

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN DE AGUA
EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA PARA EL LABORATORIO DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA - UNPRG”**

TESIS PRESENTADA POR:

BACH. QUEZADA DIAZ LEITER FIDEL

BACH. SALAZAR SANTAMARIA JENNER IVAN

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO ELECTRONICO**

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA – UNPRG”

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADA POR:

BACH. QUEZADA DIAZ LEITER FIDEL

AUTOR

BACH. SALAZAR SANTAMARIA JENNER IVAN

AUTOR

ING. MANUEL JAVIER RAMÍREZ CASTRO

ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA DEMANDA PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA – UNPRG”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADA POR LOS MIEMBROS DEL JURADO



ING. HUGO JAVIER CHICLAYO PADILLA

PRESIDENTE



ING. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA

SECRETARIO



MG. ING. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ

VOCAL

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la vida, salud y sabiduría para alcanzar un objetivo más en mi vida.

A mi Asesor, Ing. Manuel Ramírez; por su apoyo y acertada dirección en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por brindarme una formación académica y profesional. A todos los docentes que han impartido y compartido sus conocimientos con nosotros los estudiantes, por sus sabios consejos, apoyo y sugerencias para ser personas de bien y excelentes profesionales.

A mi familia por brindarme día a día todo su amor, apoyo moral y económico para salir adelante.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, quien me dio la vida, la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para desarrollar y terminar este trabajo. A mi querida familia mis fuentes de amor e inspiración.

Quezada Díaz Leiter Fidel

El presente proyecto de Tesis va dedicado a Dios, mi familia y amigos por al apoyo incondicional que me han brindado en todo el transcurso de mi carrera profesional.

Salazar Santamaria Jenner Iván

En el Capítulo I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN; se presentan los hechos preliminares de la tesis tales como la situación problemática, justificación e importancia de la investigación, objetivos, formulación de la hipótesis y el diseño metodológico.

En el Capítulo II: MARCO TEÓRICO; de acuerdo a la revisión bibliográfica, se define la base teórica que servirá para el desarrollo y sustento de la investigación, definiendo los tipos de sistemas de abastecimiento, los materiales a utilizar y los programas que se llevaran a cabo durante el diseño y simulación.

En el Capítulo III: METODOLOGIA PROPUESTA, se describen los pasos que se llevaran a cabo para el cálculo de las pérdidas de carga por fricción, dimensionamiento de cisterna, potencia de la bomba.

En el Capítulo IV: DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL, se realiza el diseño y simulación del sistema de control, con un PLC programado en LADDER, así como la selección de equipos e instrumentos idóneos para el correcto funcionamiento del sistema, de acuerdo a las características del proceso.

En el Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, mostraremos las razones fundamentales por las que, el desarrollo de nuestro proyecto de investigación es viable y correcto; a su vez, daremos a conocer algunas recomendaciones para su futura implementación.

Finalmente se puede concluir que el trabajo de investigación permite aplicar por parte del alumno el correcto aprendizaje teórico y procedimientos prácticos; tales como, afianzar su conocimiento en el desarrollo del diseño y simulación de un sistema automático de control.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el diseño de un sistema de presión constante en la Escuela de Ingeniería Electrónica – UNPRG.

El trabajo propuesto incluye la evolución de la cantidad y modelos en cada aparato sanitario para luego determinar la presión y velocidad que debe mandar el variador de velocidad, determinar la ubicación de la bomba al igual que la longitud y diámetro de las tuberías, así como del volumen de la cisterna. Luego procedemos al cálculo del caudal y de pérdidas de presión en las tuberías para determinar la secuencia de las válvulas y la frecuencia de operación del variador de velocidad.

Con respecto al diseño del sistema automático, se realizó un programa secuencial en Diagrama de Escalera (LADDER) en un PLC Modicon BMXP342020 donde manejamos 8 Variables de Entradas Discreta, 2 entradas análogas, 5 Variables de Salida discreta, 1 de salida análoga, la comunicación del PLC con el variador de velocidad ABB ACS 310 es por medio de sus puertos analógicos, el sistema será activado desde un tablero de control ubicado en los exteriores de la Escuela Profesional de Ingeniería electrónica . El programa en modo automático hará que la electrobomba impulse agua a la presión correspondiente de acuerdo al largo de tubería y disposición de los aparatos sanitarios.

Se concluye; que el diseño del sistema de presión constante, sirve para demostrar las competencias adquiridas en el área de automatización y control por parte de los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

ABSTRACT

The main objective of this research work was the design of a constant pressure system in the School of Electronic Engineering - UNPRG.

The additional work includes the evolution of the quantity and models in each sanitary device to later determine the speed and speed that the variable speed drive must control, determine the location of the pump as well as the length and diameter of the pipes, as well as volume of the tank. Then we proceed to the calculation of the flow rate and the measurement of the frequency of the valves and the frequency of the variation of the velocity flow.

With respect to the design of the automatic system, a sequential program was carried out in Ladder Diagram (SCALE) in a Modicon BMXP342020 PLC where we handled 8 Discrete Input Variables, 2 analog inputs, 5 Discrete Output Variables, 1 Analog Output, communication of the PLC with the ABB ACS 310 speed variator is through its analog ports, the system is activated from the control panel located in the exterior of the Professional School of Electronic Engineering. The program in automatic mode causes the electric pump to drive the water to the pressure corresponding to the length of the pipe and the arrangement of the sanitary appliances.

It concludes; that the design of the constant pressure system, serves to obtain the skills acquired in the area of automation and control by students of the Professional School of Electronic Engineering of the National University Pedro Ruiz Gallo.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....1	
1.1 ASPECTO INFORMATIVO.....2	
1.1.1 Título.....2	
1.1.2 Personal Investigador.....2	
1.1.2.1 Autor.....2	
1.1.2.2 Autor.....2	
1.1.3 Asesor.....2	
1.1.4 Área de Investigación.....2	
1.1.5 Lugar de Ejecución.....3	
1.1.6 Duración.....3	
1.2 ASPECTO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....3	
1.2.1 Situación Problemática.....3	
1.2.2 Antecedentes Bibliográficos.....4	
1.2.3 Formulación del Problema Científico.....6	
1.2.4 Objetivos.....6	
1.2.4.1 Objetivo General.....6	
1.2.4.2 Objetivos Específicos.....6	
1.2.5 Justificación e importancia de la Investigación.....7	
1.2.6 Hipótesis.....7	
1.2.7 Diseño Metodológico.....7	

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1	SUMINISTRO DE
AGUA.....	9
2.1.1	El sistema de
abastecimiento.....	11
2.1.1.1	Sistema de abastecimiento de agua
directo.....	11
2.1.1.2	Sistema de abastecimiento indirecto con tanque
elevado.....	12
2.1.1.3	Sistema de agua indirecto con cisterna, equipo de bombeo y tanque
elevado.....	13
2.1.1.4	Sistema de agua cisterna y equipo de
presurización.....	14
2.1.2	Sistema de
constante.....	15
2.1.3	Sistema de
constante.....	16
2.1.3.1	Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad
fija.....	17
2.1.3.1.1	Con sensor de
presión.....	17
2.1.3.1.2	Con sensor diferencial de
presión.....	17
2.1.3.1.3	Con medidores de caudal hidrodinámicos
($V^2/2g$).....	17
2.1.3.1.4	Con medidores de caudal
electromagnético.....	17
2.1.3.2	Sistemas de bombeo contra red cerrada a velocidad
variable.....	18
2.1.3.2.1	Variadores de velocidad por medio de motores de
inducción.....	18
2.1.3.2.2	Variadores de velocidad por medio de rectificadores de
silicón.....	18

2.1.3.2.3	Variadores de velocidad por medio de moto - Variadores mecánicos.....	18
2.1.3.2.4	Variadores de velocidad por medio de moto - variadores eléctricos.....	18
2.1.3.2.5	Variadores de velocidad por medio de moto - variadores hidráulicos.....	19
2.2	COMPONENTES DEL SISTEMA.....	19
2.2.1	Controlador lógico programable.....	19
2.2.1.1	Estructura de un PLC.....	19
2.2.1.1.1	Procesador	20
2.2.1.1.2	Memoria.....	20
2.2.1.1.3	Entradas y salidas.....	21
2.2.1.1.4	Alimentación	21
2.2.1.2	Clasificación	21
2.2.1.2.1	Por la cantidad de Entradas y salidas.....	21
2.2.1.2.2	Por su estructura.....	22
2.2.1.3	Modo de funcionamiento.....	23
2.2.1.3.1	Tiempo de barrido o Scan Time.....	23
2.2.1.3.2	Ciclo de funcionamiento.....	23
2.2.1.4	Campos de aplicación.....	24

2.2.2	Variadores	de
velocidad.....	24	
A)	Etapa	de
rectificación.....	25	
B)	Etapa	de
DC.....	25	bus
C) Etapa de inversora.....	25	
2.2.3	Sensores	de
presión.....	26	
2.2.3.1	Clasificación	de
presión.....	26	los sensores de
2.2.3.1.1	Sensores	de
absoluta.....	27	Presión
2.2.3.1.2	Sensores	de
Diferenciales.....	27	Presión
2.2.3.2	Clasificación de los sensores de presión por su principio de transducción.....	28
2.2.3.2.1	Sensores de presión basados en variaciones de resistencia.....	28
2.2.3.2.2	Sensores de presión con materiales piezoeléctricos.....	28
2.2.3.2.3	Sensores de presión basados en osciladores (sensores de fuelle).....	29
2.2.3.2.4	Sensores de presión basados en medición de capacitancia variable.....	30
2.2.3.2.5	Sensores capacitivos de presión basados en capacitancia diferencial.....	30
2.2.4	Bombas	31
2.2.4.1	Bombas	centrifugas
horizontales.....	31	
2.2.4.1.1	Bombas	Monobloc
.....	32	
2.2.4.1.2	Bombas	de
silla.....	32	

2.2.4.1.3	Bombas	de	caja	partida	
horizontal.....					33
2.2.4.2	Bombas			centrifugas	
verticales.....					33
2.3	MÉTODO DE AJUSTE POR LA CURVA DE REACCIÓN COHEN – COON.....				34
2.4	CONTROLADOR CON GANANCIA VARIABLE “GAIN SCHEDULING”.....				37

CAPITULO III: METODOLOGIA PROPUESTA.....39

3.1	Selección del tipo de sistema de abastecimiento de agua en la vivienda.....				40
3.2	Perdidas de carga fricción.....				40
3.2.1	Trazado de tramos en el sistema de tuberías.....				40
3.2.2	Cálculo de las unidades de hunter por tramo.....				40
3.2.3	Cálculo del caudal por tramo.....				41
3.2.4	Longitud y diámetro de tuberías.....				42
3.2.5	Perdida por carga de fricción (1000 metros).....				43
3.2.6	Longitud equivalente de codos, tees y válvulas.....				44
3.2.7	Longitud total del tramo.....				44
3.2.8	Perdida de carga por fricción en un tramo.....				44
3.2.9	Carga necesaria.....				45
3.2.10	Presión necesaria.....				45

3.3	Dimensionamiento.....	45
3.3.1	Presión mínima.....	45
3.3.2	Presión máxima.....	46
3.3.3	Dimensionamiento de la cisterna.....	46
3.3.4	Caudal máximo de demanda.....	46
3.3.5	Dimensiones de la tubería y el sensor.....	47
3.3.6	Perdidas de carga por fricción en la tubería de succión y de descarga.....	48
3.3.7	Carga de la bomba.....	48
3.3.8	Potencia de la bomba.....	48
3.4	Diseño de sistema eléctrico de potencia.....	49
3.4.1	Circuito de fuerza.....	49
3.5	Selección de los Equipos.....	50
3.5.1	Especificación de instrumentación.....	50
3.5.1.1	Sensor de Presión XMLK025B2C21.....	50
3.5.1.1.1	Descripción.....	50
3.5.1.1.2	Características y aplicaciones.....	50
3.5.2	Especificaciones del sistema de control.....	51
3.5.2.1	PLC.....	51
3.5.2.1.1	Módulo de entradas y salidas.....	52

3.5.2.1.1.1	Módulo de entradas y salidas analógicas.....	52
3.5.2.1.1.2	Módulo de entradas y salidas digitales.....	53
3.5.2.2	Variador de frecuencia.....	54
3.5.2.2.1	Variador de frecuencia ACS310-03E-13A8-4.....	54
3.5.2.3	Panel de control ABB ACS-CP-C.....	55
3.5.3	Especificación del sistema de bombeo.....	56
3.5.3.1	Electrobomba.....	56

CAPITULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA.....57

4.1	Identificación de los tramos.....	58
4.1.1	Primer piso.....	58
4.1.2	Segundo piso.....	59
4.1.3	Tercer piso.....	60
4.2	Unidades de Hunter.....	61
4.3	Caudal.....	62
4.4	P.C Fricción.....	63
4.5	Longitud.....	64
4.6	Longitud equivalente de codos, tees, válvulas.....	64
4.7	Longitud total del tramo.....	65
4.8	Perdida de carga por fricción en un tramo.....	65

4.9					Carga
necesaria.....	66				
4.10	Presión necesaria.....	66			
4.11	Perdidas de carga por fricción por aparato sanitario.....	66			
4.12	Dimensionamiento.....	70			
4.12.1	mínima.....	70			Presión
4.12.2	Presión máxima.....	70			
4.12.3	Dimensionamiento de la cisterna.....	70			
4.12.3.1	Consumo diario.....	70			promedio
4.12.3.2	Volumen de la cisterna.....	70			
4.12.3.3	Dimensionamiento de la cisterna.....	71			
4.12.4	Caudal máximo de demanda.....	71			
4.12.5	Dimensiones de la tubería y sensor.....	71			
4.12.6	Perdidas por fricción en la tubería de succión y de descarga.....	71			
4.12.7	Carga de la bomba.....	72			
4.12.8	Potencia de la bomba.....	72			
4.13	Funcionamiento del sistema.....	73			
4.13.1	Modo Manual.....	73			
4.13.2	Modo Automático.....	73			

4.14	Programa para PLC, en lenguaje LADDER.....	74
4.14.1	Dimensionamiento del bastidor.....	74
4.14.2	Configuración red ethernet PLC.....	74
4.14.3	Variables en el software del PLC.....	75
4.14.4	Programa para el PLC.....	75
4.14.4.1	Programación Ladder.....	76
4.14.4.2	Diagrama de bloque de funciones.....	78
4.14.5	Configuración variador de frecuencia.....	78
4.14.5.1	Pasos para la modificación de parámetros.....	78
4.14.5.2	Lista de parámetros por modificar.....	79
4.15	Tabla de presupuesto total.....	82

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....83

5.1.	Conclusiones	84
5.2.	Recomendaciones	84

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....85

6.1	Referencia Bibliográfica.....	86
-----	-------------------------------	----

CAPITULO VII: ANEXOS.....87				
ANEXO	A:	SENSOR	DE	PRESIÓN
XMLK025B2C21.....88				
ANEXO	B:	PLC		MODICON
BMXP342020.....93				
ANEXO	C:	MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS		
BMXAMM0600.....97				
ANEXO	D:	MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES		
BMXDDM3202K.....100				
ANEXO	E:	VARIADOR DE FRECUENCIA		ACS310-03E-13A8-4.....103
ANEXO	F:	PANEL DE CONTROL BÁSICO		ACS-CP-C.....105
ANEXO	G:	ELECTROBOMBA	PENTAX	MSVA-3/5.5.....117

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Distribución del agua en las ciudades.....	9
Fig. 2	Red de distribución pública y presión del agua.....	10
Fig. 3	Columna de agua.....	10
Fig. 4	Abastecimiento de agua directo.....	11
Fig. 5	Sistema de abastecimiento de agua indirecto con tanque elevado.....	12
Fig. 6	Sistema de abastecimiento de agua indirecto con cisterna, equipo de bombeo y tanque elevado.....	13
Fig. 7	Sistema cisterna – equipo de presurización.....	14
Fig. 8	Distribución a caudal constante.....	15
Fig. 9	Estructura básica de un PLC.....	20
Fig. 10	PLC compacto.....	22
Fig. 11	PLC modular.....	22
Fig. 12	Estructura de conexión variador de velocidad.....	24
Fig. 13	Esquema interno del variador de velocidad.....	25
Fig. 14	Control Escalar.....	25
Fig. 15	Clasificación de los sensores de presión.....	26

Fig. 16	Sensor de presión absoluta.....	27
Fig. 17	Sensor de presión diferencial.....	27
Fig. 18	Sensor de presión basado en el principio de Variación de resistencia.....	28
Fig. 19	Principio de transducción piezoeléctrico usado en sensores de presión. a) Configuración de disco. b) Configuración de tira.....	29
Fig. 20	Sensor de presión basado en el principio de fuelle-vibración.....	29
Fig. 21	Sensor de presión basado en el principio de variación de capacitancia. a) Capacitor de placas paralelas. b) Capacitor como sensor de presión.....	30
Fig. 22	Sensor de presión basado en el principio de capacitancia diferencial.....	30
Fig. 23	Corte longitudinal de una bomba Monobloc para alta presión. (El impulsor tiene anillo posterior de sello).....	32
Fig. 24	Vista exterior de una bomba de silla montada en fábrica sobre base estructural.....	32
Fig. 25	Bomba con caja partida horizontal destapada.....	33
Fig. 26	Bombas centrifugas de eje vertical.....	34
Fig. 27	Respuesta al escalón de un sistema de control.....	35
Fig. 28	Respuesta del proceso a un paso unitario (lazo abierto).....	35
Fig. 29	Curva de reacción y parámetros asociados.....	36
Fig. 30	Esquema de un controlador con ganancias programadas.....	37
Fig. 31	Proceso para diseñar un controlador de ganancias programadas.....	38

Fig. 32	Ábaco para el cálculo de la pérdida de carga por fricción cada 1000 metros de tubería.....	43
Fig. 33	Circuito de Fuerza para el control de la Bomba.....	49
Fig. 34	Sensor de Presión OsiSense.....	50
Fig. 35	PLC Modicon BMXP342020.....	51
Fig. 36	Módulo de entradas y salidas analógicas BMXAMM0600.....	52
Fig. 37	Módulo de entradas y salidas digitales BMXDDM3202K.....	53
Fig. 38	Variador de Frecuencia ACS310-03E-13A8-4.....	54
Fig. 39	Panel de Control Básico ACS-CP-C.....	55
Fig. 40	Electrobomba Pentax MSVA-3/5.5.....	56
Fig. 41	Bastidor.....	74
Fig. 42	Ethernet PLC.....	74
Fig. 43	Variables PLC.....	75
Fig. 44	Programa PLC.....	75
Fig. 45	Programa PLC.....	76
Fig. 46	Programa PLC.....	76
Fig. 47	Programa PLC.....	77
Fig. 48	Programa PLC.....	77
Fig. 49	Programa PLC.....	78
Fig. 50	Diagrama de bloque de funciones.....	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios.....	41
Tabla 2. Gastos probables para la aplicación del método de Hunter	42
Tabla 3. Longitud equivalente de codos, tees de acuerdo al diámetro del tubo.....	44
Tabla 4. Dotación diaria según el tipo de local educacional.....	46
Tabla 5. Diámetro de la tubería de descarga, succión y sensor.....	47
Tabla 6. Diámetro de la válvula de alivio.....	47
Tabla 7. Tabla de presupuesto total.....	82

INTRODUCCION

El presente proyecto tiene como finalidad presentar el diseño y simulación de un sistema de presión constante para la escuela profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, el cual constará de un sistema automático que está compuesto por una cisterna, una bomba de agua conectada a un variador de velocidad controlado por un PLC que proporcionará presión constante en los diferentes aparatos sanitarios instalados.

Actualmente la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo tiene 3 pisos que poseen servicios sanitarios los cuales con el paso de los años hemos visto que tienen fallos como inundaciones y falta de presión de agua en los pisos más elevados, por eso la importancia del proyecto a desarrollar que consiste en un sistema de control de presión y mantenga el nivel deseado de agua, sin consumir más agua de la necesaria. El sistema debe ser sencillo, de bajo costo, con una construcción sólida que resista la exposición a las condiciones a que estará sometido durante su operación, deberá ser de fácil operación y no necesitar mucho mantenimiento.

Por otro lado, debido a las competencias de los cursos de control y automatización de la carrera es importante conocer el proceso de control secuencial con un PLC utilizando la programación en LADDER, controlar una bomba utilizando un variador de velocidad, el cuál con las coordinaciones y el apoyo necesario de nuestras autoridades de facultad, podría ser implementado.

ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO I

1.1 ASPECTO INFORMATIVO

1.1.1 Título

Diseño de un sistema de control de presión de agua en función de la demanda para el laboratorio de Ingeniería Electrónica - UNPRG.

1.1.2 Personal Investigador

1.1.2.1 Autor

Nombre : Bach. Jenner Iván Salazar Santamaría.
Dirección : Los Jazmines 216 Urb. Miraflores – Lambayeque.
E – mail : jennersalazarsantamaria@gmail.com
Teléfono : 949852717

1.1.2.2 Autor

Nombre : Bach. Leiter Fidel Quezada Díaz.
Dirección : Los Álamos 292 Urb. Ramón Castilla – Lambayeque.
E – mail : lf_quezada@hotmail.com
Teléfono : 979841275

1.1.3 Asesor

Nombre : Ing. Manuel Javier Ramírez Castro.
E-mail : --
Teléfono : 979205885

1.1.4 Área de Investigación

Ingeniería Electrónica – Control y Automatización.

1.1.5 Lugar de Ejecución

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo – Lambayeque.

1.1.6 Duración

06 meses

1.2 ASPECTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Situación Problemática

Actualmente el laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, cuenta con un sistema de bombeo de agua que posee las siguientes características y desventajas:

1° El sistema no contiene pozo de almacenamiento de agua por lo que la bomba de agua está conectada directamente a la tubería de entrada de agua.

2° No tiene tanque elevado lo cual implica que la bomba está trabajando en forma continua para elevar el agua hasta el 3° piso, teniendo como efecto un consumo continuo y elevado de energía. Además de reducir el tiempo de vida útil de la bomba, la cual en reiteradas ocasiones se ha quemado y enviado a rebobinar.

3° Las llaves de agua en los baños no se cierran automáticamente, lo que implica que al no haber agua en el suministro, los usuarios pueden olvidar y dejarlas abiertas lo cual causa inundaciones al momento de volver el suministro de agua.

Teniendo en cuenta que para el licenciamiento deberá aumentarse el número de baños de acuerdo a la cantidad de alumnos que tenemos, por lo que aumentará la demanda de agua y tendremos que garantizar el suministro continuo y a presión constante.

1.2.2 Antecedentes Bibliográficos

J **HINOSTROZA ESPEJO, RODRIGO CRISTIÁN (2011)**

ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE SISTEMAS DE ELEVACIÓN DE AGUAS PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en realizar una evaluación técnico-económica de dos sistemas de elevación de agua para edificios residenciales en Chile. El enfoque principal que tiene este estudio es implementar un banco de pruebas para así realizar simulaciones que representen un consumo de agua potable en un edificio habitacional en Santiago. En un principio se revisan los conceptos básicos necesarios para entender lo que se considera un equipo de elevación de agua. Se mencionan los distintos tipos de bombas que se pueden encontrar hoy en día en el mercado internacional y, en particular, se detalla el funcionamiento de las bombas centrífugas, equipo utilizado en los sistemas de elevación de agua en edificios residenciales. También se realiza un estudio de los sistemas de control típicos de las bombas, ya sea mediante estanque hidroneumático o mediante motores de inducción accionados con variadores de frecuencia. Revisada la parte teórica, se establecen los criterios utilizados hoy en día en Chile para dimensionar equipos de elevación de agua, en particular los puntos normativos descritos en el “Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado” (RIDDA). Luego se revisa una curva de consumo de agua potable, medida en un edificio residencial ubicado en el centro de Santiago. Mediante estos datos se realiza una simulación experimental en un banco de pruebas. Se diseña el sistema de manera de contar tanto con un sistema de control mediante estanque hidroneumático como con un variador de frecuencia. Como resultado de las simulaciones se concluye que el sistema con variador de frecuencia es más caro en la instalación y mantención que un sistema hidroneumático, pero el costo correspondiente a la energía eléctrica resulta un 25% menor. Considerando la totalidad de los costos, en un período de tiempo de 5 años, resulta más conveniente la instalación del sistema controlado por un variador de frecuencia. Entre las tareas que pueden complementar el desarrollo de este trabajo es posible citar: sintonización fina de variadores de frecuencia controlados con un controlador lógico programable PLC, y el análisis comparativo de la curva de demanda de agua potable en diferentes edificios en Santiago.

J **LÓPEZ CORZO, RAUL (2010)**

ANÁLISIS HIDRÁULICO-ECONÓMICO DE BOMBAS DE VELOCIDAD VARIABLE APLICADAS A SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE: MAESTRO EN INGENIERÍA HIDRÁULICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

RESUMEN

En un organismo operador el concepto de energía eléctrica impacta considerablemente en sus costos de operación, llegando a ser en algunos casos el más importante; la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha estimado un costo por este rubro entre 30 y 40% del egreso anual. El consumo energético en una red, o sector hidrométrico, es mayor en los casos donde su abastecimiento se lleva a cabo mediante bombas de inyección directa a red, por lo que algunos organismos operadores han considerado adecuado el uso de variadores de frecuencias (bombas de velocidad variable) con el objetivo de reducir los costos asociados a la energía eléctrica. La aplicación de bombas de velocidad variable (BVV) en nuestro país generalmente se ha realizado de forma empírica ya que no se cuenta aún con las bases sólidas para elaborar modelos de simulación que las involucren y definan su operación hidráulica dentro del sector. En esta tesis se presenta un análisis hidráulico-económico de las BVV comparado con otros sistemas de abastecimiento como bombas de velocidad fija y tanques de regulación. Esto se hace mediante un modelo de simulación implementado en InfoWorks, con el objetivo de proporcionar las bases para la modelación de los dispositivos mencionados y justificar mediante las ventajas y desventajas su implementación en redes de distribución de agua potable.

J **SAAVEDRA VIDALCRIADO, JORGE ANDRES (2007)**

CONTROL DE PRESION DE AGUA MEDIANTE VARIADOR DE FRECUENCIA Y MOTOBOMBA.

UNIVERSIDAD DE MAGALLANES FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD.

RESUMEN

Este trabajo presenta una estrategia de control de presión para un sistema de suministro de agua o hidrosistema, variando la velocidad de giro de una motobomba. El sistema está conformado por una motobomba Jacuzzi, un vaso de expansión Zilmet, un PLC Modicon E984-265, un variador de velocidad Eurotherm

y un sensor de presión Gems. El error en la presión del sistema se procesa con un controlador tipo PI, que genera la referencia de velocidad para el variador de frecuencia. Debido a la complejidad del sistema, se optó por un método empírico, el método de la curva de reacción de Cohen y Coon, para el diseño del controlador. La no linealidad del sistema requirió la implementación de un controlador con ganancia variable o "Gain Scheduling". Mediante ensayos, se determinó que con ocho ganancias se obtenía un control satisfactorio en el rango de operación. Además, se desarrolló una interfaz hombre-máquina para monitoreo y cambio de set point del sistema. Se utilizó el software "Lookout", que se comunica directamente con el PLC y permite monitorear, leer y escribir datos en éste, con la ventaja que permite desarrollar ventanas más amigables y acerca el control a usuarios sin experiencia en el uso y programación de PLC.

1.2.3 Formulación del Problema Científico

¿Cómo diseñar un sistema de control de presión de agua de acuerdo a la demanda para el laboratorio de Ingeniería Electrónica – UNPRG?

1.2.4 Objetivos

1.2.4.1 Objetivo General

-) Diseñar un sistema de control de presión de agua de acuerdo a la demanda para el laboratorio de Ingeniería Electrónica - UNPRG.

1.2.4.2 Objetivos Específicos

-) Estudiar los diferentes sistemas de bombeo para edificios.
-) Determinar la demanda de agua del laboratorio de ingeniería electrónica.
-) Realizar los cálculos de presión, caudal, tamaño de tanque de almacenamiento y dimensionamiento de bomba.
-) Diseñar y simular el algoritmo de control con variador de velocidad.
-) Seleccionar los equipos e instrumentos para implementación del sistema.
-) Determinar el ahorro de consumo de energía y agua en el laboratorio de ingeniería electrónica.

1.2.5 Justificación e importancia de la Investigación

En muchos casos los sistemas de bombeo de edificios, que generalmente se utilizan en nuestro país, son en su gran mayoría de los tipos: De control de Nivel, por estrangulación y por recirculación los cuales presentan muchas limitaciones al momento de definir políticas de operación (basadas en el modelo) encaminados a conseguir ahorros energéticos, esto por tratarse principalmente de un modelo estático. Generalmente en nuestro país los variadores de frecuencias se han aplicado de forma empírica ya que no se cuenta aún con las bases sólidas para elaborar modelos de simulación que las involucren y definan su operación hidráulica. Como se puede notar, estos métodos no son eficientes desde el punto de vista del consumo de energía y es por esto que se buscó una manera eficiente de solucionar el problema del suministro a presión constante. Por lo que otra manera de lograrlo, y la escogida para esta tesis, es variar el caudal entregado según la demanda. Esto se logra variando la velocidad de rotación de la motobomba, lo que a su vez se logra variando la frecuencia de la tensión trifásica del motor que alimenta a la bomba por medio de un variador de frecuencia. Esta alternativa logra un control preciso de la presión y requiere un variador de frecuencia y un PLC. En sistemas con demanda variable, claramente es recomendable la estrategia de velocidad variable, pues existe un importante ahorro de energía en los momentos en que la demanda es baja o nula. Mientras que en sistemas con demanda constante y alta podría no resultar justificable, económicamente hablando.

1.2.6 Hipótesis

Al diseñar un sistema de control de presión de agua de acuerdo a la demanda reduciremos los costos en consumo de energía y alargaremos la vida útil de la bomba en el laboratorio de Ingeniería electrónica UNPRG.

1.2.7 Diseño Metodológico

El procedimiento para la realización del proyecto comprende las siguientes fases:

-) Identificar las características del tipo de control de presión a utilizar de los tres más usados en el mercado.
-) Calcular el volumen de agua a utilizar de acuerdo a los requerimientos técnicos obtenidos luego de dimensionar la bomba.
-) Seleccionar el variador de frecuencia, bomba hidráulica y demás componentes.
-) Calcular el consumo de energía antes y después de diseñada la propuesta.
-) Configurar el sistema automático que activará la bomba de acuerdo a la demanda de agua del edificio.

MARCO TEÓRICO

CAPITULO II

2.1 SUMINISTRO DE AGUA

CÓMO LLEGA EL AGUA A LA VIVIENDA

El agua es un recurso natural indispensable para mantener la vida de las personas, los animales y los vegetales. Calentada por el sol, pasa del estado líquido al estado de vapor, y éste, compuesto por una multitud de pequeñas gotas de agua, se eleva en la atmósfera formando las nubes, las que no son otra cosa que cúmulos de agua en estado gaseoso.

Al variar las condiciones de temperatura y presión del aire, el agua de las nubes vuelve al estado líquido (como lluvia) o sólido (nieve o granizo), cayendo por gravedad hacia la tierra y distribuyéndose en torrentes y ríos que van a dar al mar, iniciando nuevamente el proceso que se conoce como el ciclo natural del agua.

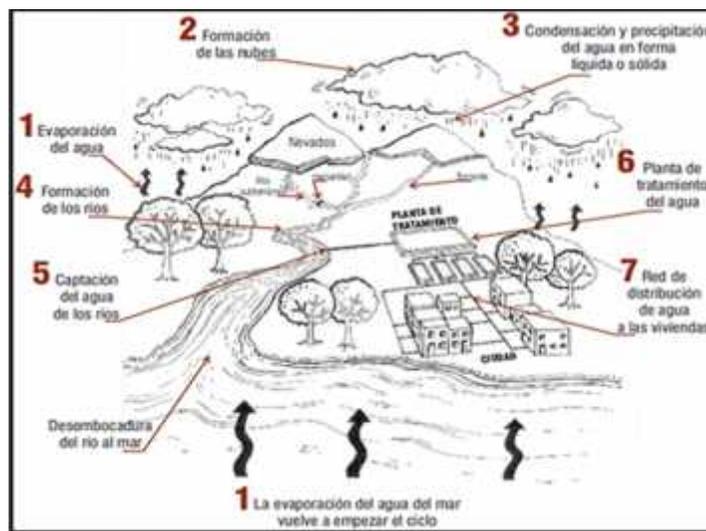


Fig. 1 Distribución del agua en las ciudades

El ciclo natural del agua permite el mantenimiento de los nevados, de los ríos superficiales y subterráneos y de los manantiales los que constituyen las reservas naturales de agua. Gracias a la utilización de distintos sistemas de captación y de tratamiento del agua de estas reservas, se ha logrado abastecer, con un complejo sistema de distribución, a las ciudades para satisfacer la necesidad de agua diaria de sus habitantes. El agua captada desde los ríos superficiales o subterráneos alimenta una amplia red de tubos hasta llegar a las tuberías situadas bajo las calles e ingresan en cada edificio o casa.

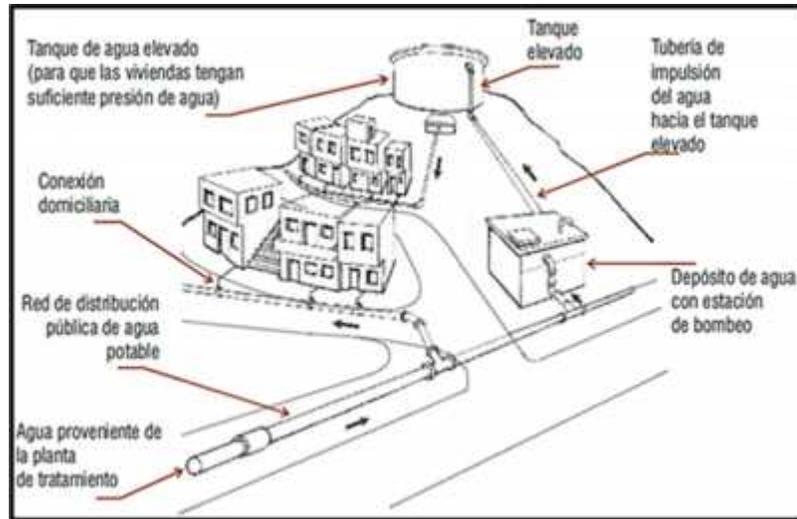


Fig. 2 Red de distribución pública y presión del agua

El agua sale de las tuberías de agua empujada por la presión que se mide en metros de columnas de agua (equivalente a la presión ejercida por una columna de agua de un metro de altura) su símbolo es m.c.a. (metro de columna de agua). La altura de la columna de agua adecuada para mantener la presión en las tuberías que abastecen a nuestras viviendas es entre 15 m.c.a. y 50 m.c.a., suficiente para que el agua suba a los tanques elevados de los edificios.



Fig. 3 Columna de agua

Para entender el funcionamiento de la red de distribución pública se puede echar agua en una manguera transparente cuyos extremos se encuentren a una cierta altura desde el suelo. Se observará que el agua corre en la manguera de un extremo a la otra empujada por su propio peso (presión) hasta disponerse en un mismo nivel, igual sucede con los tanques elevados de agua en la ciudad.

2.1.1 El Sistema de Abastecimiento [1]

El sistema de abastecimiento determina la forma en la cual llega el agua a los aparatos sanitarios de nuestra vivienda (lavaderos, lavatorios, inodoros, duchas, etc.). Los sistemas de abastecimiento pueden ser complejos dependiendo de la presión del agua y del tipo de vivienda. Las instalaciones de agua en la vivienda deben ser diseñadas y construidas de modo que preserven, garanticen la calidad, la cantidad de agua y presión del servicio en todos los puntos de distribución. Los principales sistemas de abastecimiento de agua en la vivienda son:

2.1.1.1 Sistema de Abastecimiento de Agua directo

Se habla de sistema directo cuando el agua suministrada por la red pública llega directamente a todos los aparatos sanitarios de la vivienda. Este sistema se utiliza en las zonas donde el suministro de agua de la red pública es continuo y llega con presión suficiente para servir a los puntos de consumo más elevados de la vivienda.

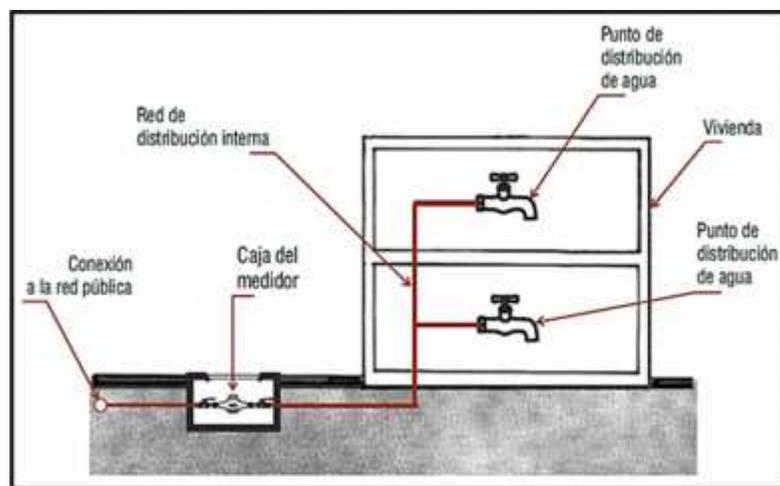


Fig. 4 Abastecimiento de agua directo

Ventajas:

-) El sistema directo está constituido por un reducido número de elementos, lo que reduce los costos de su instalación y mantenimiento.
-) Menos riesgos de contaminación del agua.

Desventajas:

-) Este sistema en general logra abastecer solamente edificios de 2 o 3 pisos como máximo.
-) En caso de interrupción del servicio no se cuenta con una reserva de agua.

2.1.1.2 Sistema de Abastecimiento de Agua indirecto con tanque elevado

En zonas donde el servicio de suministro de agua es solo por algunas horas al día será necesario dotar a la vivienda de un tanque o reservorio elevado.

Este sistema se llama indirecto porque el agua de la red pública llega primero a reservorios y de allí es distribuida, en forma indirecta, a los aparatos sanitarios.

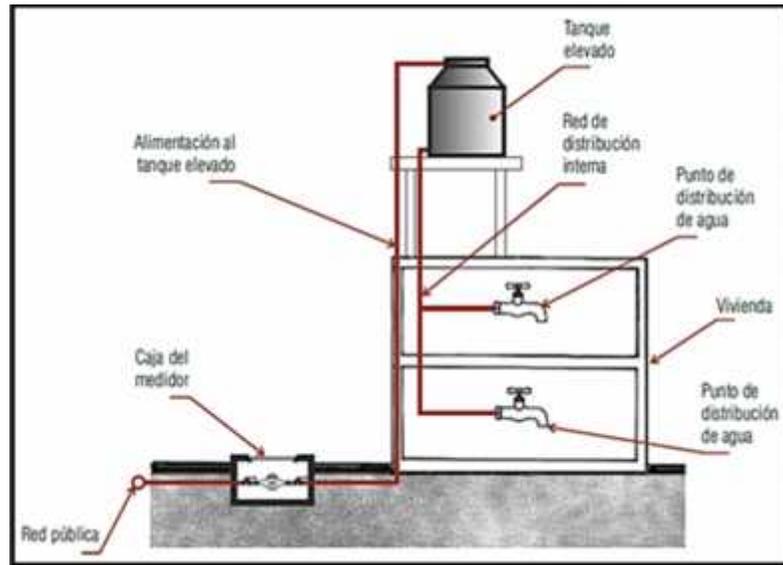


Fig. 5 Sistema de abastecimiento de agua indirecto con tanque elevado

Ventajas:

-) Hay reserva de agua en caso de interrupción del servicio.

Desventajas:

-) Posibilidad de contaminación del agua en los reservorios por falta de mantenimiento.
-) Mayor costo de construcción y mantenimiento.

2.1.1.3 Sistema de Abastecimiento de Agua indirecto con cisterna, equipo de bombeo y tanque elevado

Se usa en aquellas zonas donde la presión de agua en la red pública no es suficiente para llegar a los puntos de distribución de agua de los pisos más altos. En este sistema el agua ingresa directamente de la red pública a la cisterna, donde con un equipo de bombeo el agua es elevada al tanque. Desde el tanque el agua baja por gravedad a los aparatos sanitarios, a través de la red de distribución interna.

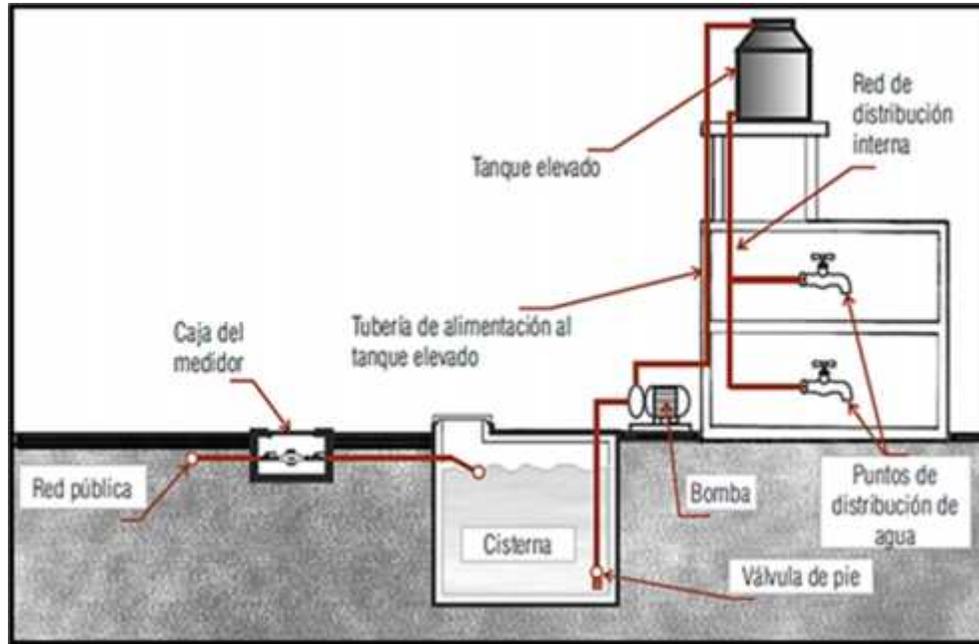


Fig. 6 Sistema de abastecimiento de agua indirecto con cisterna, equipo de bombeo y tanque elevado

Ventajas:

-) Se cuenta con reserva de agua en caso de interrupción del servicio.
-) La presión de agua es constante en todos puntos de la red de distribución interna.

Desventajas:

-) Posibilidad de contaminación del agua en los reservorios por falta de mantenimiento.
-) Mayor costo de construcción, funcionamiento y mantenimiento.
-) En caso de apagón eléctrico la bomba no funciona y no se puede llenar el tanque elevado.

2.1.1.4 Sistema de Abastecimiento de Agua cisterna – equipo de presurización

El sistema de abastecimiento por presión, es utilizado cuando el sistema de instalaciones sanitarias requiere de mayor presión y esta no puede ser suministrada por un tanque elevado. Dependiendo de las características de las edificaciones, puede ser resuelto mediante lo siguiente:

-) Equipo de bombeo a presión constante y velocidad variable más tanque hidroneumático.

Ventajas:

-) Continuidad de 24 horas en el servicio.
-) Garantiza la presión necesaria en el sistema.
-) Almacenamiento de agua.
-) Evita la construcción del tanque elevado.

Desventajas:

-) Presión elevada en los primeros niveles, y presión baja en los últimos niveles en especial en los edificios de gran altura.
-) Mayor volumen de la cisterna.

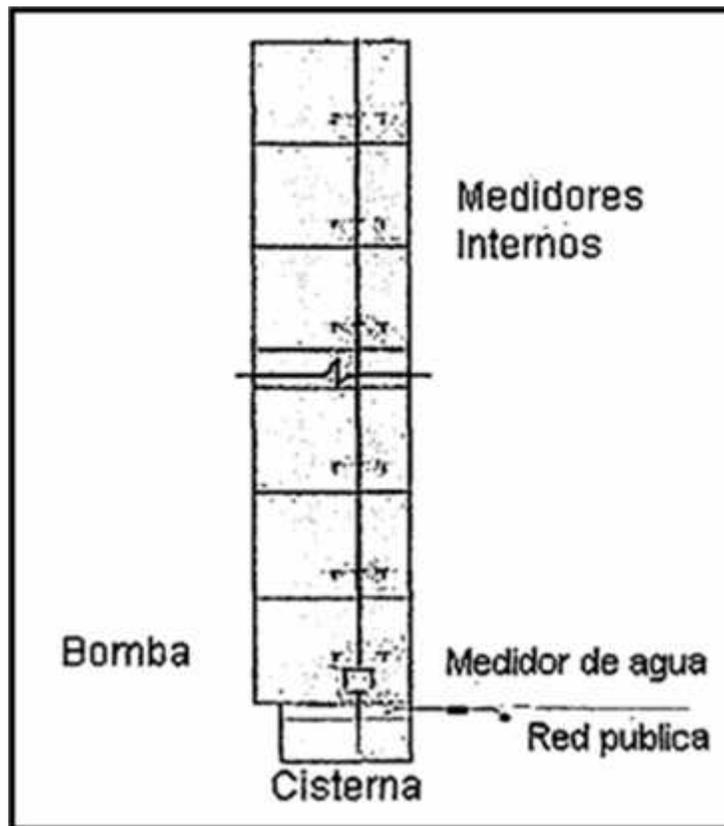


Fig. 7 Sistema cisterna – equipo de presurización

Equipamiento – Sistema de Bombeo

Actualmente el equipo de bombeo más usado, por ser el más eficiente, para edificaciones es el de presión constante y velocidad variable, el que suministra agua a presión constante ante cualquier demanda de caudal. Esto se logra de manera óptima modificando la velocidad de las bombas a través de un control realimentado de la presión de salida que se denomina variador de velocidad. El tablero de control eléctrico, incorpora variadores de frecuencia y controladores lógicos programables, los cuales deben ser programados adecuadamente. La presión de salida es leída constantemente por un sensor de alta precisión y transmitida al sistema de control. Este sistema puede ahorrar más de un 40% de energía y requiere una potencia eléctrica instalada menor que en el caso de los sistemas hidroneumáticos. En la mayoría de los casos el sistema de agua fría se compone de 3 electrobombas dependiendo de la magnitud del caudal, estas se usan para trabajo simultáneo y alternado, y cuentan con un tablero con interruptores termomagnéticos, contactores y un variador de velocidad. El modo de funcionamiento de las 3 bombas es que en modo automático trabajan 2 bombas en simultáneo, quedando una tercera indistintamente en reserva, funcionan alternadamente y en simultáneos de hasta dos electrobombas, rotando automáticamente de dos en dos.

2.1.2 Sistema de Caudal Constante [2]

La figura 7 muestra un esquema de distribución a caudal constante mediante válvulas de tres vías. Cada unidad terminal lleva asociada una válvula de tres vías, una válvula en paralelo y otra válvula de equilibrado en serie. La válvula de equilibrado conectada en serie es imprescindible para permitir el equilibrado del circuito. Se trata de un sistema típico en instalaciones de fancoils. La válvula en paralelo localizada en el bypass no se instala generalmente, pero para que el circuito sea realmente a caudal constante, la pérdida de presión en el tubo de bypass debe ser la misma que la de la batería del fancoil. En los circuitos a caudal constante, el caudal, la pérdida de presión, y por tanto la potencia de bombeo permanece constante. Se trata de esquemas que a cargas parciales pueden llevar consumos de energía por bombeo importantes.

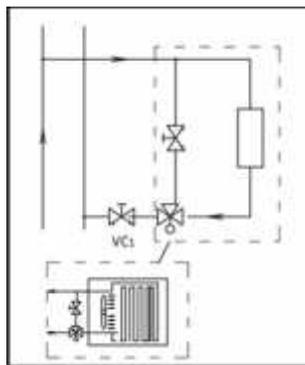


Fig. 8 Distribución a caudal constante

Ventajas:

- J La altura de la bomba es constante, las pérdidas de carga en las tuberías de distribución también lo son. Por lo tanto, cada circuito recibe una presión diferencial constante y las condiciones de funcionamiento se mantienen en todas las cargas, lo que es beneficioso para los bucles de control.
- J El dimensionamiento de las válvulas de control es fácil. Para una válvula de tres vías en un circuito de derivación se basa en la misma pérdida de carga que para la unidad de terminal, en condición de diseño. Esta pérdida de carga suele ser bien conocida. La autoridad de la válvula de control es constante, y en algunos casos puede estar cerca de 1.
- J La temperatura del agua de impulsión es más uniforme para toda la instalación.

Inconvenientes:

- J Los costes de bombeo no disminuyen con la carga. Al cerrarse las válvulas de tres vías y hacer circular el agua por el bypass, se está bombeando un cierto caudal que no se utiliza.
- J El diseño de todo el sistema de distribución debe tener en cuenta que todos los terminales funcionan al máximo caudal constantemente. No es posible diseñar la instalación con un factor de simultaneidad.
- J La temperatura del agua de retorno no se reduce al mínimo en calefacción ni aumenta al máximo en refrigeración. Esto no es nada adecuado en sistemas que utilicen como generador térmico calderas de condensación o cogeneración.
- J Cuando hay varias unidades de producción funcionando en secuencia, los caudales de producción y distribución no son compatibles a cargas parciales.
- J Esta diferencia genera un punto de mezcla y a temperatura del agua de impulsión no se puede mantener constante, lo que causa problemas en los sistemas de refrigeración.

2.1.3 Sistema de Presión Constante [3]

Son aquellos sistemas de bombeo en donde se suministra agua a una red de consumo, mediante unidades de bombeo que trabajan directamente contra una red cerrada.

Los sistemas de bombeo a presión constante se clasifican en dos grupos principales, a saber:

- J Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija.
- J Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad variable.

A continuación, se explican ambos sistemas:

2.1.3.1 Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija

Son aquellos sistemas en donde dos o más bombas trabajan en paralelo a una velocidad invariable para cubrir demandas de consumo instantáneo de la red servida. Un nombre más apropiado para estos sistemas sería el de Sistemas de bombeo continuo a velocidad fija. A pesar de lo anteriormente expuesto, estos sistemas se convierten en Sistemas de presión constante con el uso de válvulas reguladoras, que son usadas cuando en la red se requiere en verdad, una presión uniforme. En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las bombas se efectúa mediante los diferentes métodos de registrar la demanda en la red; lo cual sirve además para clasificarlos.

2.1.3.1.1 Con sensor de presión

En estos sistemas los funcionamientos aditivos de las unidades de bombeo se accionan por señales recibidas de sensores de presión colocados en la red servida que encienden y apagan las bombas.

2.1.3.1.2 Con sensor diferencial de presión

Estos tipos de sistemas incorporan una placa de orificio, tubo venturi, inserto corto o cualquier otro mecanismo medidor de caudal que acciona un presostato diferencial para lograr un funcionamiento aditivo de las bombas.

2.1.3.1.3 Con medidores de caudal hidrodinámicos ($V^2/2g$)

Son sistemas que incorporan rotámetros, tubos pitops o cualquier otro medidor hidromecánico de velocidad. En ellos, determinada la velocidad se calcula el caudal por sección/velocidad.

2.1.3.1.4 Con medidores de caudal electromagnético

Son sistemas que registran el caudal por medio de la inducción de un campo, producido por la velocidad de la masa de agua pasante, el medidor crea una resistencia que es registrada por un transductor que da las señales de encendido y apagado de las bombas.

2.1.3.2 Sistemas de bombeo contra red cerrada a velocidad variable

Son aquellos sistemas en los cuales la unidad de bombeo varía su velocidad de funcionamiento en razón al caudal de demanda de la red, mediante el cambio de velocidad en el impulsor de la bomba que se logra de diferentes formas, las cuales sirven a su vez para clasificarlos en:

2.1.3.2.1 Variadores de velocidad por medio de motores de inducción

El motor es el denominado Tipo Escobillas y en él se usa un sensor de presión y/o caudal con un transductor que hace que el voltaje varíe en los secundarios y por ende varíe la velocidad de funcionamiento.

2.1.3.2.2 Variadores de velocidad por medio de rectificadores de silicón

En este caso se usan motores normales en jaula de ardilla y un sensor electrónico de presión y/o caudal, que por intermedio de un transductor hace que el circuito rectificador de S.R.C. varíe el ciclo de la onda de C.A., variando por ende la velocidad de motor.

2.1.3.2.3 Variadores de velocidad por medio de moto-variadores mecánicos

La velocidad de la bomba es regulada por un moto-variador que consta de un motor estándar acoplado a una caja variadora de velocidad, integrada por un juego de correas en "V" que corre sobre poleas de diámetro variable, accionándose el conjunto por un mecanismo electromecánico que recibe una señal de un sensor de presión y/o caudal.

2.1.3.2.4 Variadores de velocidad por medio de moto variadores eléctricos

En este tipo de sistemas se usa un variador electromagnético que consta generalmente de un motor de tipo jaula de ardilla, que mueve un electroimán que es excitado por una corriente secundaria de una intensidad proporcional a la presión y/o caudal registrados en la red que arrastra o no, a mayor o menor velocidad el lado accionado, donde generalmente se encuentra la unidad de bombeo.

2.1.3.2.5 Variadores de velocidad por medio de moto-variadores hidráulicos

Este consta generalmente, de un motor de tipo jaula de ardilla, que acciona un acoplamiento hidráulico, en donde un mecanismo hidráulico mecánico regula la velocidad de salida, (accionamiento de la bomba) en forma proporcional a la presión de la red, por medio de la cantidad de fluido que suministra el acople hidráulico. Los mecanismos utilizados para registrar presión y/o caudal en este tipo de sistema son similares a los especificados para los sistemas a velocidad constante. En el caso de sistemas con más de una bomba, el funcionamiento aditivo se efectúa teniendo cuidado en bloquear la unidad en turno de funcionamiento a su velocidad máxima y variándola en la bomba que entra en servicio auxiliar, también se logra arrancando adicionalmente una bomba a velocidad fija y bajando al mínimo la velocidad en el variador.

2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

2.2.1 Controlador Lógico Programable (PLC) [4]

Un PLC – Programable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como son:

-) Lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.

2.2.1.1 Estructura de un PLC

La estructura básica de un PLC está compuesta por:

-) La CPU.
-) Las interfaces de entradas.
-) Las interfaces de salida.

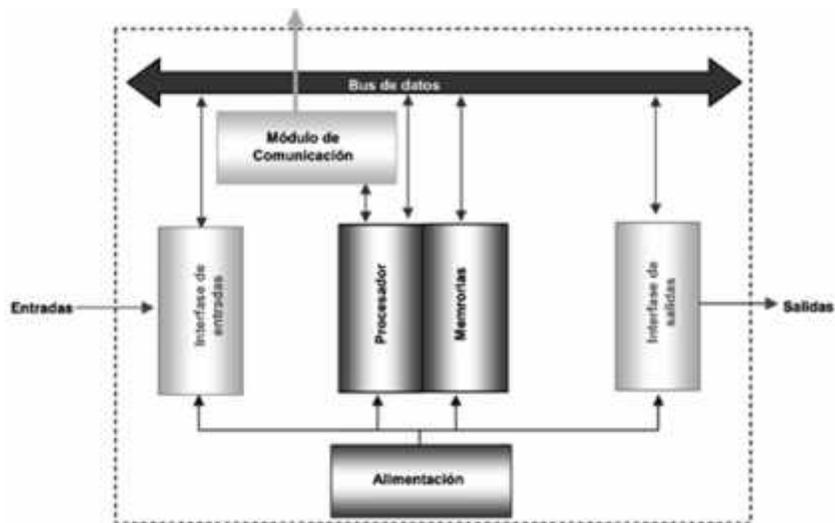


Fig. 9 Estructura básica de un PLC

2.2.1.1.1 Procesador:

Es el cerebro del PLC, el responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario.

Tareas principales:

-) Ejecutar el programa realizado por el usuario
-) Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria.
-) Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

2.2.1.1.2 Memoria

Los PLC son capaces de almacenar y retirar información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. En las memorias, el PLC debe ser capaz de almacenar:

Datos del Proceso:

-) Señales de entradas y salidas
-) Variables internas, de bit y palabra.
-) Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de Control:

-) Instrucciones de usuario, programa.
-) Configuración del autómeta.

2.2.1.1.3 Entradas y salidas

Los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC.

Dispositivos de entrada

Cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, entre otras.

Entre estos dispositivos podemos encontrar:

-) Sensores inductivos magnéticos, ópticos, pulsadores, termocuplas, termoresistencias, encoders.

Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno. Entre estos dispositivos típicos de salida podemos hallar:

-) Contactores de motor, electroválvulas, indicadores luminosos o simples relés.

2.2.1.1.4 Alimentación

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación a la CPU frecuentemente es de 24 Vcc, o de 110/220 Vca. En cualquier caso, es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno. La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc.

2.2.1.2 Clasificación

2.2.1.2.1 Por la cantidad de Entradas y Salidas

Una de las clasificaciones más comunes de los PLC hace referencia en forma directa a la cantidad de entradas y salidas (E/S o I/O), un PLC es considerado micro PLC cuando tienen menos de 64 E/S, pequeños cuando tienen menos de 256 E/S, medianos cuando tienen menos de 1024 E/S y grandes cuando tienen más de 1024 E/S.

2.2.1.2.2 Por su Estructura

Estos pueden ser compactos o modulares. Un PLC es compacto cuando todas sus partes se encuentran en la misma caja, compartimento o chasis.



Fig. 10 PLC compacto

Los PLC compactos suelen ser los más baratos y pequeños, pero tienen la desventaja de sólo poder ampliarse con muy pocos módulos. Un PLC es modular cuando se puede componer o armar en un bastidor o base de montaje, sobre el cual se instalan la CPU, los módulos de entradas/salidas y los módulos de comunicaciones si fueran necesarios, entre otros.



Fig. 11 PLC modular

La principal ventaja de un PLC modular es que el usuario puede componer su equipo como sea necesario, y luego puede ampliarlo si su aplicación lo requiere. También suelen poseer instrucciones más complejas, un lenguaje de programación más potente y posibilidades de comunicaciones. La desventaja es que suele ser un poco más caro y voluminoso que el integral.

2.2.1.3 Modo de Funcionamiento

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta.

2.2.1.3.1 Tiempo de Barrido o Scan Time:

Es el tiempo que demanda al PLC completar un ciclo. A cada ciclo de tareas se le denomina Barrido o Scan. Una típica secuencia se detalla a continuación:

-) Autodiagnóstico: El autodiagnóstico se realiza cuando el PLC es conectado a tensión y es una verificación de todos sus circuitos. Si existiera algún problema el PLC emitiría alguna señal luminosa indicando el tipo de error que ha detectado.
-) Lectura del registro de entradas y creación de una imagen de entradas en la memoria: el PLC revisa cada entrada para determinar si está encendida o apagada (entrada binaria o de dos estados).
-) Revisa las entradas desde la primera a la última, graba estos estados en la memoria creando la imagen de las entradas para ser utilizadas en el paso siguiente.
-) Actualización del registro de salidas: renovación de todas las salidas, en forma simultánea, en función de la imagen de las mismas, obtenidas al final de la ejecución del programa.

2.2.1.3.2 Ciclo de funcionamiento

Existen dos posibilidades en cuanto al ciclo de ejecución, que al autómatas esté en RUN o en STOP. En cada uno de estos casos el autómatas se comporta de la siguiente manera:

-) Autómatas en RUN: el procesador ejecuta el tratamiento interno, la confirmación de entradas, el tratamiento del programa y la actualización de las salidas.
-) Autómatas en STOP: en este caso no se ejecuta el tratamiento del programa.

Existe un indicador luminoso en la parte frontal con la leyenda de RUN, que nos muestra cuando el microprocesador está ejecutando el programa. Cuando este indicador se encuentra en apagado el controlador no está ejecutando el programa o bien se encuentra en modo Stop. Otro indicador luminoso, con la leyenda de ERROR, nos muestra cuando se ha encontrado

una falla en la etapa de autodiagnóstico y se detiene automáticamente la ejecución del programa.

2.2.1.4 Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie principalmente en procesos en que se producen necesidades como:

-) Espacio reducido
-) Procesos de producción periódicamente cambiantes
-) Procesos Secuenciales
-) Maquinaria de procesos variables
-) Instalaciones de procesos complejos y amplios
-) Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

2.2.2 Variadores de velocidad [5]

Es un dispositivo electrónico encargado del control total de la velocidad de un motor eléctrico trifásico tipo jaula de ardilla. Permite también tener un torque elevado en el arranque sin necesidad de una corriente elevada. Cuenta con interfaces adicionales de E/S, así como comunicación serial y algoritmos de control internos.

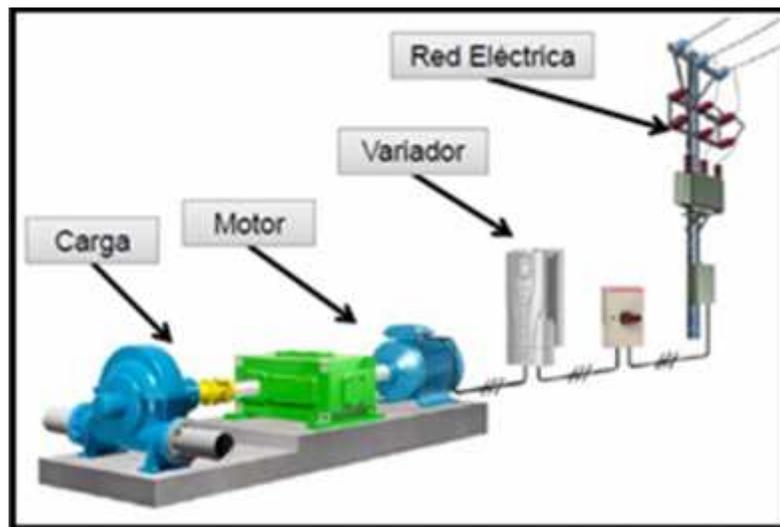


Fig. 12 Estructura de conexión variador de velocidad

Su construcción consta de 3 etapas fundamentales:

A.- Etapa de rectificación: Esta etapa la conforman elementos como diodos o tiristores y se encargar de volver una onda alterna (AC) en continua (DC).

B.- Etapa de Bus DC: En esta etapa se encuentran los filtros y capacitores que reducen el rizado de la rectificación para tener una tensión DC lo más limpia posible.

C.- Etapa de inversora: Es aquí donde se ejerce el control de la velocidad, ya que con ayuda de IGBTs que actúan como interruptores, generan una onda cuadrada modulada por ancho de pulso (PWM), esta modulación permite construir una onda cuasi-alterna controlada tanto en frecuencia como en amplitud, lo cual nos permite tener un arranque con alto torque y baja corriente.

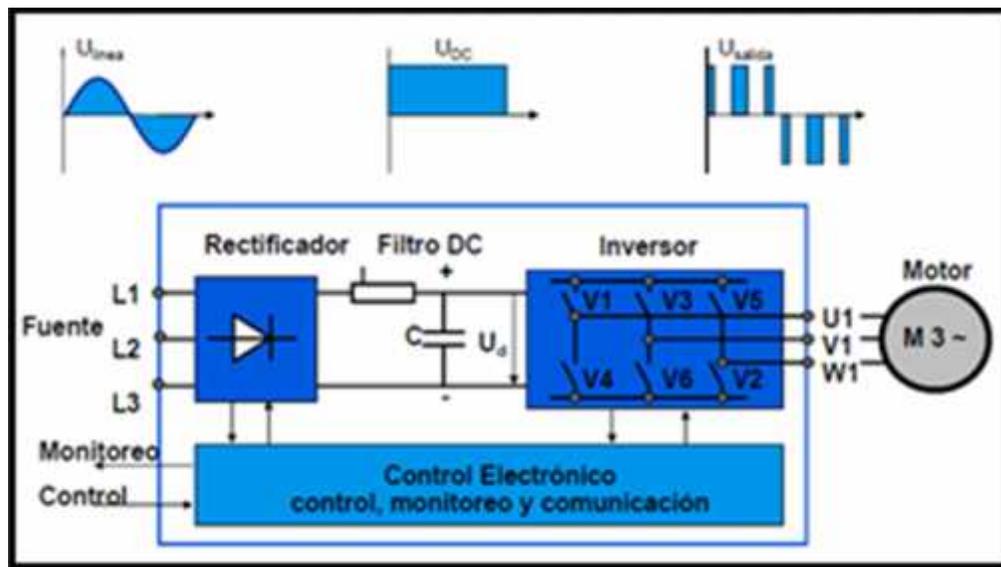


Fig. 13 Esquema interno del variador de velocidad

El control escalar que ejerce el variador al motor permite guardar de manera proporcional el voltaje y la frecuencia entregada al motor, es decir, si tenemos una tensión nominal de 440V y una frecuencia nominal de 60 Hz, al bajar la velocidad a la mitad, se entregaría al motor 220V y 30 Hz de frecuencia.

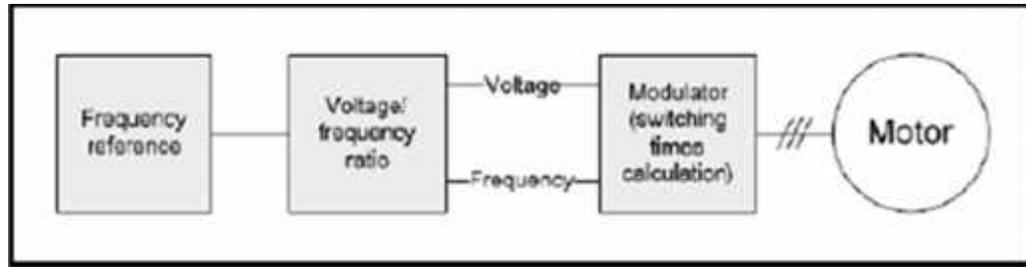


Fig. 14 Control Escalar

2.2.3 Sensores de Presión [6]

Un sensor de presión es un transductor, en general de voltaje, entre la fuerza aplicada en un área determinada y una señal eléctrica.

Por esta razón es importante especificar que un sensor de presión es una aplicación específica de sensores de fuerza; asimismo, lo que distingue a los sensores de fuerza convencionales de los sensores de presión es que los sensores de presión, en general, cuentan con un diafragma, el cual es el área efectiva en la que se mide la fuerza ejercida.

De esta manera, es posible determinar la fuerza por unidad de área.

2.2.3.1 Clasificación de los sensores de presión

Los sensores de presión están divididos en dos grandes grupos, diferenciales o absolutos, como se muestra en el esquema de la figura 14; ya sean diferenciales o absolutos, este tipo de sensores tiene la capacidad de medir presión estática, presión dinámica o presión total.

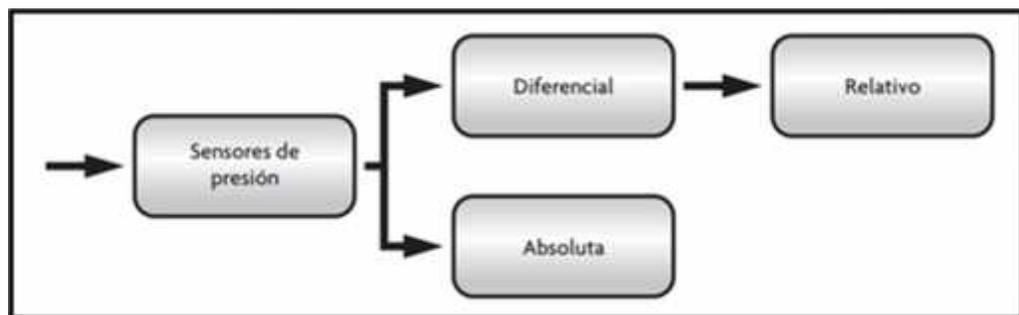


Fig. 15 Clasificación de los sensores de presión

2.2.3.1.1 Sensores de presión absoluta (P_{abs})

Tienen una cámara sellada, la cual contiene la presión de referencia (P_{ref}); en general, se escoge vacío para la representación de la presión cero, con la finalidad de evitar compensaciones complejas por la variación de presión que existiría en la cámara de referencia a cambios de temperatura.

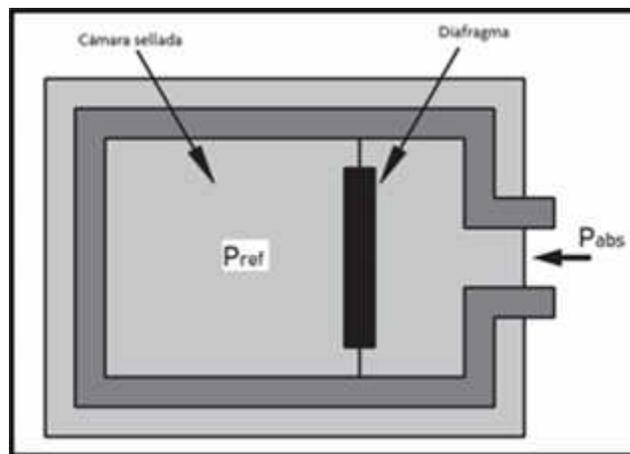


Fig. 16 Sensor de presión absoluta

2.2.3.1.2 Sensores de presión diferenciales

Su funcionamiento es tal como su nombre lo indica, bajo el precepto de una diferencia de presiones entre una presión de referencia dada (P_1) y una segunda presión detectada (P_2). En sensores de presión diferenciales, el diafragma debe ser diseñado de tal modo que pueda lidiar con cambios de temperatura, humedad o cualquier condición ambiental a la que esté expuesto. De manera general, en estos sensores el fluido que está midiendo el sensor P_1 y P_2 es el mismo.

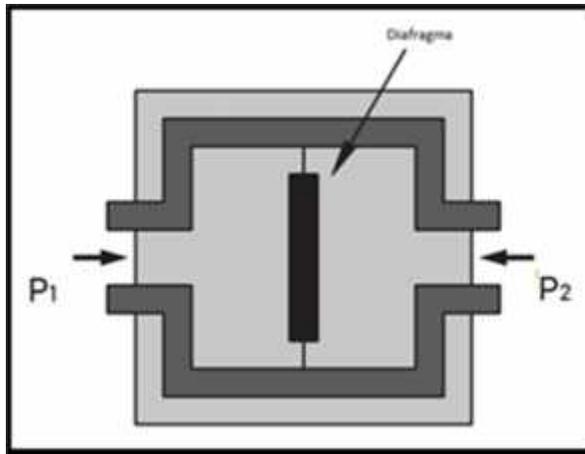


Fig. 17 Sensor de presión diferencial

2.2.3.2 Clasificación de los sensores de presión por su principio de transducción

2.2.3.2.1 Sensores de presión basados en variaciones de resistencia

En este tipo de sensores se usa el principio de transducción resistivo, de tal manera que el elemento móvil de un potenciómetro está acoplado en forma mecánica al diafragma sensitivo por medio de un tubo de Bourdon; en este caso, el desplazamiento mecánico que experimenta el diafragma es transmitido al elemento móvil del potenciómetro. Si dicho potenciómetro forma parte de un circuito eléctrico, el voltaje entre sus terminales cambiará de manera proporcional al cambio de presión.

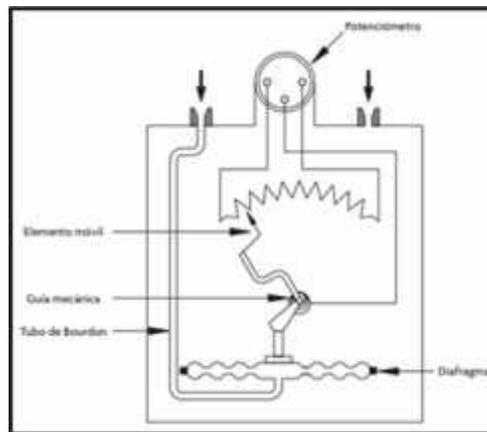


Fig. 18 Sensor de presión basado en el principio de Variación de resistencia

2.2.3.2.2 Sensores de presión con materiales piezoeléctricos

En este tipo de sensores se emplean materiales piezoeléctricos como elemento de detección, debido a que, un material piezoeléctrico tiene la característica de transformar un esfuerzo aplicado a un voltaje. El principio de aplicación es el siguiente: una pequeña placa de área conocida, con características piezoeléctricas, se coloca de manera normal a la fuerza que ejerce la presión a detectar; así, cuando la presión se incrementa o disminuye, el elemento piezoeléctrico genera un voltaje proporcional a la compresión o la extensión de dicha placa. Luego, por medio de electrodos metálicos, es posible leer el voltaje generado por el circuito piezoeléctrico. Existen dos configuraciones básicas para implementar este tipo de sensores; la primera consiste en colocar discos de material piezoeléctrico interconectados entre sí. Otra posible configuración consiste en superponer dos tiras de material piezoeléctrico, mismas que estarán colocadas de tal modo que tengan polaridades opuestas, de esta manera se verá incrementado el voltaje de salida.

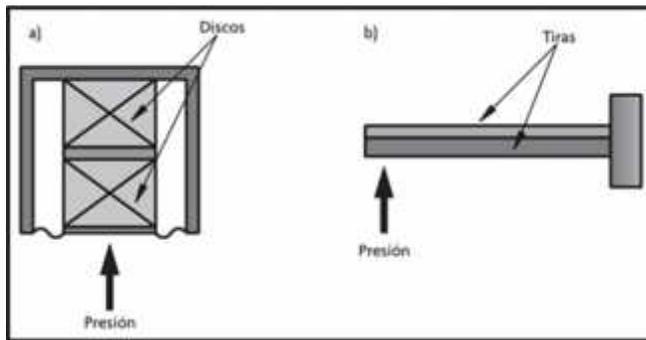


Fig. 19 Principio de transducción piezoeléctrico usado en sensores de presión. a) Configuración de disco. b) Configuración de tira.

2.2.3.2.3 Sensores de presión basados en osciladores (sensores de fuelle)

Este tipo de sensores de presión se basa en el acople mecánico entre un elemento vibrante y un fuelle mecánico. El fuelle es un dispositivo mecánico que se encarga de contener aire para después expelerlo con una presión y dirección determinadas. En el caso de este tipo de sensores, el fuelle capta la presión a detectar y la traduce en la vibración del elemento vibrante. El elemento vibrante formará parte de un circuito magnético que tiene la tarea de transducir la vibración inducida por el fuelle a una señal de voltaje cambiante en el tiempo. La bobina excitadora se encarga de inducir el campo en el elemento vibrante, el cual induce el campo en la bobina de medición; de este modo, la señal presente en la bobina de medición es transformada en una señal de voltaje mediante circuitos amplificadores. Este tipo de sensores cuenta con un medidor de temperatura embebido que permite compensar las variaciones de presión debidas a esta variable física.

Otro importante uso de estos sensores de temperatura embebidos es para que el usuario final tenga una medición más completa.

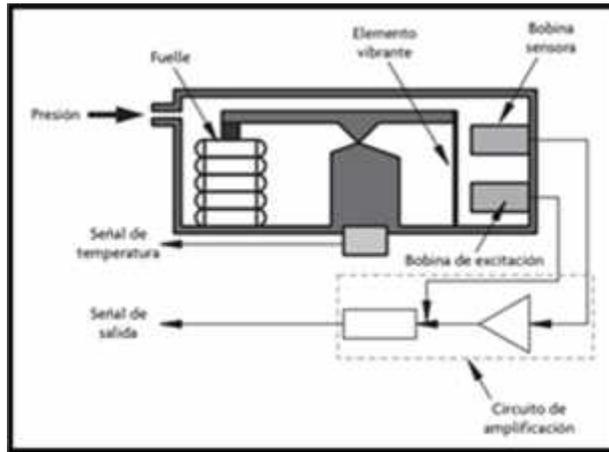


Fig. 20 Sensor de presión basado en el principio de fuelle-vibración.

2.2.3.2.4 Sensores de presión basados en medición de capacitancia variable

Este tipo de sensores se basa en el principio de transducción de capacitancia variable, de tal modo que la transducción es entre la fuerza ejercida sobre un diafragma de área conocida y el desplazamiento de uno de los electrodos que forman el capacitor variable; así, a mayor presión, mayor desplazamiento del diafragma. En este tipo de sensores se suele distinguir dos arquitecturas básicas de detección, la primera consiste en implementar un principio de capacitancia diferencial, y la segunda en fabricar una micro-masa que tiene la función móvil.

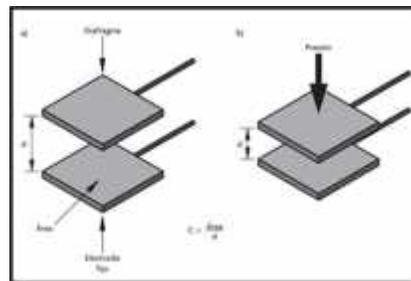


Fig. 21 Sensor de presión basado en el principio de variación de capacitancia. a) Capacitor de placas paralelas. b) Capacitor como sensor de presión.

2.2.3.2.5 Sensores capacitivos de presión basados en capacitancia diferencial

Este principio de funcionamiento consiste en medir la diferencia de capacitancia entre dos transductores capacitivos el primero es el elemento de referencia (elemento sensitivo a la presión P1) y el segundo transductor es

sensitivo a la presión que se desea medir (elemento sensitivo a la presión P2). Esta configuración de sensor de presión presenta un compromiso entre sensibilidad y linealidad; esto significa que a mayor sensibilidad, menor linealidad. Esto se debe principalmente a que cuando el diafragma sensitivo percibe la presión, la proximidad a la placa paralela no es uniforme, de tal manera que cuanto más aumenta la presión, la forma que describe el diafragma será más parecida a la de un objeto cóncavo, disminuyendo mucho la linealidad del sensor.

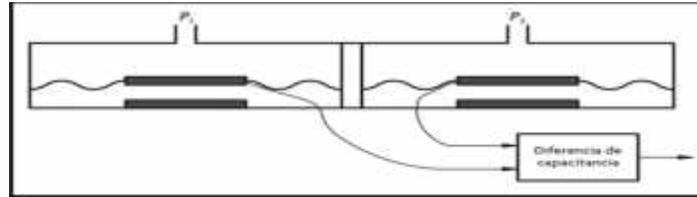


Fig. 22 Sensor de presión basado en el principio de capacitancia diferencial.

2.2.4 Bombas [7]

Las bombas más frecuentemente usadas en el abastecimiento de agua son las bombas centrífugas, horizontales y verticales, y las bombas sumergibles. El proyectista de acuerdo a las características del proyecto, seleccionará el tipo de bomba más adecuada a las necesidades del mismo.

2.2.4.1 Bombas centrífugas horizontales

Son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen la ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso, etc. Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas, fuentes superficiales y embalses.

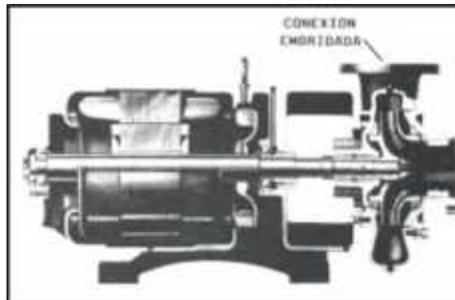
Por su facilidad de operación y mantenimiento es apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional. Se pueden clasificar, de acuerdo a la posición del eje de la bomba con respecto al nivel del agua en la cisterna de bombeo, en bombas de succión positiva y bombas de succión negativa.

Si la posición del eje está sobre la superficie del agua, la succión es positiva y en la situación inversa la succión es negativa. La mayor desventaja que presentan estas bombas es la limitación en la carga de succión, ya que el valor máximo teórico que alcanza es el de la presión atmosférica del lugar (10,33 m. a la altura del mar), sin embargo, cuando la altura de succión es de 7 metros la bomba ya muestra deficiencias de funcionamiento.

De acuerdo a las variantes constructivas, estos equipos se pueden clasificar en los siguientes:

2.2.4.1.1 Bombas Monobloc

Son equipos sencillos que forman un conjunto compacto con su electromotor. Tienen una caja compacta integral, en los tamaños pequeños, y/o partida verticalmente en los de gran tamaño. La succión es axial y la descarga tangencial. Los modelos pequeños tienen conexión de succión y descarga roscada y los modelos más grandes, a bridas. Tienen dos impulsores cerrados que pueden trabajar en serie o en paralelo. Este tipo de bombas es adecuado para pequeñas instalaciones, cuya potencia no sea mayor a 10 HP.



**Fig. 23 Corte longitudinal de una bomba Monobloc para alta presión.
(El impulsor tiene anillo posterior de sello)**

2.2.4.1.2 Bombas de silla

Son equipos algo más complicados porque tienen cuatro partes distintas:

-) La carcasa de la bomba, sujeta en voladizo a un soporte especial o silla, que a su vez sirve de soporte al eje de la bomba.
-) Un motor eléctrico.
-) Una base metálica común.
-) Un acoplamiento elástico para los ejes. Estas bombas también tienen dos impulsores, que pueden ser iguales o diferentes y trabajar en serie o en paralelo.

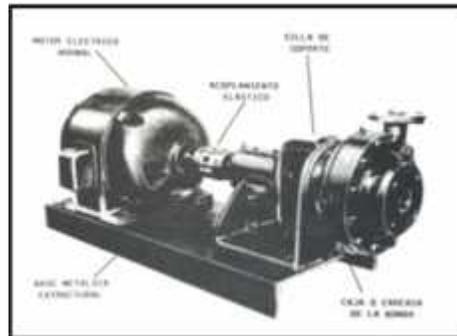


Fig. 24 Vista exterior de una bomba de silla montada en fábrica sobre base estructural.

2.2.4.1.3 Bombas de caja partida horizontal

En estos equipos la caja de la bomba está dividida en dos partes según un plano horizontal que pasa por el eje de la misma. Generalmente son construidas de tamaño grande. Pueden tener dos o más impulsores, pero por lo general tienen solo uno de gran tamaño y de doble entrada, lo que obliga a bifurcar tanto la conexión de la succión como la descarga. Este tipo de bombas es adecuado para emplearlas en medias y grandes casetas de bombeo.

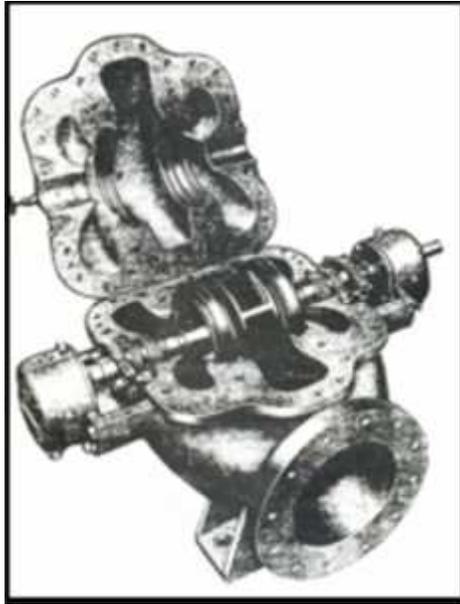


Fig. 25 Bomba con caja partida horizontal destapada.

2.2.4.2 Bombas centrifugas verticales

Son equipos que tienen el eje transmisión de la bomba en forma vertical sobre el cual se apoya un determinado número de impulsores que elevan el agua por etapas. Deben ubicarse directamente sobre el punto de captación, por lo cual casi se limita su uso a pozos profundos. Estas bombas se construyen de diámetros pequeños, a fin de poder introducirlas en las perforaciones de los pozos, los cuales exigen diámetros pequeños por razones de costo. Una unidad de bombeo de un pozo consta seis partes principales, que son: a) la máquina motriz, b) el cabezal de transmisión, c) eje de transmisión, d) la columna o tubería de impulsión, e) la bomba, y f) la tubería de succión. La ventaja principal de estos equipos es su versatilidad y su capacidad para trabajar en un amplio rango de velocidades. Entre sus desventajas están lo ruidosas que son y la estricta verticalidad que exige a los pozos para su instalación. Los costos de instalación de este tipo de bombas son menores a los demandados por la instalación de una bomba de eje horizontal; sin embargo, la operación y mantenimiento exige cuidado especial y mayores costos.

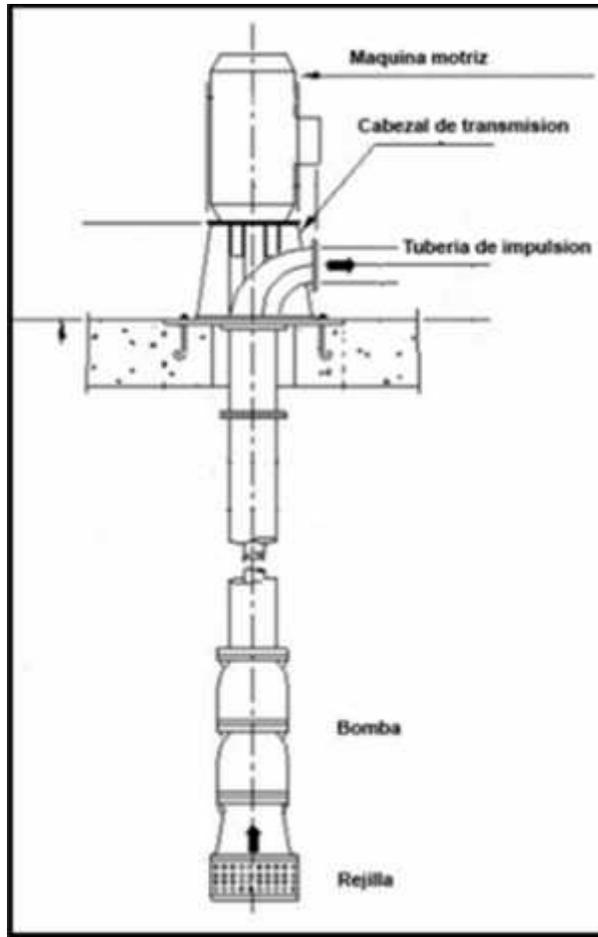


Fig. 26 Bombas centrífugas de eje vertical

2.3 MÉTODO DE AJUSTE POR LA CURVA DE REACCIÓN COHEN-COON

Este procedimiento general de ajuste de controladores por el método de la curva de reacción se realiza de la forma siguiente:

-) Abrir el lazo de control, o lo que es igual, ponerlo en modo de control manual.
-) Crear un pequeño cambio sobre la variable manipulada por medio de la salida de controlador, es decir, mover la válvula a una nueva posición.
-) Registrar o historizar la curva de reacción para su análisis posterior.

De la curva de reacción de este proceso se obtienen dos factores característicos del mismo, a partir de los cuales se realiza el ajuste del controlador aplicando una ecuación simple. En la siguiente figura se muestra la modificación que hay que realizar al sistema de control en lazo cerrado para convertirlo en un sistema en lazo abierto que responda a una señal escalón.

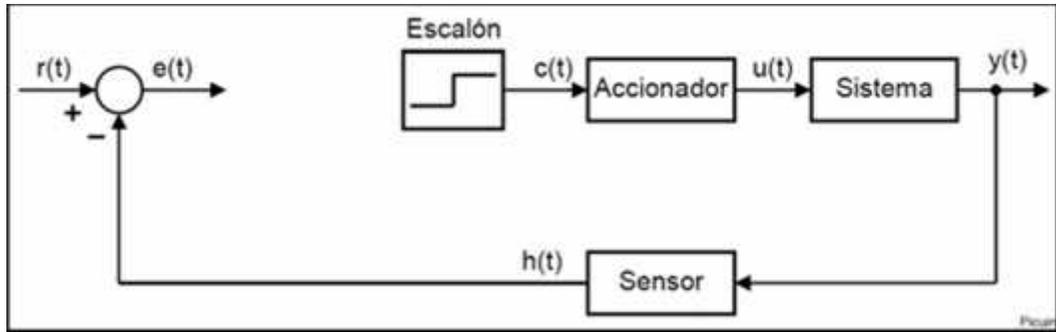


Fig. 27 Respuesta al escalón de un sistema de control

El método está basado en la modelización del sistema con un retardo puro D y la constante de tiempo t . Aquí se obtiene experimentalmente la respuesta de la planta a una entrada escalón unitario, y si esta no incluye integrador(es) o polos dominantes complejos conjugados, la curva de respuesta al escalón unitario puede tener el aspecto de una curva en forma de s, pues, de no suceder esto no se puede aplicar el método. Recuerde que la respuesta de la planta al escalón se puede generar en la misma planta, la curva de respuesta en lazo abierto es llamada curva de reacción, debido a que nos muestra cómo reacciona la planta ante un cambio escalón a la salida del controlador. Las siguientes figuras ilustran este método

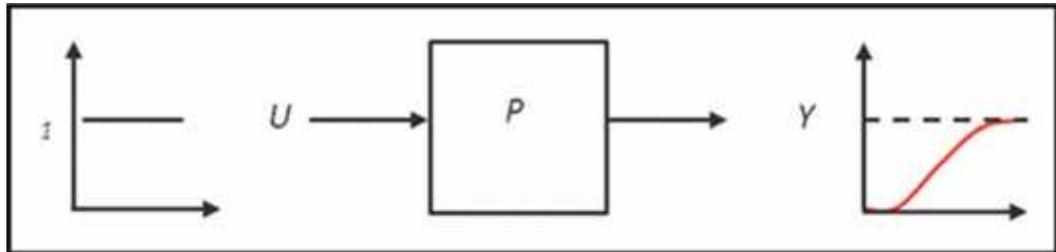


Fig. 28 Respuesta del proceso a un paso unitario (lazo abierto)

El primer paso es encontrar la pendiente máxima de la curva de reacción N , y dibujar una tangente en ese punto (punto de inflexión). El siguiente paso es determinar el retardo efectivo D , que es el tiempo entre la aplicación del cambio de paso en el esfuerzo de control y el punto donde la línea de máxima pendiente cruza el punto de operación inicial de la planta, como se muestra en la figura 29. El ajuste de la banda proporcional depende de ND , el cual puede determinarse extrapolando la línea de máxima pendiente y midiendo la diferencia entre el punto de intersección con la escala vertical y el valor inicial de la salida de la planta.

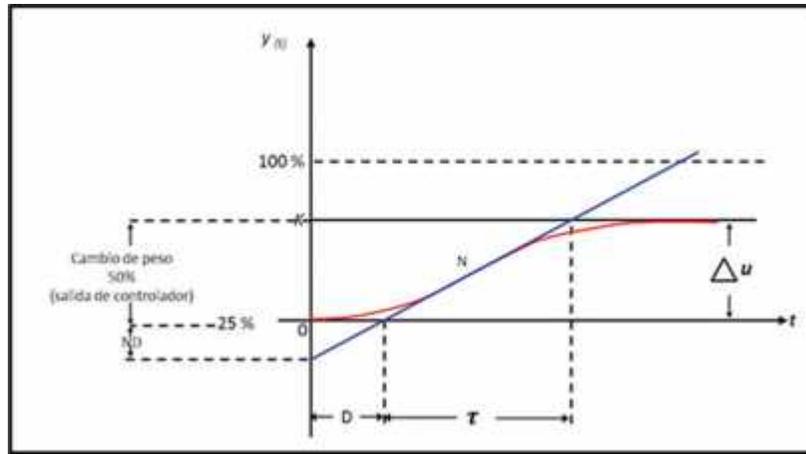


Fig. 29 Curva de reacción y parámetros asociados.

En la figura 25, se observa que el esfuerzo de control aplicado fue del 50% del span, de aquí $u=0.5$ o el 50%. Extrapolando hacia atrás la línea de máxima pendiente, se encuentra $ND = 0.25$ o el 25%. De aquí: $ND = u = 0.5$ (banda proporcional). La función de transferencia $Y(s) / U(s)$ se puede aproximar por un sistema de primer orden con atraso de transporte, así:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{ke^{-D}}{\tau s + 1}$$

Cohen y Coon sugirieron fijar los valores k_c , T_I y T_D de acuerdo con las fórmulas que aparecen en la siguiente tabla:

	k_c	T_I	T_D
P	$k_c = \frac{1}{k} \frac{\tau}{D} \left(1 + \frac{D}{3\tau}\right)$	No Aplicable	No Aplicable
PI	$k_c = \frac{1}{k} \frac{\tau}{D} \left(0.9 + \frac{D}{12\tau}\right)$	$T_I = D \left(\frac{30 + \frac{3D}{\tau}}{9 + \frac{20D}{\tau}}\right)$	No Aplicable
PID	$k_c = \frac{1}{k} \frac{\tau}{D} \left(\frac{4}{3} + \frac{D}{4\tau}\right)$	$T_I = D \left(\frac{32 + \frac{6D}{\tau}}{13 + \frac{8D}{\tau}}\right)$	$T_D = D \left(\frac{4}{11 + \frac{2D}{\tau}}\right)$

2.4 CONTROLADOR CON GANANCIA VARIABLE “GAIN SCHEDULING”

Un controlador de ganancias programadas, es un tipo de control adaptativo que es muy útil para sistemas que poseen modelos no lineales. Esta técnica se basa en el diseño de controladores lineales locales, que realizan un control adecuado en diferentes puntos de funcionamiento del sistema no lineal, ajustando sus parámetros de acuerdo a las características de la dinámica del sistema. Para el diseño de este controlador es fundamental conocer la dinámica del sistema, y los cambios que presenta al moverse del punto de operación, esto permite diseñar los controladores lineales locales para cada tramo de la dinámica. Para la programación de los parámetros del controlador lineal se utiliza una o más variables llamadas variables de ajuste o variables programadoras, las cuales son las encargadas de definir los parámetros del controlador en función de la zona de trabajo en que se encuentre el sistema. Es de gran importancia la elección de la variable de ajuste, ya que es la encargada de decidir sobre el cálculo de los parámetros que ajustan el controlador, la variable de ajuste deberá reflejar la dinámica del sistema, además deberá estar bien correlacionada con los cambios en la misma. En la Figura 1 se muestra un esquema de un controlador con ganancias programadas, donde se describe la forma como se modifica los parámetros de un controlador lineal, para que trabaje como un controlador no lineal dependiendo de la zona de trabajo en la que se encuentre.

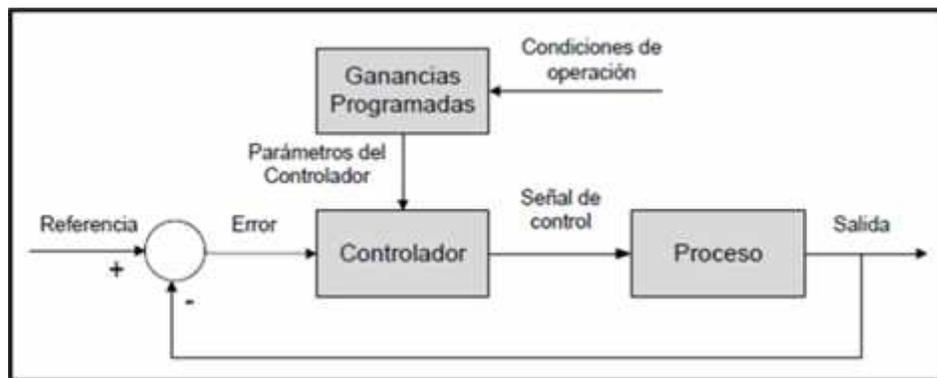


Fig. 30 Esquema de un controlador con ganancias programadas

A continuación, en la figura 27 se propone un esquema para el diseño del controlador de ganancias programadas, en el cual, el primer paso es definir la variable de ajuste que represente la dinámica del sistema, esta deberá variar lentamente y capturar las no linealidades del sistema. Luego hay que definir los puntos en los que va a operar el sistema, delimitando así las zonas lineales en las que se divide el sistema no lineal. Los controladores lineales serán diseñados para las zonas antes definidas, la ventaja de los controladores de ganancias programadas es que se puede escoger entre varios tipos de controladores lineales como es el PID clásico, entre otros. Finalmente se obtendrá un controlador no lineal, formado por un controlador lineal de ganancias programadas, el cual se simulará para validar el rendimiento del controlador y posteriormente se implementará en la planta real.

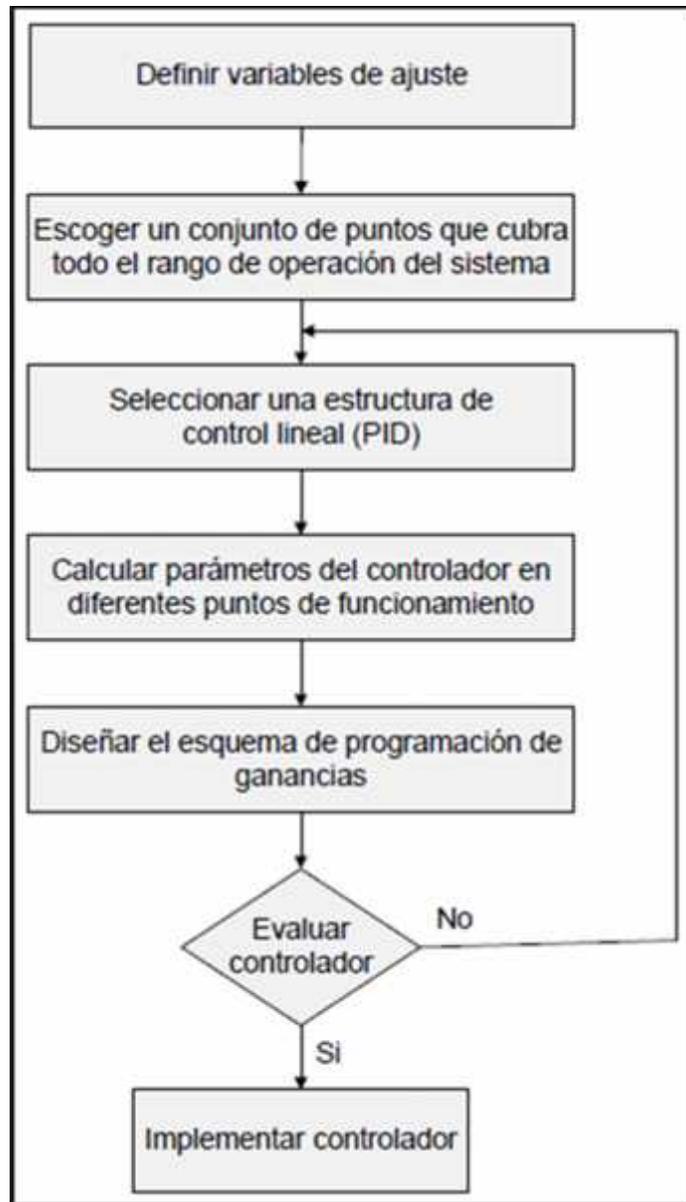


Fig. 31 Proceso para diseñar un controlador de ganancias programadas

METODOLOGIA PROPUESTA

CAPITULO III

3.1 Selección del tipo de sistemas de abastecimiento de agua en la vivienda

El principal abastecimiento de agua en la escuela profesional de Ingeniería electrónica es un sistema directo, donde el agua suministrada por la red pública llega directamente a todos los aparatos sanitarios de la vivienda. Este sistema se utiliza en las zonas donde el suministro de agua de la red pública es continuo y llega con presión suficiente para servir a los puntos de consumo más elevados de la vivienda. Las principales desventajas de este sistema son las siguientes:

-) Este sistema en general logra abastecer solamente edificios de 2 o 3 pisos como máximo.
-) En caso de interrupción del servicio no se cuenta con una reserva de agua.

Por lo tanto, al instalar el sistema de presión constante, la cual es utilizada cuando el sistema de instalaciones sanitarias requiere de mayor presión y esta no puede ser suministrada por un tanque elevado. Se obtendrán los siguientes beneficios para la Escuela de Ingeniería Electrónica:

-) Continuidad de 24 horas en el servicio.
-) Garantiza la presión necesaria en el sistema.
-) Almacenamiento de agua.
-) Evita la construcción del tanque elevado.

Teniendo en cuenta estos conceptos se procederá a elegir el sistema adecuado y sus equipos para el correcto funcionamiento en la Escuela de Ingeniería Electrónica.

3.2 Pérdidas de carga por fricción

3.2.1 Trazado de tramos en el sistema de tuberías

Se trazarán los tramos en el plano isométrico del 1er, 2do y 3er nivel de la Escuela Profesional de Ingeniería electrónica.

3.2.2 Cálculo de las unidades de Hunter por tramo

Es la sumatoria de las unidades de gasto por aparato sanitario instalado. Se empleará la siguiente tabla para determinar las unidades de gasto por aparato sanitario.

Aparato Sanitario	Tipo	Total	Agua Fría	Agua Caliente
Inodoro	Con Tanque - Descarga reducida	2.5	2.5	-
Inodoro	Con Tanque	5	5	-
Inodoro	C/ Válvula semiautomática y automática	8	8	-
Inodoro	C/ Válvula semiautomática y automática descarga reducida	4	4	-
Lavatorio	Corriente	2	1.5	1.5
Lavatorio	Múltiple	2(*)	1.5	1.5
Lavadero	Hotel restaurante	4	3	3
Lavadero	-	3	2	2
Ducha	-	4	3	3
Tina	-	6	3	3
Urinario	Con Tanque	3	3	-
Urinario	C/ Válvula semiautomática y automática	5	5	-
Urinario	C/ Válvula semiautomática y automática descarga reducida	2.5	2.5	-
Urinario	Múltiple	3	3	-
Bebedero	Simple	1	1	-
Bebedero	Múltiple	1(*)	1(*)	-

Tabla 1. Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios

3.2.3 Cálculo del caudal por tramo

Se determinará en la siguiente tabla el gasto probable o caudal de acuerdo a las unidades de Hunter calculadas, en el caso de que el valor no se encuentra en dicha tabla se deberá interpolar con los dos valores más cercanos.

N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula		
3	0,12	-	120	1,83	2,72	1100	8,27
4	0,16	-	130	1,91	2,80	1200	8,70
5	0,23	0,91	140	1,98	2,85	1300	9,15
6	0,25	0,94	150	2,06	2,95	1400	9,56
7	0,28	0,97	160	2,14	3,04	1500	9,90
8	0,29	1,00	170	2,22	3,12	1600	10,42
9	0,32	1,03	180	2,29	3,20	1700	10,85
10	0,43	1,06	190	2,37	3,25	1800	11,25
12	0,38	1,12	200	2,45	3,36	1900	11,71
14	0,42	1,17	210	2,53	3,44	2000	12,14
16	0,46	1,22	220	2,60	3,51	2100	12,57
18	0,50	1,27	230	2,65	3,58	2200	13,00
20	0,54	1,33	240	2,75	3,65	2300	13,42
22	0,58	1,37	250	2,84	3,71	2400	13,86
24	0,61	1,42	260	2,91	3,79	2500	14,29
26	0,67	1,45	270	2,99	3,87	2600	14,71
28	0,71	1,51	280	3,07	3,94	2700	15,12
30	0,75	1,55	290	3,15	4,04	2800	15,53
32	0,79	1,59	300	3,32	4,12	2900	15,97
34	0,82	1,63	320	3,37	4,24	3000	16,20
36	0,85	1,67	340	3,52	4,35	3100	16,51
38	0,88	1,70	380	3,67	4,46	3200	17,23
40	0,91	1,74	390	3,83	4,60	3300	17,85
42	0,95	1,78	400	3,97	4,72	3400	18,07
44	1,00	1,82	420	4,12	4,84	3500	18,40
46	1,03	1,84	440	4,27	4,96	3600	18,91

Tabla 2. Gastos probables para la aplicación del método de Hunter

3.2.4 Longitud y diámetro de tuberías

La longitud y el diámetro de cada tubería se encontrarán especificados en el plano isométrico de la Escuela Profesional de Ingeniería electrónica. En caso de que el plano no se encuentre en escala real (1/100) se deberá convertir. Conversión de escala 1/125 a escala real:

$$\text{Longitud real} = \frac{\text{longitud del tramo} \times 125}{100}$$

3.2.5 Pérdida por carga de fricción (1000 metros)

Se utilizará el siguiente ábaco para el cálculo de la pérdida por carga de fricción cada 1000 metros de tubería, se tendrá en cuenta dos aspectos muy importantes, el caudal y el diámetro del tubo anteriormente mencionados. La pérdida por carga de fricción será la intersección del caudal y el diámetro del tubo en el eje de coordenadas x.

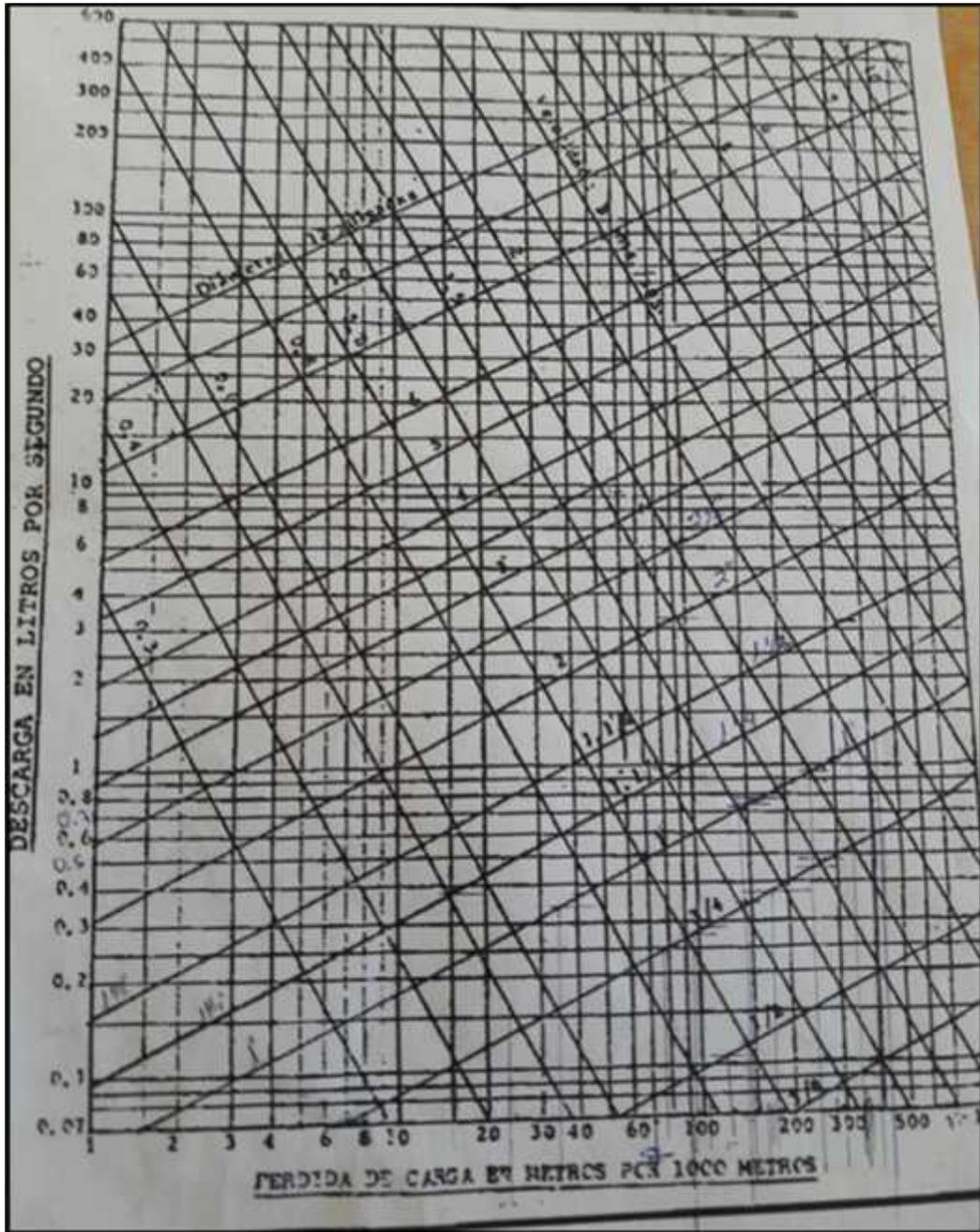


Fig. 32 Ábaco para el cálculo de la pérdida de carga por fricción cada 1000 metros de tubería

3.2.6 Longitud equivalente de codos, tees y válvulas

Se identificará la cantidad de codos, tees y válvulas por cada tramo de tubería luego se multiplicará por el valor de su longitud equivalente de acuerdo al diámetro del tubo.

Diámetros comerciales	CODOS		TEES		VÁLVULA		
	90°	45°	Giro 90°	Paso Recto	Compuerta	Globo	De retención
3/8"	0.3	0.2	0.45	0.1	0.1	2.9	0.8
1/2"	0.7	0.4	0.6	0.2	0.12	4.9	1.1
3/4"	0.75	0.45	1.2	0.25	0.15	6.7	1.6
1"	0.9	0.55	1.5	0.27	0.2	8.2	2.1
1 1/4"	1.2	0.8	1.6	0.4	0.2	11.3	2.7
1 1/2"	1.5	0.9	2.15	0.45	0.3	13.4	3.2
2"	2.15	1.2	3.15	0.6	0.4	17.4	4.2
2 1/2"	2.45	1.5	3.45	0.75	0.4	21	5.2
3"	3.05	1.8	4.1	1	0.5	26	6.3
3 1/2"	3.65	2.15	5.2	1.1	0.6	29	6.4
4"	4.25	2.45	5.4	1.2	0.7	34	6.5
5"	5.2	3.05	7.6	1.5	0.9	43	10.4
6"	6.1	3.3	9.15	1.8	1.1	51	19.3

Tabla 3. Longitud equivalente de codos, tees de acuerdo al diámetro del tubo

3.2.7 Longitud total del tramo

Es la suma de la longitud del tramo más la longitud equivalente de los codos, tees o válvulas presentes en el tramo.

3.2.8 Pérdida de carga por fricción en un tramo

Se calcula a través de la siguiente fórmula

$$\text{P.C. F en un tramo} = \frac{(\text{P.C.F cada 1000 m}) \times (\text{Longitud total del tramo})}{1000}$$

Donde:

-) P.C.F en un tramo: Pérdida de carga por fricción en un tramo
-) P.C.F cada 1000 m: Pérdida de carga por fricción cada 1000 metros de tubería.

) Longitud total del tramo: Es la longitud total del tramo

3.2.9 Carga necesaria

La carga necesaria es la altura a la que se instalará nuestro aparato sanitario.

3.2.10 Presión necesaria

Es la suma de la carga necesaria y la pérdida de carga por fricción.

3.3 Dimensionamiento

3.3.1 Presión mínima

La presión mínima de operación (P_{min}) en el sistema deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida en la toma más desfavorable y podrá ser determinada por la siguiente fórmula:

$$P_{min} = h + hf + h_r$$

Donde:

) h = Altura del edificio.

) hf = Es la sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como en accesorios) que sufre el fluido.

) h_r = Presión residual.

Un estimado bastante preciso es el siguiente:

) Se establece una altura entre placas de 2,75 mts (si no hay otro dato).

) Como pérdidas (hf) se estima un 10% de la altura de la edificación más unos 7 mts de pérdidas en piso.

) Como presión residual se estiman 7 mts, cuando los W.C. son con tanque y 12 mts cuando son con Fluxómetro.

3.3.2 Presión máxima

Se utiliza la misma fórmula que la presión mínima, lo único que cambiará será la sumatoria de las pérdidas de carga.

3.3.3 Dimensionamiento de la cisterna

En concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones - Normas Sanitarias en Edificaciones IS+010, por tratarse de una Edificación del tipo de Oficinas Administrativas y Aulas, los parámetros a tomar en cuenta son los siguientes:

I.- La dotación de agua para oficinas se calculará a razón de 6 L/d por m² de área útil del local.

II.- La dotación de agua para locales educacionales y residencias estudiantiles, según la siguiente tabla:

Tipo de local educacional	Dotación diaria
Alumnado y personal no residente	50 L por persona
Alumnado y personal residente	200 L por persona

Tabla 4. Dotación diaria según el tipo de local educacional

III.- La dotación de agua para áreas verdes será de 2 L/d por m². No se requerirá incluir áreas pavimentadas, enripiadas u otras no sembradas para los fines de esta dotación.

Volumen de la cisterna:

$$\text{Volumen} = \text{Dotación} \times (1\text{m}^3/1000 \text{ Lts})$$

3.3.4 Caudal Máximo de demanda

Se calcularán las unidades de gasto (Tabla 1) de acuerdo a los aparatos sanitarios instalados en los distintos niveles de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, luego se utilizará la Tabla 2 para el cálculo del caudal de acuerdo a las unidades de gasto. El caudal máximo de demanda será la sumatoria del caudal del 1er, 2do y 3er nivel.

3.3.5 Dimensiones de la tubería y el sensor

A continuación, se muestran las tablas para el cálculo de las dimensiones de la tubería, sensor y válvula de alivio.

Caudal en la bomba en Lts/seg.	Diámetro de la tubería de succión	Diámetro de la tubería de descarga	Diámetro del sensor
Hasta 1.6	1 ½"	1 ¼"	4"
De 1.6 a 2.5	2"	1 ½"	4"
De 2.6 a 4.75	2 ½"	2"	4"
De 4.76 a 8.00	3"	2 ½"	4"
De 8.01 a 13.00	4"	3"	6"
De 13.1 a 25.00	6"	4"	6"

Tabla 5. Diámetro de la tubería de descarga, succión y sensor

Caudal a recircular	Diámetro de tubería de recirculación	Diámetro de la válvula de alivio
Hasta 1.00	1"	½"
De 1.01 a 1.25	1 ¼"	¾"
De 1.26 a 2.25	1 ½"	1"
De 2.26 a 5.00	2"	1 ¼"
De 5.01 a 10.00	2 ½"	1 ½"

Tabla 6. Diámetro de la válvula de alivio

3.3.6 Pérdidas de carga por fricción (Hfs) en la tubería de succión y de Descarga.

Se identificará cuantas tees, codos y válvulas existirán en el diseño para luego multiplicarlo por su longitud equivalente (Tabla 3), la pérdida de coeficiente por fricción se hallará a través del ábaco (fig.1). Hfs viene representada por:

Hfs = P.C.F en la tubería de succión + P.C.F en la tubería de descarga.

3.3.7 Carga de la bomba

Representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una máquina para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$H=hs+h+hfs+hfd*+P \text{ min}$$

Donde:

-) hs = Altura de succión estanque - bomba.
-) h = Altura del edificio.
-) hfs = Pérdidas por succión y descarga de la bomba.
-) hfd* = de las pérdidas de carga por fricción desde la pieza más desfavorable al sensor.
-) Pmin = Presión mínima en la pieza más desfavorable. (7m).

3.3.8 Potencia de la bomba

La potencia de la bomba podrá calcularse por la siguiente fórmula:

$$HP= \frac{Q(\text{lps}) * H(\text{metros})}{60 * \frac{n(\%)}{100}}$$

Donde:

-) HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.
-) Q = Capacidad de la bomba.
-) H = Carga total de la bomba.
-) n = Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener, según las normas oficiales vigentes, una potencia normal según las fórmulas siguientes:

-) HP(motor) = 1,3 * HP(bomba) para motores trifásicos.

) $HP(\text{motor}) = 1,5 * HP(\text{bomba})$ para motores monofásicos.

3.4 Diseño de Sistema Eléctrico de Potencia

3.4.1 Circuito de Fuerza

Conjunto de conductores, protecciones y mecanismos, por los que pasa la corriente de alimentación a un motor, lámpara, calefactor, etc. Está eléctricamente separado del circuito de mando y control que, por razones de seguridad, se alimenta con una tensión más pequeña [8]. En el caso de nuestro circuito cuenta con un disyuntor magnetotérmico el cual se encarga de interrumpir la corriente eléctrica cuando la intensidad de corriente sobrepasa un determinado valor o porque se ha producido un cortocircuito. Por norma para evitar riesgos incensarios, los equipos eléctricos deben ser manipulados sin carga por lo que para poder cumplir este requisito hacemos uso de un Seccionador el cual consiste en aislar la instalación de la red de alimentación eléctrica. Como siguiente elemento contamos con el variador de velocidad el encargado de suministrar corriente a la electrobomba para que esta provea de agua con una presión constante a nuestro sistema según lo requiera.

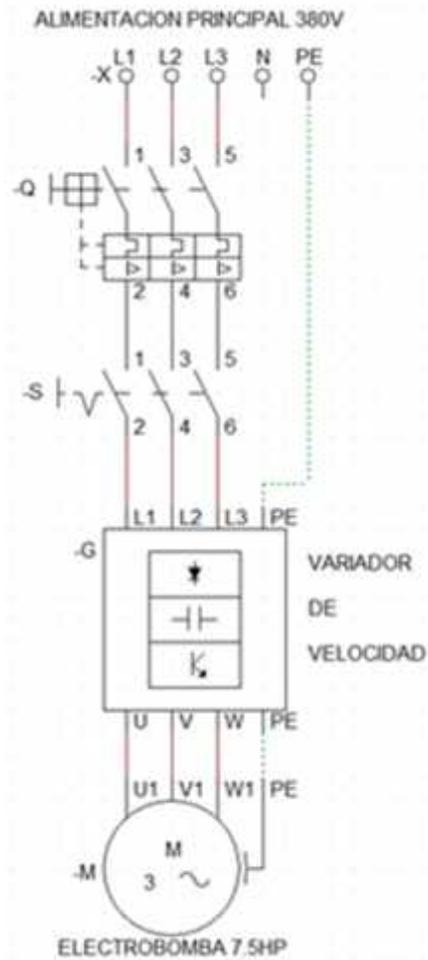


Fig. 33 Circuito de Fuerza para el control de la Bomba

3.5 Selección de equipos.

3.5.1 Especificación de Instrumentación.

3.5.1.1 Sensor de Presión XMLK025B2C21



Fig. 34 Sensor de Presión OsiSense

3.5.1.1.1 Descripción

Sensor de Presión Electrónico de salida analógica estándar 4-20mA con un rango de 0-25 bar, cuenta con un índice de protección IP65.

3.5.1.1.2 Características y Aplicaciones

) Gama de producto	OsiSense XM
) Tipo de presostato	Transmisor de presión
) Capacidad de presión	25 bar
) Fluido controlado	Air 0...80 ° Agua dulce 0...80 °C
) Clip-en la etiqueta	G 1/4A (Macho)
) Tensión de alimentación asignada	24 V DC SELV
) Límite de Voltaje	8...33 V
) Consumo de corriente	< 20 mA
) Tipo de señal de salida	Analógico
) Función de salida analógica	4...20 mA, 2 hilos

Referencia: XMLK025B2C21

Product datasheet (Anexo A)

3.5.2 Especificación del Sistema de Control

3.5.2.1 PLC

Para la elección del PLC se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

-) El CPU deberá tener la capacidad de leer todas las entradas, realizar la lógica de control y controlar las salidas al campo.
-) El CPU se deberá poder programar en lógica de escalera (ladder).

De acuerdo con estas consideraciones en el proyecto se utilizó la Unidad Central de procesamiento Modicon BMXP342020.



Fig. 35 PLC Modicon BMXP342020

Datos Técnicos:

-) Rango de producto Plataforma autom. Modicon M340
-) Tipo de producto Módulo de procesador
-) Número de racks 4
-) Número de ranuras 11
-) Capacidad del procesador de E/S Digitales:
 - 1024 configuración multibastidor
 - 704 E/S configuración de 1 bastidor
-) Capacidad del procesador E/S analógicas:
 - 256 E/S configuración multibastidor
 - 66 E/S configuración de 1 bastidor
-) Contad. event. Modbus.

Referencia: BMXP342020

Product datasheet (Anexo B)

3.5.2.1.1 Modulo Entradas y Salidas.

3.5.2.1.1.1 Módulo de Entradas y Salidas Analógicas

Para la elección del Módulo de Entradas y Salidas Analógicas se tuvo en cuenta las especificaciones del Sensor de Presión y del Variador de velocidad. De acuerdo con estas Consideraciones en el proyecto se utilizó el Módulo de entradas analógicas BMXAMM0600.



Fig. 36 Módulo de entradas y salidas analógicas BMXAMM0600

Datos Técnicos:

-) Protección del módulo contra sobretensiones.
-) Conversión de señales digitales (11 bits o 12 bits según la gama) a señales analógicas.
-) Conversión de datos de aplicación a datos que puede utilizar el convertidor digital/analógico.
-) Supervisión de módulo e indicación de fallos de la aplicación: prueba de convertidor, prueba de sobredisparo de gama, prueba de vigilancia.
-) Para cada entrada, el módulo BMX AMM 0600 ofrece los intervalos siguientes:

Tensión: ± 10 V, ± 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V y 1 a 5 V

Corriente: 0...20 mA, 4...20 mA y ± 20 mA, en función de la elección realizada durante la configuración.

Referencia: BMXAMM0600

Product datasheet (Anexo C)

3.5.2.1.1.2 Módulo de Entradas y Salidas Digitales

Para la elección del Módulo de Entradas y Salidas Analógicas se tuvo en cuenta las especificaciones del Sensor de Presión y del Variador de velocidad. De acuerdo con estas Consideraciones en el proyecto se utilizó el Módulo de entradas analógicas BMXDDM3202K.



Fig. 37 Módulo de entradas y salidas digitales BMXDDM3202K

Datos Técnicos:

) Gama de producto Modicon M340	Plataforma de automatización
) Producto o componente tipo	Módulo de E / S discreto
) Conexión eléctrica	Conector de 20 vías
) Entrada discreta número	16
) Tipo de entrada	Disipador de corriente
) Tensión de entrada discreta	24 V DC positiva
) Número de salida discreta	16
) Tipo de salida discreta	Estado sólido
) Tensión de salida discreta	24 V 19 - 30 V DC

Referencia: BMXDDM3202K

Product datasheet (Anexo D)

3.5.2.2 Variador de Frecuencia

3.5.2.2.1 Variador de Frecuencia ACS310-03E-13A8-4.

Para este proyecto se tomó en consideración para controlar la velocidad de la Electrobomba un variador de frecuencia con las siguientes características:

-) De 3 fases
-) Protección mínima IP20.
-) Funciones de bomba y ventilador como control de la bomba y el ventilador (PFC) y SPFC para el arranque suave de la bomba.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se propone utilizar el Variador de Frecuencia ACS310-03E-13A8-4.



Fig. 38 Variador de Frecuencia ACS310-03E-13A8-4

Datos Técnicos:

) Potencia Nominal	5,5 kW
) Fase	3
) Tensión de Alimentación	380 480 V
) Corriente Nominal	13,8 A
) Frecuencia de Salida	0 500Hz
) Temperatura Ambiental	-10 +50°C
) Tipo de Comunicación Field Bus	ModBus
) Filtro Incluido	Sí
) Índice de Protección IP	IP20

Referencia: ACS310-03E-13A8-4

Product datasheet (Anexo E)

3.5.2.3 Panel de control ABB ACS-CP-C

Panel de Control utilizado para configurar los parámetros básicos de nuestro variador de frecuencia.



Fig. 39 Panel de Control Básico ACS-CP-C.

Datos Técnicos:

-) Tipo de Accesorio Panel del operario
-) Para Uso con Serie ACS310, Serie ACS350, Serie ACS355, Serie ACS510, Serie ACS550.

Referencia: ABB ACS-CP-C MANUAL

Product datasheet (Anexo F)

3.5.3 Especificación del Sistema de Bombeo

3.5.3.1 Electrobomba

Para la elección de la Electrobomba, basándose en los cálculos realizados anteriormente de potencia dicha Electrobomba y diámetro de la tubería de succión y descarga se propone utilizar el modelo MSVA-3/5.5 de la marca Pentax.



Fig. 40 Electrobomba Pentax MSVA-3/5.5

Datos Técnicos:

) Modelo:	MSVA-3 / 5.5
) Fabricado en:	Italia
) Capacidad:	5.5 KW
) Velocidad de flujo:	100-430 litros / minuto
) Voltaje:	380V
) Manguera de succión:	2"
) Garganta:	1 1/2"

Referencia: Pentax MSVA-3/5.5

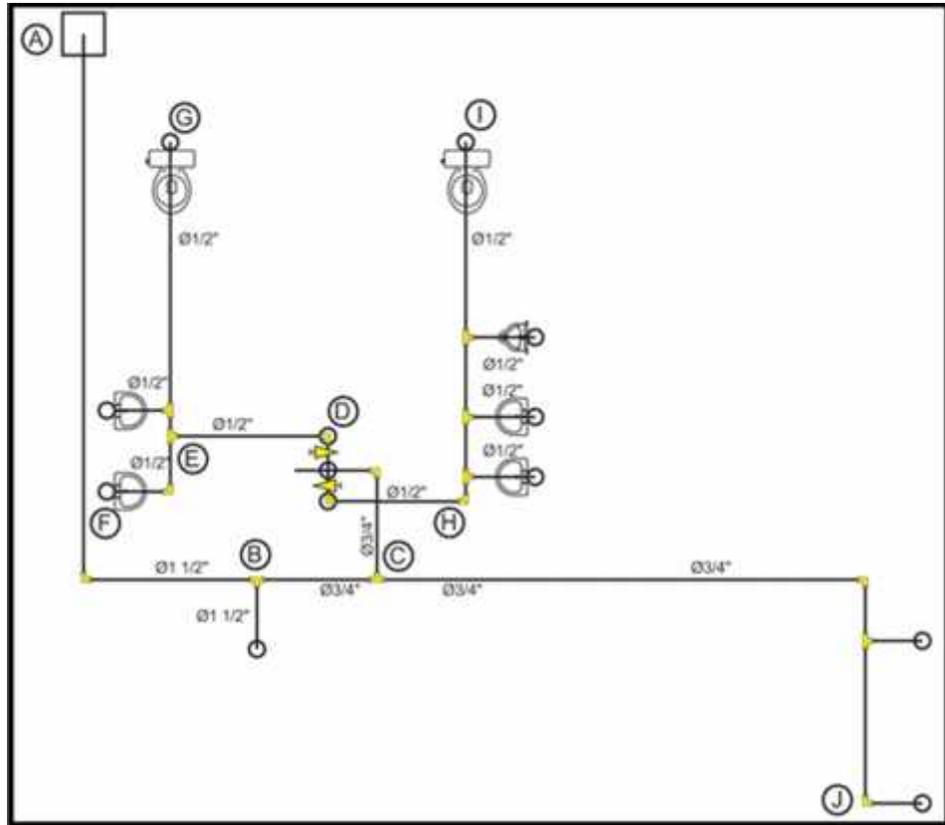
Product datasheet (Anexo G)

DISEÑO DEL SISTEMA

CAPITULO IV

4.1 Identificación de los tramos

4.1.1 Primer piso:

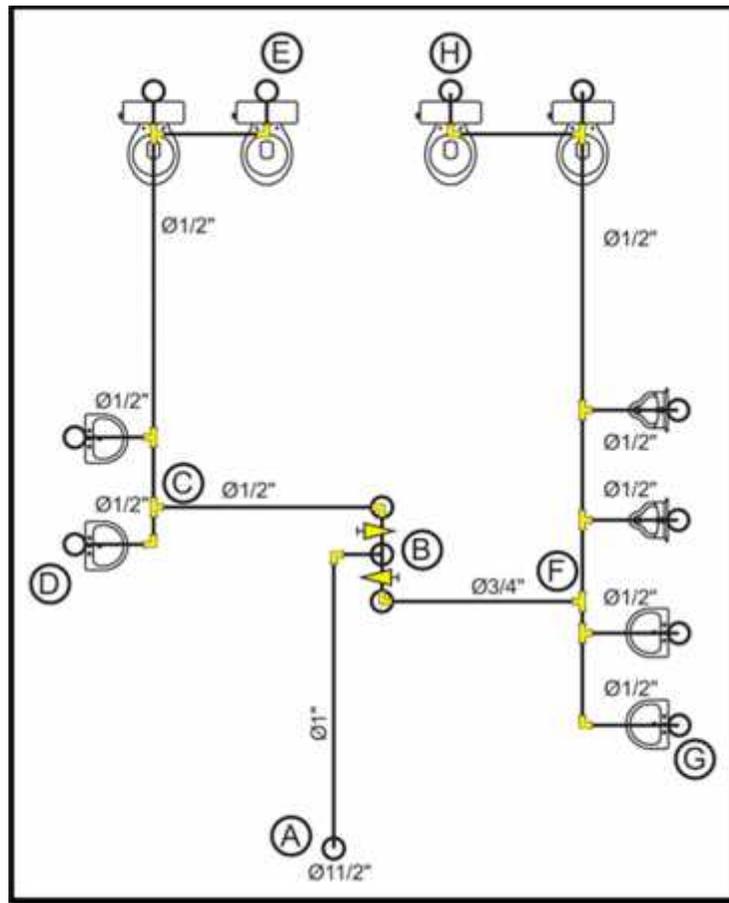


El primer piso está compuesto por: 2 Inodoro, 1 urinario, 4 lavamanos.

Se dividió en tramos ya que existen diferentes diámetros en las tuberías.

Tramo	Diámetro
AB	1 1/2"
BC	3/4"
CD	3/4"
DE	1/2"
EF	1/2"
EG	1/2"
DH	1/2"
HI	1/2"
CJ	3/4"

4.1.2 Segundo piso:

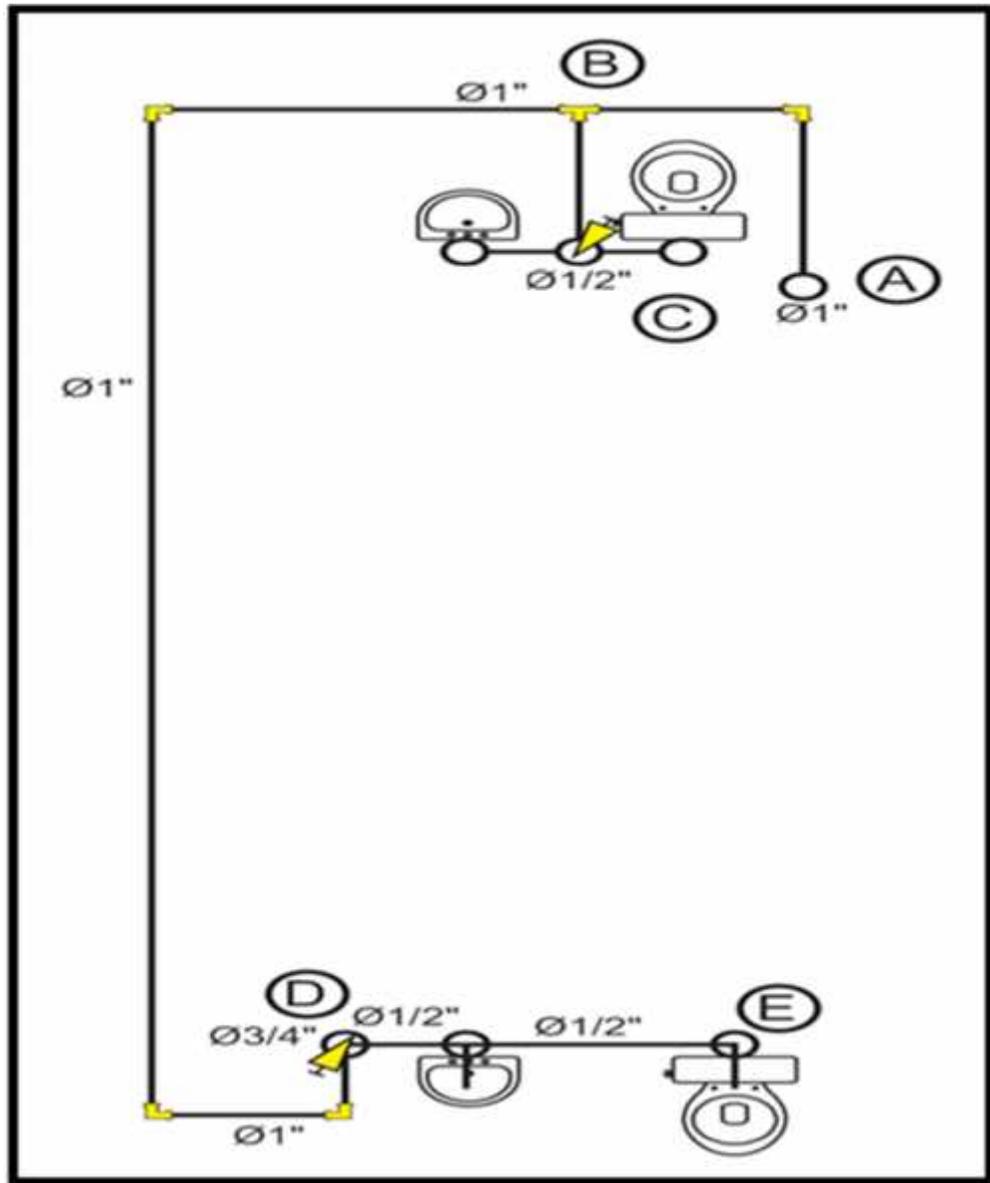


El segundo piso está compuesto por: 4 Inodoros, 2 urinarios, 4 lavamanos.

Se dividió en tramos ya que existen diferentes diámetros en las tuberías.

Tramo	Diámetro
AB	1"
BC	1/2"
CD	1/2"
CE	1/2"
BF	3/4"
FG	1/2"
FH	1/2"

4.1.3 Tercer piso:

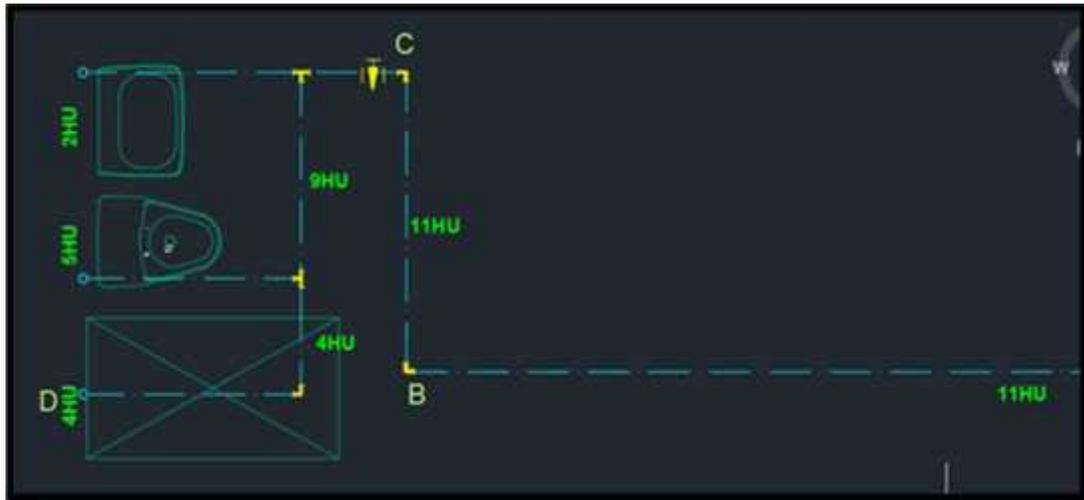


El tercer piso está compuesto por: 2 Inodoros, 2 lavamanos.

Se dividió en tramos ya que existen diferentes diámetros en las tuberías.

Tramo	Diámetro
AB	1"
BC	1/2"
BD	1"
DE	1/2"

4.2 Unidades de hunter:



Las unidades de hunter en un piso van a dividirse por tramos llevando la unidad total el primer tramo, el cual luego se dividirá dependiendo a las unidades de gasto que requieran cada aparato sanitario. A continuación, un ejemplo:

Primer Piso

Tipo de Aparato	Nº	U.G	U.H
Inodoro	2	5	10
Urinario	1	3	3
Lavamanos	6	2	12
Total			25

Tramo	U.H
AB	25
BC	25
CD	21
DE	9
EF	2
EG	7
DH	12
HI	12
CJ	4

Segundo Piso

Tipo de Aparato	Nº	U.G	U.H
Inodoro	4	5	20
Urinario	2	3	6
Lavamanos	4	2	8
Total			34

Tramo	U.H
AB	34
BC	14
CD	2
CE	12
BF	20
FG	4
FH	16

Tercer Piso

Tipo de Aparato	Nº	U.G	U.H
Inodoro	2	5	10
Urinario	0	3	0
Lavamanos	2	2	4
Total			14

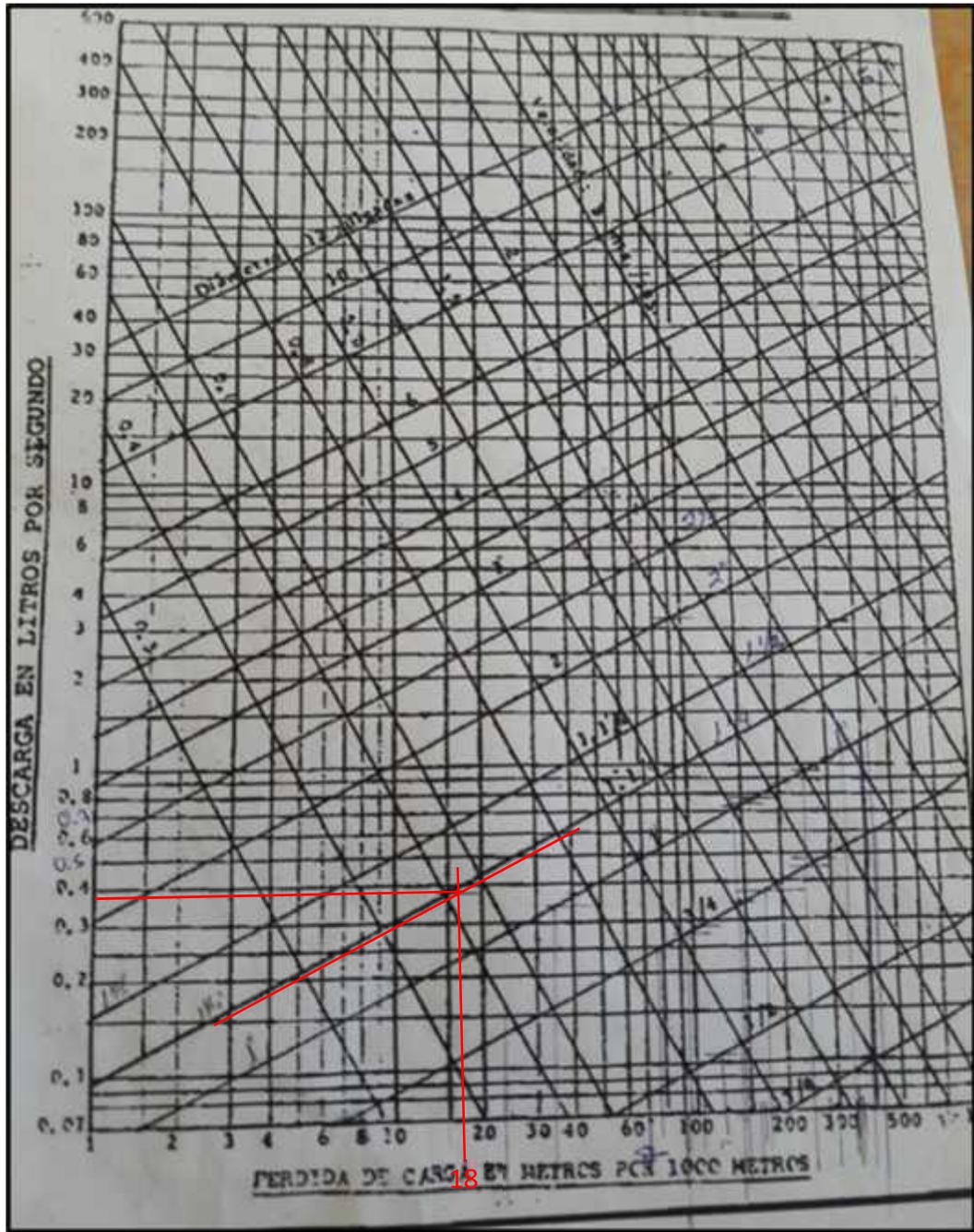
TRAMO	U.H
AB	14
BC	7
BD	7
DE	7

4.3 Caudal:

Con la siguiente tabla podemos hallar los caudales de cada tramo.

Nº DE UNIDADES	GASTO PROBABLE		PRIMER PISO	UH	CAUDAL
	TANQUE	VALVEA			
3	0.12	-	AB	25	0.64
4	0.16	-	BC	25	0.64
5	0.23	0.90	CD	21	0.56
6	0.25	0.94	DE	9	0.32
7	0.28	0.97	EF	2	0.09
8	0.29	1.00	EG	7	0.28
9	0.32	1.03	DH	12	0.38
10	0.43	1.06	HI	12	0.38
12	0.38	1.12	CJ	4	0.16
14	0.42	1.17	SEGUNDO PISO	UH	CAUDAL
16	0.46	1.22	AB	34	0.82
18	0.50	1.27	BC	14	0.42
20	0.54	1.33	CD	2	0.09
22	0.58	1.37	CE	12	0.38
24	0.61	1.42	BF	20	0.54
26	0.67	1.45	FG	2	0.09
28	0.71	1.51	FH	16	0.46
30	0.75	1.55	TERCER PISO	UH	CAUDAL
32	0.79	1.59	AB	14	0.42
34	0.82	1.63	BC	7	0.28
			BD	7	0.28
			DE	7	0.28

4.4 P.c fricción:



El P.C. de fricción se halla, intersectando el diámetro de la tubería con el caudal ya hallado.

4.5 Longitud:

Con ayuda del programa AutoCAD se determinó fácilmente la longitud. Es la distancia del tramo en escala real, en este caso los planos se encontraban en una escala de 1/125. Ejm. Transformando:

$$X = \frac{2 \times 100}{125}$$

$$125$$

$$X = 1.6$$

4.6 Longitud equivalente de codos, tees y válvulas:

Verificamos si en los tramos existen codos tees y válvulas los cuales sirven para la distribución de agua, estos son importantes porque disminuyen la presión dada para dicho sistema. Los cuales son:

-) Codos: 90°, 45°.
-) Tees: giro 90°, paso recto.
-) Válvulas: compuerta y globo.

Diámetros comerciales	CODOS		TEES		VÁLVULA		
	90°	45°	Giro 90°	Paso Recto	Compuerta	Globo	De retención
3/8"	0.3	0.2	0.45	0.1	0.1	2.9	0.8
1/2"	0.7	0.4	0.6	0.2	0.12	4.9	1.1
3/4"	0.75	0.45	1.2	0.25	0.15	6.7	1.6
1"	0.9	0.55	1.5	0.27	0.2	8.2	2.1
1 1/4"	1.2	0.8	1.6	0.4	0.2	11.3	2.7
1 1/2"	1.5	0.9	2.15	0.45	0.3	13.4	3.2
2"	2.15	1.2	3.15	0.6	0.4	17.4	4.2
2 1/2"	2.45	1.5	3.45	0.75	0.4	21	5.2
3"	3.05	1.8	4.1	1	0.5	26	6.3
3 1/2"	3.65	2.15	5.2	1.1	0.6	29	6.4
4"	4.25	2.45	5.4	1.2	0.7	34	6.5
5"	5.2	3.05	7.6	1.5	0.9	43	10.4
6"	6.1	3.3	9.15	1.8	1.1	51	19.3

CODO A 90°	Cantidad		1	0	2	2	2	2
	Longitud Equivalente		1.50	0.00	0.75	0.70	0.70	0.70
	Subtotal		1.50	0.00	1.50	1.40	1.40	1.40
CODO A 45°	Cantidad		0	0	0	0	0	0
	Longitud Equivalente		0	0	0	0	0	0
	Subtotal		0	0	0	0	0	0
Tee	Giro a 90°	Cantidad	0	1	1	1	0	0
		L.Equival.	0	1.2	1.2	0.6	0	0
		SubTotal	0	1.2	1.2	0.6	0	0
	Paso Recto	Cantidad	1	0	0	0	0	1
		L.Equival.	0.45	0	0	0	0	0.2
		SubTotal	0.45	0	0	0	0	0.2
VALV.	Comp.	Cantidad	0	0	0	1	0	0
		L.Equival.	0	0	0	0.12	0	0
		SubTotal	0	0	0	0.12	0	0
	Globo	Cantidad	0	0	0	0	0	0
		L.Equival.	0	0	0	0	0	0
		SubTotal	0	0	0	0	0	0

Luego la cantidad es multiplicada por la longitud equivalente, donde se obtiene un subtotal de cada uno, luego para obtener la longitud adicional (L_A) de cada tramo se suman todos los subtotales.

$$L_A = ST1 + ST2 + ST3 + \dots$$

4.7 Longitud total del tramo

Es la suma de la longitud del tramo más la longitud equivalente de los codos, tees o válvulas presentes en el tramo.

$$L_T = L + L_A$$

4.8 Pérdida de carga por fricción en un tramo

Se calcula a través de la siguiente fórmula

$$P.C.F \text{ en un tramo} = (P.C.F \text{ cada } 1000m) \times (Longitud \text{ total del tramo}) / 1000$$

Donde:

-) P.C.F en un tramo: Pérdida de carga por fricción en un tramo.
-) P.C.F cada 1000 m: Pérdida de carga por fricción cada 1000 metros de tubería.
-) Longitud total del tramo: Es la longitud total del tramo.

4.9 Carga necesaria

Carga necesaria es la altura a la que se instalará nuestro aparato sanitario.

4.10 Presión necesaria

Es la suma de la carga necesaria y la pérdida de carga por fricción

$$PN=PF+CN$$

4.11 Perdidas de carga por fricción por aparato sanitario

1er Piso

	PERDIDAS DE CARGA POR APARATO SANITARIO									
	Inodoro 1	Inodoro 2	Urinario 1	Lavamanos 1	Lavamanos 2	Lavamanos 3	Lavamanos 4	Caño A	Caño B	
Tramo AB	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	
Tramo BC	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	
Tramo CD	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132			
Tramo DE	0.240			0.240	0.240					
Tramo EF					0.088					
Tramo EG	0.132			0.132						
Tramo DH		0.340	0.340			0.340	0.340			
Tramo HI		0.425	0.425			0.425	0.425			
Tramo CI								0.136	0.136	
Perdida Total (Bar)	0.590	0.982	0.982	0.590	0.546	0.982	0.982	0.220	0.220	6.095

2do Piso

	PERDIDAS DE CARGA POR APARATO SANITARIO										
	Inodoro 1	Inodoro 2	Inodoro 3	Inodoro 4	Urinario 1	Urinario 2	Lavamanos 1	Lavamanos 2	Lavamanos 3	Lavamanos 4	
Tramo AB	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	
Tramo BC	0.322	0.322					0.322	0.322			
Tramo CD								0.087			
Tramo CE	0.483	0.483					0.483				
Tramo BF			0.080	0.080	0.080	0.080			0.080	0.080	
Tramo FG									0.127	0.127	
Tramo FH			0.696	0.696	0.696	0.696					
Perdida Total (Bar)	0.888	0.888	0.859	0.859	0.859	0.859	0.888	0.493	0.290	0.290	7.172

3er Piso

	PERDIDAS DE CARGA POR APARATO SANITARIO				
	Inodoro 1	Inodoro 2	Lavamanos 1	Lavamanos 2	
Tramo AB	0.011	0.011	0.011	0.011	
Tramo BC	0.194		0.194		
Tramo BD		0.028		0.028	
Tramo DE		0.183		0.183	
Perdida Total (Bar)	0.205	0.221	0.205	0.221	0.852

Tramo	AB	BC	CD	DE	EF	EG	DH	HI	CJ
Unidades de Hunter	25	25	21	9	2	7	12	12	4
Caudal	0.64	0.64	0.56	0.32	0.09	0.28	0.38	0.38	0.16
Diametro (Pulgadas)	1 1/2"	3/4"	3/4"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"
P.C Friccion C/1000m	18	410	350	1000	86	410	1100	1100	35
Longitud	7.11	0.51	1.01	1.15	0.47	2.12	0.93	2.28	14.89
Cantidad	1	0	2	1	1	0	3	1	2
Codo a 90°	1.50	0.00	0.75	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.75
Longitud Equivalente	1.50	0.00	1.50	0.70	0.70	0.00	2.10	0.70	1.50
Subtotal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Longitud Equivalente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantidad	0	1	1	1	0	0	0	0	0
L. Equiv.	0	1.2	1.2	0.6	0	0	0	0	0
SubTotal	0	1.2	1.2	0.6	0	0	0	0	0
Cantidad	1	0	0	0	0	1	0	3	1
L. Equiv.	0.45	0	0	0	0	0.2	0	0.2	0.25
SubTotal	0.45	0	0	0	0	0.2	0	0.6	0.25
Cantidad	0	0	1	0	0	0	1	0	0
L. Equiv.	0	0	0.15	0	0	0	0.12	0	0
SubTotal	0	0	0.15	0	0	0	0.12	0	0
Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L. Equiv.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SubTotal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Longitud Adicional	1.95	1.20	2.85	1.30	0.70	0.20	2.22	1.30	1.75
Longitud Total tramo	9.06	1.71	3.86	2.45	1.17	2.32	3.15	3.58	16.64
Perdida de carga por friccion Hf	0.16	0.70	1.35	2.45	0.10	0.95	3.47	3.94	0.58
Carga necesaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.40	0.00	0.40	0.80
Presion Necesaria (m.c.a)	0.16	0.70	1.35	2.45	0.90	1.35	3.47	4.34	1.38

Tramo	AB	BC	CD	CE	BF	FG	FH
Unidades de Hunter	34	14	2	12	20	4	16
Caudal	0.82	0.42	0.09	0.38	0.54	0.16	0.46
Diámetro (Pulgadas)	1"	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	1/2"	1/2"
P.C Friccion C/1000m	180	1150	89	960	305	270	1200
Longitud	2.11	1.44	0.28	3.21	1.1765	0.92	3.88
Cantidad	1	1	1	1	1	1	1
Codo a 90°	0.90	0.70	0.70	0.70	0.75	0.70	0.70
Longitud Equivalente	0.90	0.70	0.70	0.70	0.75	0.70	0.70
Subtotal	0	0	0	0	0	0	0
Cantidad	0	0	0	0	0	0	0
Longitud Equivalente	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	0	0	0	0	0	0	0
Tee	Cantidad	1	1	1	1	0	1
	L. Equiv.	1.5	0.6	0	0.6	0	0.6
	SubTotal	1.5	0.6	0	0.6	0	0.6
Paso Recto	Cantidad	0	0	0	0	1	2
	L. Equiv.	0	0	0	0.2	0	0.2
	SubTotal	0	0	0	0.2	0	0.2
Comp.	Cantidad	1	1	0	0	0	0
	L. Equiv.	0.2	0.12	0	0	0.15	0
	SubTotal	0.2	0.12	0	0	0.15	0
Valv.	Cantidad	0	0	0	0	0	0
	L. Equiv.	0	0	0	0	0	0
	SubTotal	0	0	0	0	0	0
Longitud Adicional	2.60	1.42	0.70	1.50	1.50	0.90	1.70
Longitud Total tramo	4.71	2.86	0.98	4.71	2.68	1.82	5.58
Perdida de carga por friccion Hf	0.85	3.29	0.09	4.52	0.82	0.49	6.70
Carga necesaria	0.00	0.00	0.80	0.40	0.00	0.80	0.40
Presion Necesaria (m.c.a)	0.85	3.29	0.89	4.92	0.82	1.29	7.10

Tramo		AB	BC	BD	DE	
Unidades de Hunter		14	7	7	7	
Caudal		0.42	0.28	0.28	0.28	
Diámetro (Pulgadas)		1"	1/2"	1"	1/2"	
P.C Fricción C/1000m		52	620	24	620	
Longitud		1.1941	0.7089	8.5491	1.3374	
Codo a 90°	Cantidad	1	0	3	1	
	Longitud Equivalente	0.90	0	0.90	0.70	
	Subtotal	0.90	0	2.70	0.70	
Codo a 45°	Cantidad	0	0	0	0	
	Longitud Equivalente	0	0	0	0	
	Subtotal	0	0	0	0	
Tee	Giro a 90°	Cantidad	0	2	0	0
		L. Equiv.	0	0.6	0	0
		Subtotal	0	1.2	0	0
	Paso Recto	Cantidad	0	0	1	1
		L. Equiv.	0	0	0.27	0.2
		Subtotal	0	0	0.27	0.2
Valv.	Comp.	Cantidad	0	0	1	1
		L. Equiv.	0	0	0.2	0.12
		Subtotal	0	0	0.2	0.12
	Globo	Cantidad	0	0	0	0
		L. Equiv.	0	0	0	0
		Subtotal	0	0	0	0
Longitud Adicional		0.90	1.20	3.17	1.02	
Longitud Total tramo		2.09	1.91	11.72	2.36	
Perdida de carga por fricción Hf		0.11	1.18	0.28	1.46	
Carga necesaria		0.00	0.80	0.00	0.40	
Presión Necesaria (m.c.a)		0.11	1.98	0.28	1.86	

4.12 Dimensionamiento

4.12.1 Presión Mínima

de Perdidas de cargas P.MIN	
NIVEL 1	0.982
NIVEL 2	0.859
NIVEL 3	0.221
TOTAL (BAR)	2.062

PRESION MINIMA		
h	0.809	
hr	1.176	
P.C	2.062	
TOTAL	4.047	58.701 PSI

4.12.2 Presión Máxima

de Pérdidas de cargas P.MAX	
NIVEL 1	6.095
NIVEL 2	7.172
NIVEL 3	0.852
TOTAL (BAR)	14.119

PRESION MAXIMA		
h	0.809	
hr	1.176	
P.C	14.119	
TOTAL	16.104	233.573 PSI

4.12.3 Dimensionamiento de la Cisterna

4.12.3.1 Consumo promedio diario

CONSUMO PROMEDIO DIARIO		
134.5 X 6 l/d por m2	AREA DE ADMINISTRACION	807 LT/DIA
200 PERS X 50 l/d POR PERSONA	ALUMNADO Y PERSONAL NO RESIDENTE	10000 LT/DIA
187.5 X 2 l/d por m2	AREAS VERDES	375 LT/DIA
CONSUMO DIARIO TOTAL		11182 LT/DIA

4.12.3.2 Volumen de la cisterna

VOL. DE CISTERNA = CONSUMO DIARIO TOTAL X (1m³/1000LTS)

VOL. DE CISTERNA = 11.182 m³

4.12.3.3 Dimensionamiento De La Cisterna

DIMENSIONAMIENTO DE LA CISTERNA = 3 X 2 X 2 m³.

4.12.4 Caudal máximo de demanda

CAUDAL TOTAL (l/s)	
NIVEL 1	0.64
NIVEL 2	0.82
NIVEL3	0.42
TOTAL	1.88

4.12.5 Dimensiones de la tubería y el sensor

DIMENSIONES DE LA TUBERIA		
CAUDAL DE LA BOMBA		1.88 l/s
DIAMETRO DE TUBERIA DE SUCCION		2"
DIAMETRO DE TUBERIA DE DESCARGA		1 1/2"
DIAMETRO DE TUBERIA DE RECIRCULACION		1 1/2"
DIAMETRO DE LA VALVULA DE ALIVIO		1"
DIAMETRO DEL SENSOR		4"

4.12.6 Perdidas por fricción (H_{fs}) en la tubería de succión y de descarga.

BOMBA PILOTO				
SUCCION. Ø=2"				
Tubería y Conexiones	Cant.	Le(m)	Le(m)	P.C. fricción
Tubería	1	2.80	14.45	0.030
TEE	1	3.15		
Codo 90°	2	4.30		
Válvula de Retención	1	4.20		
(Le x P.C.F) =			0.43	

BOMBA PILOTO				
DESCARGA. Ø=1 1/2"				
Tubería y Conexiones	Cant.	Le(m)	Le(m)	P.C. fricción
Tubería	1	2	16.1	0.105
TEE	2	4.3		
Codo 90°	4	6		
Válvula de Retención	1	3.2		
Llave compuerta	2	0.6		
			(Le x P.C.F) =	1.69

$$hfs(m) = 0.369 + 1.186 = 2.12$$

4.12.7 Carga de la bomba

-)} h_s = Altura de Succión. Estanque – Bomba.
-)} h = Altura del edificio.
-)} h_{fs} = Pérdida por succión y descarga de la bomba.
-)} h_{fd}^* = de la Pérdidas desde la pieza más desfavorable al sensor.
-)} P_{min} = Presión mínima en la pieza más desfavorable.

$$H = h_s + h + h_{fs} + h_{fd}^* + P_{min}$$

H MAX	
h_s	2.00
h	8.25
h_{fs}	2.12
h_{fd}^*	144.01
P_{min}	7
H	163.39

4.12.8 Potencia de la bomba

HP MOTOR (P MAX)	
Caudal	1.88
H	163.39
Eficiencia	60
HP Motor	5.12
F. Seguridad	1.30
HP Motor (trifásico)	6.66 HP

4.13 Funcionamiento del Sistema

4.13.1 Modo Manual

Este modo usualmente no funcionará, solo se usará en caso quieras probar el correcto funcionamiento del variador de velocidad y de la Electrobomba.

-) Poner el Selector en Manual.
-) Pulsar Marcha Manual.
-) La velocidad de la Electrobomba variara según el giro del potenciómetro.
-) Para parar el sistema pulsar Paro Manual.
-) Volver el selector en la posición neutro.

4.13.2 Modo Automático

-) Poner el Selector en Automático.
-) Pulsar Marcha Automático.
-) El PLC estará leyendo continuamente la Presión en el sistema por medio del sensor instalado en las tuberías, cuando esta presión está más baja que la presión mínima requerida por el sistema el variador de frecuencia hará que la Electrobomba impulse mayor cantidad de agua y cuando la presión del sistema sea mayor automáticamente bajara la frecuencia de la Electrobomba.
-) Cuando el sistema no detecte algún cambio de presión el variador de frecuencia estará al mínimo (25hz) ya programado en el mismo.
-) Cuando el sistema este por un tiempo en el mínimo entrara en modo dormir, el variador de frecuencia automáticamente hará que la Electrobomba se apague hasta que nuevamente el sistema detecte un cambio de presión.
-) Para parar el sistema pulsamos Paro Automático.
-) Volver el selector en la posición neutro.

4.14 Programa para Plc, en lenguaje Ladder.

4.14.1 Dimensionamiento Del Bastidor.



Fig. 41 Bastidor

4.14.2 Configuración Red Ethernet Plc.

Configuración de red Ethernet del PLC:

- Familia de modelo: CPU 2000, CPU 2030 (V2.66), PRA 0100
- Dirección del módulo: Bastidor 0, Módulo 0, Canal 3
- Utilidades del módulo: NO (seleccionado), SMTP
- Dirección IP del módulo: Dirección IP 192.168.200.10, Máscara de subred 255.255.255.0, Dirección de pasarela 0.0.0.0
- Seguridad: Configuración IP, Mensajes, SNMP, SMTP, Ancho de banda
- Acceso FTP & HTTP: Actualización del firmware & FDR (FTP/FTP): deshabilitado, Acceso web (HTTP): deshabilitado

Por su SEGURIDAD, deshabilite estos servicios cuando no se utilicen.
Si se habilitan estos servicios, disminuirá su nivel de protección frente a ciberataques.
Estos servicios solo pueden deshabilitarse en versiones de firmware CPU V2.6 o superiores.

Fig. 42 Ethernet PLC

4.14.3 Variables en el software del plc.

Nombre	Tipo	Valor	Comentario	Abas	Plc de	Descripción
Selector_Manual	EB00L		Selector Modo Manual			100 1.0
Selector_Automatico	EB00L		Selector Modo Automatico			100 1.1
Marcha_Manual_Bomba	EB00L		Marcha Manual de la Bomba			100 1.2
Paro_Manual_Bomba	EB00L		Paro Manual de la Bomba			100 1.3
Marcha_Automatico	EB00L		Marcha del Sistema en Modo Automatico			100 1.4
Paro_Automatico	EB00L		Paro del Sistema en Modo Automatico			100 1.5
Falla_Variador	EB00L		Estado Falta Variador			100 1.6
Presostato	EB00L		Estado Agua Presostato			100 1.7
Presostato	INT		Estado Presion 4 (Drph)			1000 2.1
Pr_Manual_Presost	INT		Presostato			1000 2.2
M_Activar_Variador	EB00L					1000
M_Automatico_Funcionando	EB00L					1001
M_Falla_Variador	EB00L					1002
M_Lampara_SF	EB00L					1003
M_Lampara_FV	EB00L					1004
M_Lampara_BF	EB00L					1005
M_Manual_Funcionando	EB00L					1006
M_Marcha_A	EB00L					1007
M_Marcha_M	EB00L					1008
M_Paro_A	EB00L					1009
M_Paro_M	EB00L					1010
M_Lampara_BF_I	EB00L					1011
M_Presostato	EB00L					1012
M_Selector_Automatico	EB00L					1013
M_Selector_Manual	EB00L					1014
M_Sistema_Funcionando	EB00L					1015
M_PID	REAL					10000
M_Pi	INT					10001
M_Pi_Real	REAL					10002
M_Presost	INT					10004
M_Presost_Scaling	REAL					10006
M_Presost_Sistema	INT		Presost del Sistema			10007
M_Salida_PID	INT					10009
M_Salida_Variador	INT					10009
M_Salida_Variador_Real	REAL					100010
M_Pi_Scaling	REAL					100020
M_Lampara_Real	REAL					100030
M_Variador_PID	REAL					100040
Salida_Activar_Variador	EB00L		Salida Activar Variador			1001 16
Lampara_Sistema_Funcionando	EB00L		Lampara Sistema Funcionando			1001 17
Lampara_Bomba_Funcionando	EB00L		Lampara Bomba Funcionando			1001 18
Lampara_Falla_Variador	EB00L		Lampara Falta Variador			1001 19
Salida_Variador	INT		Salida valor PID al Variador			1000 23

Fig. 43 Variables PLC

4.14.4 Programa para Plc.

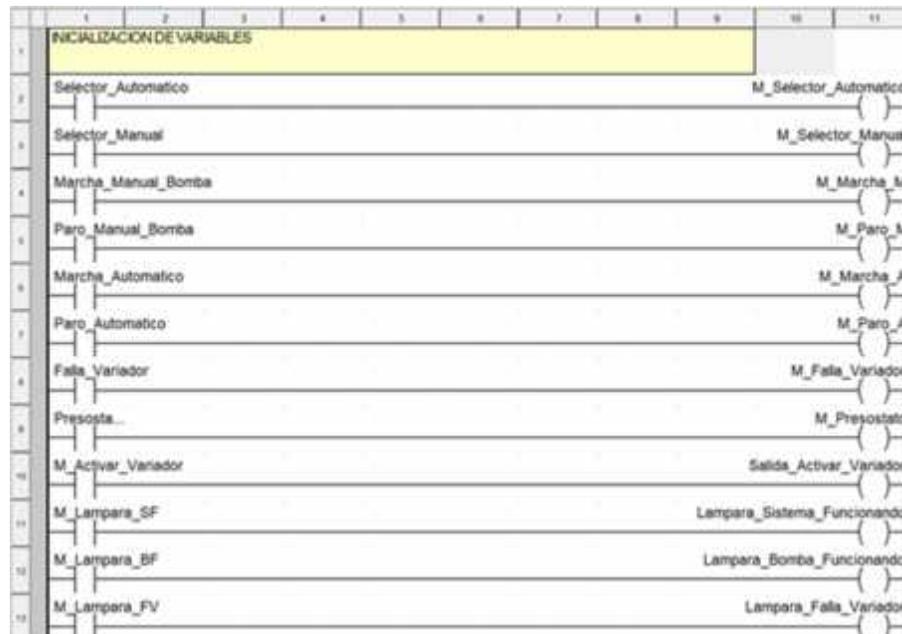


Fig. 44 Programa PLC

4.14.4.1 Programa Ladder

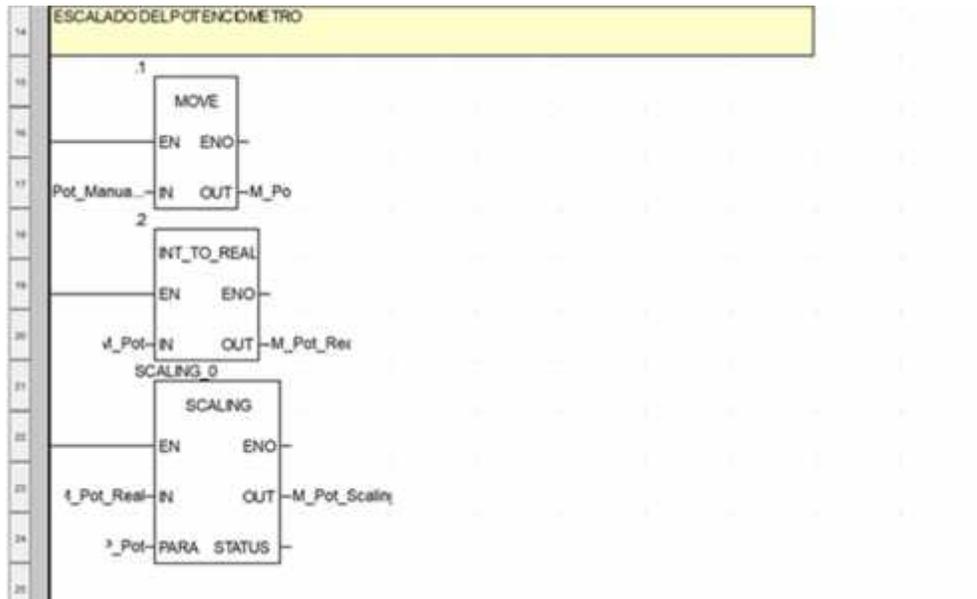


Fig. 45 Programa PLC



Fig. 46 Programa PLC

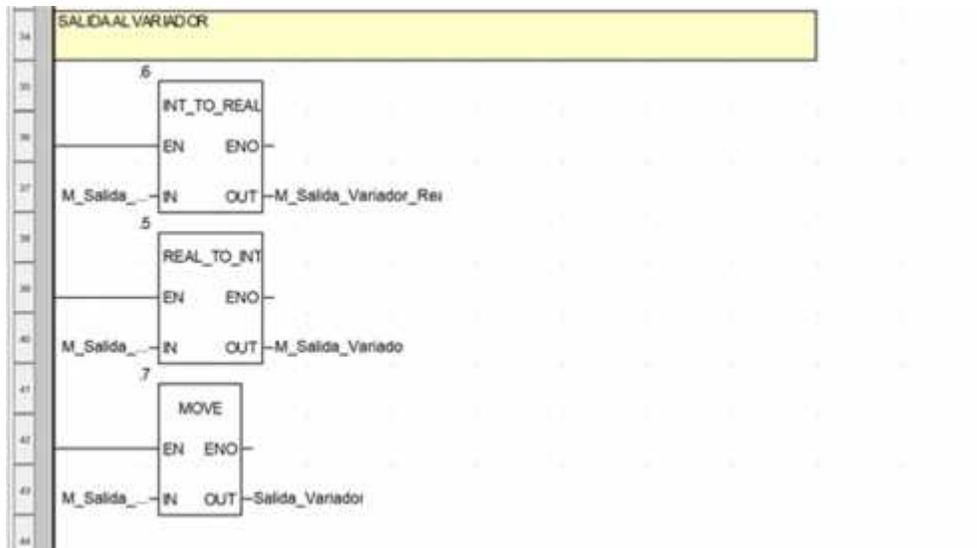


Fig. 47 Programa PLC

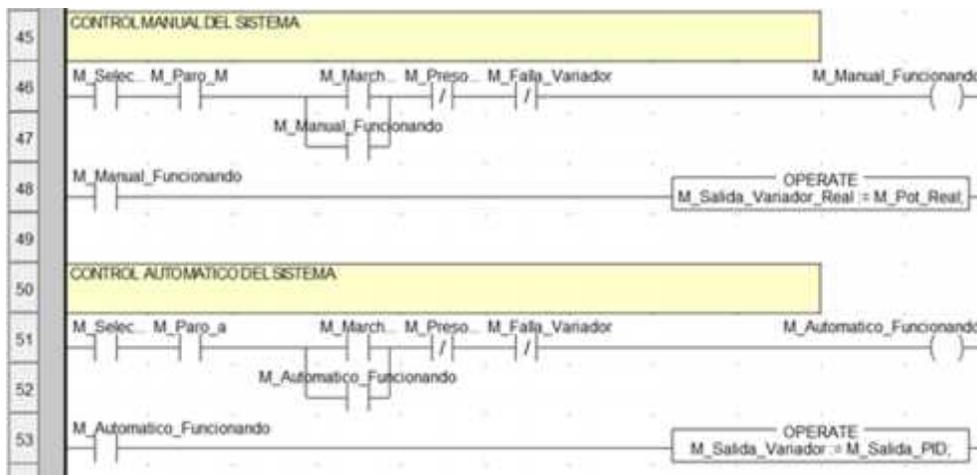


Fig. 48 Programa PLC

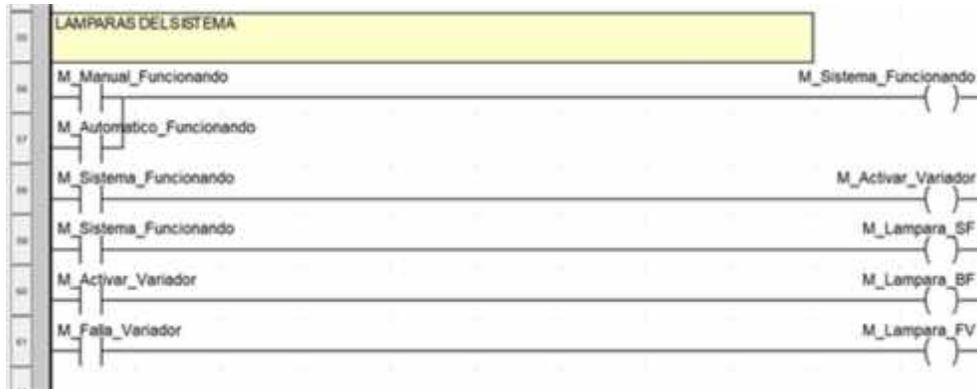


Fig. 49 Programa PLC

4.14.4.2 Diagrama de bloque de funciones

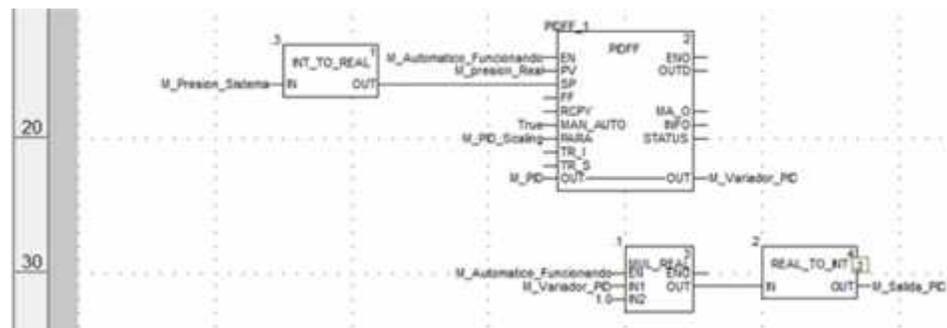


Fig. 50 Diagrama de bloque de funciones

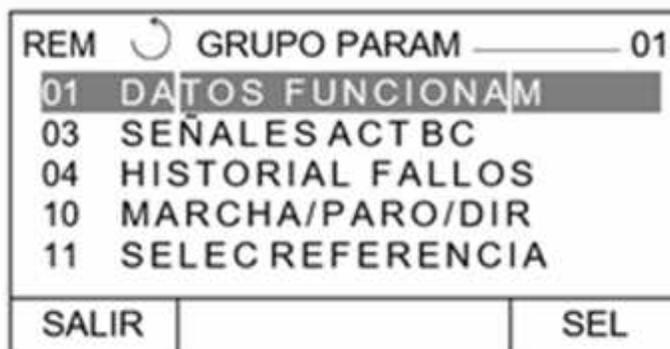
4.14.5 Configuración Variador de Frecuencia

4.14.5.1 Pasos para la modificación de Parámetros

Por medio de nuestro panel de control pulsamos la tecla multifunción de la derecha, accediendo de esta forma al menú principal, donde nos encontraremos la siguiente pantalla:



Con las flechas arriba / abajo seleccionaremos el menú “PARÁMETROS”, podemos saber el menú seleccionado porque queda remarcado. Pulsamos la tecla multifunción de la derecha, que nos ofrece la opción “INTRO”, y nos aparece otro menú como el siguiente:



De nuevo, con las flechas arriba / abajo seleccionaremos el grupo de parámetros en el que se encuentra nuestro parámetro a cambiar.

4.14.5.2 Lista de Parámetros por modificar.

GRUPO 99: DATOS DE PARTIDA				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
9901	Idioma	4	Español	
9902	Aplicación	7	PFC	
9904	Modo control motor	3	Escalar frecuencia	
9905	Tensión nominal motor		380 V	Tensión nominal motor en V.
9906	Intensidad nominal motor		11.8 A	Intensidad nominal motor en A.
9907	Frecuencia nominal motor		60 Hz	Frecuencia nominal motor en Hz.
9908	Velocidad nominal motor		2900	Velocidad nominal motor en rpm.
9909	Potencia nominal motor		Kw	Potencia motor en Kw.

GRUPO 10: MARCHA / PARO / DIRECCIÓN				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas

1001	Comando exterior 1	0	SIN SEL	
1002	Comando exterior 2	5	ED5	Define la marcha del equipo

GRUPO 11: SELECCIÓN DE REFERENCIA				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
1101	Selección referencia panel	2	REF 2 %	
1102	Selección EXT 1 / EXT 2	7	EXT 2	
1103	Selección REF 1	0	Panel	
1104	Ref 1 Mínimo		0 Hz	
1105	Ref 1 Máximo		60 Hz	
1106	Selección referencia 2	1	EA1	

GRUPO 13: ENTRADAS ANALÓGICAS				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
1304	Mínimo ent. analógica 2		20 %	Para entradas 4 – 20 mA.
1305	Máximo ent. analógica 2		100 %	
1306	Filtro entrada analógica 2		0.2 Seg.	Filtra la entrada del transductor

GRUPO 16: CONTROLES DEL SISTEMA				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
1601	Permiso de marcha	0	SIN SEL	
1602	Bloqueo parámetros	1	ABIERTO	
1603	Código de acceso	35 8	*	Para desbloquear parámetros
1604	Reset de fallos	0	Panel	
1605	Camb. ajuste par. Usuario	0	SIN SEL	
1606	Bloqueo local	7	SI	Inhabilita la tecla LOC del panel

GRUPO 20: LÍMITES				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
2003	Intensidad máxima		I.n. x 1.5	1,5 veces la intensidad nominal
2007	Frecuencia mínima		25 Hz	30 Hz para motores FRANKLIN
2008	Frecuencia máxima		52 Hz	

GRUPO 21: MARCHA / PARO				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
2101	Función marcha	1	Auto	
2102	Función de paro	1	Paro libre	

GRUPO 30: FUNCIONES FALLOS				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
3001	Entrada analógica min.	1	Fallo	
3002	Perdida de panel	3	Ultima velocidad	
3010	Función bloqueo	1	Fallo	
3022	Limite fallo ent. Analógica		15%	Fallo por debajo de 3mA

GRUPO 31: REARRANQUES AUTOMÁTICOS				
Param.	Descripción	Nº	Programación	Notas
3101	Numero de tentativas		5	
3102	Tiempo de tentativas		30 Seg.	
3103	Tiempo de demora		5 Seg.	
3104	Sobre intensidad	1	Activar	
3105	Sobre tensión	1	Activar	
3106	Subtensión	1	Activar	

Product datasheet (Anexo F)

4.15 Tabla de presupuesto total:

ACCESORIOS	CANTIDAD	PRECIO
Sensor de Presión XMLK025B2C21	1	S/. 664.40
Presostato	1	S/. 214.30
Variador de Frecuencia ACS310	1	S/. 2 011.31
CPU BMX P34 2020	1	S/. 2 434.30
BMX AMM 0600	1	S/. 1 740.57
BMX DDM 3202K	1	S/. 1 071.28
BMX CPS 3500	1	S/. 2 584.88
Electrobomba Pentax MSVA-3/5.5 7.5HP	1	S/. 8 058
Tablero Eléctrico	1	S/. 300
Rollo 100m de cable INDECO	1	S/. 169.90
Interruptor Schneider Tripolar	1	S/. 95
Interruptor Schneider Automático Tripolar	1	S/. 626
Otros (Riel, Canaletas, Tornillos, etc.)	1	S/. 100
	TOTAL	S/. 20,069.94

Tabla 7. Tabla de presupuesto total

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

-) Conforme al objetivo principal se cumplió con el diseño de un sistema de control de presión de agua de acuerdo a la demanda para el laboratorio de Ingeniería Electrónica – UNPRG.
-) Se pudo aprender como es el proceso de los diferentes sistemas de bombeo para edificios.
-) Se pudo determinar la demanda de agua del laboratorio de ingeniería electrónica con relación al caudal y presión calculados.
-) Se realizó de manera óptima los cálculos para el dimensionamiento de todo el sistema.
-) Se diseñó el algoritmo de control con variador de velocidad.
-) De acuerdo al dimensionamiento calculado se pudo seleccionar los equipos e instrumentos para implementación del sistema.
-) Con la implementación de un sistema de presión constante se logrará tener un mejor control del sistema de agua, entregando así a los aparatos sanitarios de nuestra escuela, la presión necesaria. Obteniendo así un servicio en óptimas condiciones.
-) La implementación de estas nuevas tecnologías obligará a disminuir costos en el servicio de agua potable, por otro lado, obligando a realizar tareas de mantenimiento del sistema cada cierto tiempo, convirtiéndose así en una alternativa muy accesible.

5.2 RECOMENDACIONES

-) Ajuste y calibre su sistema

Los sistemas de presión constante deben ser calibrados para comprobar que operan según las condiciones de diseño. Las modificaciones al sistema enfocadas a mejorar la uniformidad, corregir presiones de operación o reparar fugas, podrían ahorrar agua.

-) Realice mantenimiento exhaustivo

Plantas de bombeo ineficientes, fugas en el sistema de distribución, problemas con la presión y las boquillas, podrían rebajar la eficiencia de aplicación, derrochar dinero de operación y causar problemas de uniformidad.

Un mantenimiento exhaustivo verifica que la presión reúna los requerimientos de diseño y que las fugas y pérdidas de agua se mantengan al mínimo. Las mejoras más importantes se basan en la reparación de fugas, juntas, y otros elementos. El ahorro de agua promedio es del 20%.

BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO VI

6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Instalaciones Sanitarias en Edificaciones

https://documentop.com/page-1-nstalizaciones-santaras-en-edificaciones-captulo-_599311501723ddd3786e9545.html

[2] Diseño de redes hidráulicas

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5091/fichero/8+-+DISE%C3%91O+DE+REDES+HIDR%C3%81ULICAS.pdf>

[3] Sistemas de Bombeo - Características y Dimensionamiento

<https://es.calameo.com/read/0020191778fa0eecb4ed6>

[4] Controlador lógico programable (PLC)

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

[5] Teoría de variadores de velocidad

<https://es.scribd.com/document/239751870/Teoria-de-Variadores-formato-ABB-ppt-pdf>

[6] Sensores y Actuadores – aplicaciones con arduino

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/unprgsp/reader.action?docID=4569609>

[7] Guías para estaciones de bombeo de agua potable

<http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>

[8] Glosario de Electricidad

<https://glosarios.servidor-alicante.com/electricidad/circuito-de-fuerza>

ANEXOS

CAPITULO VII

ANEXO A: SENSOR DE PRESIÓN XMLK025B2C21

Product data sheet Characteristics

XMLK025B2C21

pressure sensor XMLK - 0..25bar - G 1/4A -
4..20mA - DIN - set of 1

Product availability : Non-Stock - Not normally stocked in distribution facility

Price* : 77.00 USD



Main

Range of product	OxiSense XM
Product or component type	Electronic pressure sensors
Pressure sensor type	Pressure transmitter
Pressure sensor name	XMLK
Electrical circuit type	Control circuit
Pressure sensor size	362.59 psi (25 bar)
Local display	Without
Controlled fluid	Air 32...176 °F (0...80 °C) Fresh water 32...176 °F (0...80 °C)
Fluid connection type	G 1/4A (male) conforming to DIN 3852-E
Electrical connection	1 male connector EN 175301-603-A (ex DIN43650) 4 pins
[Us] rated supply voltage	24 V DC SELV, voltage limits: 8...33 V
Current consumption	< 20 mA
Type of output signal	Analogue
Analogue output function	4...20 mA, 2-wire
Quantity per set	Set of 1
Type of packing	Individual

Complementary

Pressure setting range	0...362.59 psi (0...25 bar)
Maximum permissible accidental pressure	725.19 psi (50 bar)
Destruction pressure	1087.76 psi (75 bar)
Materials in contact with fluid	Ceramic Nitrile (NBR) Stainless steel type AISI 303
Operating position	Any position
Protection type	Reverse polarity Load short-circuit
Electromagnetic compatibility	Electrostatic discharge immunity test conforming to EN/IEC 61000-4-2 - test level 8 kV air, 6 kV contact

22.11.2016

XMLK025B2C21 Schneider

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications.

Susceptibility to electromagnetic fields conforming to EN/IEC 61000-4-3 - test level 10 V/m (f = 80...1000 MHz)
 Electrical fast transient/burst immunity test conforming to EN/IEC 61000-4-4 - test level 2 kV
 1.250 µs shock waves immunity test conforming to EN/IEC 61000-4-5 - test level 500 V 12 Ohm, 1 kV 42 Ohm
 Radiated RF fields conforming to EN/IEC 61000-4-6 - test level 10 V (f = 0.15...80 MHz)
 Immunity to magnetic fields conforming to EN/IEC 61000-4-8 - test level 30 A/m (f = 50 Hz)

[Uimp] rated impulse withstand voltage	0.5 kV
Response time on output	< 5 ms
Measurement accuracy	±/- 1 % of the measuring range
Accuracy	0.1 % of the measuring range
Drift of the sensitivity	±/- 0.04 % of measuring range/K
Drift of the zero point	±/- 0.03 % of measuring range/K
Repeat accuracy	±/- 1 % of the measuring range
Mechanical durability	≥ 10000000 cycles
Product weight	0.24 lb(US) (0.11 kg)
Diameter	1.42 in (36 mm)
Length	2.66 in (67.5 mm)
Scale type	Fixed differential

Environment

Standards	EN/IEC 61326-2-3 CE
Product certifications	UL 508 RCM CSA C22.2 No 14 EAC
Protective treatment	TC
Ambient air temperature for operation	32...176 °F (0...80 °C)
Ambient air temperature for storage	-13...176 °F (-25...80 °C)
Vibration resistance	20 gn (f = 9...2000 Hz) conforming to EN/IEC 60068-2-6
Shock resistance	25 gn 11 ms conforming to EN/IEC 60068-2-27
IP degree of protection	IP65 conforming to EN/IEC 60529
NEMA degree of protection	NEMA 4

Ordering and shipping details

Category	21561 - XMLK/XMLP PRESSURE TRANSMITTERS
Discount Schedule	DS2
GTIN	003389119048644
Nbr. of units in pkg.	1
Package weight(Lbs)	0.2999999999999999
Returnability	N
Country of origin	CH

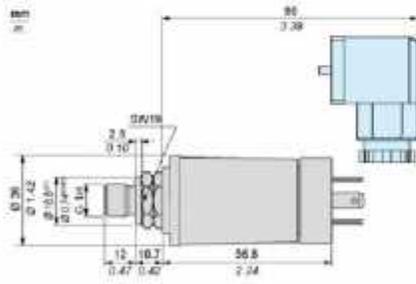
Offer Sustainability

RoHS (date code: YYWW)	Compliant - since 1001 - Schneider Electric declaration of conformity Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold Reference not containing SVHC above the threshold

Contractual warranty

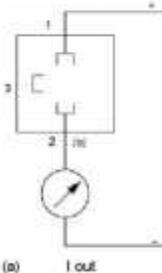
Warranty period	18 months
-----------------	-----------

Dimensions



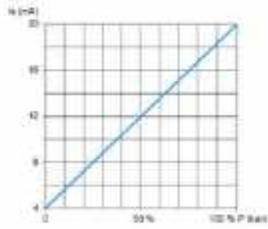
Wiring Diagram

2-Wire Technique (4-20 mA)



(a)

Output Curves



ANEXO B: PLC MODICON BMXP342020

Product data sheet
Characteristics

BMXP342020
processor module M340 - max 1024 discrete +
256 analog I/O - Modbus - Ethernet



Main

Range of product	Modicon M340 automation platform
Product or component type	Processor module
Concept	CANopen Transparent Ready
Number of racks	4
Number of slots	11
Discrete I/O processor capacity	1024 I/O multi-rack configuration 704 I/O single-rack configuration
Analogue I/O processor capacity	256 I/O multi-rack configuration 66 I/O single-rack configuration
Number of application specific channel	36
Monitoring	Diagnostic counters Modbus Event counters Modbus

Complementary

Control channels	Programmable loops
Integrated connection type	Ethernet TCP/IP RJ45 10/100 Mbit/s 1 twisted pair USB port 12 Mbit/s Non isolated serial link RJ45 character mode asynchronous in baseband RS232C full duplex 0.3...19.2 kbit/s 2 twisted shielded pairs Non isolated serial link RJ45 character mode asynchronous in baseband RS485 half duplex 0.3...19.2 kbit/s 1 twisted shielded pair Non isolated serial link RJ45 Modbus master/slave RTU/ASCII asynchronous in baseband RS232C half duplex 0.3...19.2 kbit/s 1 twisted shielded pair Non isolated serial link RJ45 Modbus master/slave RTU/ASCII asynchronous in baseband RS485 half duplex 0.3...19.2 kbit/s 1 twisted shielded pair
Communication module processor capacity	2 Ethernet communication module 4 AS-Interface module
Communication service	Bandwidth management, Ethernet TCP/IP Data Editor, Ethernet TCP/IP Modbus TCP messaging, Ethernet TCP/IP Rack Viewer, Ethernet TCP/IP SNMP network administrator, Ethernet TCP/IP

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for articles not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications

Jan 18, 2018



Port Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX
Number of devices per segment	0...32 character mode 0...32 Modbus
Number of devices	2 point-to-point character mode 2 point-to-point Modbus
Bus length	0...10 m serial link non isolated character mode segment 0...10 m serial link non isolated Modbus segment 0...1000 m serial link isolated character mode segment 0...1000 m serial link isolated Modbus segment 0...15 m character mode point-to-point 0...15 m Modbus point-to-point
Tap links length	15 m serial link non isolated character mode segment 15 m serial link non isolated Modbus segment 40 m serial link isolated character mode segment 40 m serial link isolated Modbus segment
Number of addresses	0...248 character mode 0...248 Modbus
Requests	1 K data bytes per request character mode 252 data bytes per RTU request Modbus 504 data bytes per ASCII request Modbus
Control parameter	One CRC on each frame (RTU) Modbus One LRC on each frame (ASCII) character mode One LRC on each frame (ASCII) Modbus
Memory description	4096 kB internal RAM 256 kB internal RAM for data 3584 kB internal RAM for program constants and symbols Supplied memory card (BMXRMS008MP) for activation of standard web server, class B10 Supplied memory card (BMXRMS008MP) for backup of programs, constants, symbols and data
Maximum size of object areas	256 kB unlocated internal data 32634 %M located internal bits
Default size of object areas	1024 %MW internal words located internal data 256 %KW constant words located internal data 512 %M located internal bits
Application structure	64 event tasks 1 periodic fast task 1 cyclic/periodic master task No auxiliary task
Execution time per instruction	0.12 µs Boolean 0.17 µs double-length words 0.25 µs single-length words 1.18 µs floating points
Number of instructions per ms	6.4 Kinst/ms 65 % Boolean + 35 % fixed arithmetic 8.1 Kinst/ms 100 % Boolean
System overhead	0.13 ms fast task 0.7 ms master task
Current consumption	95 mA 24 V DC
Supply	Internal power supply via rack
Marking	CE
Status LED	1 LED green activity on Ethernet network (ETH ACT) 1 LED green processor running (RUN) 1 LED green status of Ethernet network (ETH STS) 1 LED red data rate (ETH 100) 1 LED red I/O module fault (IO) 1 LED red memory card fault (CARD ERR) 1 LED red processor or system fault (ERR) 1 LED yellow activity on Modbus (SER COM)
Product weight	0.205 kg

Environment

Ambient air temperature for operation	0...60 °C
Relative humidity	10...95 % without condensation
IP degree of protection	IP20
Protective treatment	TC
Standards	CSA C22.2 No 215 Class I Division 2

EN 61131-2
CSA C22.2 No 142
IEC 61131-2
UL 508

Offer Sustainability

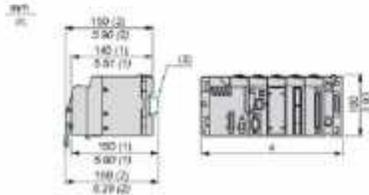
Sustainable offer status	Green Premium product
RoHS (date code, YYWW)	Compliant - since 0722 - Schneider Electric declaration of conformity Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold Reference not containing SVHC above the threshold
Product environmental profile	Available End of life manual
Product end of life instructions	Available Product environmental

Contractual warranty

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

Modules Mounted on Racks

Dimensions



- (1) With removable terminal block (cage, screw or spring).
- (2) With FCN connector.
- (3) On AM1 ED rail: 35 mm wide, 15 mm deep. Only possible with BMXXBP0400/D400H/D600/D600H/D800/D800H rack.

Rack references	a in mm	a in in.
BMXXBP0400 and BMXXBP0400H	242.4	9.54
BMXXBP0600 and BMXXBP0600H	307.6	12.11
BMXXBP0800 and BMXXBP0800H	372.8	14.68
BMXXBP1200 and BMXXBP1200H	503.2	19.81

ANEXO C: MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS BMXAMM0600

Product data sheet
Characteristics

BMXAMM0600
analog I/O module M340 - 4 inputs - 2 outputs -
high level



Main

Range of product	Modicon X80
Product or component type	Mixed analog I/O module
Electrical connection	1 connector 20 ways
Input output isolation	Non isolated
Input level	High level
Analogue input number	4
Analogue input type	Current 0...20 mA Current 4...20 mA Voltage +/- 10 V Voltage 0...10 V Voltage 0...5 V Voltage 1...5 V

Complementary

Analogue input resolution	12 bits 0...20 mA 12 bits 0...5 V 12 bits 1...5 V 12 bits 4...20 mA 13 bits 0...10 V 14 bits +/- 10 V
Permitted overload on inputs	+/- 30 mA 0...20 mA +/- 30 mA 4...20 mA +/- 30 V +/- 10 V +/- 30 V 0...10 V +/- 30 V 0...5 V +/- 30 V 1...5 V
Internal conversion resistor	250 Ohm
Precision of internal conversion resistor	0.1 % - 15 ppm/°C
Type of filter	First order digital filtering by firmware
Fast read cycle time	1 ms + 1 ms x number of channels used
Nominal read cycle time	5 ms for 4 channels

Apr 26, 2018

Librairie Schneider

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for articles not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications

Measurement error	0.25 % of full scale 0...20 mA 25 °C 0.25 % of full scale 4...20 mA 25 °C ≤ 0.35 % of full scale +/- 10 V 0...60 °C ≤ 0.35 % of full scale 0...10 V 0...60 °C ≤ 0.35 % of full scale 0...5 V 0...60 °C ≤ 0.35 % of full scale 1...5 V 0...60 °C ≤ 0.5 % of full scale 0...20 mA 0...60 °C ≤ 0.5 % of full scale 4...20 mA 0...60 °C ≤ 0.6 % of full scale +/- 10 V 0...60 °C ≤ 0.6 % of full scale 0...20 mA 0...60 °C ≤ 0.6 % of full scale 4...20 mA 0...60 °C 0.25 % of full scale 0...10 V 25 °C 0.25 % of full scale 0...5 V 25 °C 0.25 % of full scale 1...5 V 25 °C 0.35 % of full scale 0...20 mA 25 °C 0.35 % of full scale 4...20 mA 25 °C 0.25 % of full scale +/- 10 V +/- 10 V 25 °C
Temperature drift	100 ppm/°C +/- 10 V 100 ppm/°C 0...20 mA 100 ppm/°C 4...20 mA 30 ppm/°C +/- 10 V 30 ppm/°C 0...10 V 30 ppm/°C 0...5 V 30 ppm/°C 1...5 V 50 ppm/°C 0...20 mA 50 ppm/°C 4...20 mA
Recalibration	Factory calibrated on outputs Internal on inputs
Isolation voltage	1400 V DC between channels and ground 1400 V DC between channels and bus 750 V DC between group of I/O channels
Output level	High level
Analogue output number	2
Analogue output type	Current 0...20 mA Current 4...20 mA Voltage +/- 10 V
Analogue output resolution	11 bits 0...20 mA 11 bits 4...20 mA 12 bits +/- 10 V
Conversion time	≤ 2 ms
Maximum conversion value	+/- 11.25 V 0...10 V +/- 11.25 V 0...5 V +/- 11.25 V 1...5 V 0...24 mA 0...20 mA 0...24 mA 4...20 mA 0...30 mA 0...20 mA 0...30 mA 4...20 mA +/- 11.25 V +/- 10 V +/- 10 V
Fallback mode	Predefined Configurable
Status LED	1 LED green RUN 1 LED per channel green channel diagnostic 1 LED red ERR 1 LED red IO
Product weight	0.155 kg
Current consumption	150 mA at 3.3 V DC 130 mA at 24 V DC

Environment

Vibration resistance	3 gn
Shock resistance	30 gn
Ambient air temperature for storage	-40...85 °C
Ambient air temperature for operation	0...60 °C
Relative humidity	5...95 % 55 °C without condensation
IP degree of protection	IP20
Product certifications	CSA

	EAC RCM CE UL Merchant Navy
Standards	EN/IEC 61131-2 EN/IEC 61010-2-201 CSA C22.2 No 61010-2-201 UL 61010-2-201
Protective treatment	TC
Operating altitude	0..2000 m 2000..5000 m (with derating factor)

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
RoHS (date code: YYWW)	Compliant - since 0605 - Schneider Electric declaration of conformity Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold Reference not containing SVHC above the threshold
Product environmental profile	Available End of life manual
Product end of life instructions	Available Product environmental

Contractual warranty

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

ANEXO D: MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES BMXDDM3202K

Product data sheet Characteristics

BMXDDM3202K
discrete I/O module M340 - 16 inputs - 24 V DC -
16 outputs - solid state



Main

Range of product	Modicon X80
Product or component type	Discrete I/O module
Electrical connection	20-way connector
Discrete input number	16
Input type	Current sink (logic positive)
Discrete input voltage	24 V DC positive
Discrete input current	2.5 mA
Input compatibility	With 2-wire/3-wire proximity sensors conforming to IEC 60947-5-2
Discrete output number	16
Discrete output type	Solid state
Discrete output voltage	24 V 19...30 V DC
Discrete output current	0.1 A

Complementary

Sensor power supply	19...30 V
Voltage state 1 guaranteed	≥ 11 V
Current state 1 guaranteed	≥ 2 mA
Voltage state 0 guaranteed	≤ 5 V
Current state 0 guaranteed	≤ 1.5 mA
Current per channel	≤ 0.125 A
Current per module	≤ 3.2 A
Leakage current	≤ 0.1 mA at state 0
[Ures] residual voltage	≤ 1.5 V at state 1
Input impedance	9600 Ohm
Insulation resistance	> 10 MOhm 500 V DC
Power dissipation in W	≤ 4 W
DC typical filtering time	4 ms

Jan 20, 2018

Modicon Schneider

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and/or not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications.

DC maximum filtering time	7 ms
Response time on output	1.2 ms
Paralleling of outputs	Yes - 3 maximum
Typical current consumption	69 mA at 24 V DC 150 mA at 3.3 V DC
Current consumption	<= 104 mA at 24 V DC <= 166 mA at 3.3 V DC
MTBF reliability	432904 H
Protection type	Overvoltage protection on output Reverse polarity protection on input Reverse polarity protection on output 1 external fuse per group of input channel 0.5 A fast blow
Output overload protection	With electronic circuit breaker 0.125 A < I _d < 0.185 A With current limiter
Output overvoltage protection	With transient diode
Output short-circuit protection	With 2 A external fuse
Reverse polarity protection	Reverse mounted diode
Voltage detection threshold	< 14 V DC preactuator fault < 14 V DC sensor fault > 18 V DC preactuator OK > 18 V DC sensor OK
Tungsten load	<= 1.2 W
Switching frequency	0.5 kP Hz
Overload time	<= 15 ms
Load impedance ohmic	<= 220 Ohm
Status LED	1 LED green for module operating (RUN) 1 LED per channel green for channel diagnostic 1 LED red for module VO 1 LED red for module error (ERR)
Product weight	0.11 kg

Environment

IP degree of protection	IP20
Product certifications	EAC CSA Merchant Navy CE RCM UL
Standards	UL 61010-2-201 ENIEC 61131-2 CSA C22.2 No.61010-2-201 ENIEC 61010-2-201
Dielectric strength	1500 V AC at 50/60 Hz 1 minute, output/ground 1500 V AC at 50/60 Hz 1 minute, output/internal logic 1500 V AC at 50/60 Hz 1 minute, primary/secondary 500 V DC 1 minute, between group of inputs and outputs
Vibration resistance	3 gn
Shock resistance	30 gn
Ambient air temperature for storage	-40...85 °C
Ambient air temperature for operation	0...60 °C
Relative humidity	5...95 % without condensation 55 °C
Protective treatment	TC
Operating altitude	0...2000 m 2000...5000 m (with derating factor)

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
RoHS (date code: YYWW)	Compliant - since 0722 - Schneider Electric declaration of conformity

	Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold Reference not containing SVHC above the threshold
Product environmental profile	Available Product environmental
Product end of life instructions	Available End of life manual
Contractual warranty	
Warranty period	18 months

ANEXO E: VARIADOR DE FRECUENCIA ACS310-03E-13A8-4

ACS310-03E-13A8-4



Products » Drives » Low voltage AC drives » General purpose drives

General Information

Global Commercial Alias:	ACS310-03E-13A8-4
Product ID:	3AJA0000039633
ABB Type Designation:	ACS310-03E-13A8-4
EAN:	6410038785796
Catalog Description:	ACS310-03E-13A8-4 Pn 5,5, I2n 13,8A IP20

Ordering

Country of Origin:	China (CN) Finland (FI)
Customs Tariff Number:	85044084
EAN:	6410038785796
Invoice Description:	ACS310-03E-13A8-4 Pn 5,5, I2n 13,8A IP20
Made To Order:	No
Minimum Order Quantity:	1 piece
Order Multiple:	1 piece
Quote Only:	No
Selling Unit of Measure:	piece
Stocked At (Warehouses):	Central Stock Europe Central Stock Asia FIPSEEXPU US Drive Services FIPSEEXPU014 SGRDC002EXPU CNIAB001EXPU SGIND002EXPU AUABB024EXPU

Dimensions

Product Net Height:	344 mm
Product Net Length:	217 mm
Product Net Weight:	3.2 kg
Product Net Width:	226 mm

Technical

Enclosure Class:	IP20
Frequency (f):	48 ... 63 Hz
Input Voltage (U_{in}):	380 ... 480 V

Mounting Type:	Wall-mounted
Number of Phases:	3
Output Current, Normal Use:	13.8 A
Output Power, Normal Use:	5.5 kW 7.5 Hp

Additional Information

Product Main Type:	ACS310
Product Name:	Frequency converter

Classifications

Product Series:	ACS310
------------------------	--------



ANEXO F: PANEL DE CONTROL BÁSICO ACS-CP-C.

Control panels 75

Basic control panel

■ Features

The basic control panel features:

- numeric control panel with an LCD display
- copy function – parameters can be copied to the control panel memory for later transfer to other drives or for backup of a particular system.

■ Overview

The following table summarizes the key functions and displays on the basic control panel.

No.	Use
1	<p>LCD display – Divided into five areas:</p> <p>a. Upper left – Control location: LOC: drive control is local, that is, from the control panel REM: drive control is remote, such as the drive I/O or fieldbus.</p> <p>b. Upper right – Unit of the displayed value.</p> <p>c. Center – Variable; in general, shows parameter and signal values, menus or lists. Shows also fault and alarm codes.</p> <p>d. Lower left and center – Panel operation state: OUTPUT: Output mode PAR: Parameter mode MENU: Main menu. FAULT: Fault mode.</p> <p>e. Lower right – Indicators: FWD (forward) / REV (reverse): direction of the motor rotation Flashing slowly: stopped Flashing rapidly: running, not at setpoint Steady: running, at setpoint SET: Displayed value can be modified (in the Parameter and Reference modes).</p>
2	RESET/EXIT – Exits to the next higher menu level without saving changed values. Resets faults in the Output and Fault modes.
3	MENU/ENTER – Enters deeper into menu level. In the Parameter mode, saves the displayed value as the new setting.
4	Up – <ul style="list-style-type: none"> • Scrolls up through a menu or list. • Increases a value if a parameter is selected. • Increases the reference value in the Reference mode. • Holding the key down changes the value faster.
5	Down – <ul style="list-style-type: none"> • Scrolls down through a menu or list. • Decreases a value if a parameter is selected. • Decreases the reference value in the Reference mode. • Holding the key down changes the value faster.
6	LOC/REM – Changes between local and remote control of the drive.
7	DIR – Changes the direction of the motor rotation.
8	STOP – Stops the drive in local control.
9	START – Starts the drive in local control.



■ Operation

You operate the control panel with the help of menus and keys. You select an option, eg operation mode or parameter, by scrolling the  and  arrow keys until the option is visible in the display and then pressing the  key.

With the  key, you return to the previous operation level without saving the made changes.

The basic control panel has five panel modes: *Output mode*, *Reference mode*, *Parameter mode*, *Copy mode* and Fault mode. The operation in the first four modes is described in this chapter. When a fault or alarm occurs, the panel goes automatically to the Fault mode showing the fault or alarm code. You can reset the fault or alarm in the Output or Fault mode (see chapter *Fault tracing* on page 335).

After the power is switched on, the panel is in the Output mode, where you can start, stop, change the direction, switch between local and remote control and monitor up to three actual values (one at a time). To do other tasks, go first to the Main menu and select the appropriate mode.

REM	49.1	Hz
OUTPUT		FWD
REM	PAR	
	MENU	FWD

How to do common tasks

The table below lists common tasks, the mode in which you can perform them and the page number where the steps to do the task are described in detail.

Task	Mode	Page
How to find out the panel firmware version	At power up	78
How to switch between local and remote control	Any	78
How to start and stop the drive	Any	78
How to change the direction of the motor rotation	Any	79
How to browse the monitored signals	Output	80
How to set the speed, frequency or torque reference	Reference	81
How to change the value of a parameter	Parameter	82
How to select the monitored signals	Parameter	83
How to reset faults and alarms	Output, Fault	335
How to copy parameters from the drive to the control panel	Copy	86
How to restore parameters from the control panel to the drive	Copy	86

How to find out the panel firmware version

Step	Action	Display
1.	If the power is switched on, switch it off.	
2.	Keep key  pressed down while you switch on the power and read the panel firmware version shown on the display. When you release the  key, the panel goes to the Output mode.	X.XX

How to start, stop and switch between local and remote control

You can start, stop and switch between local and remote control in any mode. To be able to start or stop the drive, the drive must be in local control.

Step	Action	Display
1.	<ul style="list-style-type: none"> To switch between remote control (REM shown on the left) and local control (LOC shown on the left), press . <p>Note: Switching to local control can be disabled with parameter <i>1606 LOCAL LOCK</i>.</p> <p>After pressing the key, the display briefly shows message "LoC" or "rE", as appropriate, before returning to the previous display.</p> <p>The very first time the drive is powered up, it is in remote control (REM) and controlled through the drive I/O terminals. To switch to local control (LOC) and control the drive using the control panel, press . The result depends on how long you press the key:</p> <ul style="list-style-type: none"> If you release the key immediately (the display flashes "LoC"), the drive stops. Set the local control reference as instructed on page 87. If you press the key for about two seconds (release when the display changes from "LoC" to "LoC r"), the drive continues as before. The drive copies the current remote values for the run/stop status and the reference, and uses them as the initial local control settings. <ul style="list-style-type: none"> To stop the drive in local control, press . To start the drive in local control, press . 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> LOC 49.1 Hz OUTPUT FWD </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> LOC LoC FWD </div> <p>Text FWD or REV on the bottom line starts flashing slowly.</p> <p>Text FWD or REV on the bottom line starts flashing rapidly. It stops flashing when the drive reaches the setpoint.</p>

How to change the direction of the motor rotation

You can change the direction of the motor rotation in any mode.

Step	Action	Display				
1.	If the drive is in remote control (REM shown on the left), switch to local control by pressing  . The display briefly shows message "LoC" before returning to the previous display.	<table border="1"> <tr> <td>LOC</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">49.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>OUTPUT</td> <td style="text-align: right;">FWD</td> </tr> </table>	LOC	49.1 Hz	OUTPUT	FWD
LOC	49.1 Hz					
OUTPUT		FWD				
2.	To change the direction from forward (FWD shown at the bottom) to reverse (REV shown at the bottom), or vice versa, press  . Note: Parameter <i>1003 DIRECTION</i> must be set to 3 (<i>REQUEST</i>).	<table border="1"> <tr> <td>LOC</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">49.1 Hz</td> </tr> <tr> <td>OUTPUT</td> <td style="text-align: right;">REV</td> </tr> </table>	LOC	49.1 Hz	OUTPUT	REV
LOC	49.1 Hz					
OUTPUT		REV				

■ Output mode

In the Output mode, you can:

- monitor actual values of up to three group *01 OPERATING DATA* signals, one signal at a time
- start, stop, change the direction and switch between local and remote control.

You get to the Output mode by pressing  until the display shows text OUTPUT at the bottom.

The display shows the value of one group *01 OPERATING DATA* signal. The unit is shown on the right. Page 83 tells how to select up to three signals to be monitored in the Output mode. The table below shows how to view them one at a time.

REM	49.1	Hz
OUTPUT		FWD

How to browse the monitored signals

Step	Action	Display																		
1.	<p>If more than one signals have been selected to be monitored (see page 83), you can browse them in the Output mode.</p> <p>To browse the signals forward, press key  repeatedly. To browse them backward, press key  repeatedly.</p>	<table border="1"> <tr> <td>REM</td> <td>49.1</td> <td>Hz</td> </tr> <tr> <td>OUTPUT</td> <td></td> <td>FWD</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>REM</td> <td>0.5</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>OUTPUT</td> <td></td> <td>FWD</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>REM</td> <td>10.7</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>OUTPUT</td> <td></td> <td>FWD</td> </tr> </table>	REM	49.1	Hz	OUTPUT		FWD	REM	0.5	A	OUTPUT		FWD	REM	10.7	%	OUTPUT		FWD
REM	49.1	Hz																		
OUTPUT		FWD																		
REM	0.5	A																		
OUTPUT		FWD																		
REM	10.7	%																		
OUTPUT		FWD																		

■ Reference mode

In the Reference mode, you can:

- set the speed, frequency or torque reference
- start, stop, change the direction and switch between local and remote control.

How to set the speed, frequency or torque reference

Step	Action	Display
1.	Go to the Main menu by pressing  if you are in the Output mode, otherwise by pressing  repeatedly until you see MENU at the bottom.	
2.	If the drive is in remote control (REM shown on the left), switch to local control by pressing  . The display briefly shows "LoC" before switching to local control. Note: With group <i>11 REFERENCE SELECT</i> , you can allow the reference modification in remote control (REM).	
3.	If the panel is not in the Reference mode ("rEF" not visible), press key  or  until you see "rEF" and then press  . Now the display shows the current reference value with SET under the value.	 
4.	<ul style="list-style-type: none"> • To increase the reference value, press  • To decrease the reference value, press  The value changes immediately when you press the key. It is stored in the drive permanent memory and restored automatically after power switch-off.	

■ Parameter mode

In the Parameter mode, you can:

- view and change parameter values
- select and modify the signals shown in the Output mode
- start, stop, change the direction and switch between local and remote control.

How to select a parameter and change its value

Step	Action	Display
1.	Go to the Main menu by pressing  if you are in the Output mode, otherwise by pressing  repeatedly until you see MENU at the bottom.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC rEF MENU FWD </div>
2.	If the panel is not in the Parameter mode ("PAr" not visible), press key  or  until you see "PAr" and then press  . The display shows the number of one of the parameter groups.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC PAr MENU FWD </div>
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC -01- PAR FWD </div>
3.	Use keys  and  to find the desired parameter group.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC -11- PAR FWD </div>
4.	Press  . The display shows one of the parameters in the selected group.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC 1101 PAR FWD </div>
5.	Use keys  and  to find the desired parameter.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC 1103 PAR FWD </div>
6.	Press and hold  for about two seconds until the display shows the value of the parameter with SET underneath indicating that changing of the value is now possible. Note: When SET is visible, pressing keys  and  simultaneously changes the displayed value to the default value of the parameter.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC 1 PAR SET FWD </div>
7.	Use keys  and  to select the parameter value. When you have changed the parameter value, SET starts flashing. <ul style="list-style-type: none"> • To save the displayed parameter value, press . • To cancel the new value and keep the original, press . 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC 2 PAR SET FWD </div>
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC 1103 PAR FWD </div>

How to select the monitored signals

Step	Action	Display
1.	<p>You can select which signals are monitored in the Output mode and how they are displayed with group 34 PANEL DISPLAY parameters. See page 82 for detailed instructions on changing parameter values.</p> <p>By default, the display shows three signals.</p> <p>Signal 1: 0102 SPEED for macros 3-wire, Alternate, Motor potentiometer, Hand/Auto and PID control; 0103 OUTPUT FREQ for macros ABB standard and Torque control</p> <p>Signal 2: 0104 CURRENT</p> <p>Signal 3: 0105 TORQUE.</p> <p>To change the default signals, select up to three signals from group 01 OPERATING DATA to be shown.</p> <p>Signal 1: Change the value of parameter 3401 SIGNAL1 PARAM to the index of the signal parameter in group 01 OPERATING DATA (= number of the parameter without the leading zero), eg 105 means parameter 0105 TORQUE. Value 100 means that no signal is displayed.</p> <p>Repeat for signals 2 (3408 SIGNAL2 PARAM) and 3 (3415 SIGNAL3 PARAM). For example, if 3401 = 0 and 3415 = 0, browsing is disabled and only the signal specified by 3408 appears in the display. If all three parameters are set to 0, ie no signals are selected for monitoring, the panel displays text "n.A".</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">LOC 103 PAR SET FWD</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">LOC 104 PAR SET FWD</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LOC 105 PAR SET FWD</div>
2.	<p>Specify the decimal point location, or use the decimal point location and unit of the source signal (setting 9 (DIRECT)). Bar graphs are not available for basic control panel. For details, see parameter 3404.</p> <p>Signal 1: parameter 3404 OUTPUT1 DSP FORM Signal 2: parameter 3411 OUTPUT2 DSP FORM Signal 3: parameter 3418 OUTPUT3 DSP FORM.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LOC 9 PAR SET FWD</div>
3.	<p>Select the units to be displayed for the signals. This has no effect if parameter 3404/3411/3418 is set to 9 (DIRECT). For details, see parameter 3405.</p> <p>Signal 1: parameter 3405 OUTPUT1 UNIT Signal 2: parameter 3412 OUTPUT2 UNIT Signal 3: parameter 3419 OUTPUT3 UNIT.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LOC 3 PAR SET FWD</div>

Step	Action	Display
4.	<p>Select the scalings for the signals by specifying the minimum and maximum display values. This has no effect if parameter 3404/3411/3418 is set to 9 (<i>DIRECT</i>). For details, see parameters 3406 and 3407.</p> <p>Signal 1: parameters 3406 <i>OUTPUT1 MIN</i> and 3407 <i>OUTPUT1 MAX</i></p> <p>Signal 2: parameters 3413 <i>OUTPUT2 MIN</i> and 3414 <i>OUTPUT2 MAX</i></p> <p>Signal 3: parameters 3420 <i>OUTPUT3 MIN</i> and 3421 <i>OUTPUT3 MAX</i>.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;"> LOC 0.0 Hz <small>PAR SET FWD</small> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> LOC 500.0 Hz <small>PAR SET FWD</small> </div>

■ Copy mode

The basic control panel can store a full set of drive parameters and up to three user sets of drive parameters to the control panel. Uploading and downloading can be performed in local control. The control panel memory is non-volatile.

In the Copy mode, you can do the following:

- Copy all parameters from the drive to the control panel (uL – Upload). This includes all defined user sets of parameters and internal (not adjustable by the user) parameters such as those created by the ID run.
- Restore the full parameter set from the control panel to the drive (dL A – Download all). This writes all parameters, including the internal non-user-adjustable motor parameters, to the drive. It does not include the user sets of parameters.

Note: Only use this function to restore a drive, or to transfer parameters to systems that are identical to the original system.

- Copy a partial parameter set from the control panel to a drive (dL P – Download partial). The partial set does not include user sets, internal motor parameters, parameters *9905...9909*, *1605*, *1607*, *5201*, nor any group *51 EXT COMM MODULE* and *53 EFB PROTOCOL* parameters.

The source and target drives and their motor sizes do not need to be the same.

- Copy user set 1 parameters from the control panel to the drive (dL u1 – Download user set 1). A user set includes group *99 START-UP DATA* parameters and the internal motor parameters.

The function is only shown on the menu when user set 1 has been first saved using parameter *9902 APPLIC MACRO* (see section *User macros* on page 119) and then uploaded to panel.

- Copy user set 2 parameters from the control panel to the drive (dL u2 – Download user set 2). As dL u1 – Download user set 1 above.
- Copy user set 3 parameters from the control panel to the drive (dL u3 – Download user set 2). As dL u1 – Download user set 1 above.
- Start, stop, change the direction and switch between local and remote control.

How to upload and download parameters

For the upload and download functions available, see above. Note that the drive has to be in local control for uploading and downloading.

Step	Action	Display
1.	Go to the Main menu by pressing  if you are in the Output mode, otherwise by pressing  repeatedly until you see MENU at the bottom. – If REM is shown on the left, press first  to switch to local control.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC PAR MENU FWD </div>
2.	If the panel is not in the Copy mode ("CoPY" not visible), press key  or  until you see "CoPY". Press  .	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC CoPY MENU FWD </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC uL MENU FWD </div>
3.	To upload all parameters (including user sets) from the drive to the control panel, step to "uL" with keys  and  . Press  . During the transfer, the display shows the transfer status as a percentage of completion. To perform downloads, step to the appropriate operation (here "dL A", Download all, is used as an example) with keys  and  . Press  . During the transfer, the display shows the transfer status as a percentage of completion.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC uL MENU FWD </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC uL 50 % FWD </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC dL A MENU FWD </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> LOC dL 50 % FWD </div>

■ Basic control panel alarm codes

In addition to the faults and alarms generated by the drive (see chapter *Fault tracing* on page 335), the basic control panel indicates control panel alarms with a code of form A5xxx. See section *Alarms generated by the basic control panel* on page 341 for a list of the alarm codes and descriptions.

ANEXO G: ELECTROBOMBA PENTAX MSVA-3/5.5

MS



CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE / CONSTRUCTION FEATURES CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS / CARACTÉRÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN	
Corpo pompa Pump body	ghisa cast iron
Cuerpo bomba Corps de pompe	fundición fonte
Supporto motore Motor bracket	ghisa cast iron
Soporte motor Support moteur	fundición fonte
Girante Impeller	ottone brass
Rodete Turbine	latón bronze
Tenuta meccanica Mechanical seal	ceramica-grafite ceramic-graphite
Sello mecánico Garniture m canique	cermica-grafite ceramic-graphite
Albero motore Motor shaft	acciaio AISI 304 stainless steel AISI 304
Eje motor Arbre moteur	acero AISI 304 steel AISI 304
Temperatura del liquido Liquid temperature	
Temperatura del liquido Température du liquide	-10 ÷ +80 °C
Pressione di esercizio Operating pressure	
Presión de trabajo Pression de fonctionnement	max 30 bar
MOTORE / MOTOR / MOTOR / MOTEUR	
Motore 2 poli a induzione 2 pole induction motor	3- 230/400V-50Hz 1- 230V-50Hz Classe di efficienza IE2 o standard Pentax IE2 efficiency class or Pentax standard
Motor de 2 polos a inducción Moteur induction 2 p les	Clase de eficiencia IE2 o standard Pentax Classe d'efficacité IE2 ou Pentax standard
Classe di isolamento Insulation class	F
Clase de aislamiento Classe d'isolation	F
Grado di protezione Protection degree	IP44
Grado de protección Protection	IP44

Pompe centrifughe multistadio, verticali e orizzontali, che assicurano pressioni elevate. Particolarmente adatte per applicazioni civili ed industriali - in particolare per gruppi di pressurizzazione, impianti antincendio e impianti di lavaggio.

Multi-stage centrifugal pumps, vertical and horizontal, that guarantee high pressure. Particularly suitable for civil and industrial applications - in particular pressurisation systems, fire fighting systems and washing plant.

Bombas centrifugas multicelulares, verticales y horizontales, que garantizan presiones elevadas. Particularmente apropiadas para aplicaciones civiles e industriales - en particular para equipos de presión, instalaciones antincendio e instalaciones de lavado.

Pompes centrifuges multicellulaires, verticales et horizontales, qui assurent des pressions élevées. Particulièrement indiquées pour les applications civiles et industrielles, spécialement pour les groupes de surpression, les installations anti-incendie et les installations de lavage.

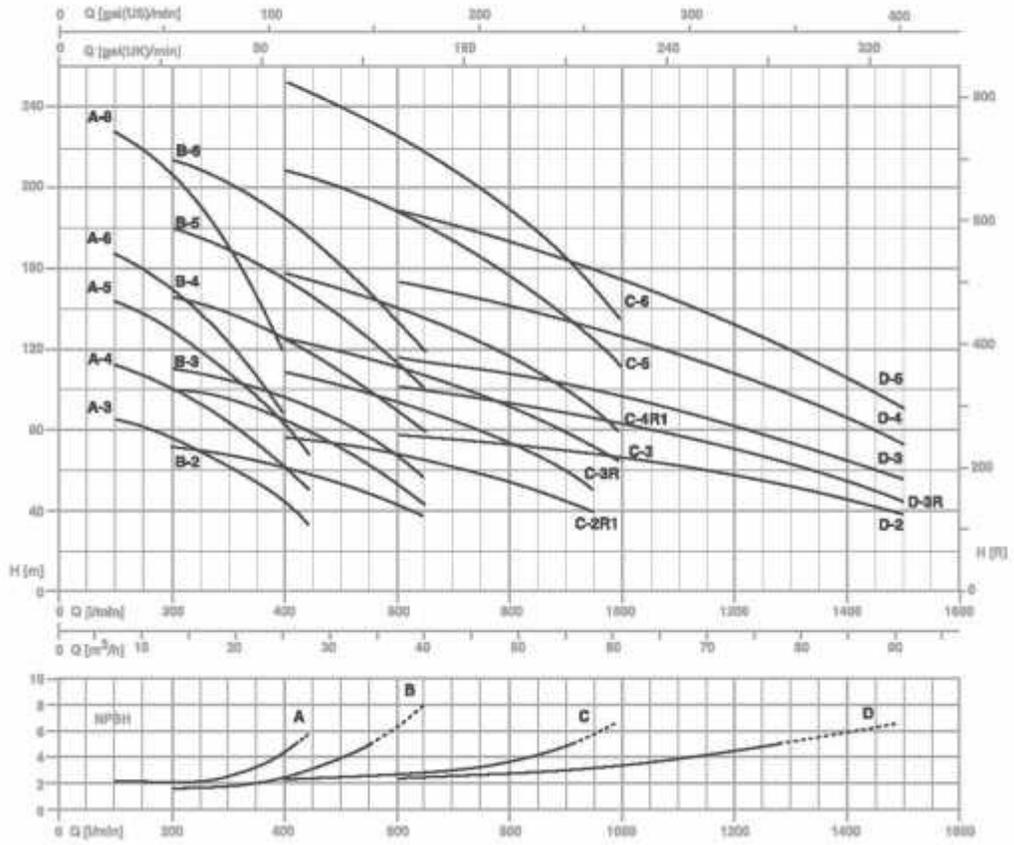
MULTIGIRANTI / MULTISTAGE / MULTICELLULARES / MULTICELLULAIRE

TYPE	P2		P1 kW	I(A) 3x400V								
	HP	kW			0	5	9	12	15	19	21	
					100	150	200	250	300	350		
					1,87	2,5	3,33	4,17	5	5,83		
MSVA MSHA	-3/5,5	7,5	5,5	6,3	11,8	81	84,9	81,4	76,5	89,7	82,4	84,1
	-4/7,5	10	7,5	8,6	14,7	120,3	111,6	107,7	101	92	83,8	73,2
	-5/9,2	12,5	9,2	10,5	18,2	154,5	143	137	129,4	119,3	108,5	97,3
	-6/11	15	11	12,8	22,2	179	167,2	159,5	150	138	123,2	107,6
	-8/15	20	15	17,2	28,8	240,4	227,2	219,2	206,5	191,5	171,7	147
MSVB MSHB	-2/7,5	10	7,5	9	15,4	76,8			72,9	71,3	68,7	66,2
	-3R/9,2	12,5	9,2	10,9	18,7	103,5			102	99,5	95,8	92
	-3/11	15	11	12,8	22,2	116,6			111,6	109,1	106	101,5
	-4/15	20	15	16,4	27,6	155,5			146,5	143	137,5	133
	-5/18,5	25	18,5	21,7	35,7	195,5			181	176,8	170,8	163,7
	-6/22	30	22	24,7	41,8	226,2			214,6	210	203	195,2
MSVC MSHC	-2R1/11	15	11	13	22,5	80,2						
	-3R/15	20	15	18,3	31,0	113,2						
	-3/18,5	25	18,5	21,5	35,3	131,3						
	-4R1/22	30	22	25,5	43,3	162,2						
	-5/30	40	30	35,7	59,4	219						
	-6/37	50	37	43,9	72,4	261,5						
MSVD MSHD	-2/15	20	15	17,5	29,8	79,8						
	-3R/18,5	25	18,5	22,4	37,2	104						
	-3/22	30	22	24,9	42,4	119,2						
	-4/30	40	30	33,7	55,8	155,5						
	-5/37	50	37	41,9	69,6	197,5						

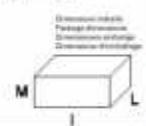
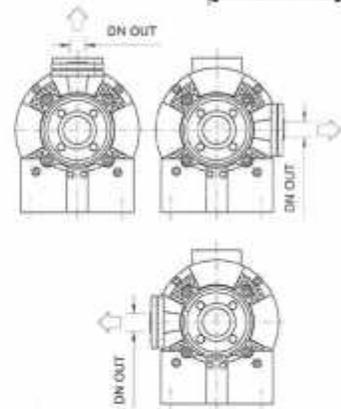
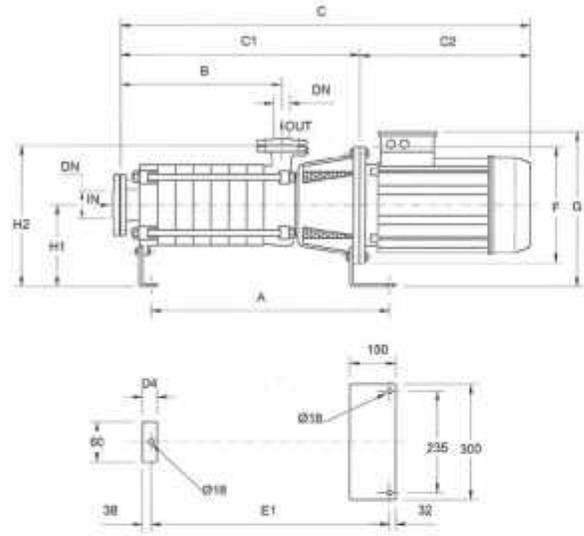
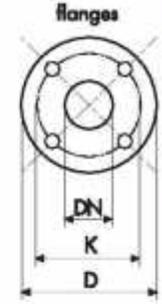
TYPE	DN1	DN2
MSVA	(UNI PN 16) 50	(UNI PN 40) 40
MSHA	(UNI PN 16) 65	(UNI PN 40) 40
MSVB	(UNI PN 16) 50	(UNI PN 40) 40
MSHB	(UNI PN 16) 65	(UNI PN 40) 40
MSVC	(UNI PN 16) 85	(UNI PN 40) 50
MSHC	(UNI PN 10) 80	(UNI PN 40) 50
MSVD	(UNI PN 16) 65	(UNI PN 40) 50
MSHD	(UNI PN 10) 80	(UNI PN 40) 50

Q (m³/h - l/min - l/s)															
24	27	30	33	36	39	42	46	54	57	60	66	72	78	84	90
400	450	500	550	600	650	700	800	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500
6,67	7,5	8,33	9,17	10	10,83	11,67	13,33	15	15,83	16,67	18,33	20	21,67	23,33	25
H (m)															
44,7	34,3														
62,1	46,7														
83,8	66,2														
87,4															
118,4															
63	57,6	54,1	49,6	44,5	38,9										
85,4	78,8	70,7	62,1	53,6	44,6										
96	89,9	83,8	76	67,7	57,9										
125,8	118	110	100,5	91	81,8										
155,5	147,5	137,7	126,3	114,1	102										
185,3	174,7	162,6	149,5	135,3	120,2										
76,8	74,8	73,2	71	68,6	65,6	62,6	55,2	46,4	40,4						
109	106	102,6	96,5	94,1	89,9	85,1	72,8	59,3	50,6						
126	122,7	119,2	115,6	111,3	107	102	90,9	79,7	72,9	63,8					
167,6	163,7	160,3	155,3	150,7	144,1	138,3	117,4	98,8	89,7	79,3					
208,5	204,5	200	194,5	188,4	181,3	173,7	155,5	136,8	126,2	111,3					
252	246,5	239,4	233	225	2178	209	189,6	165,5	151	134,9					
				78	77	75,7	73,4	69,9	67,9	66	61,6	56,7	51,3	45,2	38,4
				101,5	99,5	97,8	93,2	88,4	85,8	82,8	76,7	69,7	62,6	53,8	44,7
				116	114	112	107,4	102,2	99,2	95,6	88,9	81,2	73,5	65,6	56,1
				152,7	150,5	147,6	141,4	134,3	130,3	126,3	116,7	107	97,2	85,8	73,2
				188	185	181	173,8	164,4	159	154	143,4	132	119,5	106	90,9

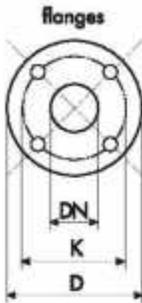
MULTIGIRANTI / MULTISTAGE / MULTICELLULARES / MULTICELLULAIRE



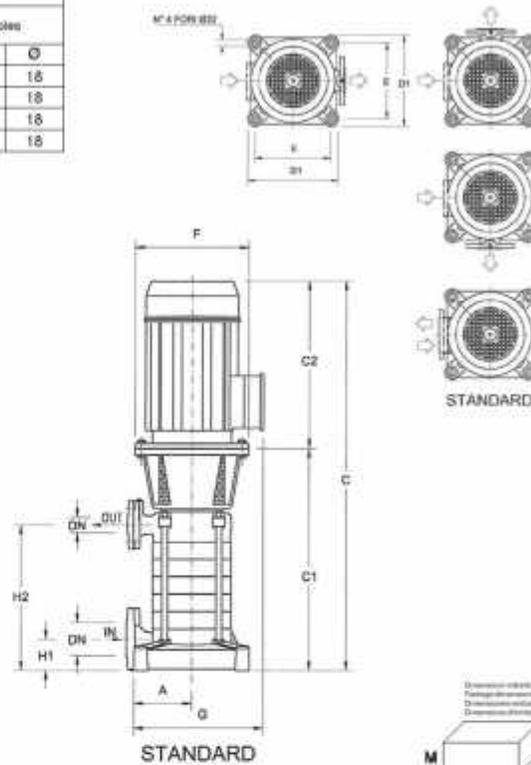
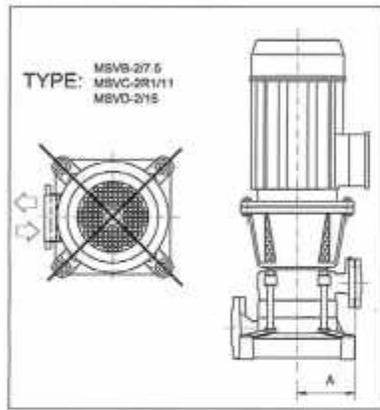
DIMENSIONS (mm)				
DN	D	K	holes	
			n°	Ø
40	150	110	4	18
50	165	125	4	18
65	185	145	4	18
80	200	160	4	



TYPE	DN IN	DN OUT	N STAGE	DIMENSIONS (mm)														
				A	B	D	C1	C2	F	G	H1	H2	D4	E3	I	L	M	
MSHA-3/5.5	(UNI PN 10) 65	(UNI PN 40) 40	3	904	257	293	518	37	300	425	245	420	70	520	1100	400	500	135
MSHA-4/7.5			4	855	308	944	567	377	300	425				571	1100	400	500	156
MSHA-5/9.2			5	700	359	1034	618	418	300	425				622	1100	400	500	172
MSHA-6/11			6	757	410	1085	669	418	300	425				673	1100	400	500	190
MSHA-8/15	(UNI PN 10) 65	(UNI PN 40) 40	8	859	512	1269	771	498	350	480	245	420	70	775	1100	500	500	224
MSHB-2/7.5			2	553	205	842	485	37	300	425				469	1100	400	500	135
MSHB-3/9.2			3	904	257	932	518	418	300	425				520	1100	400	500	151
MSHB-3/11			3	604	257	932	518	418	300	425				520	1100	400	500	161
MSHB-4/15	(UNI PN 10) 65	(UNI PN 40) 40	4	855	308	1065	567	498	350	480	245	420	70	571	1400	500	500	193
MSHB-5/18.5			5	706	359	1065	618	541	350	480				622	1400	500	500	220
MSHB-6/22			6	757	410	1210	669	541	350	480				673	1400	500	500	239
MSHC-2/9/11			2	596	243	904	508	418	300	425				496	1100	400	500	177
MSHC-3/15	(UNI PN 10) 80	(UNI PN 40) 50	3	856	303	1066	568	498	350	480	245	445	80	556	1100	400	500	211
MSHC-3/18.5			3	856	303	1109	568	541	350	480				556	1400	500	500	230
MSHC-4/11/22			4	716	363	1189	628	541	350	480				616	1400	500	500	242
MSHC-5/30			5	776	423	1256	688	568	350	496				676	1400	500	500	333
MSHC-6/37	(UNI PN 10) 80	(UNI PN 40) 50	6	836	483	1316	748	568	350	496	245	445	80	736	1400	500	500	373
MSHD-2/15			2	596	243	1000	502	498	350	480				496	1400	400	500	201
MSHD-3/18.5			3	856	303	1109	568	541	350	480				556	1400	500	500	230
MSHD-3/22			3	856	303	1109	568	541	350	480				556	1400	500	500	241
MSHD-4/30	(UNI PN 10) 80	(UNI PN 40) 50	4	716	363	1196	628	568	350	496	245	445	80	616	1400	500	500	324
MSHD-5/37			5	776	423	1256	688	568	350	496				671	1400	500	500	363



DN	D	K	holes	
			n°	Ø
			4	18
50	165	125	4	18
65	185	145	4	18
80	200	160	4	18



TYPE	DN IN	DN OUT	N. STAGE	DIMENSIONS (mm)													Kg
				A	C	C1	C2	D1	E	F	G	H1	H2	I	L	M	
MSVA-3/5.5	(UNE PH 16) 50	(UNE PH 40) 40	3	892	515	377	308	256	300	355	82	257	1100	400	500	134	
MSVA-4/7.5			4	943	566	377			300	355		268	1100	400	500	155	
MSVA-5/9.2			5	1033	617	416			300	355		339	1100	400	500	171	
MSVA-6/11			6	1064	668	416			300	355		390	1100	400	500	169	
MSVA-8/15			8	1294	770	498			350	410		492	1400	500	500	223	
MSVB-2/7.5	(UNE PH 16) 50	(UNE PH 40) 40	2	841	464	377	308	256	300	355	82	186	1100	400	500	135	
MSVB-3R/9.2			3	931	515	416			300	335		257	1100	400	500	150	
MSVB-3/11			3	931	515	416			300	355		237	1100	400	500	160	
MSVB-4/15			4	1064	566	498			350	410		268	1400	500	500	192	
MSVB-5/18.5			5	1158	617	541			350	410		339	1400	500	500	219	
MSVB-6/22			6	1209	668	541			350	410		390	1400	500	500	236	
MSVC-2R1/11	(UNE PH 16) 65	(UNE PH 40) 50	2	914	498	416	332	282	300	360	95	215	1100	400	500	175	
MSVC-3R/15			3	1056	558	498			350	435		275	1100	400	500	208	
MSVC-3/18.5			3	1099	558	541			350	435		275	1400	500	500	227	
MSVC-4R1/22			4	1159	618	541			350	435		335	1400	500	500	247	
MSVC-5/20			5	1246	678	568			350	450		395	1400	500	500	330	
MSVC-6/37			6	1306	738	568			350	490		455	1400	500	500	369	
MSVD-2/15	(UNE PH 16) 65	(UNE PH 40) 50	2	996	498	498	332	282	350	435	95	215	1400	400	500	175	
MSVD-3R/18.5			3	1099	558	541			350	435		275	1400	500	500	208	
MSVD-3/22			3	1099	558	541			350	435		275	1400	500	500	227	
MSVD-4/30			4	1080	618	568			350	490		335	1400	500	500	247	
MSVD-5/37			5	1246	678	568			350	450		395	1400	500	500	330	