las curvas características de la bomba, Fig 11. La presión mínima tiene lugar en el punto M, cerca de la entrada del rodete Fig12, por lo que la altura del tubo de aspiración H_a de la bomba centrífuga viene limitada por la cavitación. Lo más frecuente es que al final del tubo de aspiración, en la brida de aspiración E, exista una depresión y que la presión siga disminuyendo desde E hasta el rodete, punto M (presión mínima), zona que se encuentra a la entrada al mismo, siendo $DPEM$ la pérdida de carga correspondiente entre E y M. A partir del punto M el fluido comienza a notar la influencia del rodete que le comunica una energía cinética relativa

$\frac{w^2}{2g}$

, aumentando bruscamente su presión, y originándose el fenómeno de golpeteo y vibraciones.⁵

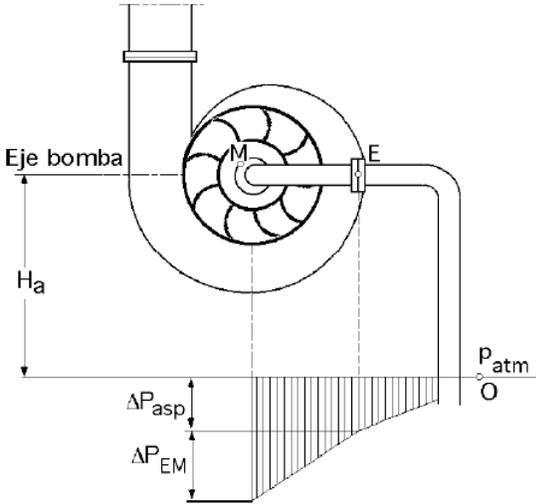
⁵ FERNÁNDEZ DIÉZ, Pedro. Bombas centrífugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética, Universidad de Cantabria

Figura11. Disminución brusca de las curvas características por el efecto de la cavitación en una bomba centrífuga



Fuente. FERNÁNDEZ DIÉZ, Pedro. Bombas centrífugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética, Universidad de Cantabria

Figura12. Campo de presiones eb la aspiración.



Fuente. FERNÁNDEZ DIÉZ, Pedro. Bombas centrífugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética, Universidad de Cantabria

1.11 LABORATORIOS DE MAQUINAS HIDRÁULICAS EXISTENTES SOBRE BOMBAS CENTRIFUGAS:

1.11.1 Banco Universidad de Cantabria

En este panel se puede realizar el ensayo, obteniendo la curva característica, de una bomba centrífuga, para lo cual se puede variar el caudal suministrado por ella con el accionamiento de una válvula de compuerta que incrementa las pérdidas de carga de la tubería; las bombas instaladas presentan tres velocidades de giro diferentes, lo que permite hacer el ensayo para diferentes velocidades.

Figura 13, Banco de Bombas Serie Paralelo



Fuente: Tomado de <http://www.diee.unican.es/pdf/Maq%20Hid.pdf> mayo 2009⁶

Manipulando convenientemente las válvulas de cierre, se puede realizar el ensayo de dos bombas en serie; además al tener la posibilidad de variar la velocidad de las bombas, se puede realizar el acoplamiento en serie de dos bombas diferentes. También se puede realizar el funcionamiento de bombas en paralelo, y ensayar el acoplamiento de las mismas, siendo estas diferentes (al variar la velocidad de giro). Se encuentra ubicado en la Universidad de Cantabria.

1.11.2 Banco diseñado por Edibon (EDIBON during more than 30 years has designed and manufactures more than 2000 Technical Teaching Units in most technical areas.)

Equipo diseñado para demostrar las ventajas operativas del funcionamiento en serie o en paralelo, según el rendimiento requerido.

Este equipo consta de dos bombas centrífugas, un depósito de agua y tuberías de circulación con válvulas a la entrada y salida de las bombas, tres sensores de presión y un sensor de caudal. Este equipo se suministra con el Sistema EDIBON de Control desde Computador (SCADA), que incluye: Caja-interface de Control +

⁶ <http://www.diee.unican.es/pdf/Maq%20Hid.pdf> mayo 2009

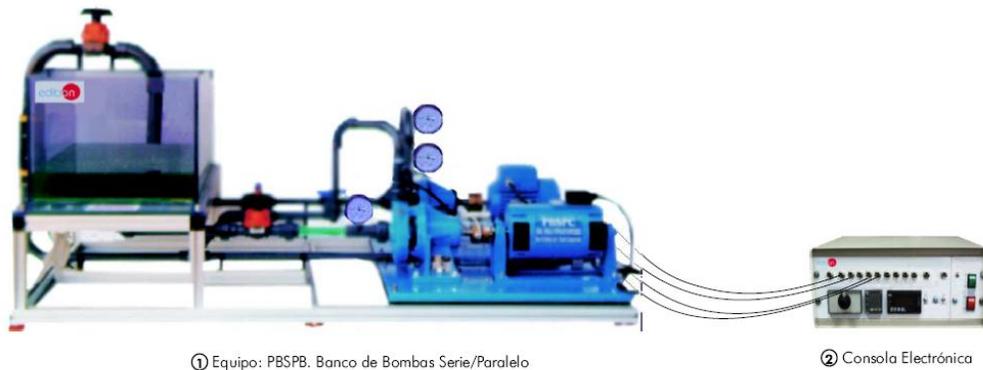
Tarjeta de Adquisición de Datos + Software de Control y Adquisición de Datos, para el control del proceso y de los diferentes parámetros.

Las bombas centrífugas pueden funcionar: aisladamente, acopladas en serie y acopladas en paralelo. Una bomba está accionada a través de un motor trifásico con posibilidad de regulación y medición de la velocidad de giro así como de medición del par mecánico transmitido.

Las bombas van instaladas en un sistema de tuberías que por ser un circuito cerrado evita el gasto permanente de agua durante su funcionamiento.

Mediante el posicionamiento adecuado de las válvulas es posible conectar las bombas por separado, en serie o en paralelo, según sea el ensayo que pretendamos realizar.⁷

Figura 14. Banco de Bombas Serie Paralelo obtenida de



Fuente:

<http://www.edibon.com/products/catalogues/es/units/fluidmechanicsaerodynamics/hydraulicmachinespumps/PBSPC.pdf> mayo 2009

Figura 15. Practicas posibles con este laboratorio

7

<http://www.edibon.com/products/catalogues/es/units/fluidmechanicsaerodynamics/hydraulicmachinespumps/PBSPC.pdf> mayo 2009

Algunas Posibilidades Prácticas del Equipo:

- 1.- Obtención de las curvas H (Q), N (Q), Rto% (Q).
 - 2.- Representación tridimensional de H (Q), N (Q) y Rto% (Q).
 - 3.- Obtención del mapa de una bomba centrífuga.
 - 4.- Estudio adimensional de las magnitudes H*, N* y Q*.
 - 5.- Ensayo de cavitación y obtención de las curvas NPSHr.
 - 6.- Acoplamiento en serie de dos bombas de características iguales.
 - 7.- Acoplamiento en serie de dos bombas de características distintas.
 - 8.- Acoplamiento en paralelo de dos bombas de características iguales.
 - 9.- Acoplamiento en paralelo de dos bombas de características distintas.
- Otras posibles prácticas:
- 10.- Sensores de calibración.
- Prácticas para ser realizadas con el Modulo PLC (PLC-PI)+ Software de Control del PLC:
- 11.- Control del proceso del equipo PBSPC a través de la interface de control, sin el computador.
 - 12.- Visualización de todos los valores de los sensores usados en el proceso del equipo PBSPC.
 - 13.- Calibración de todos los sensores incluidos en el proceso del equipo PBSPC.
 - 14.- Manejo de todos los actuadores que intervienen en el proceso del equipo PBSPC.
 - 15.- Realización de diferentes experimentos, de forma automática, sin tener delante el equipo. (Este experimento puede ser decidido previamente).
 - 16.- Simulación de acciones externas en los casos en que no existan elementos hardware. (Por ejemplo: test de depósitos complementarios, entorno industrial complementario al proceso a estudiar, etc.).
 - 17.- Uso general y manipulación del PLC.
 - 18.- Aplicación del proceso del PLC para el equipo PBSPC.
 - 19.- Estructura del PLC.
 - 20.- Configuración de las entradas y salidas del PLC.
 - 21.- Posibilidades de configuración del PLC.
 - 22.- Leguajes de programación del PLC.
 - 23.- Diferentes lenguajes standard de programación del PLC.
 - 24.- Nueva configuración y desarrollo de nuevos procesos.
 - 25.- Manejo de un proceso establecido.
 - 26.- Observar y ver los resultados y realizar comparaciones con el proceso del equipo PBSPC.
 - 27.- Posibilidad de crear nuevos procesos relacionados con el equipo PBSPC.
 - 28.- Ejercicios de programación del PLC.
 - 29.- Aplicaciones del PLC propias de acuerdo con las necesidades del profesor y del alumno.

Fuente:

<http://www.edibon.com/products/catalogues/es/units/fluidmechanicsaerodynamics/hydraulicmachines/pumps/PBSPC.pdf> mayo 2009

DISEÑO CONCEPTUAL

El banco de pruebas es para el análisis de bombas centrífugas, y las pruebas a realizar son conectando estas bombas en diferentes circuitos, por lo tanto son necesarias dos bombas gemelas y una bomba diferente en este caso una bomba trifásica de mayor potencia.

Inicialmente se diseñó un equipo para llevar al laboratorio situaciones reales que ocurren en el campo laboral, y analizar las diferentes situaciones que se presentan con las bombas centrífugas cuando se diseñan o están conectadas en sistemas mixtos y con bombas de diferentes características, también agregar un variador de frecuencia que permite como su nombre lo indica, variar la velocidad del impeler para obtener diferentes velocidades y jugar con la altura que se puede conseguir variando las RPM del motor.

2.1 SISTEMA DE BOMBAS

Se contaba con 3 bombas 2 Monofásicas marca pedrollo cp610x de 0.85 Hp y 0.6 Kw (Figura 16.) y una Trifásica cp660 serie de presión de 2 Hp y 1,5 Kw. Conectadas entre si por un sistema que forma un circuito mixto de tal manera que se puedan usar en cualquier orden, también se instaló un Variador de Frecuencia Siemens sinamics G 110 que fue adaptado a la Bomba cpm660 de 2 HP debido a que la bomba cuenta con una conexión de tres fases las cuales facilitan la instalación del variador, además al manejar más potencia los resultados de las prácticas variando las RPM se facilitarían en esta bomba. Las bombas van instaladas en un sistema de tuberías que por ser un circuito cerrado evita el gasto permanente de agua durante su funcionamiento.

Figura 16. Bomba Pedrollo Cpm 660 y CP610x tomado de



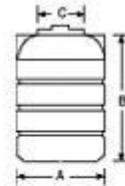
Fuente: www.pedrollo.com.mx

2.2 TANQUE

El diseño básico contenía un tanque plástico como se ve en la Figura 17 .que fuera prefabricado y adaptado al banco pensando en costos y facilidad de adquisición. El problema consistió en la estética del diseño, al ser algo que quedaría en la universidad no fue la opción final.

Figura 17 .Tanque Plástico con tabla de capacidades

Línea cilíndrica



Capacidad	A	B	C
250 Lt.	69	74	37
500 Lt.	58	100	37
1000 Lt.	117	120	37
2000 Lt.	151	169	37

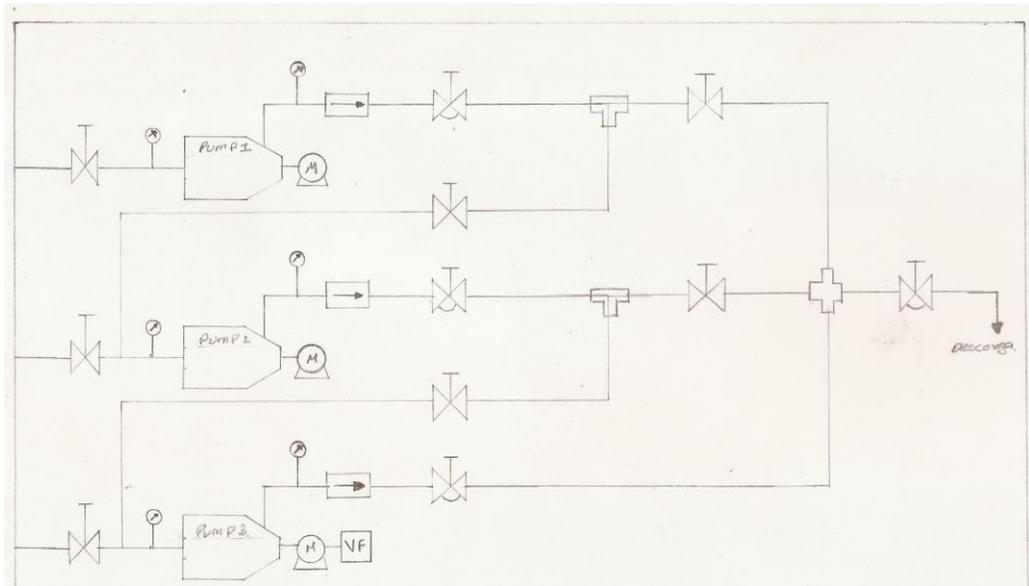
Dimensiones en cm. aprox.

Fuente: http://www.ceba.com.co/tanques_plasticos.htm

2.3 ACCESORIOS

Se realizó un diagrama a mano alzada (Figura 18.) que permitió contar los accesorios que eran necesarios para el proyecto, en un principio el sistema contaba con 8 codos, 4 Tes, 10 Válvulas, 3 Vacuómetros, 4 Manómetros, 1 caudalímetro.

Figura 18 .Diseño conceptual, Estructura Tanque y Control.

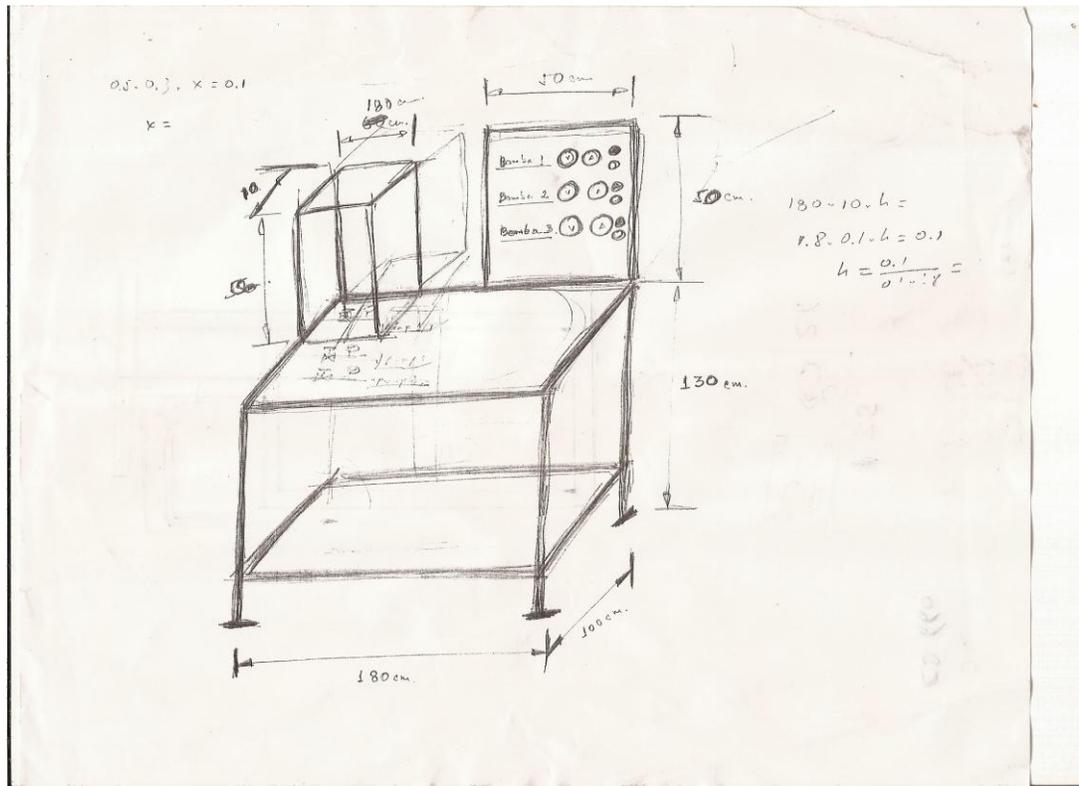


Fuente: HERNANDEZ, Emil - GARCIA, Hernán – SUAREZ, Alberto 2009.

2.4 ESTRUCTURA

En la figura 19. se puede observar la estructura del tanque y el control que fue diseñada inicialmente en forma casi cúbica y de unas medidas de 180 x 130 x 100 cm de tal manera que el tanque quedara en la base superior y el fluido retornara por debajo. Se desistió de esta decisión debido a la estética y la cantidad de tubería y accesorios que serían utilizados.

Figura 19 .Diseño conceptual, Estructura Tanque y Control.



Fuente: HERNANDEZ, Emil 2009.

3. DISEÑO BASICO

3.1 SISTEMA DE BOMBAS

Se cuenta con tres bombas para realizar el banco; 2 Monofásicas marca pedrollo cp610x de 0.85 Hp y 0.6 Kw. (Figura 17.) y una Trifásica cp660 serie de presión de 2 Hp y 1,5 Kw., también con una tubería de acero inoxidable de 1" previamente adquirida por la universidad. A continuación se pueden observar los respectivos cálculos:

Procedimiento para hallar las pérdidas totales en el sistema (curva del sistema)

1. Se asumen una serie de caudales

En (l/m): 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70.

2. Se toma el diámetro de la tubería.

Tubería 1" D interno =0.02164 m "Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Apéndice G, pág. 603"⁸

3. Con D=0.02164m el Área de la tubería es $A = \pi \frac{D^2}{4} = 0.000368 \text{ m}^2$

4. Teniendo Q (caudal) y A (Área) hallamos Velocidad con $V = \frac{Q}{A}$

PARA PERDIDAS DE TUBERIA

5. Con la velocidad (V), Diámetro (D) y

viscosidad cinemática $\nu = 8.94e^{-7} \text{ m}^2 / \text{s}$ a 25 C° "Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Apéndice A Tabla A.1 , pág. 589"⁹

Se hallan los Números de Reynolds para cada Velocidad con $NR = \frac{VD}{\nu}$

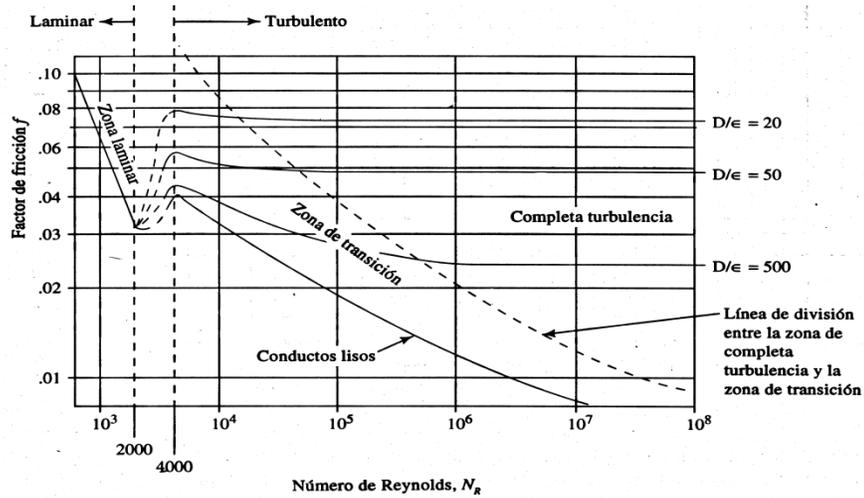
6. Se halla la rugosidad de acero comercial $\epsilon = 4.6e^{-5} \text{ m}$ "Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Tabla 8.2 , pág. 235"

7. Con el D=0.02164m y ϵ se halla Rugosidad Relativa = $\frac{D}{\epsilon}$ para hallar en el diagrama de Moddy junto con el numero de Reynolds (Nr), los respectivos factores de fricción.

⁸ Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Apéndice G, pág. 603

⁹ Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Apéndice A Tabla A.1 , pág. 589

Figura 20 .Diagrama de Moody.



Fuente (Pao, R.H.F 1961 Fluid Mechanics. Nueva York: John Wiley e Hijos, P.284.)¹⁰

8. Con los factores de fricción definidos y la relación entre la longitud total de la tubería (L_e) con el Diámetro ($D=0.02164m$) se halla el coeficiente de resistencia $K = f \frac{L_e}{D}$
9. Al resolver K se puede obtener la pérdida en tubería $Hl = K \frac{V^2}{2g}$ Siendo V la velocidad y g la gravedad.

PARA PERDIDAS EN ACCESORIOS

5. El coeficiente de resistencia $K = f \frac{L_e}{D}$ es diferente para cada accesorio, el valor de este se halla:

$f = 0.023 \text{ pulg} = 5.84e^{-4}m$ "Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Tabla 10.5, pág. 297"¹¹

$\frac{L_e}{D}$ = varía según el accesorio "Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Tabla 10.4, pág. 297"¹²

¹⁰ Pao, R.H.F 1961 Fluid Mechanics. Nueva York: John Wiley e Hijos, P.284.

¹¹ Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Tabla 10.5, pág. 297

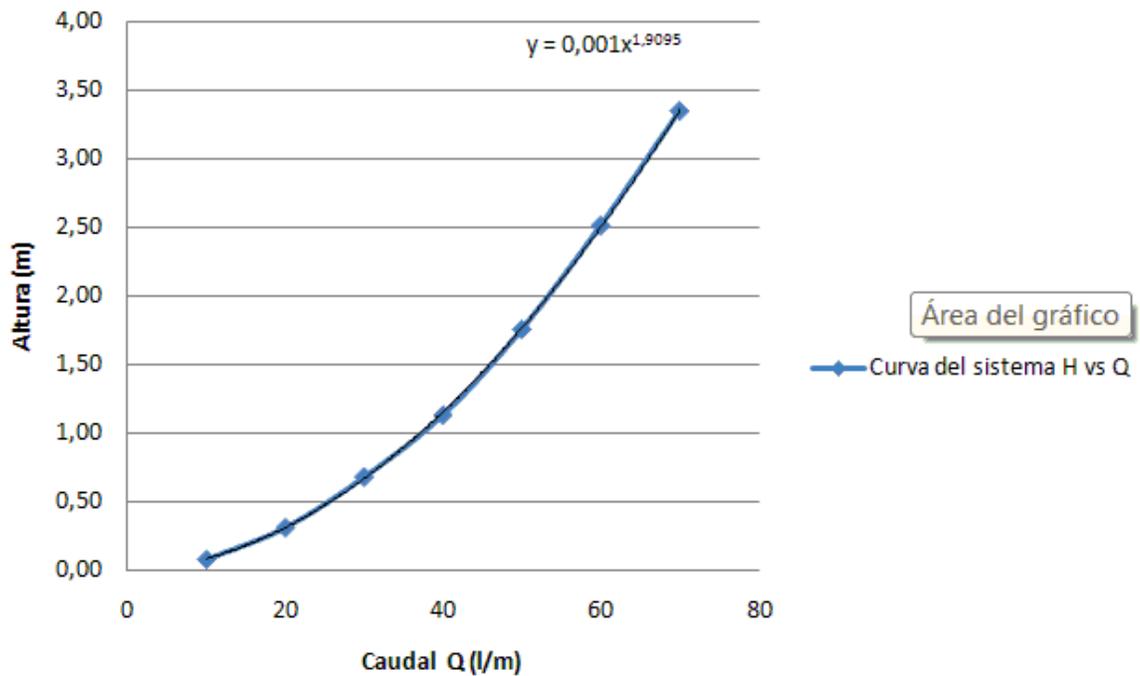
¹² Mecánica de fluidos Robert L. Mott 6ta edición, Tabla 10.4, pág. 297

6. Al resolver los coeficientes de resistencia K se puede obtener la pérdida de cada accesorio $Hl = K \frac{V^2}{2g}$ Siendo V la velocidad y g la gravedad.
7. La sumatoria de estas pérdidas dan como resultado la pérdida total por accesorios.

LA SUMA ENTRE LAS PERDIDAS DE ACCESORIOS Y PERDIDAS DE TUBERIA DAN COMO RESULTADO LA PERDIDA TOTAL DE EL SISTEMA PARA DIFERENTES CAUDALES.

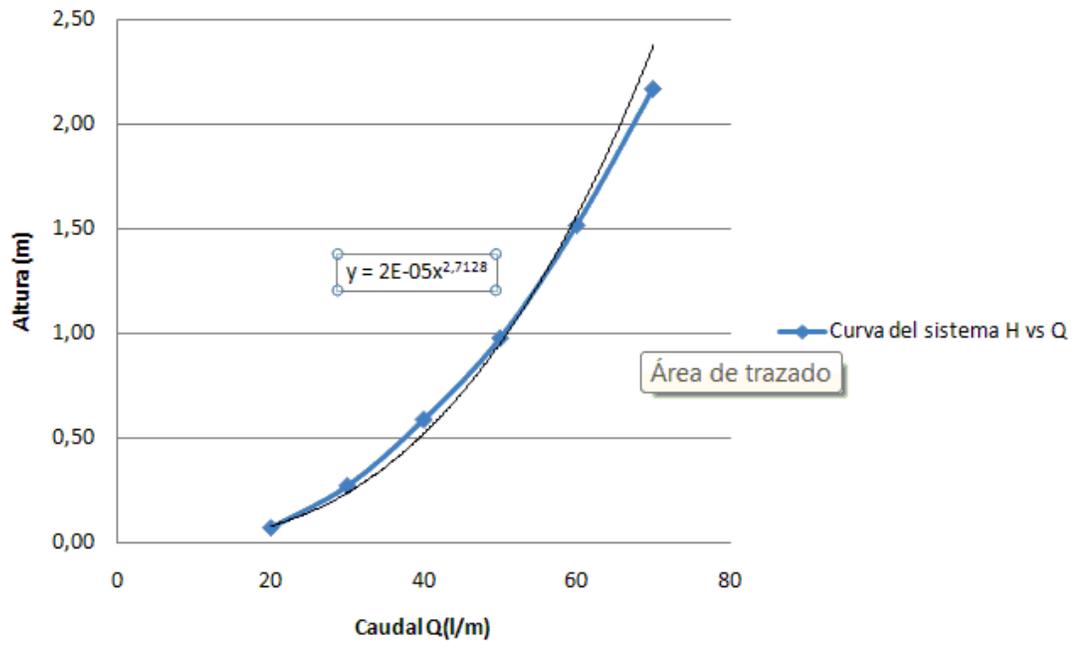
Este cálculo se hizo para el sistema en Full open.

Figura 21 Curva para el tramo 1 de funcionamiento: bomba 1 cp610x



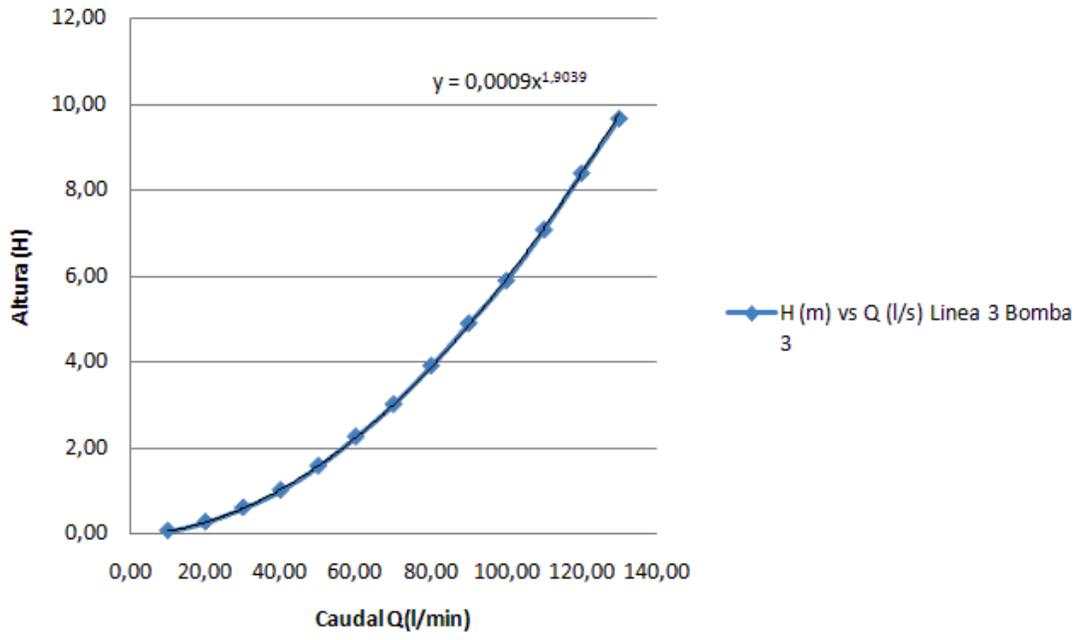
Fuente, GARCIA Hernan, SUAREZ Alberto 2010

Figura 22. Curva para el tramo 2 de funcionamiento: bomba 2 cp610x



Fuente. GARCIA Hernan, SUAREZ Alberto 2010

Figura 23. Curva para el tramo 3 de funcionamiento: bomba 3 cp660



Fuente. GARCIA Hernan, SUAREZ Alberto 2010

3.2 TANQUE

El tanque fue diseñado y construido, es un tanque de aluminio que puede almacenar hasta 66 litros que debe ser más o menos la tercera parte del agua que recorre el sistema. Fue soldado en la Universidad con soldadura TIG. También tiene dos refuerzos, de aluminio y las respectivas salidas y entradas de agua, así como también una purga que permite desocuparlo por el fondo con más facilidad. La forma del tanque es debida a la estructura para que encajara perfectamente sin perder los litros necesarios para el sistema. (Figura 24)

Figura 24 Tanque Aluminio 66 litros



Fuente: Foto tomada GARCIA, Hernán – SUAREZ, Alberto 2009

Cálculos Tanque:

Di de la tubería = 0.02164m

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = 0.000368 \text{ m}^2$$

El volumen total de la tubería se puede calcular sumando la longitud total de la tubería (L_e) y multiplicándola por el área:

$$V_t = A * L_e$$

$$V_t = 13.934 * 0.000368 = 5.12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_t = 5.13 \text{ Lt}$$

El Volumen máximo que circula por la tubería es de 5.13 Litros, y el caudal máximo requerido por las bombas es de 2.2 Litros por segundo, esto indica que el tanque debe ser de mínimo 7.33 litros.

El tanque construido es de 60 litros para comodidad de instalación, Estética, Pensando en proyectos futuros que exijan mayor caudal.

3.3 ACCESORIOS

Los accesorios utilizados fueron: 3 Válvulas de bola, 8 válvulas de compuerta, 3 Vacuómetros, 4 Manómetros, 2 cheques, 10 Tes, 16 Codos, 1 cruceta y 13 Universales (Figura27). También el Variador de frecuencia (Figura 25) y un caudalímetro (Figura 26) al final del retorno para las respectivas mediciones.

Figura 25. Variador de Frecuencia sinamics g110



Foto tomada GARCIA, Hernán – SUAREZ, Alberto 2009

Figura 26. Caudalímetro HEDLAND EZ-VIEW 18GPM Y 65LPM, Foto tomada



Fuente: GARCIA, Hernán – SUAREZ, Alberto 2009

Figura 27. Codos, Manómetros, Tubos, Válvulas, Foto tomada GARCIA,



Fuente: Hernán – SUAREZ, Alberto 2009

3.4 ESTRUCTURA

Después de observar otros bancos ubicados en otras universidades del mundo, y contar con algunos de los materiales, el diseño de la estructura fue realizado en Solid Edge (Figura 29), y cambió de tal manera que las bombas quedaran un poco más abajo y el tanque ocupara mejor el espacio, laminas de 3 x 6 m de aluminio fueron cortadas y adaptadas a una estructura de Aluminio por medio de remaches; para la estructura se utilizaron también cuadrantes de Aluminio de 3 x 1,5 pulgadas y todo fue soldado con soldadura TIG algunos refuerzos debajo de las bombas y las tuberías fueron incorporados para evitar fallas futuras en la estructura como se ve en la Figura 21.

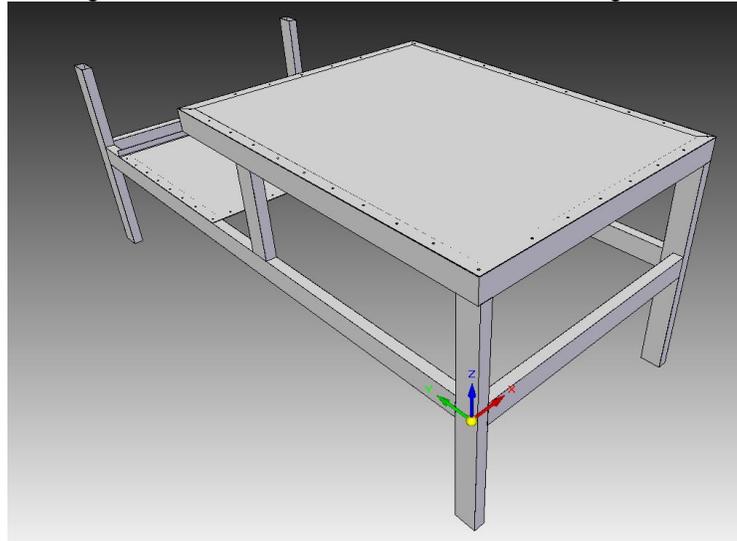
La estructura es en aluminio debido a su fácil adquisición en el mercado y su fácil manejo, además de sus propiedades que evitan la corrosión porque se está trabajando con un fluido que puede estar en contacto con la estructura, el tamaño total de la estructura es de 2,20 metros por 1 metro para su fácil desplazamiento en un salón de clase.

Figura 28. Estructura en Aluminio, Foto tomada GARCÍA



Fuente: Hernán – SUÁREZ, Alberto 2009

Figura 29. Diseño Básico, Estructura. Solid Edge v18



Fuente: GARCÍA, Hernán – SUÁREZ, Alberto 2009.

3.5 TABLERO DE CONTROL Y SISTEMA ELÉCTRICO

El tablero de control (Figura 30) fue adaptado a un lado de la estructura, este contiene el variador de frecuencia además de los indicadores de voltaje, corriente, bombillos piloto y el encendido y apagado de cada bomba.

El tablero de control fue conectado por medio de cable eléctrico calibre numero 14, el cual es el ideal para soportar las cargas eléctricas que se van a manejar, y que están entre el rango de 110 y 220 voltios, principalmente se agregaron las tres líneas vivas (fases) las cuales van a llevar el mando de control de la corriente y su respectiva línea neutra, por consiguiente se distribuyó la alimentación necesaria a cada accesorio como interruptores, voltímetros, amperímetros y la carcasa de conexión de la bomba, las cuales tienen sus respectivo puertos de entrada para ser energizada, los voltímetros se conectaron en paralelo para medir la diferencia de potencial entre dos puntos y los amperímetros en serie para que su resistencia en el circuito sea cero y esta lectura no altere la corriente que se va a medir, seguidamente se conectaron las bombas B1, B2 y B3 basándose en el cuerpo de la bomba que indica el sentido de conexión de cada una, las bombas B1 y B2 se conectaron directas debido a que son bombas monofásicas y su conexión se realiza directamente llevando la línea viva (fase) y línea neutra para poner en funcionamiento dichas bombas, La B3 que es trifásica se conecto en el sistema llamado Triangulo ya que esta conexión se utiliza cuando se necesita amplitud de voltaje, la cual va a cambiar debido al variador de frecuencia cuando se opere a diferentes RPM para las pruebas de laboratorio.(Figura 24).

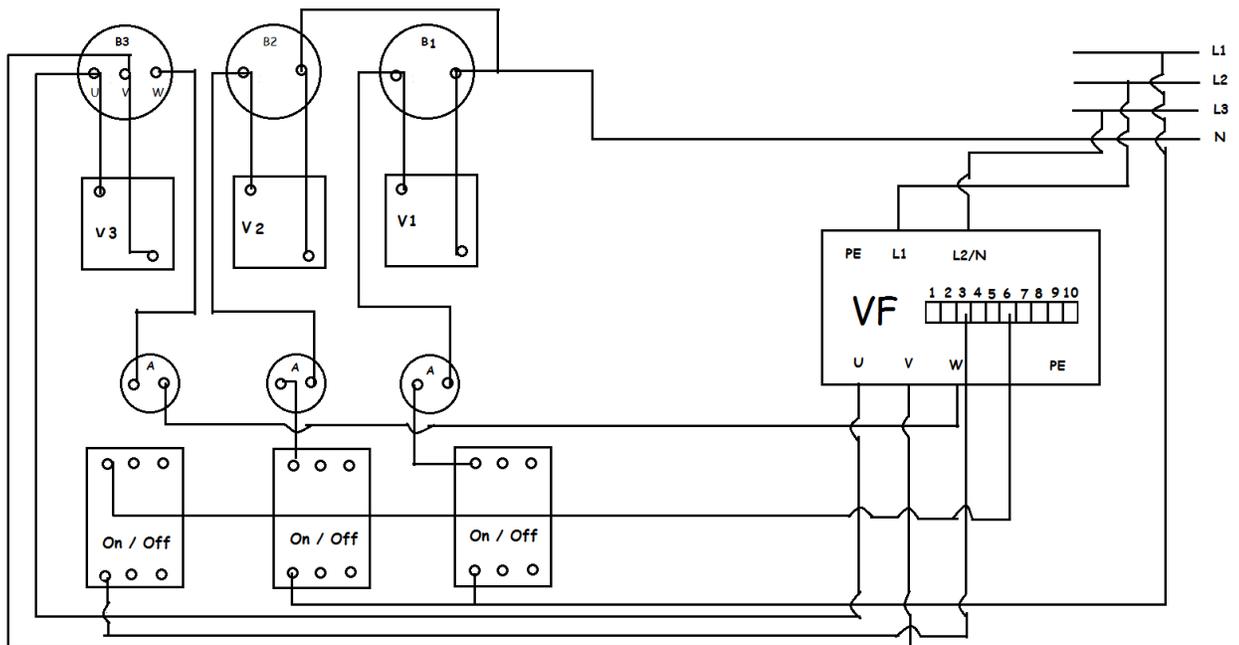
Figura 30. Estructura en Aluminio



Fuente: Foto tomada GARCÍA, Hernán – SUÁREZ, Alberto 2009

Sistema eléctrico y circuito de control.

Figura 31. Plano PDF en Circuito de control



Fuente: García Hernán, Suárez Alberto Mayo 2009

B1 = Cuerpo bomba 1
 B2 = Cuerpo bomba 2
 B3 = Cuerpo bomba 3

V1= Voltímetro de 0 a 300 v
 V2= Voltímetro de 0 a 300 v
 V3= Voltímetro de 0 a 300 v

A= Amperímetros

VF Variador de frecuencia

L1 L2 L3= Cables conductores calibre numero 14

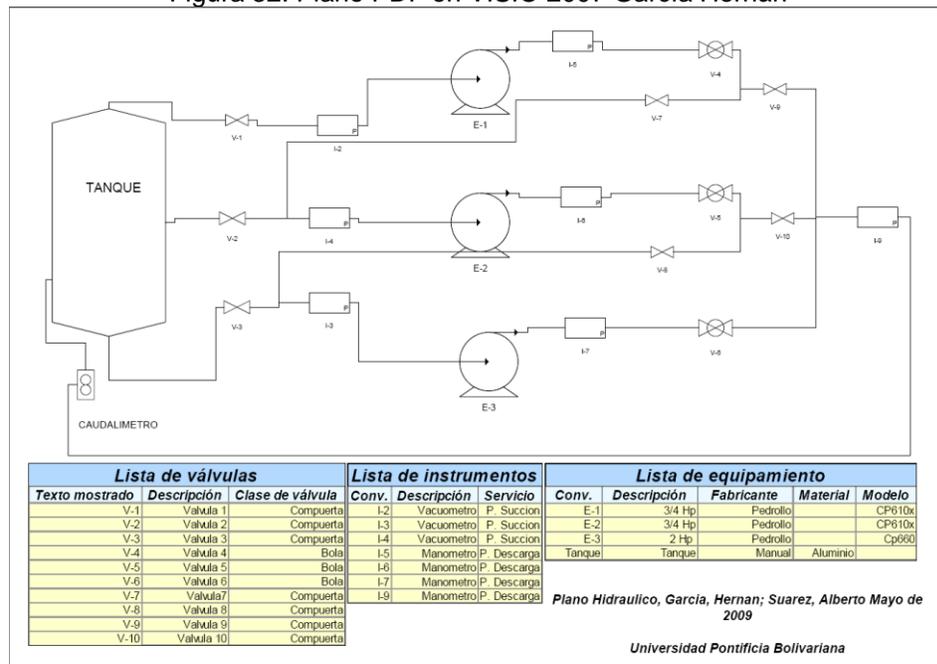
N= Fase Neutro

4. DISEÑO DETALLADO

4.1 SISTEMA HIDRAULICO

En la Figura 32. Se puede observar el plano hidráulico del banco con sus componentes diseño creado en Visio y anexado en el proyecto.

Figura 32. Plano PDF en VISIO 2007 García Hernán



Fuente: Suárez Alberto, García Hernan Mayo 2009

4.2 SISTEMA DE BOMBAS

4.2.1 Bomba Centrífuga CP 610x. En la figura 33. Se puede observar la vista lateral y frontal de la bomba pedrollo CP 610x de $\frac{3}{4}$ de caballo escogida para las pruebas en serie, además las medidas y la tabla de datos tomada por el fabricante.

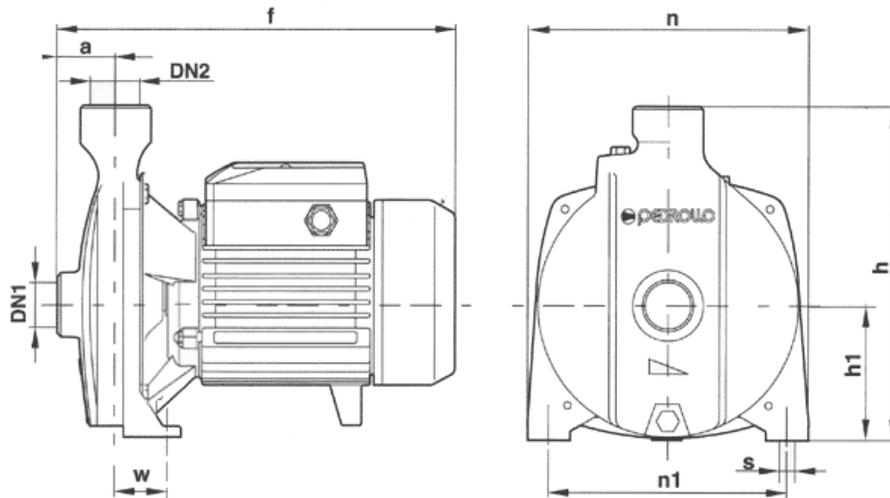
Figura 33 .Vista Frontal, Lateral y medidas de bomba pedrollo cp 610x $\frac{3}{4}$ de caballo

DATOS DE FUNCIONAMIENTO $n=3450$ 1/min

MODELO BOMBA		POTENCIA		Q												
				m ³ /h												
~		3 ~		l/s												
~		3 ~		l/min												
		kW		HP		H										
				m												
CPm 580	CP 580	0.30	0.40	17.5	15.5	14	12	10	7	4	--	--	--			
CPm 600	CP 600	0.37	0.50	21.5	20	19	17	15	12.5	9.5	6	--	--			
CPm 610X	CP 610X	0.60	0.85	30	28.5	27	25.5	23.5	21	17.5	14	--	--			
CPm 620	CP 620	0.75	1	35	34	33	31.5	29.5	27	24	20.5	17	13			
CPm 630	CP 630	1	1.35	45	43	41	39	37	35	32	29	25	21			

Q = CAUDAL

H = ALTURA MANOMETRICA TOTAL



MODELO BOMBA		DN1	DN2	DIMENSIONES mm							
~	3 ~			a	f	h	h1	n	n1	w	s
CPm 580	CP 580	1"	1"	34	247	187	77	148	118	45	10
CPm 600	CP 600	1"	1"	34	247	187	77	148	118	45	10
CPm 610X	--	1"	1"	42	266	211	82	165	135	41	10
--	CP 610X	1"	1"	42	259	211	82	165	135	41	10
CPm 620	CP 620	1"	1"	44	298	242	97	190	160	42.5	10
CPm 630	CP 630	1"	1"	44	298	242	97	190	160	42.5	10

Fuente: Tomado de <http://www.pedrollo.com.mx/Catalogo/cp2dt.htm>

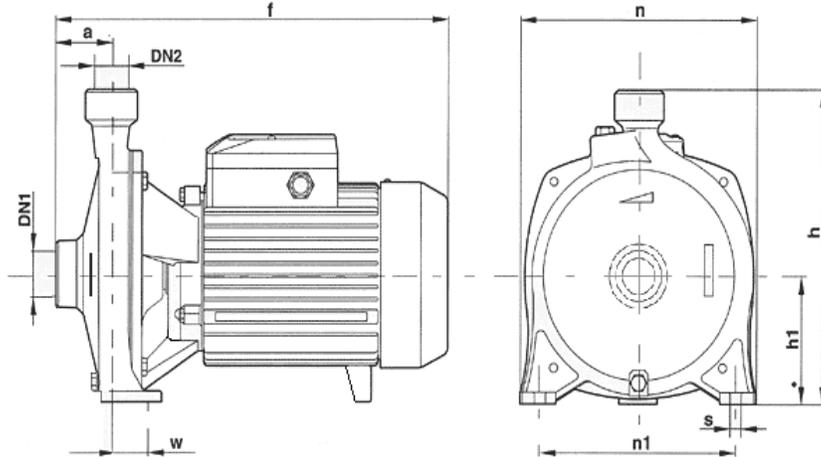
4.2.2 Bomba Centrífuga CP 660. En la figura 34. Se puede observar la vista lateral y frontal de la bomba pedrollo CP 610x de $\frac{3}{4}$ de caballo escogida para las pruebas en serie, además las medidas y la tabla de datos tomada por el fabricante.

Figura 34 .Vista Frontal, Lateral y medidas de bomba pedrollo CPm 660 2 caballos

DATOS DE FUNCIONAMIENTO A n=3450 1/min

MODELO BOMBA		POTENCIA		Q															
				m ³ /h															
~	3~	kW	HP	l/s															
				l/min															
				H															
				m															
CPm 650	CP 650	1.1	1.5	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	
CPm 660	CP 660	1.5	2	0	0.166	0.333	0.500	0.666	0.833	1.000	1.166	1.333	1.500	1.666	1.833	2.000	2.166	2.333	
CPm 670	CP 670	2.2	3	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
CPm 650	CP 650			42	--	39.5	38.5	37	36	34.5	33	31	29	26	23	18.5	--	--	
CPm 660	CP 660			48	--	46	45	44	43	42	40.5	39	36.5	34	31	27	23	--	
CPm 670	CP 670			57	--	55.5	55	54	53	51.5	50	48	46	43	40.5	37.5	34	30	

Q = CAUDAL
H = ALTURA MANOMETRICA TOTAL

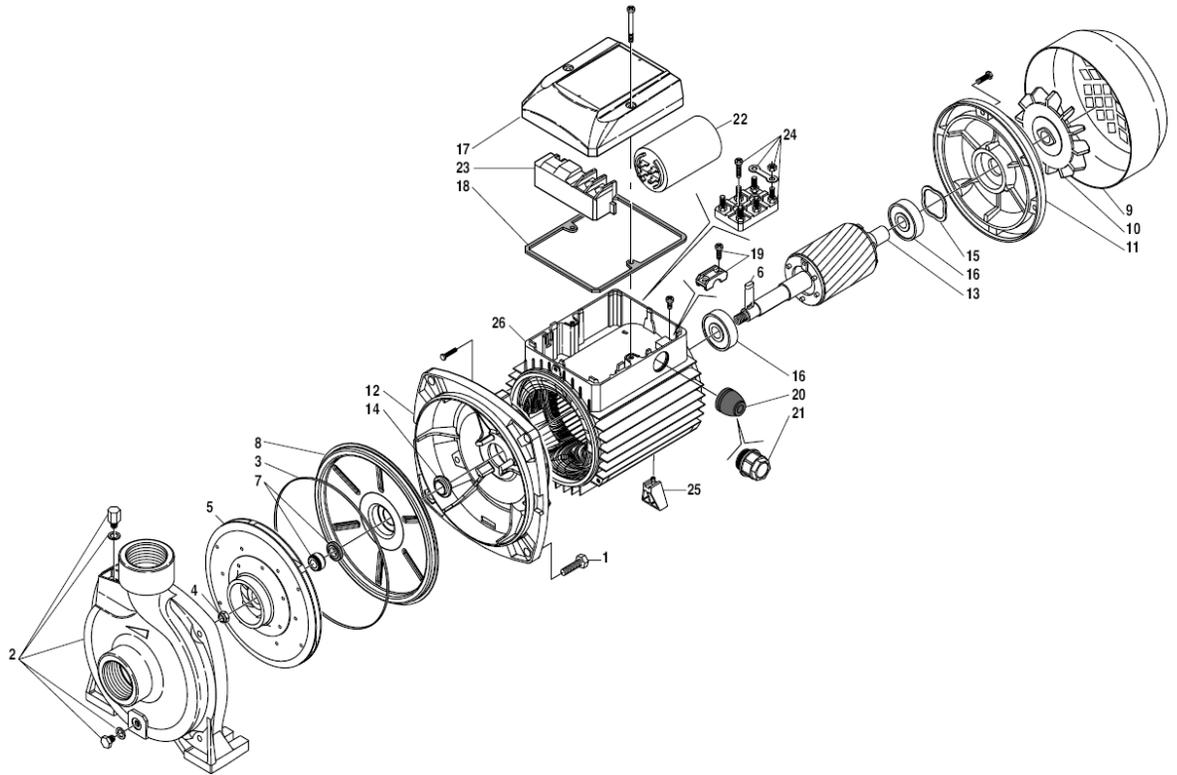


MODELO	BOMBA	DN1	DN2	a	f	h	DIMENSIONES mm				
~	3~						h1	n	n1	w	s
CPm 650 (650X)	CP 650	1 1/4"	1"	51	341	260	110	206	165	44.5	11
CPm 660 (660X)	CP 660	1 1/4"	1"	51	341	260	110	206	165	44.5	11
CPm 670 (670X)	CP 670	1 1/4"	1"	51	361	260	110	206	165	44.5	11

Fuente: <http://www.pedrollo.com.mx/Catalogo/cp3dt.htm>

4.2.3 Despiece de Bomba. En la figura 35. Se puede observar la bomba con todos sus componentes, lo único que cambia entre las 2 referencias cp610x y cpm660 son las medidas de sus partes, al final del libro se encuentra el anexo con los nombres de sus partes.

Figura 35. Despiece de Bombas pedrollo CPm 660 2 caballos y CP 610x de ¾ de caballo.

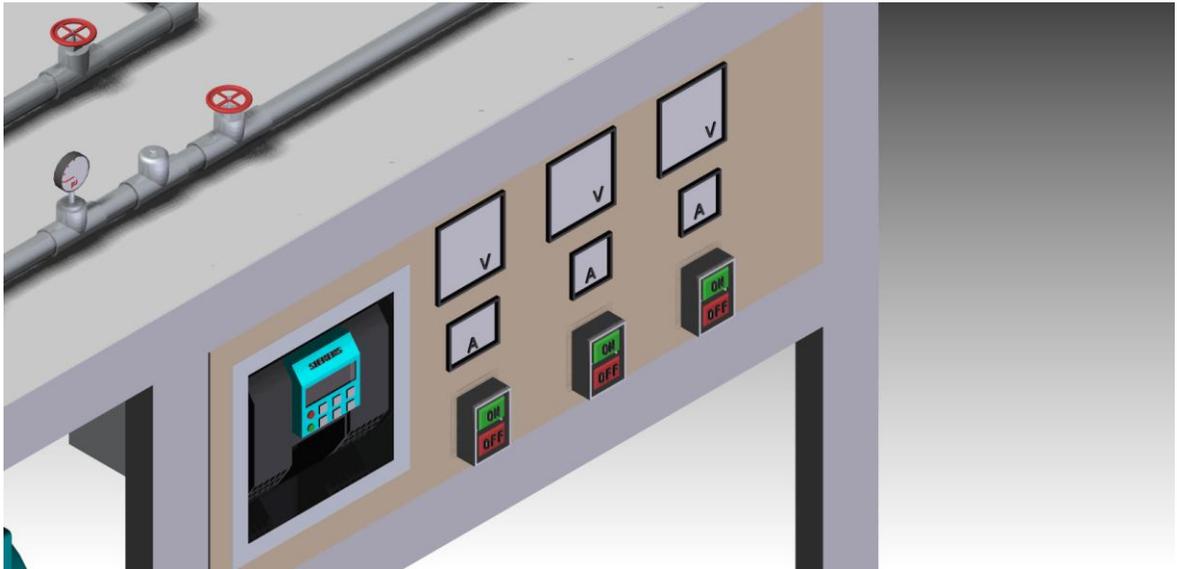


Fuente: <http://www.pedrollo.com.mx/Catalogo/>

4.3 DISEÑO SOLID EDGE

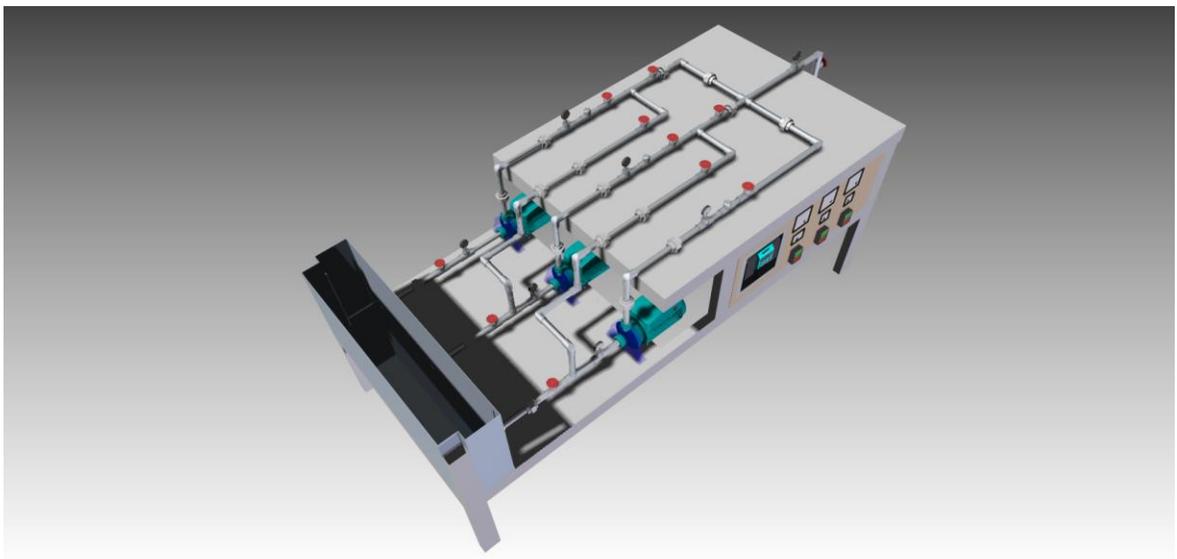
El diseño en solid edge permite observar el banco en 3d para una mejor visualización por parte de los practicantes, así mismo, con el diseño se pueden crear vistas superiores y laterales para ilustrar mejor el manual de laboratorio. Las siguientes figuras muestran la vista isométrica, superior, y el tablero de control del banco.

Figura 36. Diseño Detallado, Tablero de control Renderizado. Solid Edge ST



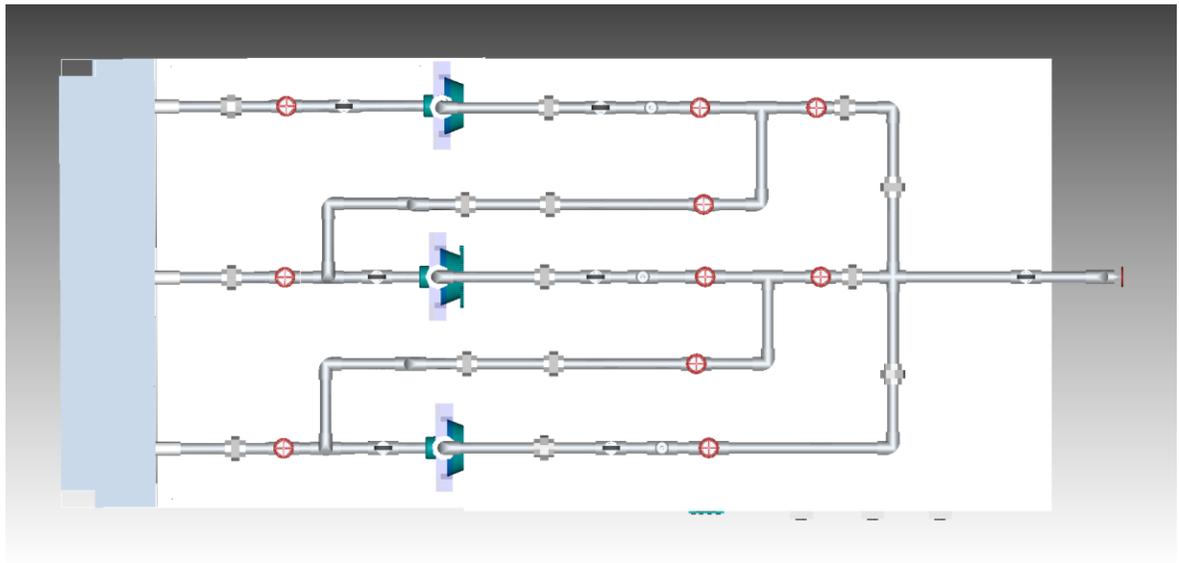
Fuente: GARCÍA, Hernán – SUÁREZ, Alberto 2009.

Figura 37. Diseño Detallado, Isométrico Renderizado. Solid Edge ST



Fuente: GARCÍA, Hernán – SUÁREZ, Alberto 2009.

Figura 38. Diseño Detallado, Vista planta Renderizada. Solid Edge ST



Fuente: GARCÍA, Hernán – SUÁREZ, Alberto 2009.

5. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

5.1 CURVA ALTURA VS CAUDAL BOMBA 1 CP610X

Esta gráfica permite determinar la relación entre el caudal que puede arrojar la bomba a ciertos metros de altura.

Los datos fueron tomados 10 para cada punto de la válvula para optimizar la medición

El procedimiento para la obtención de datos de cada una de las bombas fue el siguiente:

1. Los manómetros en la succión y descarga permiten hallar un delta P que al ser dividido en el peso específico del fluido en este caso agua, da como resultado la altura para cada condición:

$$\Delta P = \frac{P2 - P1}{\gamma}$$

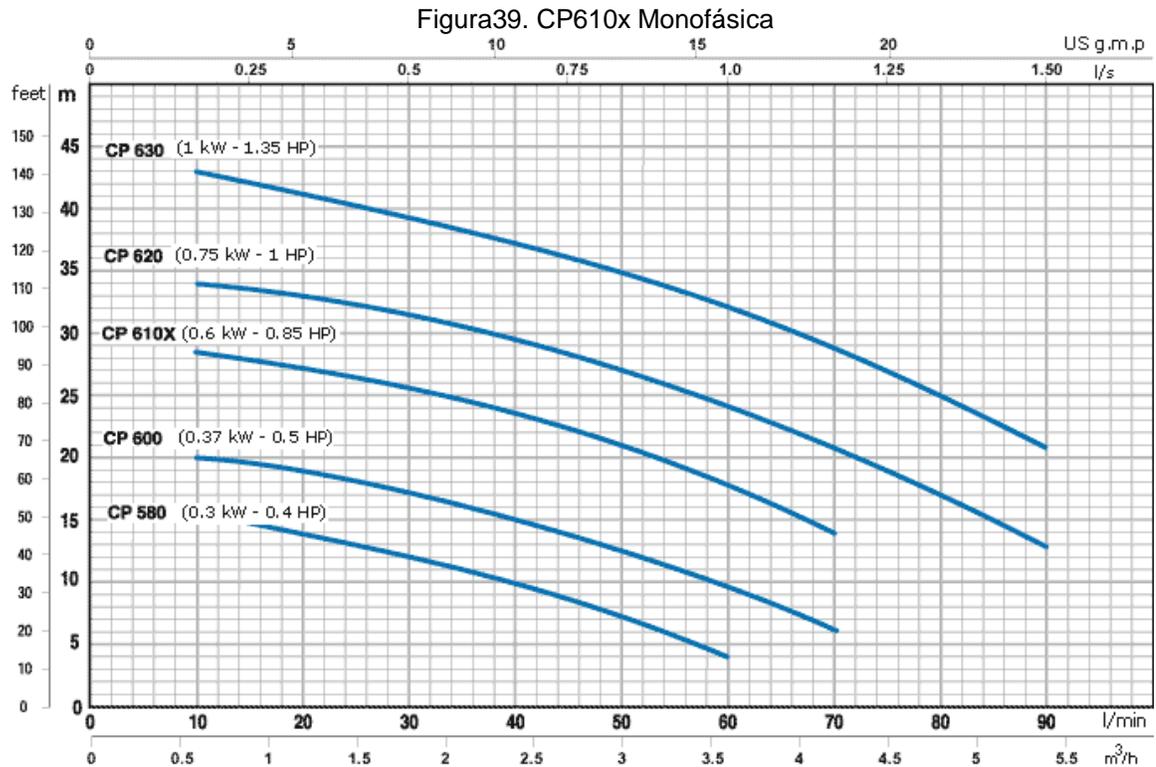
Donde, $\gamma=9800 \text{ N/m}^3$ y las presiones en Pascales

2. Los diferentes caudales se hallaron variando la posición de las válvulas en seis puntos y tomando el tiempo con un cronometro al aforar líquido en un recipiente de 20 litros, se decidió tomar esta medición 10 veces en cada punto para con un promedio tener resultados más confiables. Aplicando la siguiente ecuación para el caudal:

$$Q = \frac{V}{T}$$

5.1.1 Grafica Altura H (m) vs Caudal Q (l/min) fabricante Pedrollo Bomba 1 CP610x. En la figura39. Se puede observar la grafica de 5 diferentes bombas fabricadas por pedrollo Méjico, la usada en el banco es la cp 610x. También se pueden observar los ejes principales, Y en Metros y X en l/min respectivamente.

Velocidad Nominal 3450 Rpm



Fuente: Tomado de, <http://www.pedrollo.com.mx/Catalogo/cp1.htm>

5.1.2 Gráfica Altura H (m) vs Caudal Q (l/min) Experimental Banco de Bombas UPB. En la tabla3. Se pueden observar los datos que se tomaron para realizar la gráfica experimental de la bomba Nr1 CP610x, con unidades en H (m) y Q (l/min).

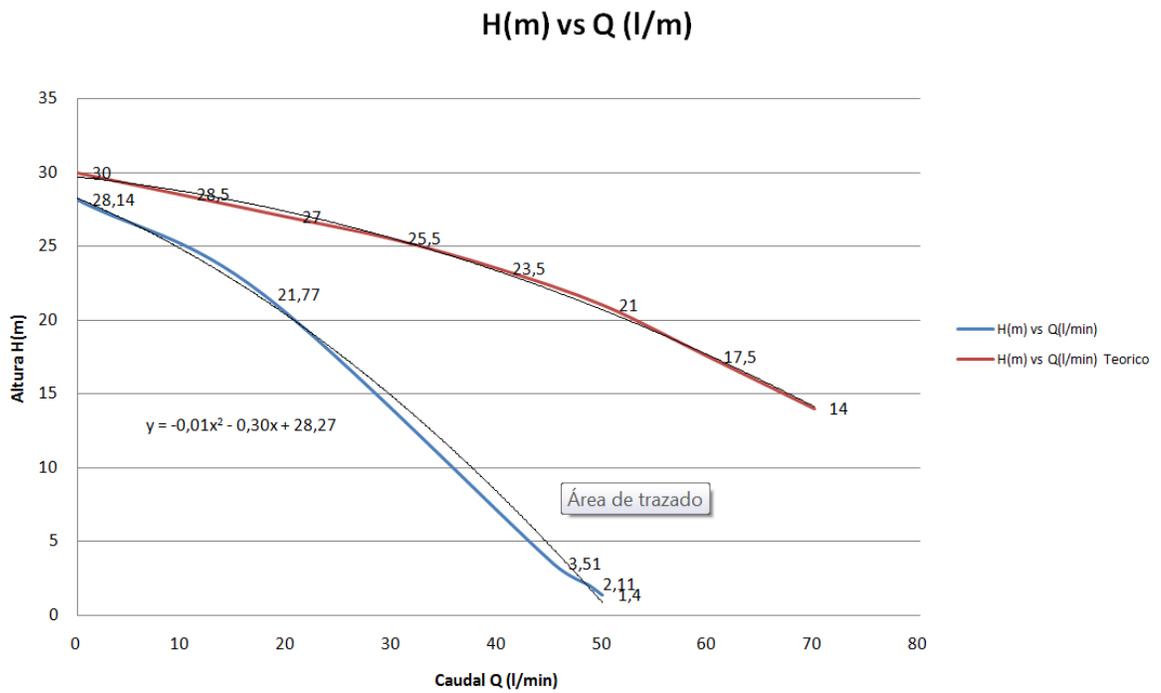
La figura 40 es la correspondiente a la curva H vs Q en m y (l/min respectivamente obtenida con los datos tomados en el banco de pruebas de bombas hidráulicas de la UPB.

Tabla 3. Datos tomados Bomba 1 CP610x Monofásica Excel 2007

POSICION VALVULA	P2 (kPa)	P1 (kPa)	h(m)	V (Lt)	t (MIN)	Q (l/m)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	275,79	0	28,14	0	0	0	700	0	0
2 vueltas	213,378	0	21,77	18,927	1,07466667	17,61	700	62,61	0,089
4 vueltas	34,474	0	3,51	18,927	0,41816667	45,26	700	25,94	0,037
6 vueltas	20,684	0	2,11	18,927	0,39	48,53	700	16,72	0,02
8 vueltas	13,79	0	1,4	18,927	0,37933333	49,89	700	11,4	0,016
12 vueltas	0	0	0	18,927	0,37666667	50,24	700	0	0

Fuente: García Hernán; Suárez Alberto Febrero 2010

Figura40. Grafica H(m) Altura vs Q(l/min) Caudal Teórica vs Experimental bomba 1 CP610x Monofásica, Excel 2007



Realizado por García, Hernán; Suárez Alberto. Febrero 2010

5.2 CURVA ALTURA VS CAUDAL BOMBA 2 CP610X

Esta gráfica permite determinar la relación entre el caudal que puede arrojar la bomba a ciertos metros de altura.

Los datos fueron tomados 10 para cada punto de la válvula para optimizar la medición

El procedimiento para la obtención de datos de cada una de las bombas fue el siguiente:

1. Los manómetros en la succión y descarga permiten hallar un delta P que al ser dividido en el peso específico del fluido en este caso agua, da como resultado la altura para cada condición:

$$\Delta P = \frac{P_2 - P_1}{\gamma}$$

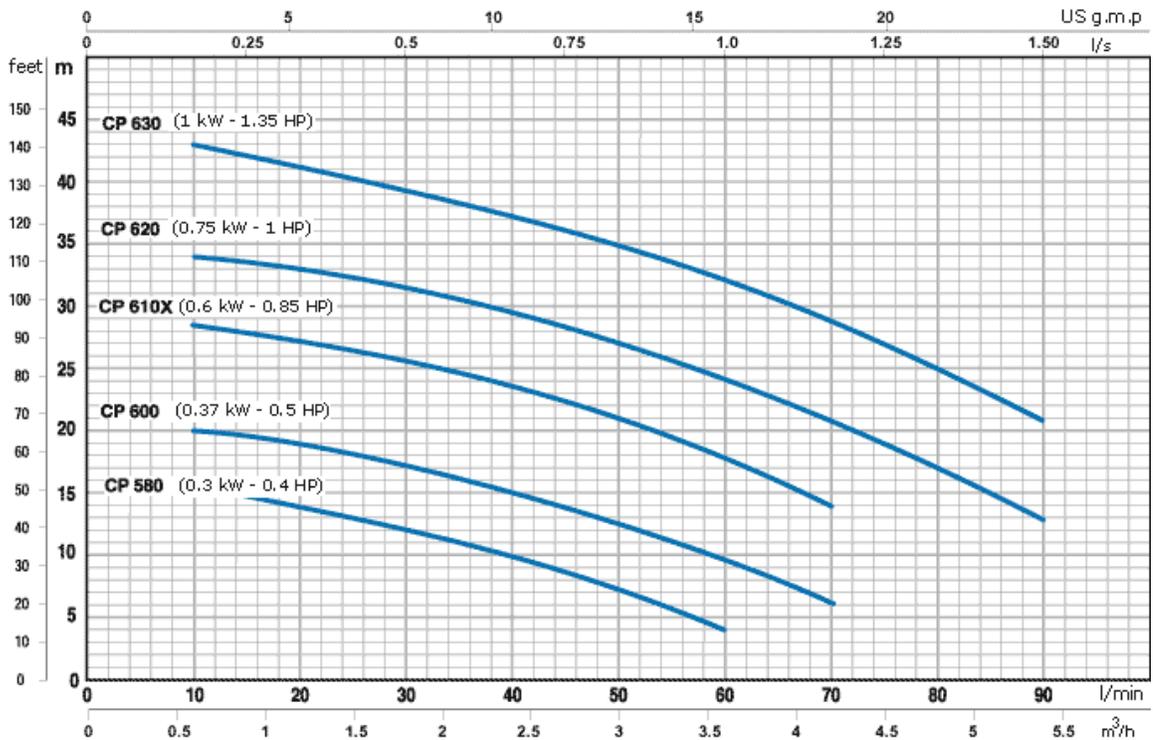
Donde, $\gamma=9800 \text{ N/m}^3$ y las presiones en Pascales

2. Los diferentes caudales se hallaron variando la posición de las válvulas en seis puntos y tomando el tiempo con un cronometro al aforar liquido en un recipiente de 20 litros, se decidió tomar esta medición 10 veces en cada punto para con un promedio tener resultados más confiables. Aplicando la siguiente ecuación para el caudal:

$$Q = \frac{V}{T}$$

5.2.1 Grafica altura H (m) vs caudal Q (l/min) fabricante Pedrollo Bomba 2 CP610x. En la figura41. Se puede observar la grafica de 5 diferentes bombas fabricadas por pedrollo Méjico, la usada en el banco es la cp 610x. También se pueden observar los ejes principales, Y en Metros y X en l/min respectivamente Velocidad nominal 3450 Rpm

Figura41 .CP610x Monofásica



Tomado de, <http://www.pedrollo.com.mx/Catalogo/cp1.htm>

5.2.2 Gráfica H (m) vs Q (l/min) Experimental Banco de Bombas UPB. En la tabla3. Se pueden observar los datos que se tomaron para realizar la gráfica experimental de la bomba Nr2 CP610x, con unidades en H (m) y Q (l/min).

La figura42 es la correspondiente a la curva H vs Q en m y l/min respectivamente obtenida con los datos tomados en el banco de pruebas de bombas hidráulicas de la UPB.

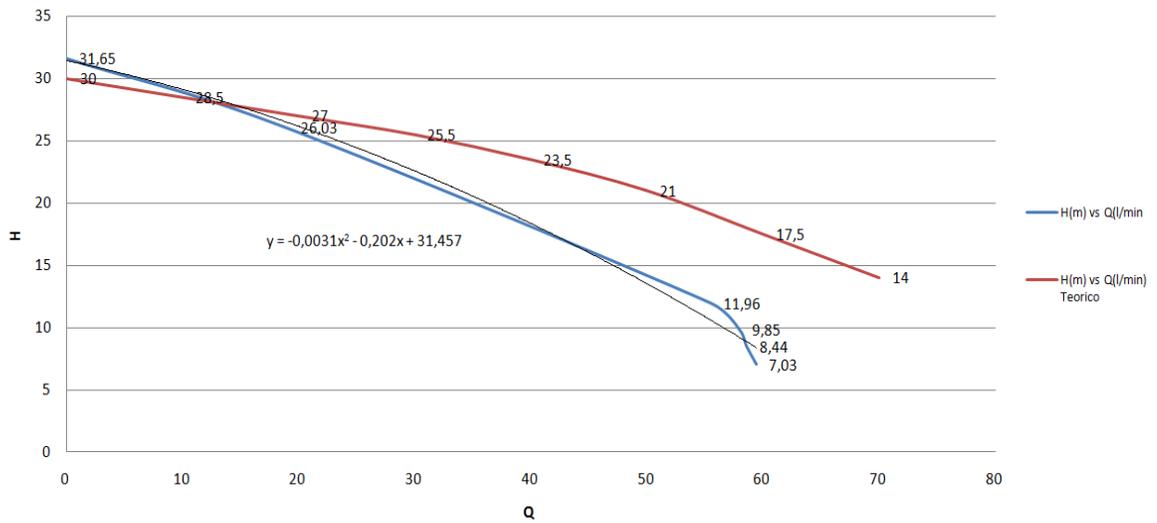
Tabla 4. Datos tomados Bomba 2 CP610x Monofásica Excel 2007

POSICION VALVULA	P2 (kPa)	P1 (kPa)	h(m)	V (Lt)	t (MIN)	Q (l/m)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	310,264	0	31,65	0	0	0	700	0	0
2 vueltas	255,106	0	26,03	18,927	0,9925	19,07	700	81,07	0,1158
4 vueltas	117,211	0	11,96	18,927	0,34116667	55,48	700	108,37	0,1548
6 vueltas	96,527	0	9,85	18,927	0,32666667	57,93	700	93,19	0,133
8 vueltas	82,737	0	8,44	18,927	0,323	58,59	700	80,76	0,1153
12 vueltas	68,948	0	7,03	18,927	0,3185	59,42	700	68,22	0,097

Fuente: García Hernán; Suarez Alberto Febrero 2010

Figura42. Grafica H(m) Altura vs Q(l/min) Caudal Teórica vs Experimental bomba 2 CP610x Monofásica, Excel 2007

H(m) vs Q(l/m)



Realizado por García, Hernán; Suárez Alberto. Febrero 2010

5.3 CURVA ALTURA VS CAUDAL BOMBA 3 CP660

Esta gráfica permite determinar la relación entre el caudal que puede arrojar la bomba a ciertos metros de altura.

Los datos fueron tomados 10 para cada punto de la válvula para optimizar la medición

El procedimiento para la obtención de datos de cada una de las bombas fue el siguiente:

1. Los manómetros en la succión y descarga permiten hallar un delta P que al ser dividido en el peso específico del fluido en este caso agua, da como resultado la altura para cada condición:

$$\Delta P = \frac{P2 - P1}{\gamma}$$

Donde, $\gamma=9800 \text{ N/m}^3$ y las presiones en Pascales

2. Los diferentes caudales se hallaron variando la posición de las válvulas en seis puntos y tomando el tiempo con un cronometro al aforar liquido en un recipiente de 20 litros, se decidió tomar esta medición 10 veces en cada punto para con un promedio tener resultados más confiables. Aplicando la siguiente ecuación para el caudal:

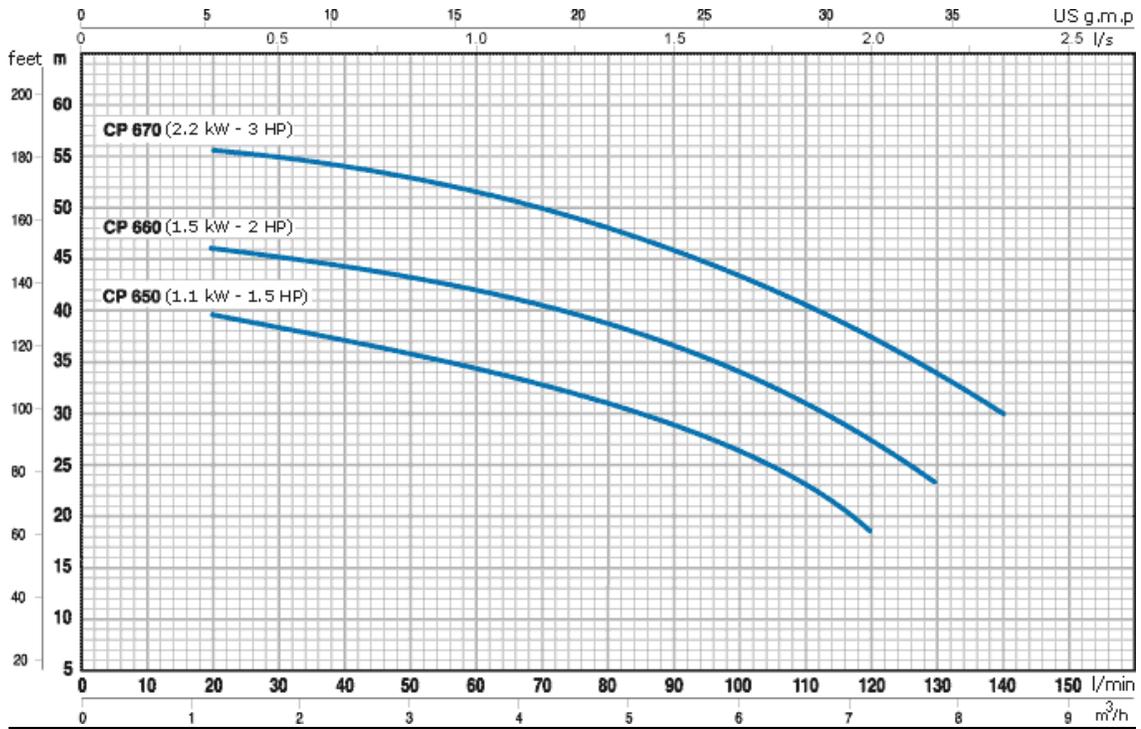
$$Q = \frac{V}{T}$$

5.3.1 Grafica H (m) Altura vs Q (l/min) Caudal fabricante Pedrollo Bomba 3 CP660.

En la figura 43. Se puede observar la grafica de 3 diferentes bombas fabricadas por pedrollo Méjico, la que nos interesa es la CP660, ya que esta es la utilizada en el banco. También se ven los ejes principales, Y en Metros y X en l/min respectivamente.

Velocidad nominal 3450 Rpm

Figura 43.CP660 Trifásica



Tomado de, <http://www.pedrollo.com.mx/Catalogo/cp1.htm>

5.3.2 Gráfica Altura H (m) vs Caudal Q (l/min) Experimental Banco de Bombas UPB.

En la tabla 5. Se observan los datos que se tomaron para realizar la gráfica experimental de la bomba Nr3 CP660, con unidades en Altura H (m) y Caudal Q (l/min).

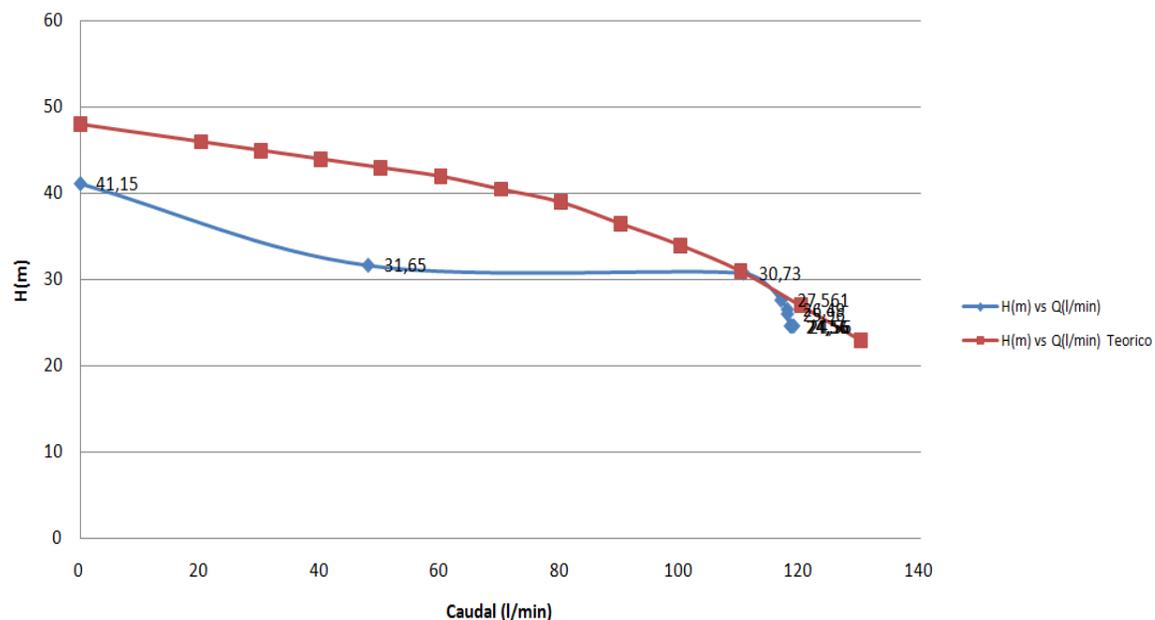
La figura44 es la correspondiente a la curva H vs Q en m y l/min respectivamente obtenida con los datos tomados en el banco de pruebas de bombas hidráulicas de la UPB.

Tabla5. Datos tomados Bomba 3 CP660 Trifásica, Excel 2007

POSICION VALVULA	P2 (kPa)	P1 (kPa)	h (m)	V (Lt)	t (min)	Q (L/min)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	403,343	0	41,15	20	0	0	1500	0	0
1	310,264	0	31,65	20	0,2086	47,93	1500	247,77	0,16518
2	275,79	-25,398	30,73	20	0,181	110,4972	1500	554,6112	0,3697
3	241,317	-28,784	27,561	20	0,17133	116,7337	1500	525,49	0,350326
4	227,527	-32,171	26,49	20	0,1698	117,785	1500	509,6203	0,3397
5	220,632	-33,864	25,96	20	0,1698	117,785	1500	499,42	0,3329
6	206,843	-33,864	24,56	20	0,1691	118,273	1500	474,448	0,3162
7	206,843	-33,864	24,56	20	0,1688	118,4834	1500	475,2922	0,3166
8	206,843	-33,864	24,56	20	0,1688	118,4834	1500	475,2922	0,3166
9	206,843	-33,864	24,56	20	0,1683	118,8354	1500	475,2922	0,3166

Fuente: García Hernán; Suárez Alberto Febrero 2010

Figura 44. Grafica Altua H(m) vs Caudal Q(l/min) Experimental vs Teórica Bomba 3 CP660 Trifásica, Excel 2007

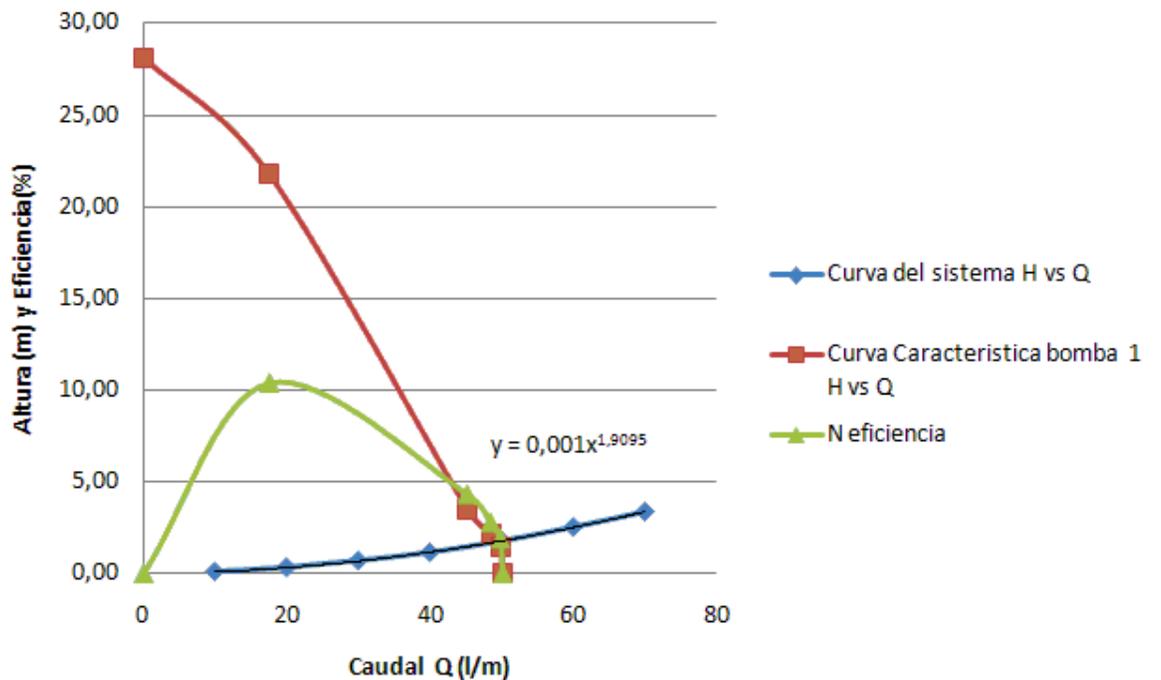


Realizado por García, Hernán; Suárez Alberto. Febrero 2010

5.4 ANALISIS DE RESULTADOS

5.4.1 Bomba 1 Cp610x

Figura 45 . Bomba 1 Cp 610x Graficas H Altura N Eficiencia y sistema full open

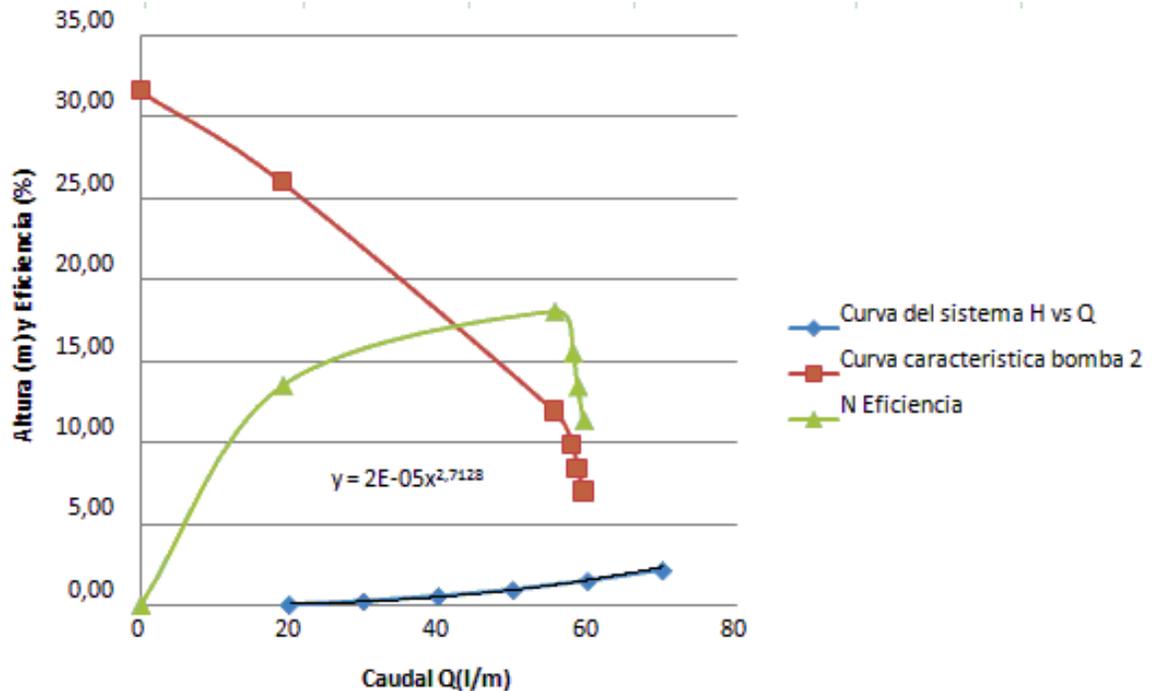


Tomados por García Hernán; Suarez Alberto Febrero 2010

- Se puede observar cierta similitud entre la grafica de H(Figura 40) que se obtuvo con respecto a la dada por el fabricante, ya que Pedrollo ofrece una altura de 30 M en shutt off y la grafica experimental Figura 42 ofrece 28.14. La desviación en shutt off es de 7% y 1.86 m.
- Al final después de 40 l/min la altura cae a 0 por que el flujo que el caudal que está circulando por la tubería es muy grande y los manómetros no marcan presión, la falta de resistencia en el sistema es notable en este caso la bomba no sube cabeza y es recomendable aumentar la resistencia del sistema con válvulas adecuadas, para así subir las curvas del sistema y de la bomba o bajar las RPM del motor para trabajar en un punto con mejor eficiencia.
- Se recomienda cerrar al máximo la bomba de succión para simular un vacío y crear una obstrucción grande del fluido a la descarga para observar el buen funcionamiento de la bomba.

5.4.2 Bomba 2 Cp 610x

Figura 46 . Bomba 2 Cp 610x Graficas H Altura N Eficiencia y sistema full open

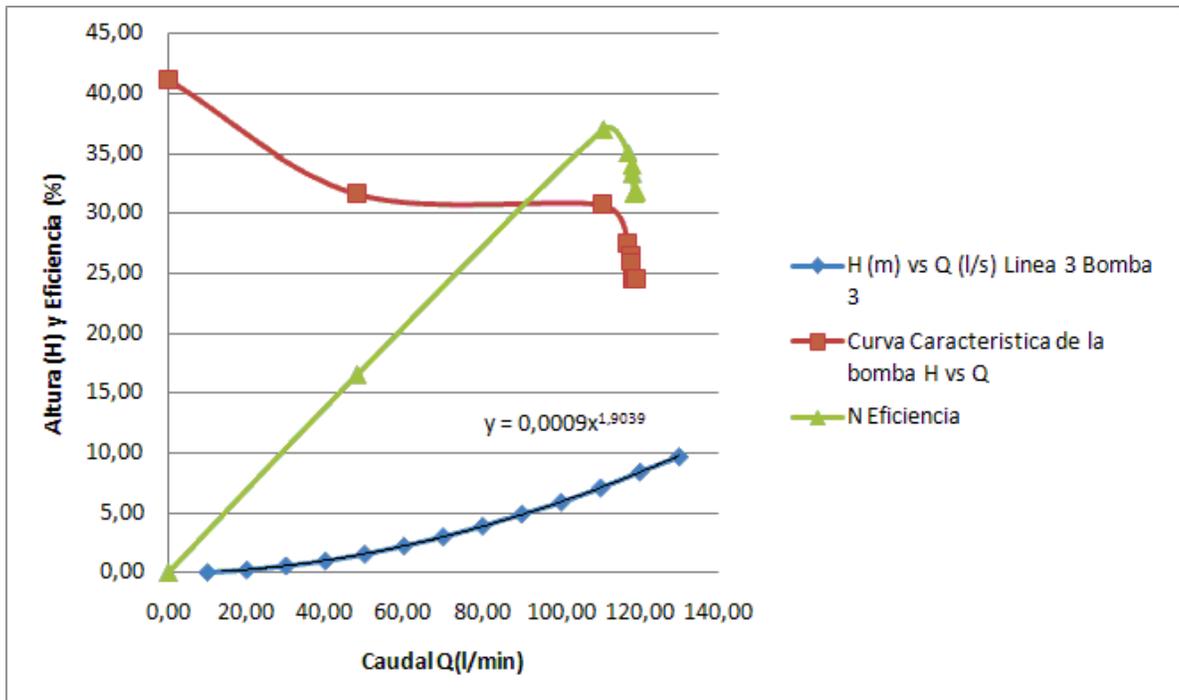


Tomados por García Hernán; Suarez Alberto Febrero 2010

- En las graficas teórica y experimental (Figura 41) de H Altura vs Q Caudal se puede observar la misma tendencia, y una similitud marcada en shutt off. La grafica experimental en 10 l/min arroja casi los 29 mts que es un 1 % menos de lo que reporta el fabricante.
- En este caso la altura nunca cae a 0 como ocurre con la bomba numero 1, aun cuando las bombas son de la misma referencia, esto lleva a concluir que nunca dos bombas van a ser idénticas y cada una llevará una curva característica diferente, sin dejar a un lado que el fabricante entrega una curva característica muy similar a la real.
- En este tramo de tubería donde se encuentra la bomba 2, se puede observar que la curva característica de la bomba a su velocidad nominal no se cruza con la de el sistema en full open, la razón de esto es que la bomba es muy potente para este tramo, una solución sería graficar la curva del sistema agregándole más resistencia a este, con válvulas solenoides que permitan variar el caudal de una mejor manera que las válvulas manuales, o adaptando un variac que por medio de la variación de voltajes permita trabajar el motor a menos RPM esto a su vez hace caer la curva característica para obtener mejores resultados.

5.4.3 Bomba 3 CP660

Figura 47 . Bomba 3 Cp 660 Graficas H Altura N Eficiencia y sistema full open



Tomados por García Hernán; Suarez Alberto Febrero 2010

- En la grafica teórica vs experimental de la curva característica de la bomba(Figura 42) se puede observar una similitud en diferentes puntos, al contrario de las bombas monofásicas, esta bomba nunca pierde su cabeza de presión y tienen una desviación entre ellas del 7 % en shutt off y en 117 l/min tienen algunos puntos iguales. Esto es debido a que la bomba genera una presión de succión entre 25 y 33 kpas en la mayoría de las posiciones de la válvula, esto mantiene siempre un Delta P que no deja que la altura se desplome.
- Esta bomba tiene conectado a su motor un variador de frecuencia que permite regular las RPM del motor permitiendo bajar su curva característica hasta un punto que cruce con la curva del sistema full open para un mejor desempeño.

6. MANUAL LABORATORIO

6.1 OBJETIVO GENERAL

- Comprobar el funcionamiento de las bombas instaladas en diferentes condiciones de trabajo, a partir del uso de los accesorios instalados en el banco.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

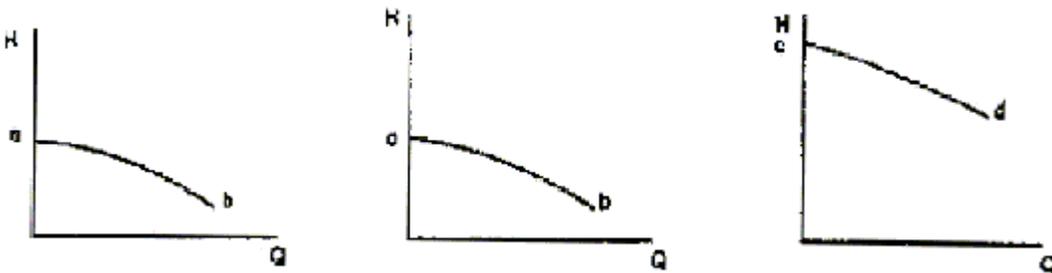
- Entender el comportamiento des operación energética de dos bombas centrífugas operándolas como sistemas integrados en serie y paralelo al unificar las características unitarias de ambas.
- Proporcionar los criterios y métodos que permitan analizar y representar la operación de los sistemas en serie y paralelo.
- Aprender el uso de los diferentes accesorios conectados al banco.

6.3 MARCO TEORICO

6.3.1 Sistema en serie. Un sistema de bombeo en serie proporciona líquidos con cabezas altas y caudal bajos (relativamente).

Caso a. Característica **H- Q** (Cabeza vs Caudal) para dos bombas iguales acopladas a motores iguales.

Figura 1. Grafica bombas en serie



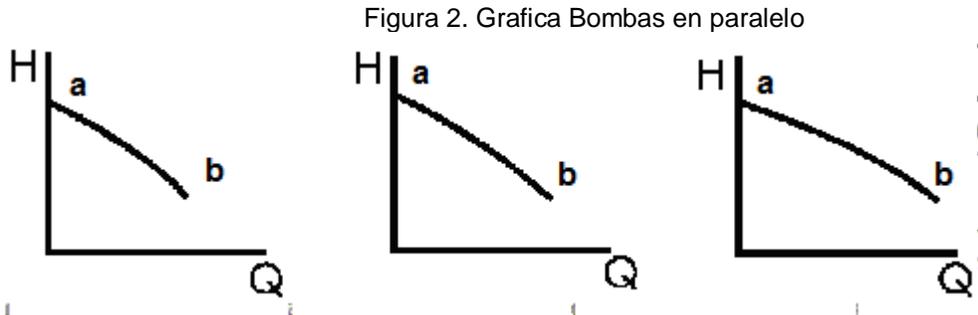
Fuente: <http://depa.pquim.unam.mx/IQ/iq/practica6n.htm>

La figura 1 muestra la curva resultante cuando se suman gráficamente dos bombas en serie. A y b los puntos de altura máxima y mínima con respecto al caudal, y c d la suma de esas dos graficas.

6.3.2 Sistema paralelo.

Caso b. Característica H - Q para dos bombas iguales acopladas a motores iguales.

La figura 2 muestra la curva resultante cuando se suman gráficamente dos curvas características de bombas en paralelo.



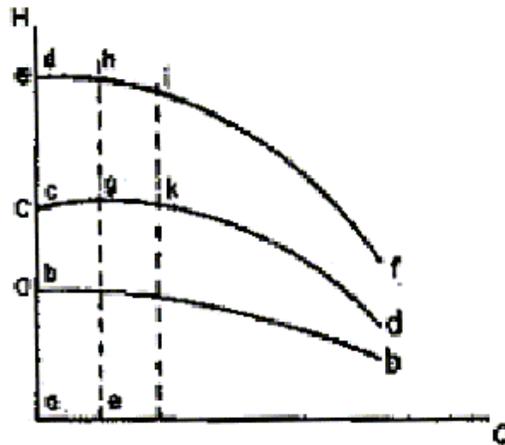
Fuente: <http://depa.pquim.unam.mx/IQ/iq/practica6n.htm>

La curva a - b se va a sumar a la curva a - b en paralelo, para esto se traza la característica de una de las bombas con doble de cabeza, utilizando el mismo intervalo de caudales y se obtiene más caudal como se puede observar en el tercer grafico de la Figura 2.

6.3.3 Bomba a diferentes RPM

Caso c. Característica H Altura – Q Caudal para una bomba trabajando a diferentes RPM.

Figura 3. Grafica bomba en diferentes RPM



Fuente: <http://depa.pquim.unam.mx/IQ/iq/practica6n.htm>

En la figura 3 se observa que al disminuir los Rpm también disminuye la curva Característica a menor H. La curva a - b se va a sumar a la curva c - d en serie, para esto se suman las cargas de bombas características entre sí, para dar el correspondiente valor del caudal considerado.

6.3.4 Información General Banco de pruebas bombas

En la práctica se suelen instalar varias bombas en paralelo o en serie, por razones de economía. En el caso de la conexión en paralelo, las bombas transportan fluido a una tubería de presión común. Condición para ello es que las bombas utilizadas alcancen en todos los casos la misma altura de elevación. Las conexiones en paralelo tienen la ventaja de que cuando la demanda es pequeña sólo trabaja una bomba, conectándose más bombas según aumenta el caudal a transportar. En la conexión en serie se disponen una a continuación de otra bomba que transportan caudales iguales. Esta disposición permite superar grandes alturas de elevación y es con frecuencia más económica que el uso de una sola bomba con una gran altura de elevación.

Prácticas que se pueden Realizar en el Banco

- Estudio del comportamiento de bombas centrífugas en funcionamiento
- Determinar el caudal con ayuda de un caudalímetro.
- Registrar curvas características de bombas
- Registrar la curva característica del sistema
- Determinar el rendimiento
- Estudiar la conexión en paralelo y la conexión en serie de bombas
- Poner en marcha y parar sistemas de bombas

Características del banco Bombas centrífugas

- caudal máx.: 120 l/m
- altura de elevación máx.: 50 m
- número de revoluciones nominal: 3450rpm
- consumo de potencia: 0,7Kw y 1.5 Kw

Motor de corriente trifásica

- potencia: 1,5kW
 - rango de número de revoluciones: 0...3450rpm
- Contador de agua

- diámetro nominal: 1 1/2"
- caudal máximo: 120 l/min
- diámetro del tubo: 1 Pulg
- diámetro del caudalímetro de placa
Orificio: 22,3mm
- Depósito: 66L

6.4 PROCEDIMIENTO

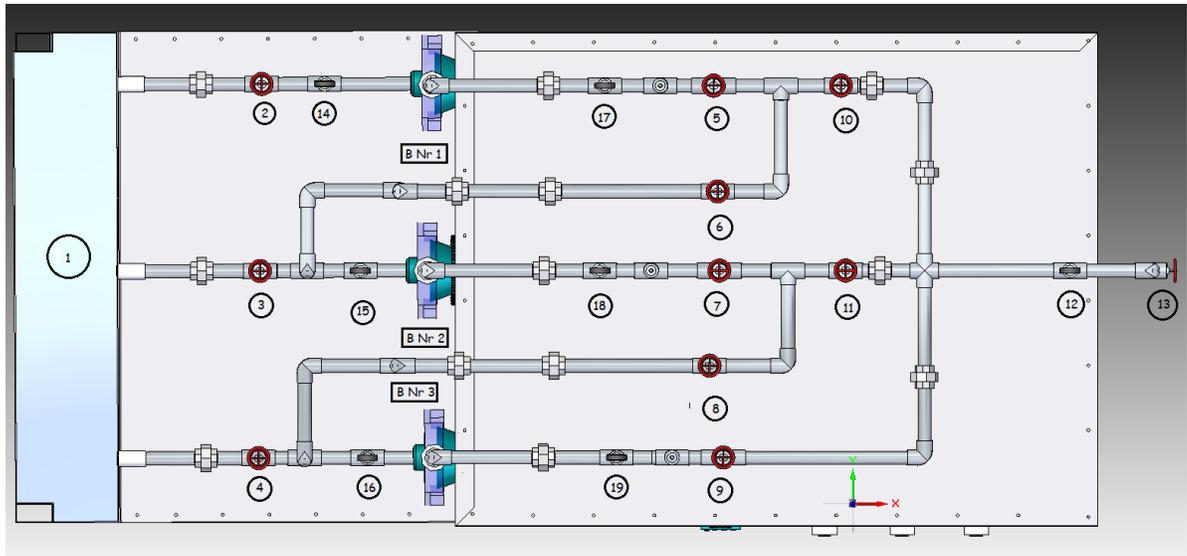


Figura 4. Diagrama de la Bomba Solid edge García Hernán, Suárez Alberto

- | | |
|---|---|
| 1. Tanque | 9. Válvula bola Línea 3 |
| 2. Válvula compuerta succión
Línea 1 | 10. Válvula compuerta descarga
Línea 1 |
| 3. Válvula compuerta succión
Línea 2 | 11. Válvula compuerta descarga
Línea 2 |
| 4. Válvula compuerta succión
Línea 3 | 12. Manómetro Final descarga |
| 5. Válvula bola descarga Línea 1 | 13. Válvula Bola Final sistema |
| 6. Válvula compuerta paso a
Línea 2 | 14. Vacuometro Línea 1 Succión |
| 7. Válvula bola descarga Línea 2 | 15. Vacuometro Línea 2 Succión |
| 8. Válvula compuerta paso Línea
3 | 16. Vacuometro Línea 3 Succión |
| | 17. Manometro descarga Línea 1 |
| | 18. Manometro descarga Línea 2 |
| | 19. Manometro descarga Línea 3 |

B Nr1 Bomba cp610x de $\frac{3}{4}$ de caballo

B Nr2 Bomba co610z de $\frac{3}{4}$ de caballo

B Nr3 Bomba cp660 de 2 caballos

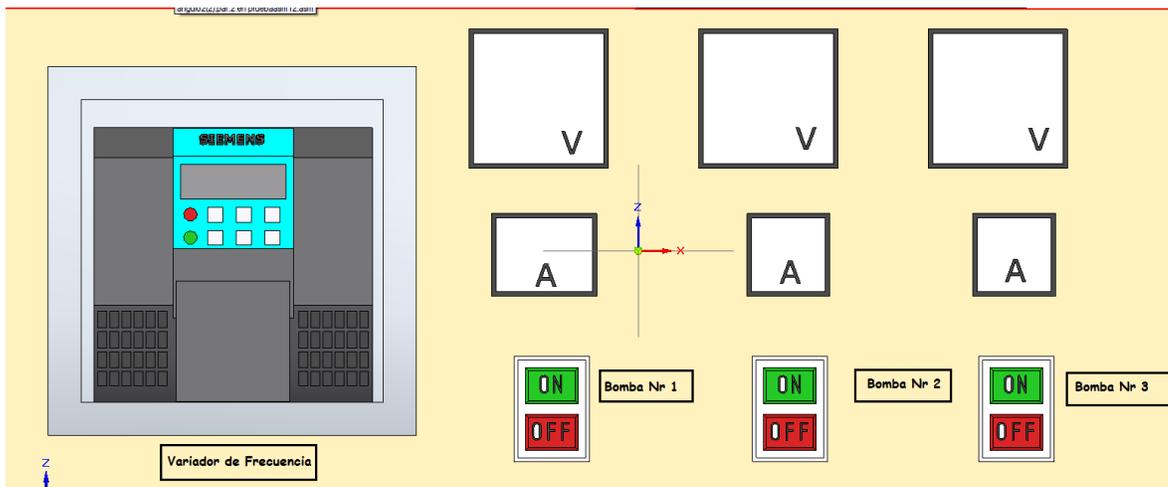


Figura 5. Tablero de control Solid edge Garcia Hernán, Suarez Alberto

6.4.1 Encendido del Banco

0. Revisar las conexiones y tacos de los 2 cables 110 y 220 Voltios.
1. Revisar fusibles de protección que se encuentran en la parte trasera del tablero de control, para evitar daños en el banco debido a una sobrecarga
2. Llenar el tanque con más de 50 litros
3. Abrir válvulas 2 3 y 4 para purgar las bombas y evitar que caviten.

6.4.2 Práctica numero 1: 2 bombas cp610x en Serie

1. Abrir Válvulas 2,5,6,7,11 y 13
2. Cerrar Válvula 10,3,8,9,4 y 3
3. Encender bomba Nr 1
4. Encender bomba Nr 2
5. Tomar medidas con manómetros 14 y 18
6. Regular caudal con válvula 7

6.4.3 Práctica numero 2: 2 bombas cp610x en Paralelo

1. Abrir Válvulas 2 3 5 7 10 11 y 13
2. Cerrar Válvulas 4 6 8 y 9
3. Encender bomba Nr 1
4. Encender bomba Nr 2
5. Tomar medidas con manómetros 8 3 succión y 12 descarga
6. Regular caudal con válvula 13

6.4.4 Practica numero 3: Bomba trifásica cp660 con diferentes RPM

1. Abrir Válvulas 4 9 y 13
2. Cerrar Válvulas 2 3 5 6 7 8 10 y 11
3. Encender bomba Nr 3
4. Encender Variador de frecuencia
5. Poner el variador en la frecuencia deseada.
6. Tomar medidas con manómetros 4 succión y 19 descarga
7. Regular caudal con válvula 9

6.5 CALCULOS Y TABLAS

Hay que tener en cuenta las unidades de cada columna para obtener los resultados deseados las P tienen que ir en Pascales para hallar la altura con la siguiente formula:

$$h = \Delta P / Y$$

$$h = (P2 - P1) / Y$$

$$Y = 9800$$

Para hallar la Potencia hidráulica $P_{hidráulica} = Y * h * Q$ h debe estar en metros, Q en m³/seg.

La formula de eficiencia será $\eta = \text{Potencia hidráulica} / \text{Potencia eléctrica}$

La Potencia eléctrica de un sistema de bombas independientemente de cómo estén conectadas será la suma de las 2 placas de los respectivos motores de cada bomba.

6.5.1 Cálculos y tablas Para sistema en serie 2 bombas CP610x 5

Datos Obtenidos y tabulados.

POSICION VALVULA	P2 (Pa)	P1 (Pa)	h (m)	V (Lt)	t (min)	Q (L/min)	V (volt)	I (amp)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	413685,56	0,00	42,21	20,00	0,00	0,00	110,00	7,45	1400,00	0,00	0,00
2,00	399896,03	0,00	40,81	20,00	0,71	28,24	110,00	7,45	1400,00	188,19	13,44
4,00	137895,18	0,00	14,07	20,00	0,33	61,29	110,00	7,45	1400,00	140,85	10,06
6,00	103421,39	0,00	10,55	20,00	0,32	62,96	110,00	7,45	1400,00	108,52	7,75
8,00	96526,63	0,00	9,85	20,00	0,32	63,29	110,00	7,45	1400,00	101,82	7,27
10,00	89631,87	0,00	9,15	20,00	0,32	63,49	110,00	7,45	1400,00	94,85	6,77
12,00	89631,87	0,00	9,15	20,00	0,32	63,49	110,00	7,45	1400,00	94,85	6,77

Tabla 1 Sistema de bombas en serie, datos obtenidos febrero 2010 Banco de pruebas Universidad Pontificia Bolivariana

Grafica Altura vs Caudal sistema de dos bombas monofasicas cp610x en serie

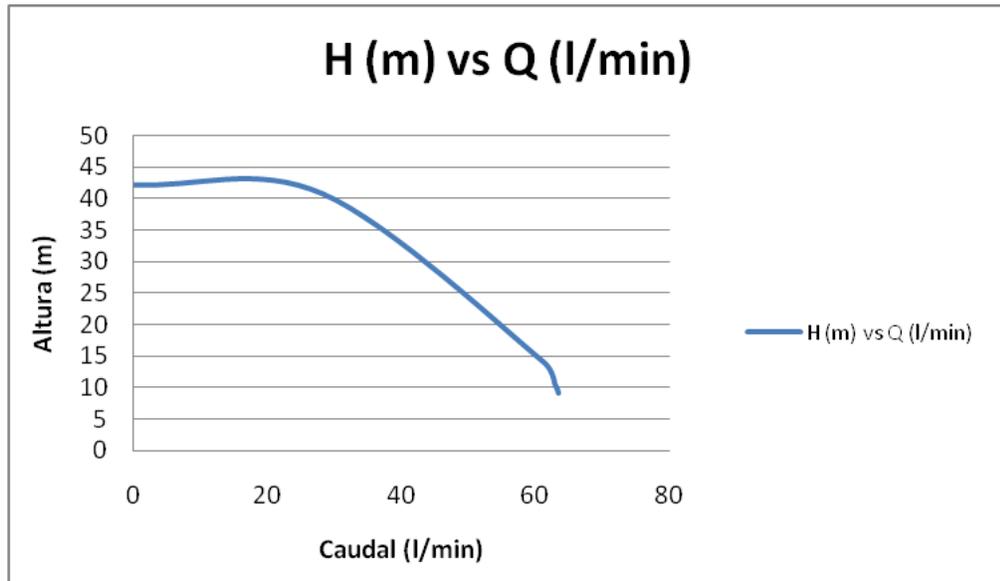


Figura 6. Grafica obtenida en Excel 2007, García Hernán, Suarez Alberto

Grafica Eficiencia del sistema dos bombas monofasicas cp610x en serie

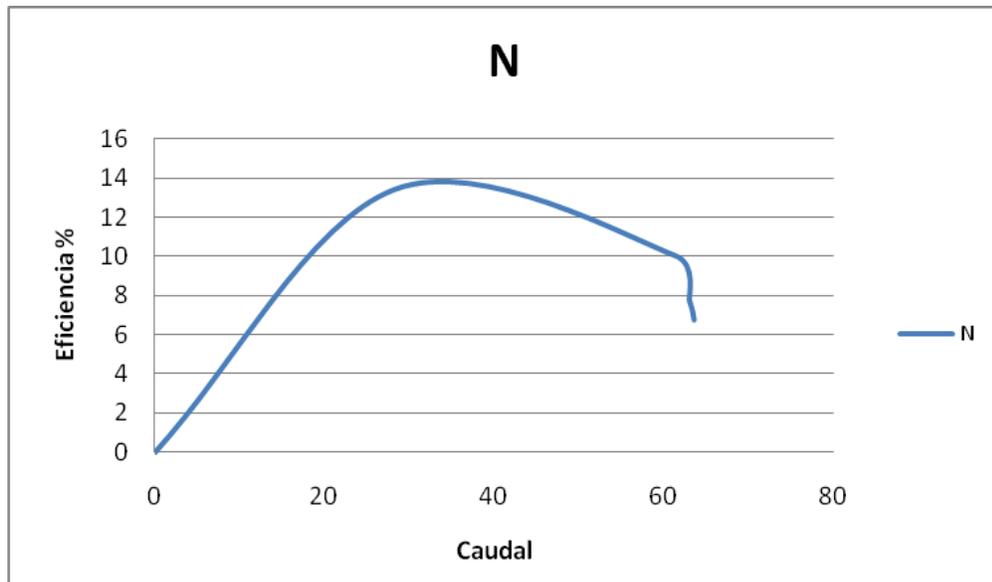


Figura 7. Grafica obtenida en Excel 2007, García Hernán, Suarez Alberto

6.5.2 Cálculos y tablas Para sistema en Paralelo 2 bombas CP610x

Datos Obtenidos y tabulados

POSICION VALVULA	P2 (Pa)	P1 (Pa)	h (m)	V (Lt)	t (min)	Q (L/min)	V (volt)	I (amp)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	310264,16	0,00	31,66	20,00	0,00	0,00	110,00	7,50	1400,00	0,00	0,0000
3,00	151684,70	0,00	15,48	20,00	0,22	90,63	110,00	7,50	1400,00	229,13	0,1637
4,50	144789,94	0,00	14,77	20,00	0,21	93,75	110,00	7,50	1400,00	226,23	0,1616
6,00	137895,18	0,00	14,07	20,00	0,21	96,00	110,00	7,50	1400,00	220,63	0,1576
7,50	137895,18	0,00	14,07	20,00	0,20	98,44	110,00	7,50	1400,00	226,24	0,1616
9,00	137895,18	0,00	14,07	20,00	0,20	98,77	110,00	7,50	1400,00	226,99	0,1621

Tabla 2 Sistema de bobmas en serie, datos obtenidos febrero 2010 Banco de pruebas Universidad Pontificia Bolivariana

Grafica Altura vs Caudal sistema de bombas en paralelo

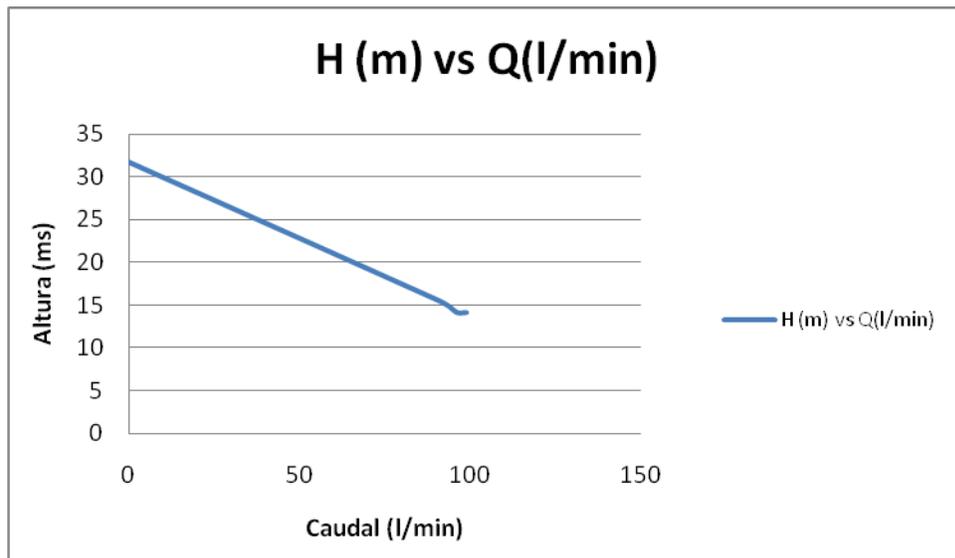


Figura 7. Grafica H vs Q bombas en paralelo obtenida en Excel 2007, García Hernán, Suarez Alberto

Grafica Eficiencia del sistema 2 bombas monofasicas cp610x en paralelo

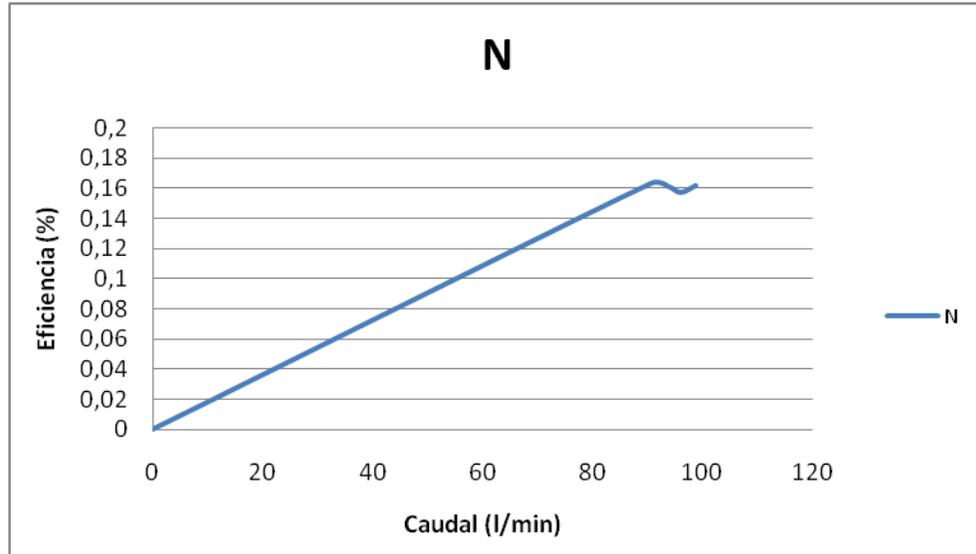


Figura 8. Grafica Eficiencia 2 bombas en paralelo obtenida en Excel 2007, García Hernán, Suarez Alberto

6.5.3 Cálculos y tablas para bomba trifásica cp660 a diferentes RPM. Para hacer esta práctica fue necesario el uso del variador de frecuencia que nos permitió trabajar a 40,50 y 60 Hz.

Datos obtenidos y tabulados

En las siguientes tablas se encuentran consignados los datos de las 3 prácticas realizadas con la bomba trifásica cp660 a diferentes RPM.

POSICIO N VALVUL A	P2 (Pa)	P1 (Pa)	h (m)	V (Lt)	t (min)	Q (L/min)	V (volt)	I (amp)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	172368,98	0	17,5886714	20	0	0	80	2,5	200	0	0
1,5	120658,28	0	12,3120694	20	0,2705	73,9371534	80	2,5	200	148,685496	0,74342748
3	110316,15	0	11,25675	20	0,26	76,9230769	80	2,5	200	141,4309615	0,70715481
4,5	110316,15	0	11,25675	20	0,255	78,4313725	80	2,5	200	144,2041176	0,72102059
6	103421,39	0	10,5532031	20	0,25333333	78,9473684	80	2,5	200	136,0807763	0,68040388
7,5	68947,59	0	7,03546837	20	0,25	80	80	2,5	200	91,93012	0,4596506
9	34473,8	0	3,51773469	20	0,25	80	80	2,5	200	45,96506667	0,22982533

Tabla 3 Bomba trabajando a 40hz, datos obtenidos febrero 2010 Banco de pruebas Universidad Pontificia Bolivariana

POSICION VALVULA	P2 (Pa)	P1 (Pa)	h (m)	V (Lt)	t (min)	Q (L/min)	V (volt)	I (amp)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	275790,36	0	28,1418735	20	0	0	150	2,5	375	0	0
1,5	206842,77	-16931,89	22,834149	20	0,24666667	81,0810811	150	2,5	375	302,3981892	0,80639517
3	172368,98	-25397,84	20,1802878	20	0,22	90,9090909	150	2,5	375	299,646697	0,79905786
4,5	151684,7	-25397,84	18,0696469	20	0,21	95,2380952	150	2,5	375	281,0833968	0,74955572
6	151684,7	-25397,84	18,0696469	20	0,21	95,2380952	150	2,5	375	281,0833968	0,74955572
7,5	137895,18	-25397,84	16,6625531	20	0,20416667	97,9591837	150	2,5	375	266,600849	0,7109356
9	137895,18	-25397,84	16,6625531	20	0,20416667	97,9591837	150	2,5	375	266,600849	0,7109356

Tabla 4 Bomba trabajando a 50hz, datos obtenidos febrero 2010 Banco de pruebas Universidad Pontificia Bolivariana

POSICION VALVULA	P2 (kPa)	P1 (kPa)	h (m)	V (Lt)	t (min)	Q (L/min)	V (volt)	I (amp)	Potencia eléctrica (w)	Potencia Hidráulica	η
SHUT OFF	403,343	0	41,15	20	0	0	220	5	1500	0	0
1	310,264	0	31,65	20	0,2086	47,93	220	5	1500	247,77	0,16518
2	275,79	-25,398	30,73	20	0,181	110,4972	220	5	1500	554,6112	0,3697
3	241,317	-28,784	27,561	20	0,17133	116,7337	220	5	1500	525,49	0,350326
4	227,527	-32,171	26,49	20	0,1698	117,785	220	5	1500	509,6203	0,3397
5	220,632	-33,864	25,96	20	0,1698	117,785	220	5	1500	499,42	0,3329
6	206,843	-33,864	24,56	20	0,1691	118,273	220	5	1500	474,448	0,3162
7	206,843	-33,864	24,56	20	0,1688	118,4834	220	5	1500	475,2922	0,3166
8	206,843	-33,864	24,56	20	0,1688	118,4834	220	5	1500	475,2922	0,3166
9	206,843	-33,864	24,56	20	0,1683	118,8354	220	5	1500	475,2922	0,3166

Tabla 5 Bomba trabajando a 60hz, datos obtenidos febrero 2010 Banco de pruebas Universidad Pontificia Bolivariana

Grafica de Altura vs Q Caudal superpuesta a diferentes RPM

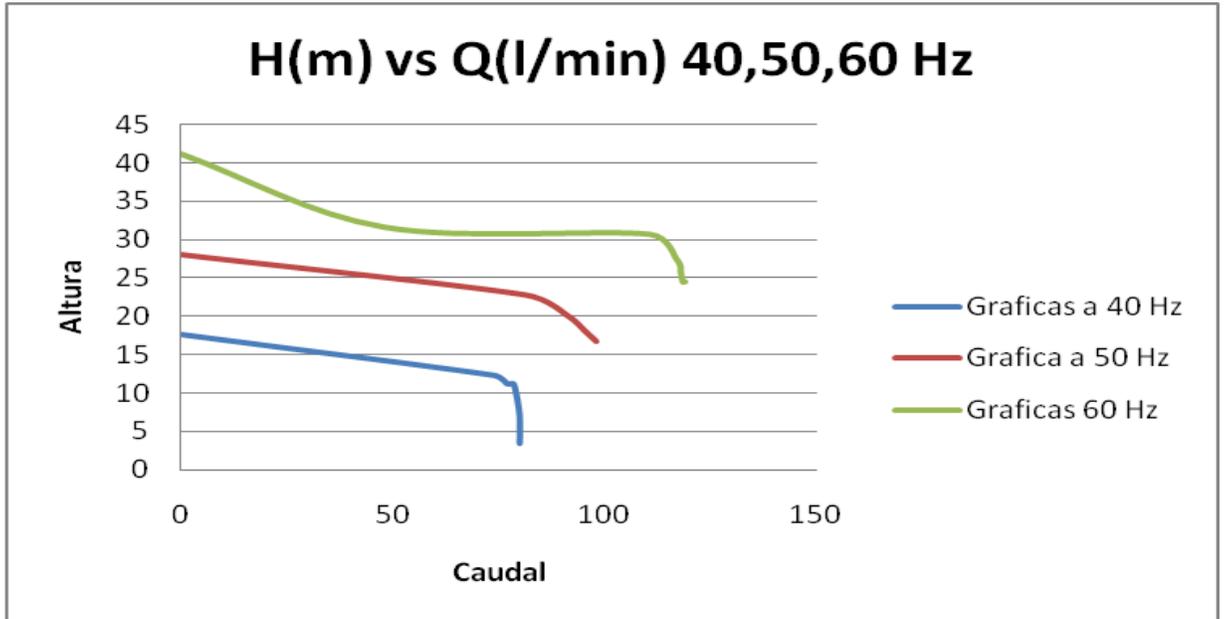
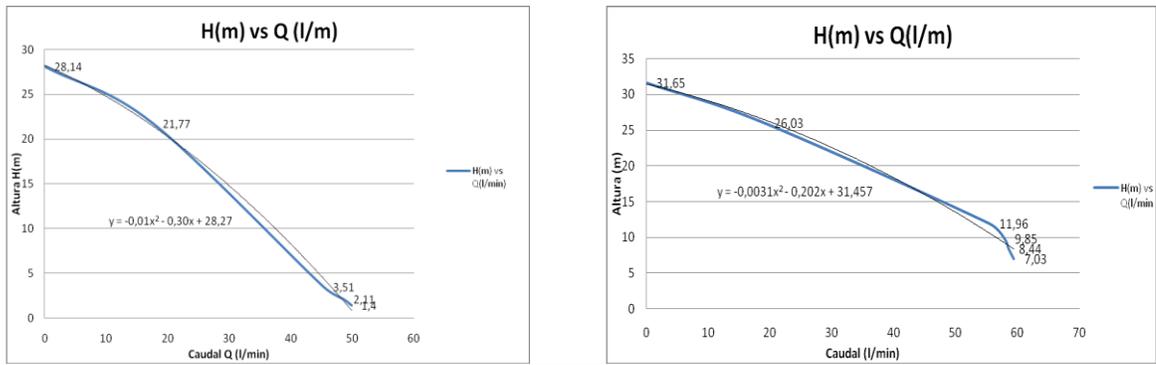


Figura 9. Grafica H vs Q bomba trifásica a diferentes RPM obtenida en Excel 2007, García Hernán, Suarez Alberto

6.6 CONCLUSIONES.

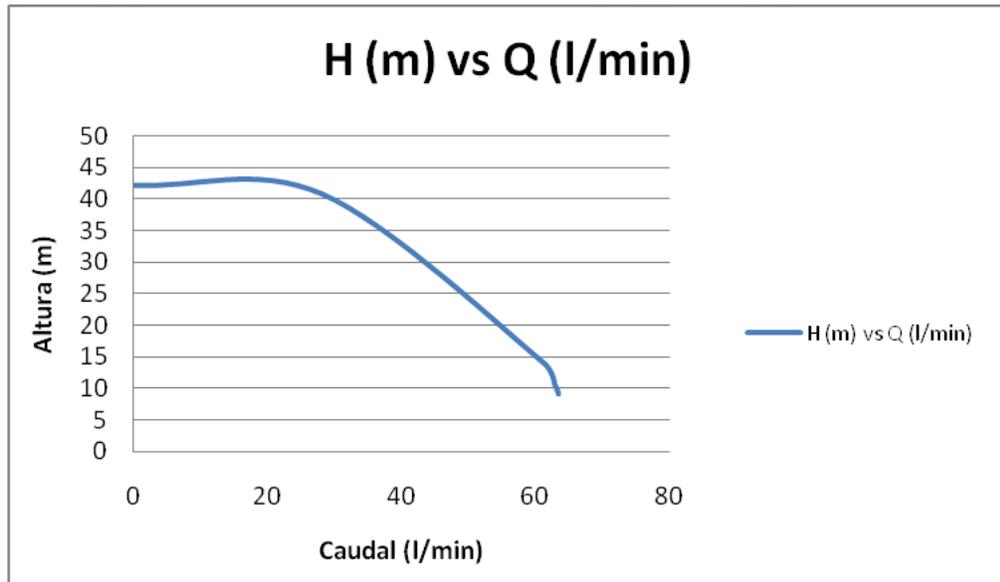
6.6.1 Bombas en serie

- Si superponemos las graficas de cada bomba trabajando independientemente y la grafica obtenida cuando las 2 bombas están trabajando en serie podemos observar que la teoría se cumple a cabalidad, las bombas en serie obtiene una altura máxima de 28 a 30 metros y en paralelos de más de 40 metros también observamos que el caudal se mantiene aun cuando las dos bombas están trabajando al mismo tiempo.



Bomba 1 H vs Q

Bomba 2 H vs Q



Bombas 1 y 2 en serie

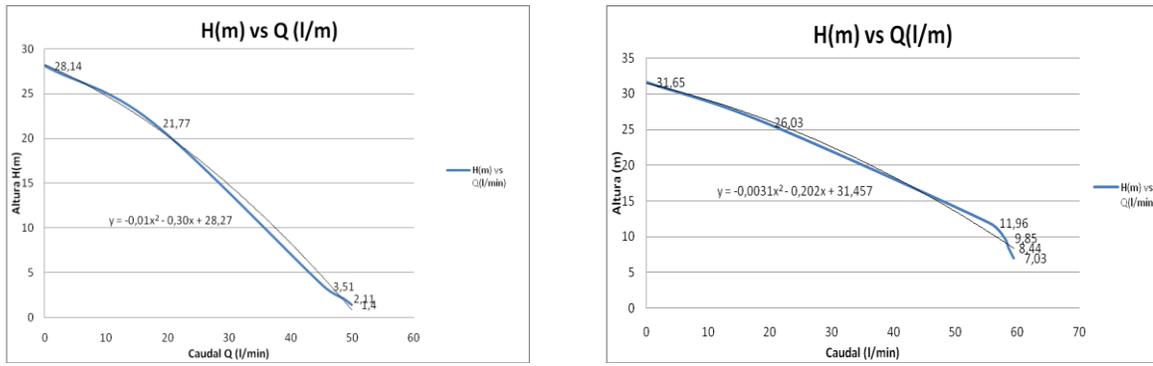
Figura 10. Graficas comparativas bombas independientes y bombas en serie, García Hernán, Suarez Alberto.

- La grafica de eficiencia nos permite ver en que punto este sistema de dos bombas conectadas en serie alcanza su mayor desempeño y nos muestra que este sistema arroja su mayor eficiencia cuando está trabajando con un caudal de 30 a 35 litros por minuto.

6.6.2 Bombas en paralelo

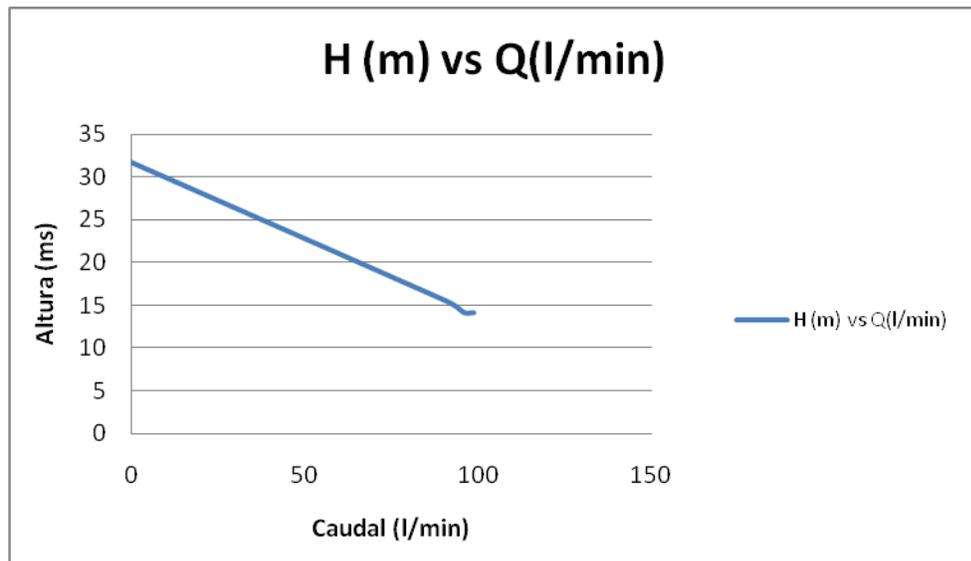
- Al mirar las 3 graficas que obtuvimos de las bombas trabajando independientemente y las bombas trabajando en un circuito paralelo observamos que la teórica se cumple a cabalidad ya que las bombas arrojan la misma altura pero su caudal se ve incrementado de 60 litros por minuto a 100 litros por minuto.

- La grafica es una línea recta ya que la válvula usada para tomar estos datos es de bola y el sistema de apertura es ofrece muy poca resistencia al flujo.



Bomba 1 H vs Q

Bomba 2 H vs Q



Bombas 1 y 2 en paralelo

Figura 11. Graficas comparativas bombas independientes y bombas en Paralelo, García Hernán, Suarez Alberto.

6.6.2 Bomba CPM 660 Trifásica 2hp en diferentes RPM

- Al Igual que en la teórica la tendencia de las graficas es la misma pero con diferente altura, pero en este caso en particular después de cierto recorrido la grafica tiende a caer.
- Las 3 curvas tienen una diferencia entre si de 20 unidades en shutt off, y entre mas RPM tengan más se demoran en caer esto nos afirma la teoría que el sistema trabaja mejor con bombas que su potencia de succión creen un vacío muy cercano a la realidad.

6.7 RECOMENDACIONES.

- Para unos mejores resultados se podrían implementar válvulas electrónicas solenoides de control de caudal y caudalímetro electrónico que permita tomar medidas más exactas.
- Implementar otro tanque de descarga para mayor facilidad de trabajo.

7. CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó y probó un banco de pruebas de laboratorio de bombas centrifugas, que puede trabajar en serie paralelo o mixto.
- El banco permite tomar datos para diferentes prácticas.
- Se verifico el punto de funcionamiento de las bombas, y se comprobó que las bombas trabajan por fuera de la curva del sistema (full-open).
- Se compararon las curvas características de las bombas experimentales con las teóricas, ya que el sistema es independiente de la bomba.
- Se concluyo que la bomba trifásica es la que mejor se comporta en el sistema debido a que la bomba genera una presión de succión entre 25 y 33 Kpas en la mayoría de las posiciones de la válvula, esto mantiene siempre una perdida (Delta P) que no deja que la altura se desplome.
- Se comprobó la teoría de las bombas trabajando en serie y paralelo. Con las prácticas realizadas en el manual.
- Se realizo el manual de laboratorio que contiene prácticas y procedimientos de seguridad y operatividad del banco.

8. RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema scada con válvulas electrónicas y un medidor de caudal y presión electrónico que permita mejores resultados en las lecturas.
- Implementar Variacs que permitan regular las RPM de las bombas monofásicas para hallar un punto de óptimo funcionamiento, el cual no se puede alcanzar con las bombas trabajando a su velocidad nominal.
- Implementar válvulas solenoides que permitan obtener mayor cantidad de puntos para disminuir el margen de error de las pruebas, obtener mejores curvas del sistema y encontrar el funcionamiento óptimo de las bombas.
- Mantener el tanque de succión desocupado cuando no se realicen prácticas para prevenir la generación un impacto ambiental, debido a que el agua estancada crea contaminación.
- Antes de encender el banco verificar que el tanque de succión esté en condiciones óptimas, libre de objetos extraños para evitar daños en la bomba.
- Verificar que los fusibles de protección del sistema estén en condiciones de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

FERNÁNDEZ DIÉZ, Pedro. Bombas centrifugas y volumétricas. Departamento de ingeniería eléctrica y energética, Universidad de Cantabria

MATAIX (Octubre de 2004), Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Segunda edición; México D.F, ALFAOMEGA

MOTT, Robert, Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas, Sexta edición; México D.F.

<http://www.edibon.com/products/catalogues/es/units/fluidmechanicsaerodynamics/hydraulicmachinespumps/PBSPC.pdf> mayo 2009

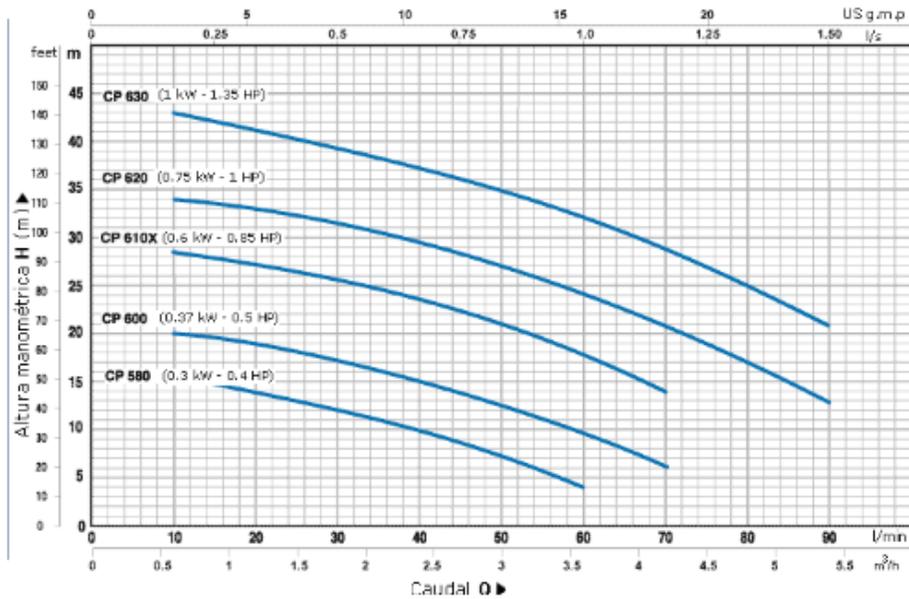
<http://www.diee.unican.es/pdf/Maq%20Hid.pdf> mayo 2009

ANEXOS

ANEXO A. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS BOMBAS

		
<h3>CP</h3> <p>CAMPO DE LAS PRESTACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caudal hasta 160 l/min (9.6 m³/h) • Altura manométrica hasta 58m <p>LIMITES DE UTILIZO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura de aspiración manométrica hasta 7m • Temperatura del fluido hasta + 60°C • Máxima temperatura ambiente hasta +40°C 		<p>ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS</p>  <p>CPm 620</p>
<p>PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO</p> <p>La serie CP está constituida por ELECTROBOMBAS CENTRIFUGAS MONORODETE, que tienen en común un diseño esencial y una selección técnica bien definida de construcción, que caracterizan sus prestaciones. El rodete, instalado en voladizo sobre el eje motor, se halla directamente delante de la boca de aspiración del cuerpo bomba.</p> <p>La forma del rodete impulsa, con las menores pérdidas hidráulicas, el fluido radialmente desde el centro hacia la periferia, así que los álabes, situados en el canal del rodete, ceden al fluido energía tanto en forma de presión, como de aumento de velocidad. A la salida del rodete el fluido es conducido a la voluta del cuerpo bomba, que junto con el difusor cónico transforma parte de la energía cinética en energía de presión.</p>		
<p>EMPLEOS E INSTALACIONES</p> <p>Se aconseja para bombear agua limpia que no contenga partículas abrasivas y/o líquidos químicamente agresivos para los materiales que constituyen la bomba.</p> <p>GRACIAS A SU FIABILIDAD, SENCILLEZ DE EMPLEO, AUSENCIA DE MANTENIMIENTO Y SILENCIOSIDAD, ENCUENTRAN UN AMPLIO UTILIZO EN EL CAMPO DOMESTICO Y CIVIL, PARTICULARMENTE EN LA DISTRIBUCION AUTOMATICA DEL AGUA ACOPLADAS A PEQUEÑOS O MEDIANOS EQUIPOS HIDRONEUMATICOS, PARA TRASIEGOS EN GENERAL, PARA RIEGOS DE HUERTAS O JARDINES, ETC.</p> <p>La instalación se debe efectuar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.</p>		
<p>PRESTACIONES</p> <p>La gama de bombas de la serie CP es particularmente variada; sin embargo en el estudio de cada máquina se ha tratado de conseguir una estandarización en los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curvas características particularmente amplias y estables. - Rendimientos caracterizados por elevados valores absolutos y curvas de rendimiento tendencialmente planas. - Curvas de absorbimiento planas en los altos caudales, tales que impidan la sobrecarga de los motores incluso frente a empleos prolongados. - Buenas capacidades de aspiración tanto para bajos como para elevados caudales. <p>Tolerancia de las curvas según ISO 2548.</p>		
<p>CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> CUERPO BOMBA en hierro fundido, con bocas de aspiración e impulsión roscadas. <input type="checkbox"/> TAPA DEL CUERPO BOMBA en acero inoxidable AISI 304 o en hierro fundido en los modelos de mayor potencia. <input type="checkbox"/> RODETE EN LATON, del tipo a flujo radial centrífugo (rodete en tecnopolímero disponible, indicado con una X despues de el modelo). <input type="checkbox"/> EJE MOTOR en acero inoxidable AISI 316 (AISI 416 hasta 0.75 kW). <input type="checkbox"/> SELLO MECANICO en cerámica y grafito. <input type="checkbox"/> MOTOR ELECTRICO: las bombas están acopladas directamente a un motor eléctrico PEDROLLO expresamente dimensionado, de tipo asincrónico de elevado rendimiento, silencioso, cerrado, con ventilación externa, apto para el servicio continuo. AISLAMIENTO clase F (B hasta a 0.75 kW). <input type="checkbox"/> El protector térmico (salvamoto) está incorporado en los motores monofásicos. <input type="checkbox"/> Los motores trifásicos debe ser protegido con un salvamoto externo adecuado, por lo que se preve una conexión conforme a las normas vigentes. <input type="checkbox"/> PROTECCION IP 44. <input type="checkbox"/> EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD según EN60 335-1 (IEC 335-1, CEI 61-150) EN 60034-1 (IEC 34-1, CEI 2-3). <input type="checkbox"/> MODELO REGISTRADO. 		
<p>GARANTIA: 1 AÑO (según nuestras condiciones generales de venta).</p>		<p>DATOS TÉCNICOS</p>

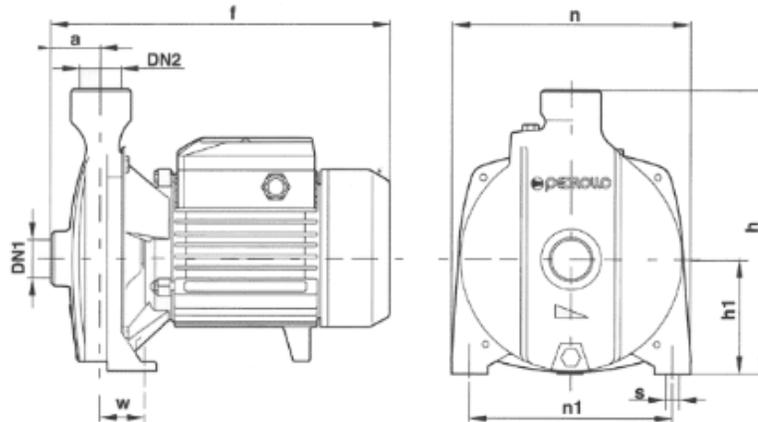
CURVAS DE FUNCIONAMIENTO A n = 3450 1/min



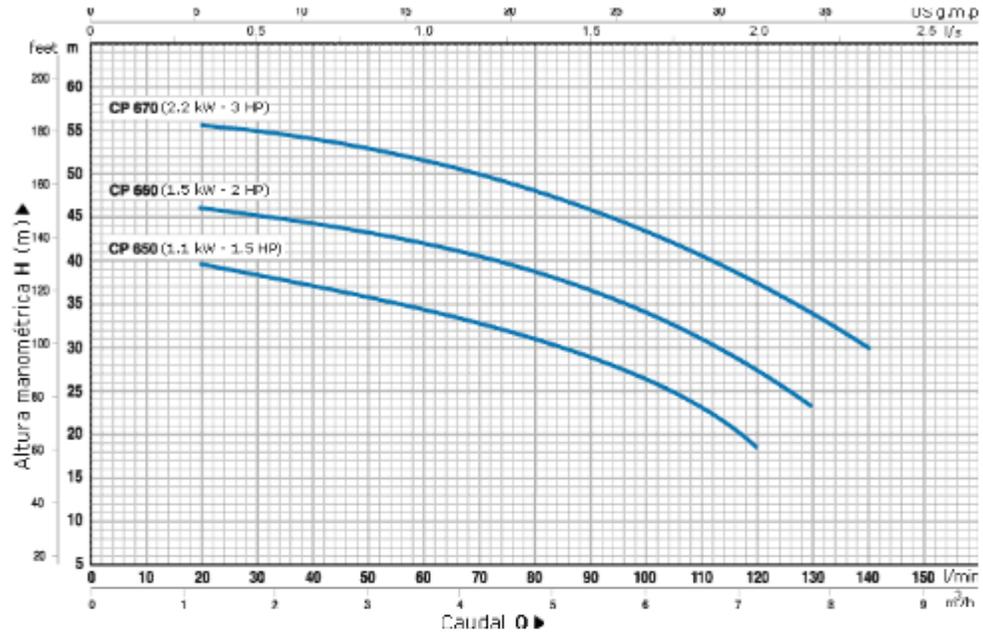
DATOS DE FUNCIONAMIENTO A n = 3450 1/min

MODELO BOMBA	POTENCIA	Q										
		m³/h		l/s		l/min						
~	3 ~	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	
CPm 580	CP 580	0.30	0.40	17.5	15.5	14	12	10	7	4	--	--
CPm 600	CP 600	0.37	0.50	21.5	20	19	17	15	12.5	9.5	6	--
CPm 610X	CP 610X	0.60	0.85	30	28.5	27	25.5	23.5	21	17.5	14	--
CPm 620	CP 620	0.75	1	35	34	33	31.5	29.5	27	24	20.5	17
CPm 630	CP 630	1	1.35	45	43	41	39	37	35	32	29	25

Q = CAUDAL
H = ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

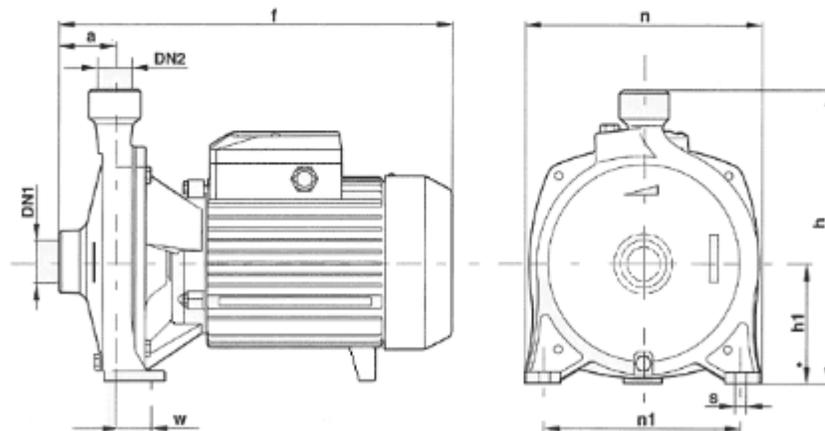


MODELO BOMBA		DN1	DN2	a	f	h	DIMENSIONES mm				
~	3 ~						h1	n	n1	w	s
CPm 580	CP 580	1"	1"	34	247	187	77	148	118	45	10
CPm 600	CP 600	1"	1"	34	247	187	77	148	118	45	10
CPm 610X	--	1"	1"	42	266	211	82	165	135	41	10
--	CP 610X	1"	1"	42	259	211	82	165	135	41	10
CPm 620	CP 620	1"	1"	44	298	242	97	190	160	42.5	10
CPm 630	CP 630	1"	1"	44	298	242	97	190	160	42.5	10

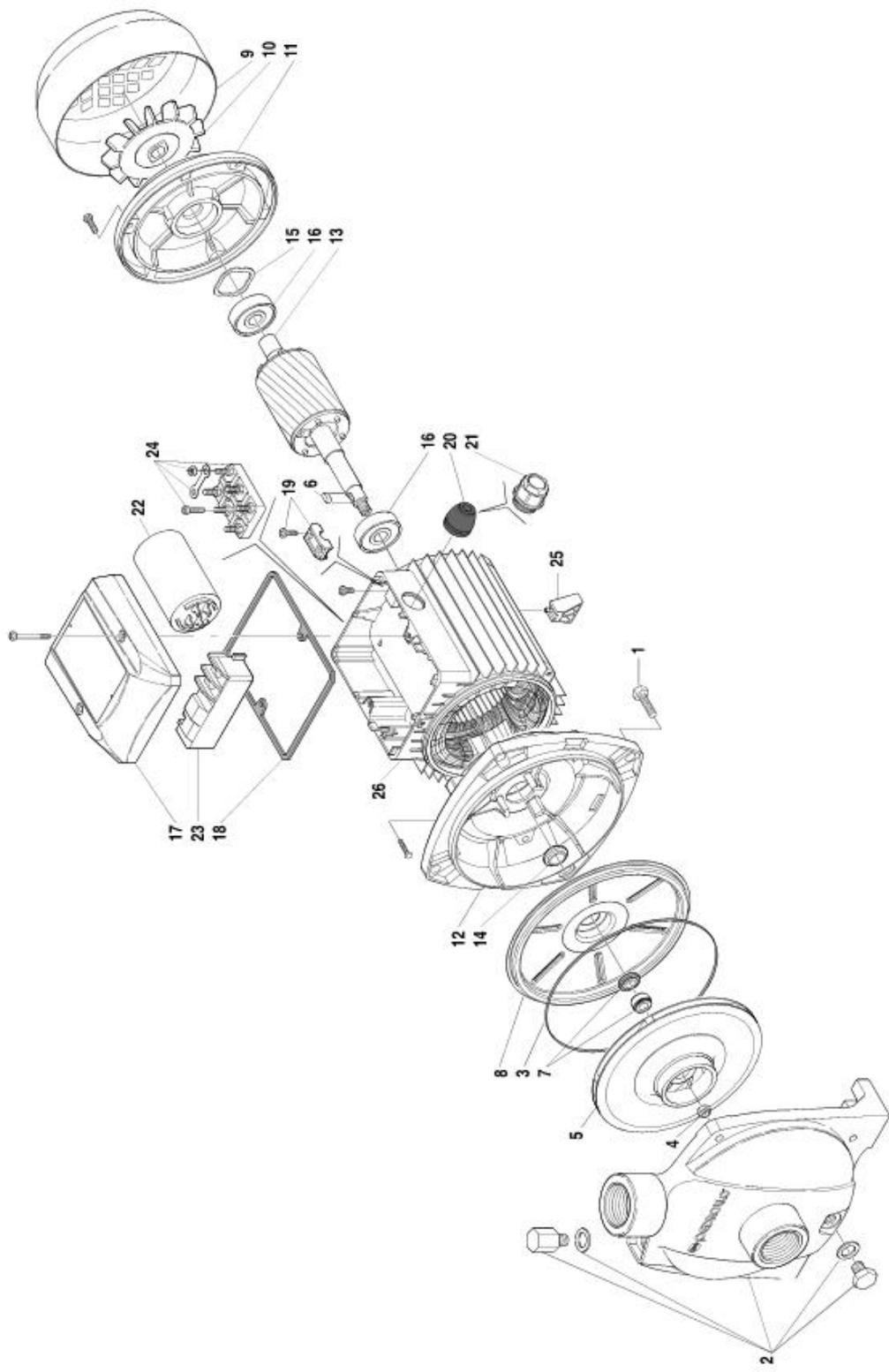
CURVAS DE FUNCIONAMIENTO A n = 3450 1/min

DATOS DE FUNCIONAMIENTO A n = 3450 1/min

MODELO BOMBA	POTENCIA	Caudal Q																
		0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4		
~	3 ~	kW	HP	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
CPm 650	CP 650	1.1	1.5	42	--	39.5	38.5	37	36	34.5	33	31	29	26	23	18.5	--	--
CPm 660	CP 660	1.5	2	48	--	46	45	44	43	42	40.5	39	36.5	34	31	27	23	--
CPm 670	CP 670	2.2	3	57	--	55.5	55	54	53	51.5	50	48	46	43	40.5	37.5	34	30

Q = CAUDAL
H = ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL



MODELO	BOMBA	DN1	DN2	DIMENSIONES mm							
~	3 ~			a	f	h	h1	n	n1	w	s
CPm 650 (650X)	CP 650	1 1/4"	1"	51	341	260	110	206	165	44.5	11
CPm 660 (660X)	CP 660	1 1/4"	1"	51	341	260	110	206	165	44.5	11
CPm 670 (670X)	CP 670	1 1/4"	1"	51	361	260	110	206	165	44.5	11



01_45.00



CP 610X

VERSIONE TRIFASE - THREE PHASE VERSION - VERSION TRIPHASE - VERSION TRIFASICA **60 Hz**

N°	Codice Code Reference Codigo	Descrizione	Description	Description	Description
1	116002	X Vite corpo pompa	Pump body screw	Vis du corps de pompe	Tornillo del cuerpo bomba
2	851CRCP130D	X Corpo pompa	Pump body	Corps de pompe	Cuerpo bomba
3	11514201486	X Guarnizione OR per corpo pompa	Pump body O-Ring	Joint torique du corps de pompe	Junta tórica del cuerpo bomba
4	116910A	X Dado di bloccaggio girante	Impeller nut	Erou de blocage de roue	Tuerca de fijación del rodete
5	162GRCP136P	X Girante	Impeller	Roue	Rodete
6	114800	X Linguetta inox per girante	Stainless steel impeller key	Clavette de la roue en acier inox	Chaveta del rodete en acero inoxidable
7	11516101201	X Tenula meccanica Ø 12 mm	Mechanical seal Ø 12 mm	Garniture mécanique Ø 12 mm	Sello mecánico Ø 12 mm
8	851RM3CP800	X Coprecchio del corpo pompa	Pump body cover	Couvercle de corps de pompe	Tapa del cuerpo bomba
9	14CL06	X Copriventola	Fan cover	Capot de ventilateur	Tapa del ventilador
10	14VM06	X Ventilola	Fan	Ventilateur	Ventilador
11	SC0603	X Scudo	End shield	Flasque arrière	Tapa motor
12	SC061LN	X Lanterna di raccordo	Motor bracket	Lanterne de raccordement	Soporte motor
13	RTPO61C02C	X Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor	Eje con rotor
14	115104	X Deflettore	Deflector	Deflecteur	Deflector
15	114000	X Molla di compensazione	Compensation spring	Ressort de compensation	Muelle de compensación
16	113001	X Cuscinetto a sfera	Ball bearing	Roulement à billes	Rodamiento
17	14CON080PA	X Coprimorseliera	Terminal box	Couvercle de boîtier à bornes	Tapa bornes
18	117050	X Guarnizione	Gasket	Joint	Junta
19	117106	X Fermacavo	Cable stop	Ferme-étoupe	Fija cable
21	117110	X Pressacavo	Cable gland	Presse étoupe	Prensacable
24	114402	X Morseliera	Terminal board	Boîte à bornes	Placa bornes
25	119060	X Piede di appoggio	Supporting foot	Pied d'appui	Pie de apoyo
26	CA061CF0P	X Cassa motore con statore avvolto (V 220/380)	Motor casing with windings (V 220/380)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220/380)	Caja motor con estator bobinado (V 220/380)

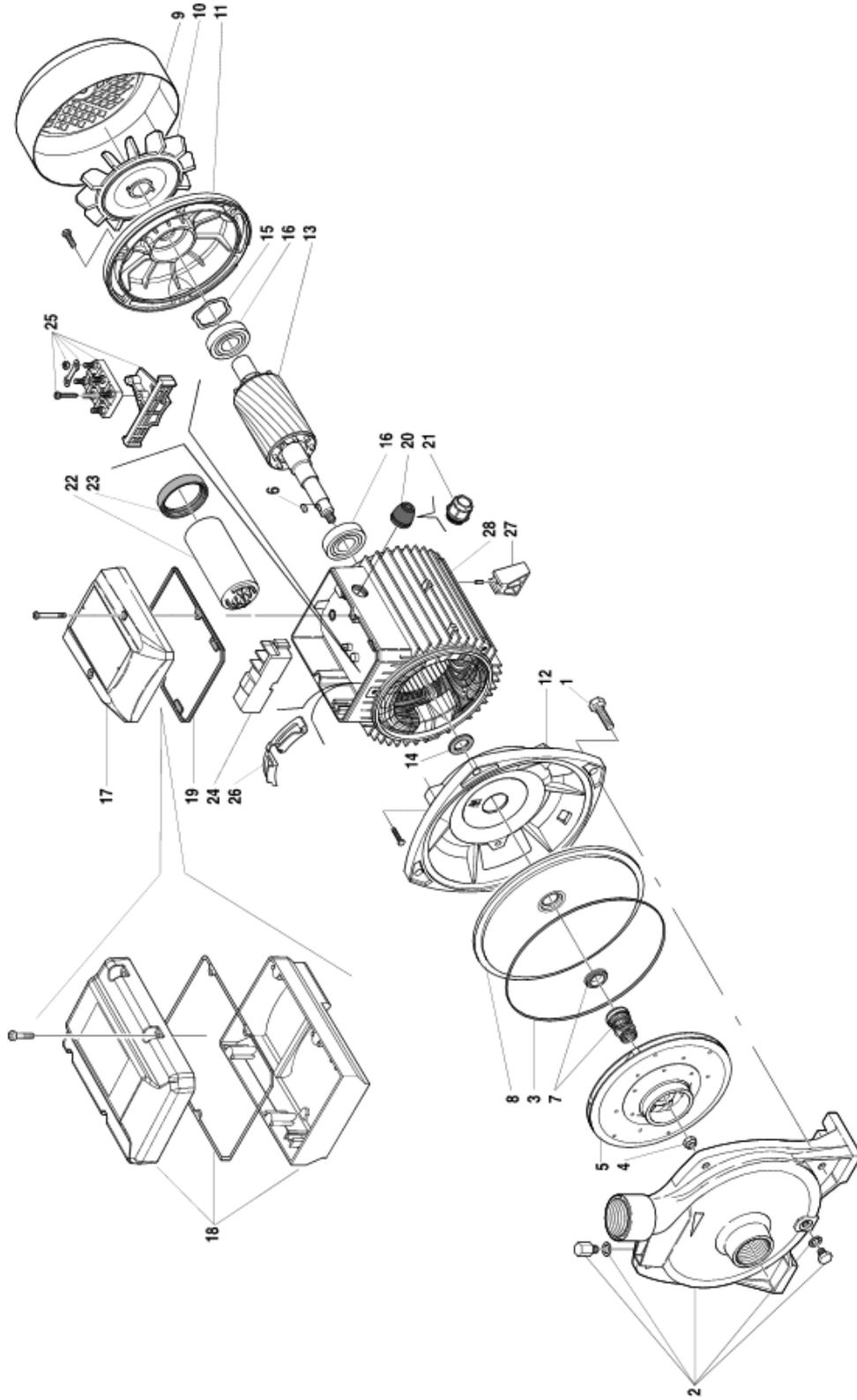
VERSIONE MONOFASE - SINGLE PHASE VERSION - VERSION MONOPHASE - VERSION MONOFASICA

11	SC0600	X Scudo	End shield	Flasque arrière	Tapa motor
13	RFP061L02B	X Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor	Eje con rotor
20	117060	X Passacavo	Cable grommet	Passo câble	Pasacable
22	111014F	X Condensatore 14 µF	Capacitor 14 µF	Condensateur 14 µF	Condensador 14 µF
23	114421	X Morseliera	Terminal board	Boîte à bornes	Placa bornes
26	CA061LF0P1	X Cassa motore con statore avvolto (V 220)	Motor casing with windings (V 220)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220)	Caja motor con estator bobinado (V 220)

Conservare il modello.
Technical modification reserved.
Sono riservati gli nomi e i simboli di proprietà.
Reservado el modelo y los símbolos de propiedad.

01.45.00

CP 610X



01.45.00



CP 650 CP 660 CP 670

VERSIONE TRIFASE - THREE PHASE VERSION - VERSION TRIPHASE - VERSION TRIFASICA

60 Hz

N°	Codice Code Reference Codigo	Descrizione	Description	Description	Description
1	116006	X	Vite corpo pompa	Pump body screw	Vis du corps de pompe
2	851CRCP170	X	Corpo pompa	Pump body	Corps de pompe
3	11514201532	X	Guarnizione OR per corpo pompa	Pump body O-Ring	Joint torique du corps de pompe
4	116011A	X	Dado di bloccaggio girante	Impeller nut	Ecrou de blocage de roue
5	862GRCP171	X	Girante	Impeller	Roue
5	862GRCP169	X	Girante	Impeller	Roue
5	862GRCP170	X	Girante	Impeller	Roue
6	1114806	X	Linguetta inox per girante	Stainless steel impeller key	Clavette de la roue en acier inox
7	11516301801	X	Tenuta meccanica Ø 18 mm	Mechanical seal Ø 18 mm	Garniture mécanique Ø 18 mm
8	859MCP25	X	Copercchio del corpo pompa	Pump body cover	Couvercle de corps de pompe
9	14CL08	X	Copriventola	Fan cover	Capot de ventilateur
10	14VN08	X	Ventola	Fan	Ventilateur
11	SC0800	X	Scudo	End shield	Flasque arriere
12	SC08LM	X	Lanterna di raccordo	Motor bracket	Lanterne de raccordement
13	RTP08ZA00	X	Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor
13	RTP08ZB00	X	Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor
13	RTP08ZC00	X	Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor
14	115102	X	Deflettore	Deflector	Deflecteur
15	114002	X	Molla di compensazione	Compensation spring	Ressort de compensation
16	113003	X	Cuscinetto a sfera	Ball bearing	Roulement a billes
17	14COK08PA	X	Coprimorssettiera	Terminal box	Couvercle de boîtier a bornes
19	117051	X	Guarnizione	Gasket	Joint
21	117110	X	Pressacavo	Cable gland	Presse étoupe
25	114406	X	Morssettiera completa	Complete terminal board	Boite a bornes complet
26	118139	X	Protezione cavi	Cable protector	Protecteur de fils
27	119059A	X	Piede di appoggio	Supporting foot	Pied d'appui
28	CA081AF2P	X	Cassa motore con statore avvolto (V 220/380)	Motor casing with windings (V 220/380)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220/380)
28	CA081BF2P	X	Cassa motore con statore avvolto (V 220/380)	Motor casing with windings (V 220/380)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220/380)
28	CA081CF2P	X	Cassa motore con statore avvolto (V 220/380)	Motor casing with windings (V 220/380)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220/380)

VERSIONE MONOFASE - SINGLE PHASE VERSION - VERSION MONOPHASE - VERSION MONOFASICA

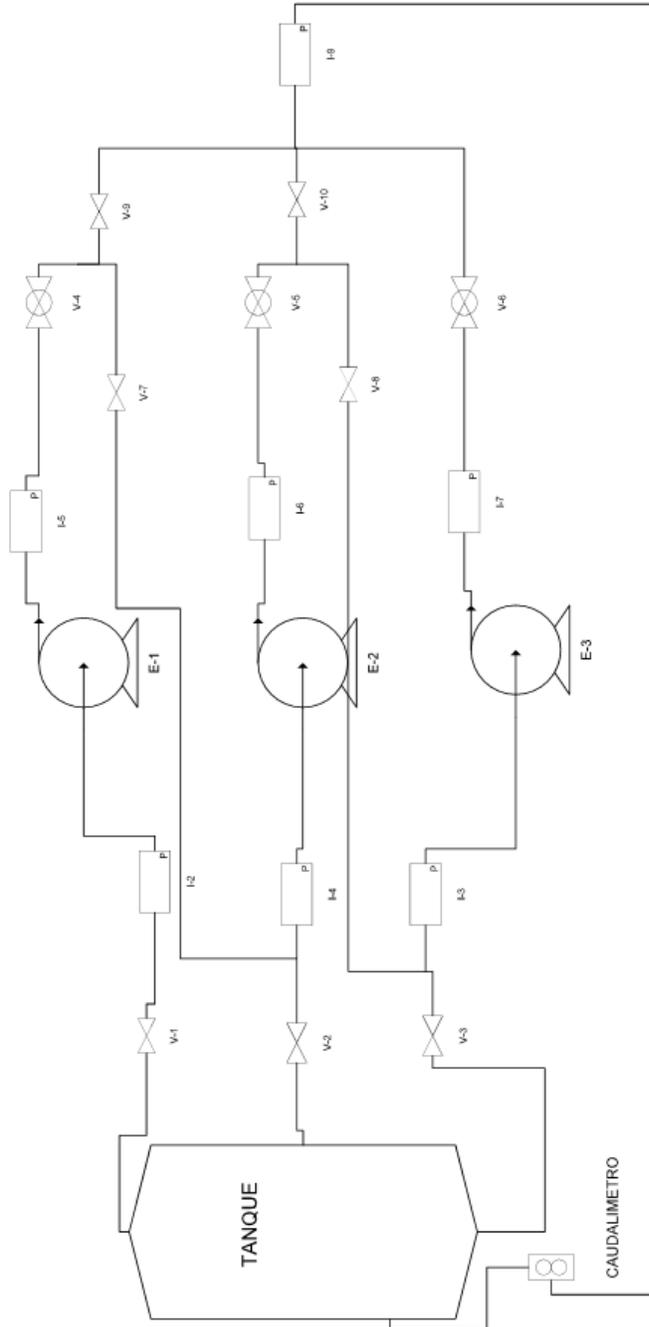
13	RF062AB00	X	Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor
13	RF082B00	X	Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor
13	RF082L00	X	Albero con rotore	Shaft with rotor	Arbre avec rotor
18	1144061	X	Coprimorssettiera	Terminal box	Couvercle de boîtier a bornes
20	117075	X	Passacavo	Cable grommet	Passer cable
22	111025F	X	Condensatore 25 µF	Capacitor 25 µF	Condensateur 25 µF
22	111031F	X	Condensatore 31.5 µF	Capacitor 31.5 µF	Condensateur 31.5 µF
22	111050F	X	Condensatore 50 µF	Capacitor 50 µF	Condensateur 50 µF
23	118047	X	Anello di sostegno condensatore	Capacitor gland	Bague de support du condensateur
24	114447	X	Morssettiera	Terminal board	Boite a bornes
28	CA081ABF2P1	X	Cassa motore con statore avvolto (V 220)	Motor casing with windings (V 220)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220)
28	CA081BF2P1	X	Cassa motore con statore avvolto (V 220)	Motor casing with windings (V 220)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220)
28	CA081CF2P1	X	Cassa motore con statore avvolto (V 220)	Motor casing with windings (V 220)	Carcasse moteur avec bobinage (V 220)

Con riserva di modifiche.
Technical modifications reserved.
Reservados los derechos a introducir modificaciones.

01,45.00

CP 650 CP 660 CP 670

ANEXO B. DISEÑO HIDRAULICO

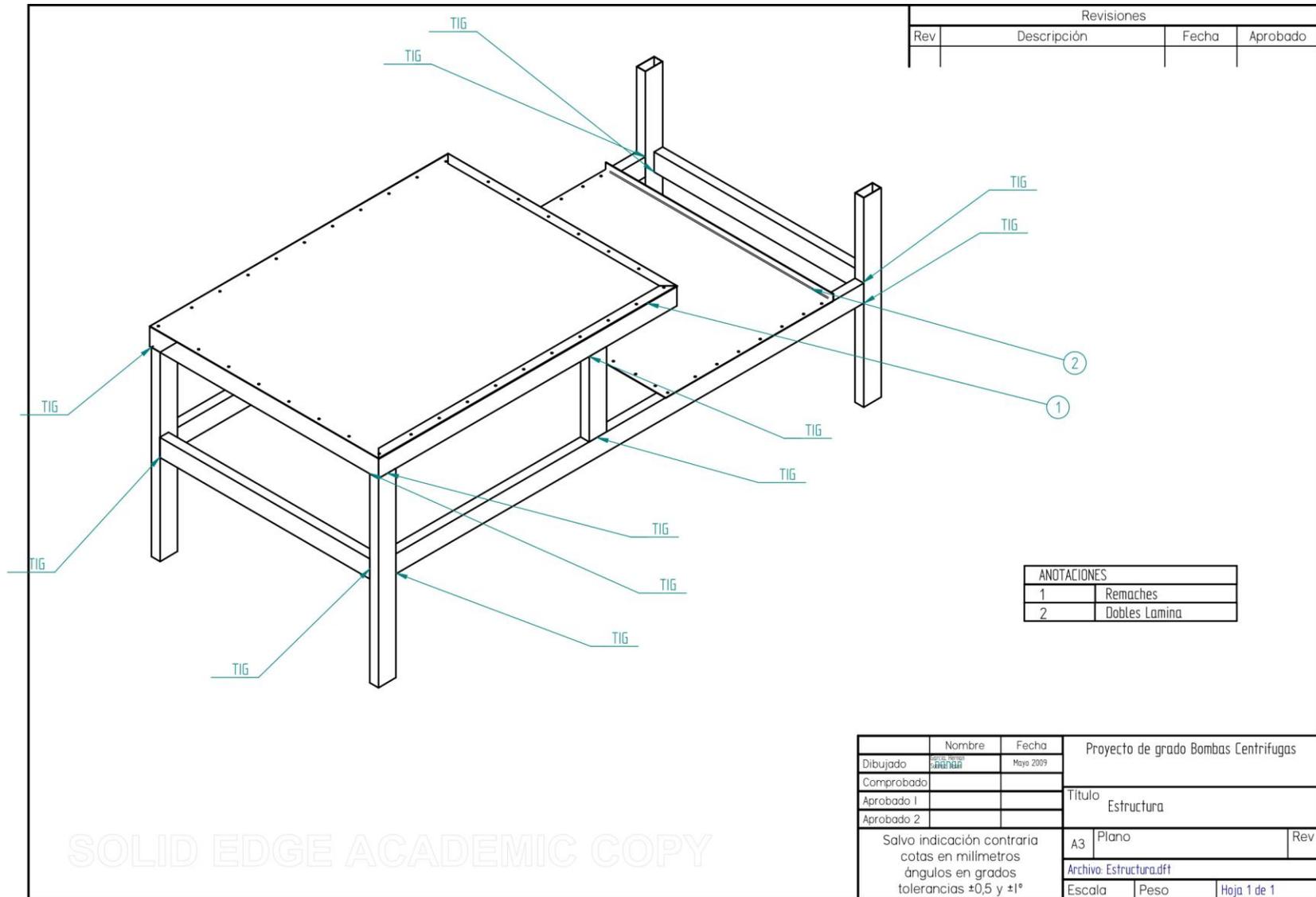


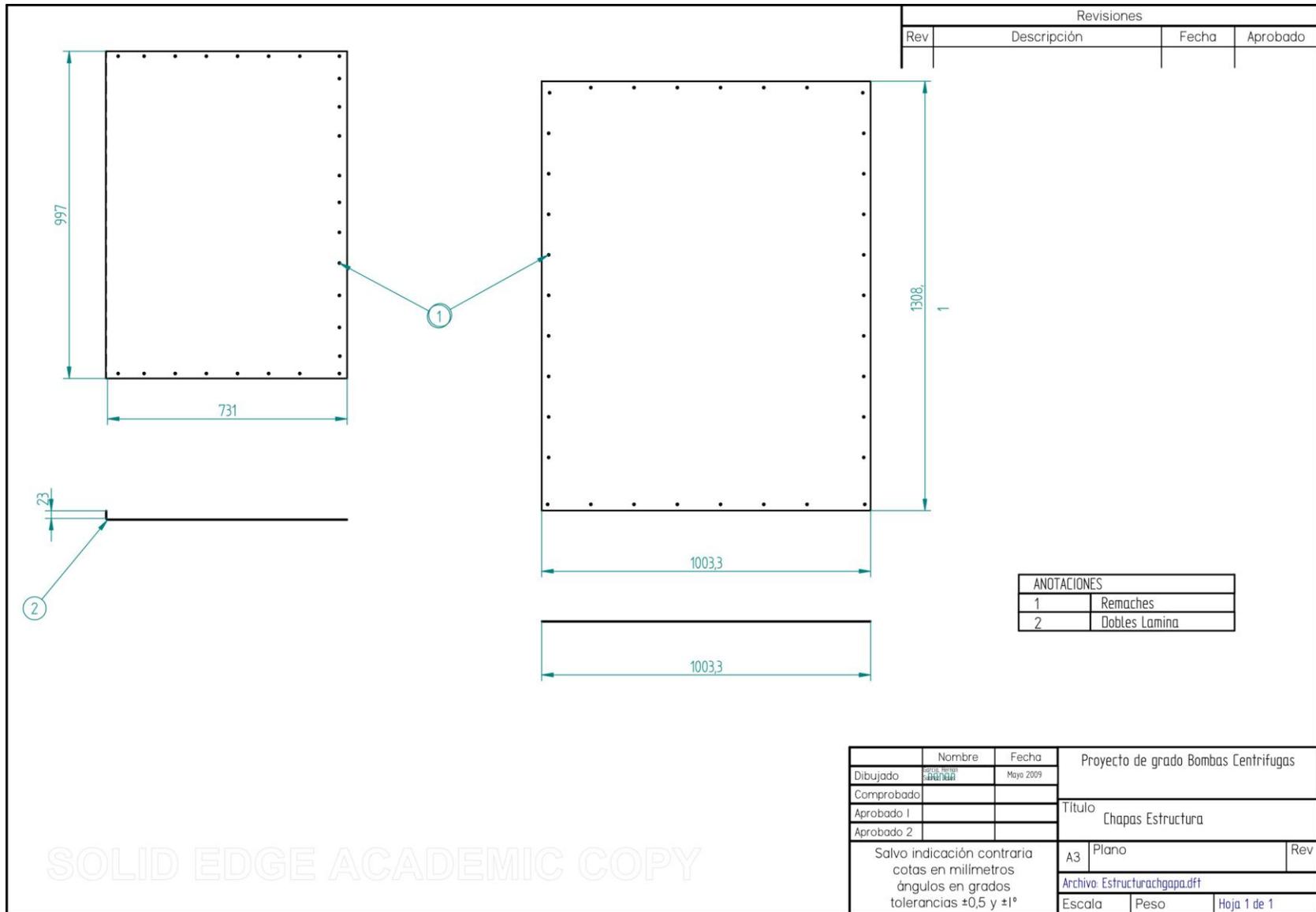
Lista de válvulas		Lista de instrumentos		Lista de equipamiento					
Texto mostrado	Descripción	Conv.	Descripción	Servicio	Conv.	Descripción	Fabricante	Material	Modelo
V-1	Valvula 1	I-2	Vacuometro	P. Succión	E-1	3/4 Hp	Pedrollo		CP610x
V-2	Valvula 2	I-3	Vacuometro	P. Succión	E-2	3/4 Hp	Pedrollo		CP610x
V-3	Valvula 3	I-4	Vacuometro	P. Succión	E-3	2 Hp	Pedrollo		Cp660
V-4	Valvula 4	I-5	Manometro	P. Descarga	Tanque	Tanque	Manual	Aluminio	
V-5	Valvula 5	I-6	Manometro	P. Descarga					
V-6	Valvula 6	I-7	Manometro	P. Descarga					
V-7	Valvula 7	I-8	Manometro	P. Descarga					
V-8	Valvula 8								
V-9	Valvula 9								
V-10	Valvula 10								

Plano Hidraulico, Garcia, Hernan; Suarez, Alberto Mayo de 2009

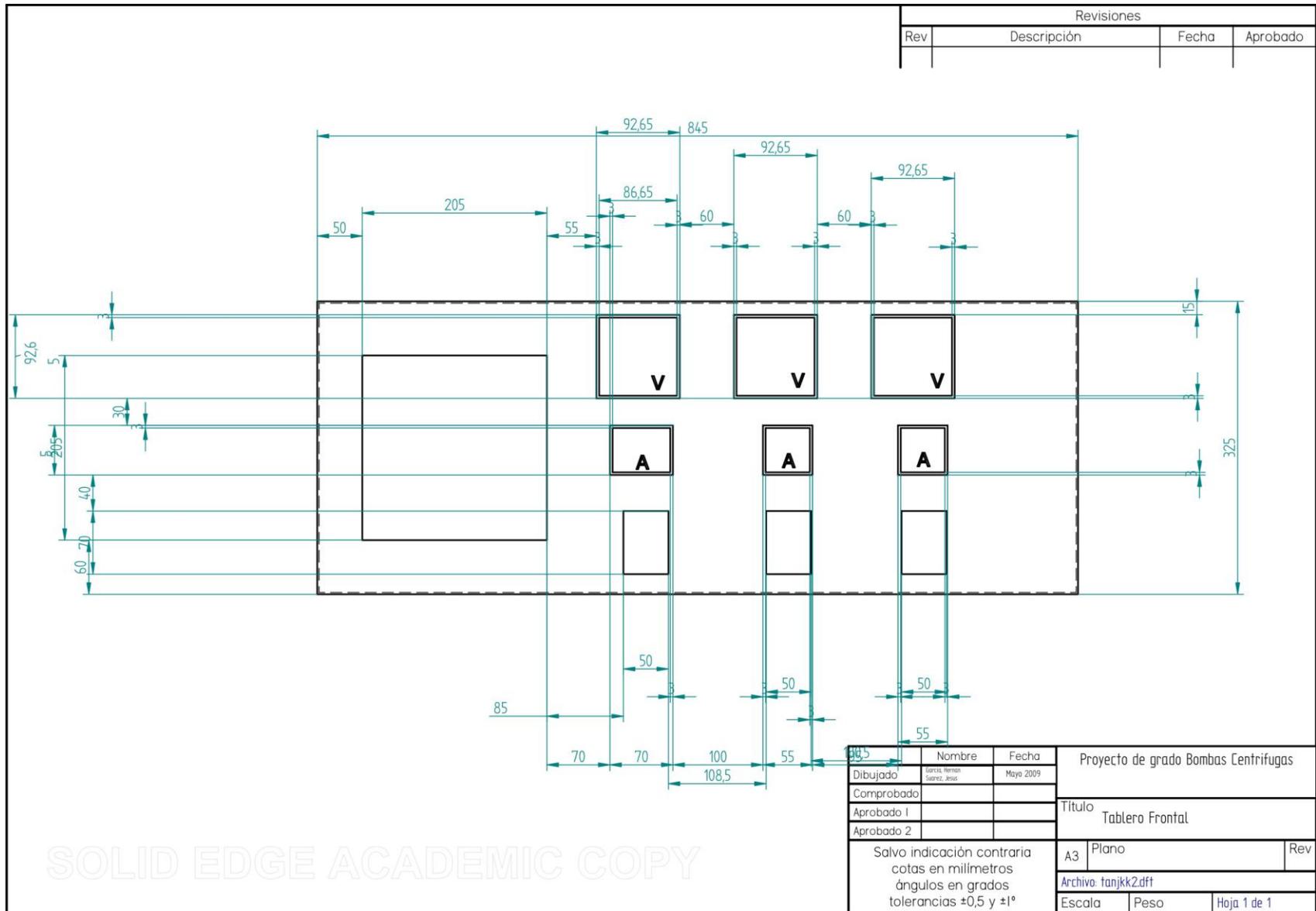
Universidad Pontificia Bolivariana

ANEXO C. PLANOS

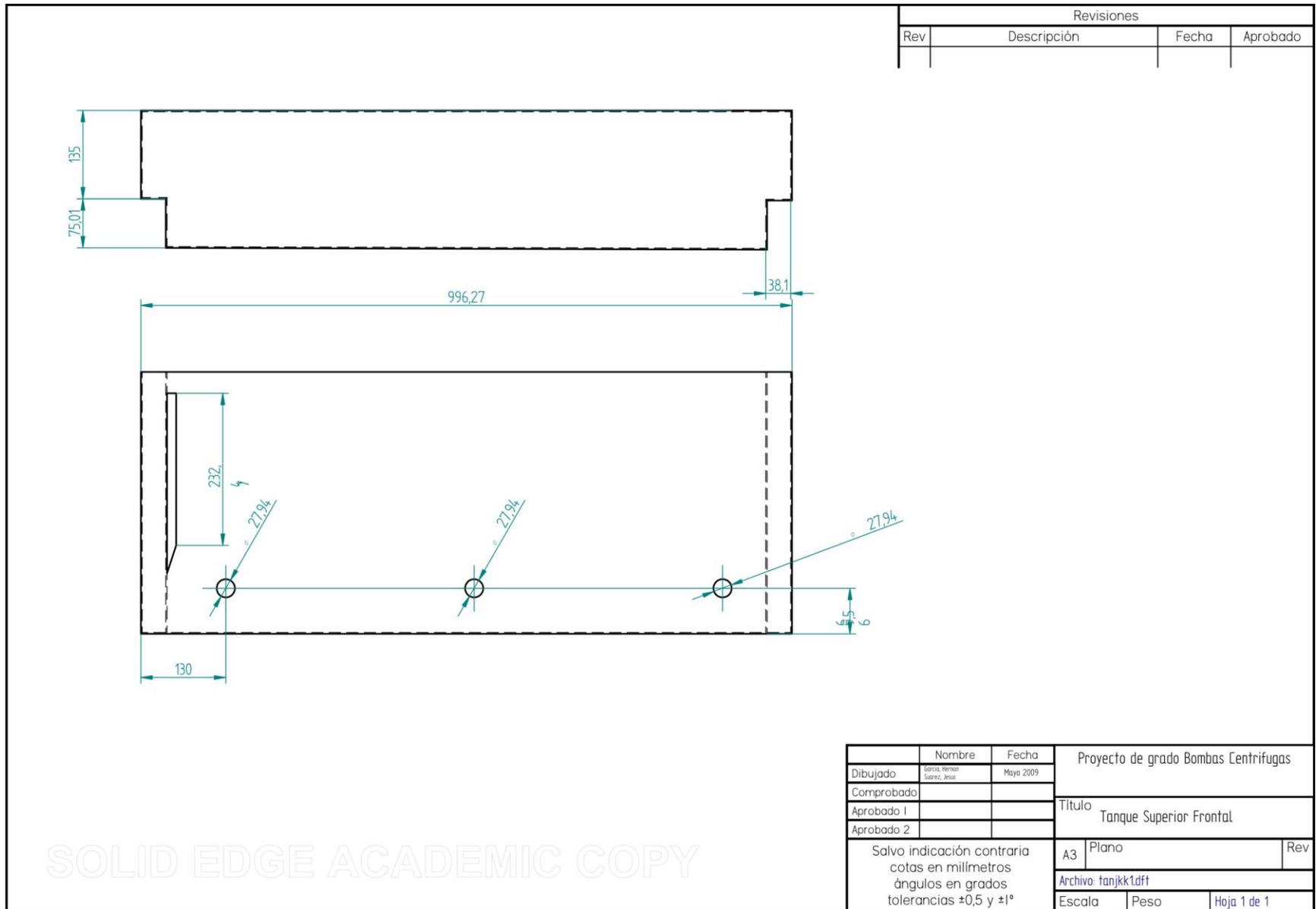




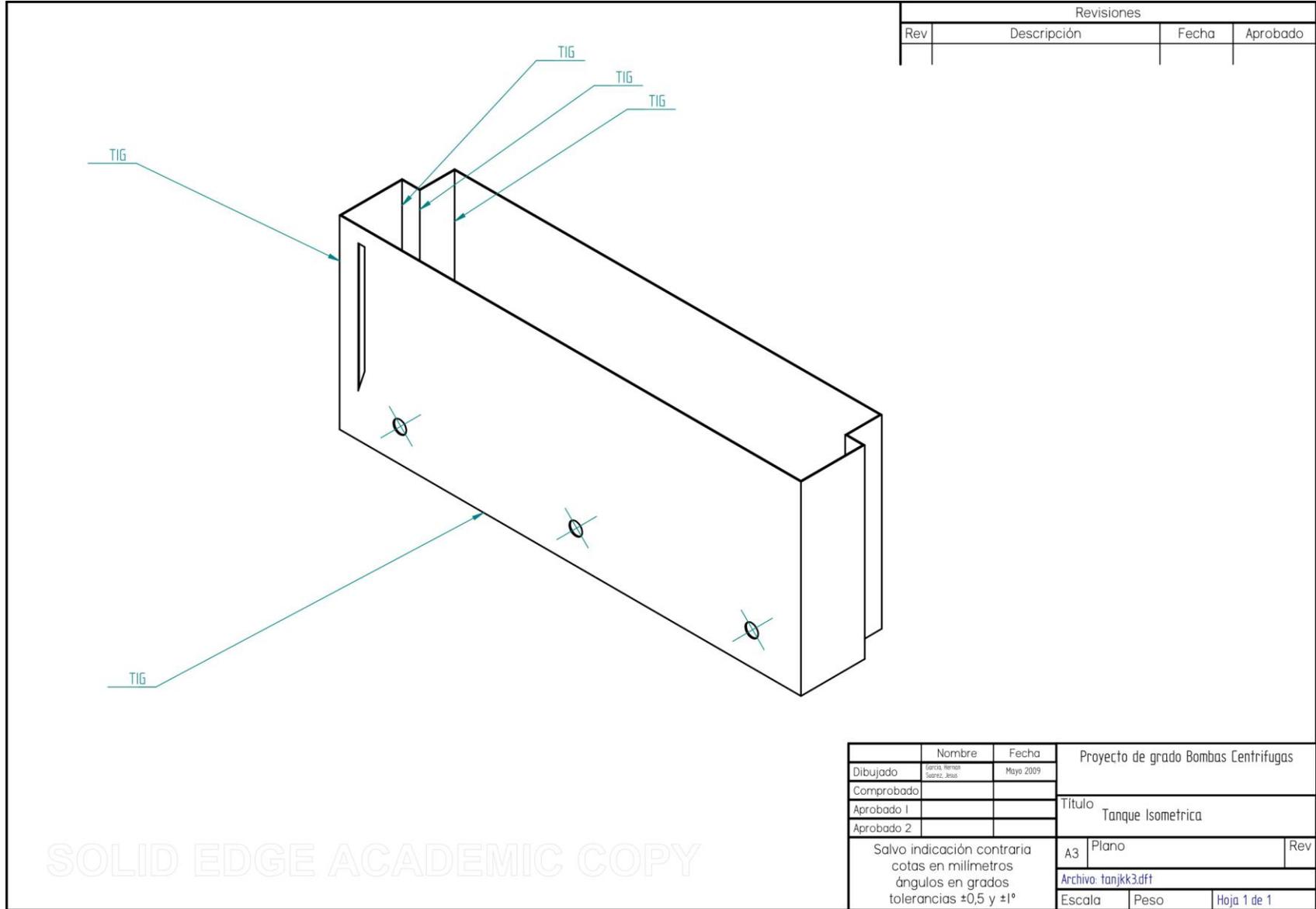
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

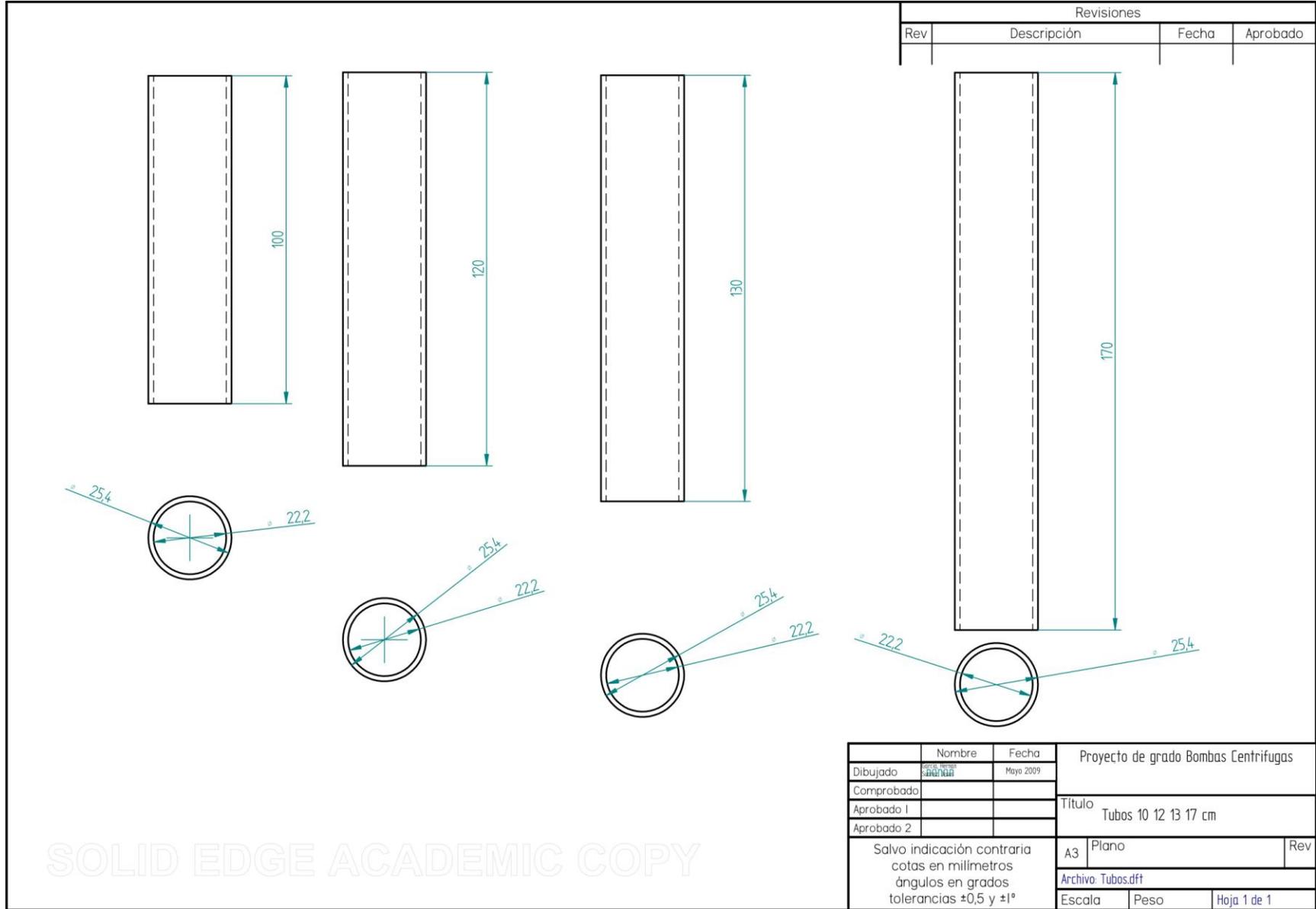


SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

	Nombre	Fecha	Proyecto de grado Bombas Centrifugas	
Dibujado	Genia Heredia Sánchez Jossé	Mayo 2009		
Comprobado			Título	
Aprobado 1			Tanque Isometrica	
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano
			Archivo:	tanjkk3.dft
			Escala	Peso
			Hoja 1 de 1	



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

Nombre	Fecha	Proyecto de grado Bombas Centrifugas	
Dibujado	Mayo 2009	Titulo	
Comprobado		Tubos 10 12 13 17 cm	
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		A3	Plano
		Rev	
Archivo: Tubos.dft			
Escala	Peso	Hoja 1 de 1	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY