



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE
PÉRDIDAS DEL LABORATORIO DE
TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

**ORDOÑEZ VIÑÁN MARCO ANTONIO
QUISNANCELA SALAZAR KARINA GISSEL**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2013**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-01-04

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MARCO ANTONIO ORDOÑEZ VIÑAN

Titulada:

**“AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PÉRDIDAS DEL LABORATORIO DE
TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Fernando Tello
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ORDOÑEZ VIÑAN MARCO ANTONIO

TÍTULO DE LA TESIS: “AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PÉRDIDAS DEL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2013-07-29

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Fernando Tello (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Pablo Montalvo (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-01-04

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

KARINA GISSEL QUISNANCELA SALAZAR

Titulada:

**“AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PÉRDIDAS DEL LABORATORIO DE
TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Fernando Tello
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: KARINA GISSEL QUISNANCELA SALAZAR

TÍTULO DE LA TESIS: “AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PÉRDIDAS DEL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2013-07-29

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Fernando Tello (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Pablo Montalvo (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos, científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Marco Antonio Ordoñez Viñan

Karina Gissel Quisnancela Salazar

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis de grado le dedico al Creador por toda su generosidad, a mi padre Alfonso, mi madre Rosita, Mayri mi hermana, Carol mi novia por su confianza e intenso apoyo para cumplir esta meta.

A mi inolvidable abuelito que siempre estuvo conmigo, lo logre mi adorado viejito.

Marco Antonio Ordoñez Viñan

Este trabajo de tesis de grado está dedicado a Dios que siempre está presente en todo lo que hago, a él debo la dicha de tener una familia tan maravillosa, mis logros y todo lo que soy, a mi madre Betty por toda su confianza y comprensión que me dio durante mis años de estudio, a mi padre Ignacio que desde el cielo siempre me guía y me cuida y a mis hermanos Marcos y Erika que siempre me brindaron su apoyo y confianza.

Karina Gissel Quisnancela Salazar

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para el Ing. Fernando Tello por su infinita voluntad y apoyo en el desarrollo y culminación de este trabajo de tesis, a todos mis familiares, amigos, compañeros que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Marco Antonio Ordoñez Viñan

Agradezco a mi Dios por darme fuerza y fortaleza para seguir adelante, a mis padres y hermanos que siempre me dieron sus consejos y su apoyo incondicional.

Un agradecimiento especial al Ing. Fernando Tello Director de Tesis e Ing. Pablo Montalvo Asesor de Tesis quienes con sus conocimientos y apoyo ayudaron a culminar con éxito el trabajo de tesis.

A mis amigos y demás familiares que siempre estuvieron presentes durante mi vida estudiantil, apoyándome de una u otra manera.

Karina Gissel Quisnancela Salazar

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación técnica.	2
1.3 Justificación académica.	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Introducción	4
2.2 Fluidos	5
2.3 Propiedades físicas de los fluidos.	5
2.3.1 <i>Densidad</i>	5
2.3.2 <i>Peso específico</i>	5
2.3.3 <i>Densidad relativa</i>	6
2.3.4 <i>Viscosidad</i>	6
2.4 Caudal	8
2.5 Ecuación de continuidad.	8
2.6 Presión.	9
2.7 Ecuación general de energía.	10
2.7.1 <i>Teorema de Bernoulli</i>	11
2.8 Regímenes de flujo de fluidos en tuberías.	13
2.8.1 <i>Flujo laminar</i>	14
2.8.2 <i>Flujo turbulento</i>	14
2.9 Número de Reynolds.	14
2.10 Pérdidas de carga por fricción en tuberías.	15
2.10.1 <i>Ecuación de Darcy-Weisbach</i>	15
2.11 Rugosidad absoluta en función de los años de servicio.	20
2.11.1 <i>Ecuación de Hazen-Williams</i>	21
2.11.1 <i>Coficiente de rugosidad de Hazen-Williams, C</i>	22
2.12 Pérdidas según Manning.	23
2.13 Pérdidas de carga por accesorios.	24
2.13.2 <i>Pérdidas de carga en accesorios especiales</i>	27

2.14	Longitud de tubería equivalente.	33
2.15	Tipos y aplicaciones de accesorios hidráulicos.	33
2.16	Tipos y aplicaciones de válvulas.	39
2.16.1	<i>Válvulas de Compuerta</i>	41
2.16.2	<i>Válvulas de Globo</i>	42
2.16.3	<i>Válvulas de bola o esférica</i>	43
2.16.4	<i>Válvulas de retención (Check)</i>	44
2.16.6	<i>Válvula de diafragma</i>	45
2.16.8	<i>Válvula de apriete</i>	46
2.16.9	<i>Válvula de pie con alcachofa o colador</i>	47
2.16	Concepto de automatización.	47
2.17	Importancia de la automatización.	48
2.18	Elementos de la automatización.	48
2.19	Clases de automatización.....	49
2.19.1	<i>Automatización fija</i>	49
2.19.2	<i>Automatización programable</i>	49
2.19.3	<i>Automatización flexible</i>	49
2.20	Tipos de automatización.	50
2.20.1	<i>Control automático de procesos</i>	50
2.20.2	<i>Proceso electrónico de datos</i>	50
2.20.3	<i>Automatización fija</i>	50
2.20.4	<i>Control numérico computarizado</i>	50
3.	RECONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PÉRDIDAS	
3.1	Introducción.	52
3.2	Problemas encontrados en el tablero anterior.	52
3.3	Selección del material.	54
3.4	Construcción del tablero de pruebas.	56
3.4.1	<i>Materiales utilizados en la construcción del tablero de pruebas</i>	58
3.4.2	<i>Herramientas para la construcción del tablero de pruebas</i>	58
3.4.3	<i>Proceso de construcción del tablero de pruebas</i>	58
4.	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES UTILIZADAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN	
4.1	Software LabVIEW	64
4.1.1	<i>Adquisición de datos utilizando LabVIEW</i>	64
4.1.2	<i>Descripción del sistema NI CompactDAQ</i>	65

4.2	Medición de presión.....	67
4.2.1	<i>Sensores para medición de la presión</i>	68
4.2.2.	<i>Características de los transductores de presión salida tipo cable</i> <i>(PX302)</i>	70
4.3	Medición de flujo.....	71
4.3.1	<i>Medidores volumétricos</i>	72
4.4	Fuente de alimentación	74
5.	MONTAJE Y AUTOMATIZACIÓN	
5.1	Descripción general del banco de pruebas antes de la automatización.	75
5.2	Montaje de equipos e instrumentos	75
5.2.1	<i>Montaje de los transductores de presión</i>	75
5.3	Montaje del sensor de flujo.....	76
5.3.1	<i>Posición del montaje del sensor.</i>	77
5.4	Montaje del hardware NI CompactDAQ.....	77
5.5	Programa LabVIEW	78
5.6	Diseño de instrumentación virtual	79
5.7	Descripción del VI.....	80
5.8	Descripción del panel frontal.....	80
5.8.1	<i>Banco de pérdidas.</i>	80
5.9	Configuración del DAQ assistant para la adquisición de datos.....	82
5.10	Generación de reportes	85
6.	PRUEBAS DEL BANCO DE PÉRDIDAS	
6.1	Descripción del ensayo	87
6.2	Pérdidas primarias.....	87
6.2.1	<i>Variables a ser medidas.</i>	87
6.2.4	<i>Análisis de resultados.</i>	87
6.3	Pérdidas secundarias.	88
6.3.1	<i>Variables a ser medidas</i>	88
6.3.3	<i>Reporte generado variando el caudal del sistema</i>	88
7.	PLAN DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN	
7.1	Manual de operaciones.	90
7.1.1	<i>Antes de empezar a operar el banco</i>	90
7.1.2	<i>Puesta en marcha inicial.</i>	90
7.1.3	<i>Durante la operación</i>	90

7.1.4	<i>Después de la operación</i>	91
7.1.5	<i>Datos técnicos del banco de pruebas</i>	91
7.2	Principio de funcionamiento del banco de pérdidas.	92
7.3	Plan de mantenimiento.....	93
7.3.1	Plan de seguridad.	93
8.	ANÁLISIS DE COSTOS	
8.1	Introducción	95
8.2	Costos Directos.	95
8.2.1	<i>Costos de accesorios y materiales mecánicos</i>	95
8.2.2	<i>Costos de accesorios y materiales hidráulicos</i> ; Error! Marcador no definido.	
8.2.3	<i>Costos de accesorios y materiales electrónicos</i> ; Error! Marcador no definido.	
8.2.4	<i>Costos de maquinaria y equipos utilizados</i>	97
8.2.5	<i>Costos de mano de obra</i>	97
8.3	Costos Indirectos.....	98
8.4	Costo Total.....	98
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
9.1	Conclusiones	99
9.2	Recomendaciones	1000

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Viscosidad Cinemática.....	7
2	Condiciones de flujo según Reynolds.....	15
3	Rugosidad absoluta (ϵ) en tubos comerciales	19
4	Coefficientes a de la fórmula de Genijew.	20
5	Coefficientes de C para la fórmula de Hazen – Williams.....	23
6	Coefficientes de C para la fórmula de Hazen – Williams.....	24
7	Resistencia de longitud equivalente en número de diámetros de tubería (L_e/D).....	25
8	Factor de fricción (f_T) en la zona de turbulencia para tubería de acero comercial.....	26
9	Coefficiente de resistencia - contracción brusca.....	29
10	Coefficiente de resistencia - expansión gradual.....	30
11	Características físicas y mecánicas del PVC	55
12	Accesorios utilizados	56
13	Lista de accesorios en el tramo en análisis en la descarga.....	61
14	Propiedades de la bomba	63
15	Modelo de reporte para pérdidas primarias	87
16	Modelo de reporte para pérdidas secundarias	88
17	Costos de accesorios y materiales mecánicos.....	95
18	Costo de maquinaria y equipos utilizados	97
19	Costo de mano de obra.....	97
20	Costos directos	98
21	Costos indirectos.....	98

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Tubo de corriente.....	8
2	Relación entre las presiones.....	9
3	Balance energético en instalación hidráulica.....	11
4	Pérdidas de energía en un sistema a presión.....	12
5	Flujo laminar.....	14
6	Flujo turbulento.....	14
7	Rugosidad exagerada de la pared de un tubo.....	19
8	Modificación del coeficiente de rugosidad.....	23
9	Esquema de una ampliación brusca.....	28
10	Esquema de una contracción Brusca.....	28
11	Esquema de una expansión gradual.....	29
12	Esquema de una expansión gradual.....	31
13	Coeficiente de resistencia - contracción.....	31
14	Coeficientes de pérdidas de carga por entrada.....	32
15	Esquema una salida de tubería.....	33
16	Codos.....	34
17	Tee.....	35
18	Reducción concéntrica.....	35
19	Reducción excéntrica.....	36
20	Brida con cuello.....	36
21	Brida deslizante.....	37
22	Brida roscada.....	37
23	Brida loca con tubo borbodeado.....	37
24	Brida ciega.....	38
25	Brida orificio.....	38
26	Brida embutible.....	38
27	Unión universal.....	39
28	Tapones.....	39
29	Partes de una válvula.....	40
30	Clasificación de las válvulas.....	41
31	Válvula de compuerta.....	41

32	Válvula de globo.....	42
33	Válvula de bola.....	43
34	Válvula de retención (check) convencional.....	44
35	Válvula de retención (check) en Y	44
36	Válvula de diafragma.....	45
37	Válvula de apriete	46
38	Válvula de pie con colador, tipo disco de vástago.....	47
39	Válvula de pie con colador, tipo disco de bisagra	47
40	Tuberías en mal estado	53
41	Accesorios en mal estado.....	54
42	Empaques mal elaborados	54
43	Tablero de pruebas.....	57
44	Curva de funcionamiento de la bomba Pedrollo.....	62
45	Esquema descriptivo de la adquisición de datos.....	64
46	Tarjeta de adquisición NI-USB 6211.....	66
47	Sensor típico de presión basado en puente.	68
48	Transductor de presión de capacitancia.....	69
49	Transductor de presión piezoeléctrico.	69
50	Transductor de presión PX302.	70
51	Sensor tipo turbina.....	72
52	Sensor tipo paleta.....	73
53	Sensor tipo paleta FP-5600	74
54	Fuente de alimentación	74
55	Circuitos de adaptación para los sensores de presión	76
56	Diagrama de instalación para los sensores de caudal	76
57	Posición para la instalación de sensores de caudal.....	77
58	Caja del panel de control.	78
59	Interfaz del banco de pérdidas.	81
60	Panel frontal del banco de pérdidas primarias	82
61	Panel frontal del banco de pérdidas secundarias	82
62	DAQ Assistant.....	83
63	Tarea nueva en DAQ assistant.....	83
64	Canales físicos de la tarjeta.....	84
65	Rangos de adquisición	84

66	Diagramas de conexión.....	85
67	Generación de reportes	86
68	Curva característica electrobomba Pedrollo PK 80	93

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Programmable logic controller
UNE	Una Norma Española
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
MDF	Médium density fiberboard
PVC	Poli cloruro de vinilo

SIMBOLOGÍA

m	Masa.	kg
ρ	Densidad del fluido.	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
V	Volumen de la sustancia.	m^3
γ	Peso específico del fluido.	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
g	Aceleración de la gravedad.	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Dr	Densidad relativa.	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
u	Viscosidad absoluta.	$\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$
ϑ	Viscosidad cinemática del fluido.	$\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$
μ	Viscosidad dinámica o absoluta del fluido.	$\frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$
Q	Caudal.	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
v	Velocidad media de la sección.	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
A	Área de la sección de la tubería.	m^2
P	Presión en una sección cualquiera de la tubería.	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
E_{T1}	Energía total disponible en el punto inicial.	m. c. a
E_{T2}	Energía total disponible en el punto final.	m. c. a
$\sum_{\text{pérdidas}}$	Sumatoria de las pérdidas de energía.	m. c. a
Z	Altura con respecto a un nivel de referencia.	m
α	Coefficiente de corrección de la energía.	adimensional
Re	Número de Reynolds.	adimensional
D	Diámetro interno de la tubería.	m
hf	Pérdidas por fricción.	m
f	Coefficiente de fricción del tramo.	adimensional
L	Longitud del tramo.	m
ε/D	Rugosidad relativa.	adimensional
n	Coefficiente de rugosidad.	adimensional
ε_0	Rugosidad del tubo.	m
t	Número de años de servicio de la tubería.	años

C	Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.	adimensional
J	Pérdida de carga unitaria o pendiente de la línea de energía.	adimensional
Le	Longitud equivalente de la tubería.	<i>m</i>

LISTA DE ANEXOS

- A Fotografías del banco de pérdidas
- B Diagrama de Moody
- C Catálogo Pedrollo bomba PKm 80
- D Montaje de los transductores de presión
- E Caudalímetro FP 5600
- F Tablas de validación de datos obtenidos
- G Tablas de pruebas hidráulicas
- H Tablas de pruebas automatizadas
- I Cálculos obtenidos con el software PIPE Flow
- J Planificación y programación del mantenimiento y guía de laboratorio.
- K Facturas de adquisiciones

RESUMEN

Se construyó y se automatizó la adquisición de datos del banco de pérdidas en el laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica. Este equipo consta de cuatro partes:

El primero, un tablero de pruebas que cuenta con tres ramales horizontales de tuberías de PVC de diferente diámetro y en cada uno de sus ramales consta de diferentes accesorios, el agua es impulsada a con la ayuda de una bomba periférica.

El segundo, un banco hidráulico compuesto de un tanque de almacenamiento y un sistema de un tanque provisional que previa la selección de la circulación del fluido por medio de una palanca permite realizar mediciones para determinar el caudal que circula por cualquiera de los ramales o el sistema en conjunto del tablero de pruebas.

El tercero, un módulo de adquisición de datos compuesto por dos sensores de presión, un caudalímetro de paletas y una tarjeta de adquisición encargada de realizar el proceso de transformación de datos físicos a variables manipulables.

El cuarto, se trata del software encargado de realizar la interfaz gráfica para la visualización, adquisición y generación de reportes adquiridos por los dispositivos antes mencionados.

Se realizó el análisis económico de la construcción y automatización del banco alcanzando una inversión de 4402,17 dólares.

ABSTRACT

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El banco de pruebas para la práctica de pérdidas de carga en tuberías y accesorios, es parte de un sistema de equipos necesarios para realizar prácticas dentro de la formación del Ingeniero Mecánico especialmente en el campo de la Hidráulica.

Actualmente este ensayo es posible realizarlo en un banco de pruebas que dispone el laboratorio, pero debido al deterioro que ha sufrido con el paso del tiempo, es necesario la construcción de un nuevo banco para el correcto funcionamiento que ayudará a mejorar el entendimiento del fenómeno de pérdidas que se analiza en esta práctica.

Con la evolución con que se están desarrollando los procesos a nivel industrial, se ha requerido de instrumentos de medición y control automatizados, a base de PLC's (Controladores Lógicos Programables).

Las aplicaciones de un PLC por sus grandes características de diseño tienen un campo de aplicación muy extenso. Las crecientes necesidades hacen que dicho campo esté a la vanguardia, proyectando mejoras y actualizaciones tanto en software y hardware para la satisfacción de las mismas.

La utilización de estos sistemas se da en todo tipo de instalación donde es necesario el control, monitoreo, etc.

Por lo tanto la aplicación de los PLC's abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo hasta el completo o parcial control de instalaciones, las ventajas que se encuentra en la utilización de dichos sistemas son: su portable tamaño, la facilidad de su montaje, la probabilidad de almacenar las interfaces para su posterior y rápida utilización, los cambios de los mismos, etc.

1.2 Justificación técnica.

El propósito de este trabajo es construir y automatizar la adquisición de toma de datos en un banco de pruebas hidráulicas con su respectivo tablero de pruebas provistas de un sistema de tuberías, variando el diámetro con el propósito de comparar resultados y además consta de accesorios que permitirá analizar las pérdidas de carga generada por diferentes válvulas o accesorios. Por medio de sensores de presión y caudal se obtendrán las variables necesarias para el proceso de cálculo, mismas que serán procesadas a través de una tarjeta de adquisición de datos y analizadas por medio del software LabVIEW.

El software en mención con la combinación de los sensores y elementos de adquisición permiten la obtención fiable de datos debido a que la precisión ofrecida por estos elementos.

1.3 Justificación académica.

El presente trabajo tiene la finalidad de proveer al laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de un banco de pruebas para pérdidas de carga en tuberías y accesorios. Dicho banco debe ser actualizado, funcional y útil para el aprendizaje de los estudiantes de la Facultad.

Para cumplir con el objetivo de automatizar dicho banco se recurre al uso de dispositivos electrónicos que proveen mayor eficiencia en la obtención de datos en tiempo real.

Es importante dentro de la preparación del estudiante de Ingeniería Mecánica obtener el conocimiento sistemas de tuberías, los fenómenos producidos en ellas, optimización de materiales como energía.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general.*

Construir y automatizar la adquisición de datos en tiempo real del banco de pérdidas primarias y secundarias del Laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

1.4.2 *Objetivos específicos.*

Realizar una investigación bibliográfica documental sobre hidráulica y las diferentes causas que producen pérdidas en los sistemas de tuberías.

Obtener las curvas características de los diferentes accesorios utilizados en el banco de pruebas por medio de pruebas hidráulicas y por medio del software de automatización.

Analizar las características del material de las tuberías y accesorios utilizados en la construcción del banco.

Seleccionar los equipos de automatización que garanticen el funcionamiento adecuado del proyecto.

Determinar los costos totales de la construcción y automatización del banco.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

A menudo, se enfrenta la tarea de diseñar sistemas para fluidos como redes de tuberías y su cálculo debe realizarse en base a las pérdidas incurridas cuando un fluido fluye a través de cañerías, válvulas, uniones, codos y otros elementos, así como también el comportamiento que adquirirá el fluido en su recorrido con respecto a las variantes asociadas a él.

En la selección de un diámetro para el transporte de fluidos, intervienen dos factores que se contradicen entre sí. Por un lado está el tamaño del diámetro del conducto, el cual debe ser mantenido en el mínimo para reducir el costo de instalación, y por la otra parte conviene que el ducto sea grande para reducir la fricción y por ende el costo de bombeo. Es importante mencionar el parámetro de velocidad ya que se la debe mantener en un rango adecuado para obtener un equilibrio entre desgaste de la tubería y sedimentación de partículas en suspensión dentro de las redes.

Muy pocos problemas especiales de mecánica de fluidos, como es el caso del flujo en régimen laminar por tuberías, pueden ser resueltos por métodos matemáticos convencionales; todos los demás problemas necesitan métodos de resolución basados en coeficientes determinados experimentalmente.

Muchas fórmulas empíricas han sido propuestas como soluciones a diferentes problemas de flujo de fluidos por tuberías, pero son muy limitadas y pueden aplicarse únicamente cuando las condiciones del problema se aproximan a las condiciones de los experimentos de los cuales derivan las fórmulas. Debido a la gran variedad de fluidos que se utilizan en los procesos industriales modernos, una ecuación que pueda ser usada para cualquier fluido ofrece ventajas obvias. Una ecuación de este tipo es la fórmula de Darcy Weisbach, que puede ser deducida por análisis dimensional; sin embargo, una de las variables en la fórmula, el coeficiente de fricción, debe ser determinada experimentalmente. Esta fórmula tiene una extensa aplicación en el campo de la mecánica de fluidos y en fenómenos de transporte de fluidos.

2.2 Fluidos (Rodriguez, 2005)

Los fluidos son sustancias que se deforman continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar cuán pequeño sea este esfuerzo. Una fuerza cortante es la componente de fuerza tangente a una superficie, el esfuerzo cortante es la fuerza mencionada dividida para el área de la superficie.

2.3 Propiedades físicas de los fluidos.

Las propiedades de los fluidos más relevantes para el estudio de pérdidas de carga en sistemas de tuberías son:

2.3.1 Densidad. La densidad de un fluido se define como la cantidad de masa por unidad de volumen.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Dónde:

m = Masa (kg).

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3).

V = Volumen de la sustancia (m^3).

2.3.2 Peso específico. El peso específico de un fluido es el peso por unidad de volumen. Éste cambia con la gravedad, la cual depende del lugar de localización geográfica.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2)$$

Dónde:

γ = Peso específico del fluido (N/m^3).

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

2.3.3 Densidad relativa. La densidad relativa de una sustancia líquida es un número adimensional que viene dado por la relación entre el peso específico de la sustancia y el peso específico del agua en condiciones normales. También se puede expresar como la relación entre su densidad y la del agua.

$$Dr = \frac{\rho_{\text{sustancia}}}{\rho_{\text{agua}}} = \frac{\gamma_{\text{sustancia}}}{\gamma_{\text{agua}}} \quad (3)$$

El agua en condiciones normales tiene las siguientes características: temperatura (20°C), la densidad 1000 (kg/m³) y una presión absoluta (760 mm de Hg).

2.3.4 Viscosidad. La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a fluir, como resultado de la interacción y cohesión de sus moléculas. La viscosidad se produce por el efecto de corte o deslizamiento resultante del movimiento de una capa de fluido con respecto a otro y es completamente distinta de la atracción molecular.

La ley de viscosidad de Newton establece que para una tasa dada de deformación angular del fluido, el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la viscosidad.

$$T = u \frac{du}{dy} \quad (4)$$

Donde, u tiene las dimensiones F L⁻²T.

Dónde:

u= Viscosidad absoluta (N.s/m²) o [kg/(m.s)].

T= Tensión de corte (N) o (kg).

2.3.4.1 Viscosidad absoluta o dinámica. Es la propiedad del fluido que expresa la resistencia al corte ofrecido por él cuando se mueve. La viscosidad dinámica es directamente proporcional a la tensión de corte, e inversamente proporcional a la velocidad.

$$u = \frac{T}{du/dy} \quad (5)$$

2.3.4.2 Viscosidad cinemática.

Es la viscosidad absoluta dividida entre la densidad. En el sistema internacional (SI) la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m^2/s).

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} \quad (6)$$

Dónde:

ϑ = Viscosidad cinemática del fluido (m^2/s).

μ = Viscosidad dinámica o absoluta del fluido (Kg.s/m^2).

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3).

En los líquidos cuando la temperatura aumenta la viscosidad disminuye, en los gases, si la temperatura aumenta la viscosidad también aumenta. El efecto de la presión sobre la viscosidad de los líquidos y la de los gases perfectos es tan pequeño que no tiene interés práctico en la mayor parte de problemas para flujo de fluidos.

Tabla 1 Viscosidad Cinemática

T (°C)	ν (m^2/s) * 10^{-06}	T (°C)	ν (m^2/s) * 10^{-06}
0	1.77100	20	1.00488
2	1.65780	22	0.95814
4	1.55578	24	0.91473
6	1.46345	26	0.87431
8	1.37956	28	0.83661
10	1.30307	30	0.80139
12	1.23309	32	0.76843
14	1.16889	34	0.73752
15	1.13874	36	0.70851
16	1.10980	38	0.68123
18	1.05529	40	0.65554

Fuente: (Mataix, 1986) - pág. 17.

2.4 Caudal

Es el volumen de fluido por unidad de tiempo que atraviesa una sección transversal de un conducto. Se pueden relacionar el caudal (Q) con la velocidad (v) a través del área transversal de flujo (A).

$$Q = v \cdot A \quad (7)$$

Dónde:

Q = Caudal (m^3/s).

v = Velocidad media de la sección (m/s).

A = Área de la sección de la tubería (m^2).

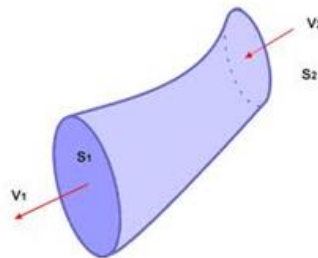
Las unidades frecuentes del caudal: m^3/s , lt/s , GPM .

2.5 Ecuación de continuidad.

Esta ecuación se basa principalmente en el principio de conservación de la masa, es decir la materia que entra en un sistema es la misma que la que sale de él.

La ecuación de continuidad para los líquidos considera que el caudal será constante para las diferentes secciones de una instalación por la que atraviese el fluido.

Figura 1 Tubo de corriente.



Fuente: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/332569/MODULO_332569_EXE/ecuacion_de_continuidad.html

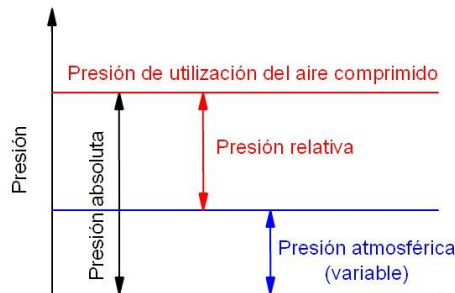
Considerándose el tramo de un tubo de corriente, como se indica en el gráfico N° 1 con secciones A_1 y A_2 y velocidades v_1 y v_2 respectivas, la cantidad de líquido de peso específico que pasa por una sección, en una unidad de tiempo y si el líquido se considera incomprensible será de un modo general la siguiente ecuación:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (8)$$

2.6 Presión.

Es la fuerza por unidad de área a que está sometida una partícula de un fluido. La presión en una partícula de un fluido es igual en todas las direcciones. La diferencia de presión entre dos puntos de un conducto (tubería, canal) es la causa del movimiento (caudal) de un fluido.

Figura 2. Relación entre las presiones



Fuente: <http://eepiastecnologia4a11.wordpress.com/neumatica-2/unidades-de-presion/>

Presión atmosférica. Es la presión debida al peso del aire en un sitio particular de la superficie terrestre, por lo que su valor depende de la ubicación, altitud y latitud del lugar.

Presión absoluta. Es la presión que se mide con relación al cero absoluto de presión, donde no existe presencia de aire, o en su defecto es igual a la suma de la presión manométrica más la atmosférica.

Presión barométrica. Es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro, a nivel del mar. Esta presión es próxima a 760 mmHg.

Presión manométrica. Es la presión determinada por cualquier instrumento que mide la diferencia entre cualquier presión absoluta por encima de la atmosférica y la presión atmosférica del lugar donde se efectúa la medición.

Presión de Vacío. Dentro del ambiente técnico se reconoce como VACÍO el espacio en el cual la presión es inferior a aquella atmosférica.

Las unidades más usadas de presión son: el Sistema Inglés $\text{PSI} = \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$ y el Sistema

Internacional $\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$.

2.7 Ecuación general de energía.

En hidráulica, la energía total de un fluido incompresible en movimiento puede representarse por la suma de las energías cinética, potencial y de posición, y se puede expresar de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_{TOTAL} = E_{cinética} + E_{presión} + E_{posición} \quad (9)$$

Energía cinética. La energía cinética de la masa del fluido es la medida de la capacidad del fluido de hacer un trabajo en virtud de su velocidad. Su magnitud es comúnmente expresada en unidades de energía por unidad de peso.

$$E_c = \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

Dónde:

v= Velocidad media (m/s).

g= Aceleración de la gravedad del lugar (m/s²).

Las dimensiones de E_c son de longitud y representa la altura de una columna de fluido comúnmente conocida como altura o cabeza de velocidad.

Energía de presión. La energía de presión es la medida del trabajo realizado por la fuerza debido a la presión en la masa del fluido. Su magnitud es comúnmente expresada en unidades de energía por unidad de peso.

$$E_p = \frac{P}{\gamma} \quad (11)$$

Esta cantidad tiene también dimensiones de longitud y se la conoce como altura o cabeza de presión.

Dónde:

P = Presión en una sección cualquiera de la tubería (m).

γ = Peso específico del fluido (N/m³).

Energía de posición o elevación. La energía de elevación contenida en la masa de un fluido en movimiento se mide respecto de un plano o altura de referencia. Es la energía requerida para elevar el fluido a esa posición, y está expresada en unidades de energía por unidad de peso:

$$E_p = z \quad (12)$$

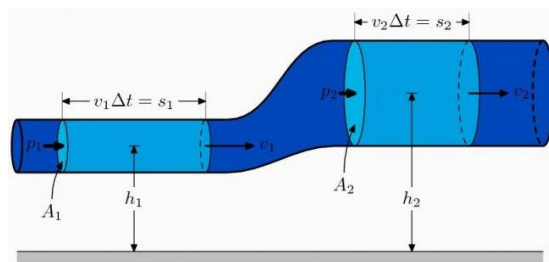
La suma algebraica de la altura cinética, altura de presión y la altura de posición, representan muy aproximadamente a la energía contenida por unidad de peso del fluido a través de una tubería.

$$E_{\text{Total}} = \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z \quad (13)$$

Esta ecuación indica la energía total y se expresa en (m.c.a).

2.7.1 Teorema de Bernoulli. El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la Ley de Conservación de la Energía para el flujo de fluidos en un conducto. Esta ecuación es un balance energético entre dos secciones de flujo en un conducto.

Figura 3. Balance energético en instalación hidráulica.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una ecuación ideal porque se considera que la energía no se altera, es decir se mantiene constante, pues representa un proceso sin pérdidas lo que significa que entre dos secciones cualquiera de un conducto se cumple:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (14)$$

Sin embargo, hay varias restricciones para utilizar la ecuación de Bernoulli que se indican a continuación:

- ✓ Es válida solo para fluidos incompresibles.
- ✓ Entre las dos secciones de interés no puede haber dispositivos mecánicos como bombas.
- ✓ No puede haber pérdida de energía por fricción y accesorios en el sistema de flujo.
- ✓ No puede haber transferencia de calor hacia el sistema o fuera de éste.

2.7.2 Pérdidas de energía en un sistema a presión de un flujo incompresible. Del planteamiento de la ecuación de energía para un tubo de corriente de fluido real incompresible que se mueve entre dos puntos de un sistema se obtiene, teniendo en cuenta que se desarrolla pérdidas de energía.

$$E_{T1} = E_{T2} + \sum \text{pérdidas} \quad (15)$$

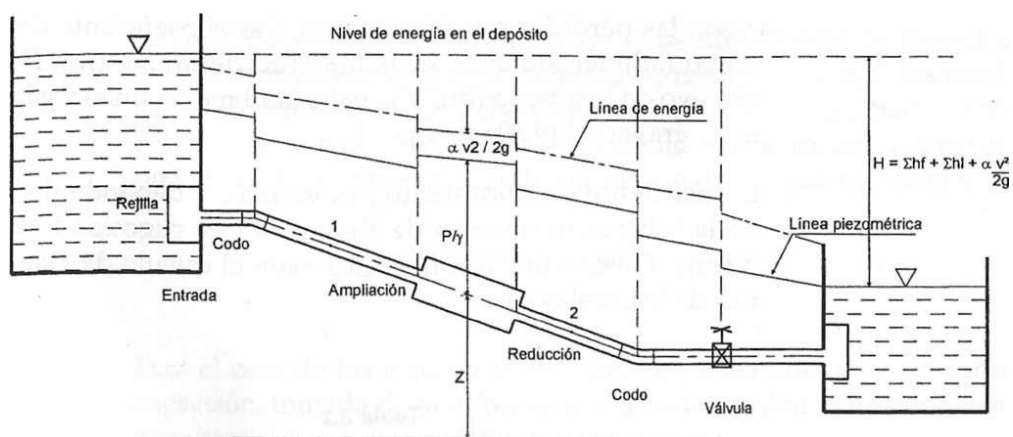
Dónde:

E_{T1} = energía total disponible en el punto inicial.

E_{T2} = energía total disponible en el punto final.

$\sum_{\text{pérdidas}}$ = Sumatoria de las pérdidas de energía producidas por fricción y accesorios entre los puntos inicial y final del planteamiento de la ecuación de energía.

Figura 4. Pérdidas de energía en un sistema a presión



Fuente: (Rodríguez, 2005) - pág. 55

Tal como se presenta en la figura 4 del planteamiento de la ecuación de energía, se tiene que:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + \Sigma(hf + hm) \quad (16)$$

Dónde:

z = altura con respecto a un nivel de referencia.

v = velocidad media en la sección transversal.

P = presión en el eje del tubo.

α = coeficiente de corrección de la energía cinética, al considerar distribuciones uniformes de velocidad en un flujo turbulento, $\alpha=1$.

$\Sigma(hf+hm)$ = sumatoria de las pérdidas de energía producidas por fricción y accesorios.

Como resultado del análisis de la expresión anterior, es importante conocer el comportamiento de la variación de la energía a lo largo de un sistema, se realiza a partir de lo que en hidráulica se denomina línea de energía y línea piezométrica.

Cuando se desarrolla flujo a presión, con presión diferente de la atmosférica, de un fluido incomprensible a través de un sistema de tuberías, la resistencia al flujo se expresa en función de las pérdidas de energía, la caída de la línea de energía en la dirección del flujo.

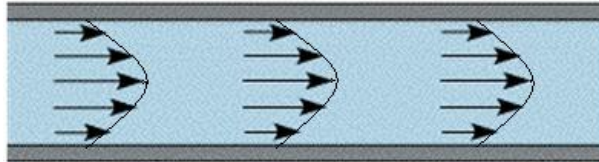
2.8 Regímenes de flujo de fluidos en tuberías. (Mott, 1996)

Para la resolución de problemas prácticos de flujos en tuberías que frecuentemente se presentan en diversas ramas de la ingeniería se aplica el principio del balance de energía. El flujo de un fluido real es más complejo que el fluido ideal. Debido a la viscosidad de los fluidos reales, en su movimiento aparecen fuerzas cortantes entre las partículas fluidas y las paredes del contorno y entre las distintas capas de fluido.

Existen dos tipos de flujos permanentes en el caso de fluidos reales, que se llaman flujo laminar y flujo turbulento.

2.8.1 Flujo laminar. Es aquel en el cual las partículas del fluido siguen trayectorias paralelas, formando junto de ellas capas o láminas. La velocidad de estas partículas es mayor cuando están más alejadas de las paredes del conducto, o sea que la velocidad de dichas partículas está en función de la distancia de las paredes del conducto.

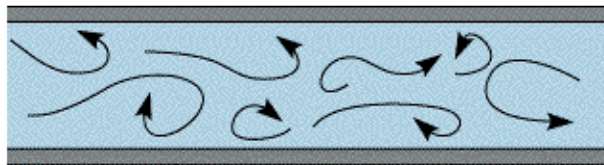
Figura 5. Flujo laminar



Fuente: ingesports.wordpress.com/2012/12/19/la-folha-seca/flujo-laminar-y-turbulento/

2.8.2 Flujo turbulento. Es aquel en el cual las partículas del fluido no siguen trayectorias paralelas, es decir que se mueven en forma desordenada en todas las direcciones. Es imposible conocer la trayectoria de una partícula individualmente.

Figura 6. Flujo turbulento



Fuente: ingesports.wordpress.com/2012/12/19/la-folha-seca/flujo-laminar-y-turbulento/

Se puede cuantificar numéricamente el tipo de flujo presente en un conducto mediante un coeficiente adimensional llamado "Número de Reynolds (Re)".

2.9 Número de Reynolds.

Las investigaciones de Osborne Reynolds han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, se conoce como el NÚMERO DE REYNOLDS.

Puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad.

$$Re = \frac{v * D * \rho}{\mu} = \frac{v * D}{\vartheta} \quad (17)$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds.

v = Velocidad media del flujo (m/s).

D = Diámetro interno de la tubería (m).

ϑ = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s).

Tabla 2. Condiciones de flujo según Reynolds.

Tipo de Flujo	Re
Laminar	Re < 2000
Zona Crítica	2000 ≤ Re ≤ 4000
Transición (probablemente turbulento)	4000 ≤ Re ≤ 10000
Turbulento	Re > 10000

Fuente: http://www2.uah.es/rosal/virtual/tablas/Moody_Darcy.png

2.10 Pérdidas de carga por fricción en tuberías.

La pérdida de energía por fricción es la debida al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería o del conducto. Esta pérdida que continúa en la dirección del flujo, puede resultar considerable en tramos largos, y por el contrario, puede ser despreciable en tramos cortos.

2.10.1 Ecuación de Darcy-Weisbach. (Mataix, 1986) - pág. 206

El modelo matemático desarrollado por los ingenieros Henry Darcy y Julius Weisbach, determinado a finales de la década de los años veinte, está basado en desarrollos

matemáticos de la física clásica y es el modelo que mejor describe, desde el punto de vista racional, la pérdida de energía en una tubería.

Esta ecuación expresa que las pérdidas son directamente proporcionales a la longitud de la tubería y a la altura de velocidad, e inversamente proporcional al diámetro de la tubería. La proporcionalidad se establece mediante un coeficiente " f " denominado coeficiente de fricción, que es función de la rugosidad de la tubería y de las características del flujo a presión establecido por el número de Reynolds.

La ecuación de Darcy-Weisbach en general se expresa de la siguiente manera:

$$h_f = f * \frac{L}{D_i} * \frac{v^2}{2g} \quad (18)$$

Dónde:

h_f = Pérdidas por fricción (m).

f = Coeficiente de fricción del tramo (adimensional).

L = Longitud del tramo (m).

D_i = Diámetro interno de la tubería o diámetro hidráulico en ductos (m).

v = Velocidad media del flujo (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (9.806 m/s²).

2.10.1.1 Coeficiente de fricción (f). El coeficiente de fricción (f) es variable y depende de la geometría de la tubería, el número de Reynolds y la rugosidad absoluta de la misma. Puede deducirse matemáticamente en el caso de régimen laminar y en el caso de flujo turbulento no se dispone de relaciones matemáticas sencillas. A continuación se exponen algunas ecuaciones empíricas para la determinación de f .

- a. Para flujo laminar ($0 \leq Re \leq 2000$) en todas las tuberías y para cualquier fluido, Hagen y Poiseville determinaron la siguiente ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (19)$$

- b. Para flujo en transición y turbulento ($Re > 2000$), muchos ingenieros hidráulicos e investigadores plantean ecuaciones empíricas a partir de sus propios resultados como

de los resultados obtenidos por otros investigadores, para el cálculo del coeficiente de fricción. A continuación se exponen las más importantes para el cálculo de tuberías.

Blasius. Propone una expresión válida para tubos lisos (aluminio, latón, cobre, plomo, plástico, vidrio y asbesto-cemento) para $2000 \leq Re \leq 10000$.

$$f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad (20)$$

Kozeny. Propone la siguiente expresión válida para tubos de asbesto-cemento para $Re > 4000$.

$$f = \frac{2g}{(7,78 \log Re - 5.95)^2} \quad (21)$$

Rodríguez Díaz. Propone la siguiente expresión válida para tubos lisos (PVC, Cobre) con $4000 < Re < 107$.

$$f = 0.2131 Re^{-0.2104} \quad (22)$$

Prandtl y Von-Karman. Amplían el rango de validez de la fórmula de Blasius para tubos lisos $Re > 100000$.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(Re\sqrt{f}) - 0.8 \quad (23)$$

Nikuradse. Propone una ecuación válida para tuberías rugosas para $\frac{1}{30} \leq \frac{\varepsilon}{D} \leq \frac{1}{1014}$.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (24)$$

Colebrook-White. Agrupan las dos expresiones anteriores en una sola, que es además válida para todo tipo de flujos y rugosidades. Es la más exacta y universal, pero el problema radica en su complejidad de que se requiere de iteraciones:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{\text{Re}\sqrt{f}} \right) \quad (25)$$

En lugar del diagrama de Moody se puede utilizar la siguiente ecuación explícita para determinar f con una tolerancia de $\pm 1\%$ con las siguientes restricciones: $10^{-6} \leq \frac{\varepsilon}{D} \leq 10^{-2}$ y $5000 \leq \text{Re} \leq 10^6$.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (26)$$

Dónde:

ε/D = Rugosidad relativa (adimensional).

Re = Número de Reynolds.

g = Aceleración de la gravedad (9.806 m/s^2).

Diagrama de Moody. Moody consiguió representar la expresión Colebrook-White en un diagrama universal, que lleva su nombre, para determinar el coeficiente de fricción f en tuberías de rugosidad comercial que transportan cualquier tipo de fluido (Anexo B).

El diagrama muestra la gráfica del factor de fricción versus el número de Reynolds (Re) con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa (ε/D).

Observaciones importantes acerca de estas curvas:

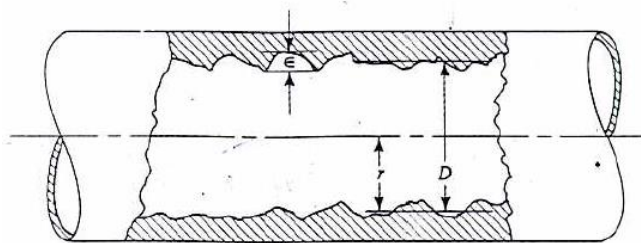
- ✓ Para un flujo con número de Reynolds dado, conforme aumenta la rugosidad relativa ε/D , el factor de fricción aumenta.
- ✓ Para una rugosidad relativa ε/D , el factor de fricción disminuye con el aumento del número de Reynolds, hasta que se alcanza la zona de turbulencia completa.
- ✓ Dentro de la zona de turbulencia completa, el número de Reynolds no tienen ningún efecto sobre el factor de fricción.

2.10.1.2 Rugosidad Relativa. Es la relación entre la rugosidad promedio de su pared o rugosidad absoluta (ϵ) y el diámetro interno (D_i) de la tubería. Debido a que la rugosidad es algo irregular, se tomara valores promedios.

Para su selección se deben considerar los siguientes factores:

- ✓ Material de fabricación de la tubería o conducto.
- ✓ Proceso de fabricación de la tubería.
- ✓ Naturaleza del líquido a ser conducido.
- ✓ Tiempo de servicio del conducto o tubería.

Figura 7. Rugosidad exagerada de la pared de un tubo.



Fuente: (Mott, 1996) - pág. 240

Como se aprecia en la tabla 3 se ha determinado el valor de la rugosidad absoluta (ϵ) para tubos existentes comercialmente. Estos son valores promedios para tuberías nuevas y limpias. Es de esperarse cierta variación una vez que una tubería ha estado en servicio durante algún tiempo, la rugosidad cambia debido a la corrosión y a la formación de depósitos en la pared.

Tabla 3. Rugosidad absoluta (ϵ) en tubos comerciales

Material del conducto	Rugosidad absoluta ϵ (mm)
Vidrio	Liso
Plástico (PVC)	0.0015
Tubo extruido; cobre, latón y acero	0.0024
Acero comercial o soldado	0.03-0.09
Hierro galvanizado	0.06-0.24

Hierro dúctil, recubierto	0.1200
Hierro dúctil, no recubierto	0.2400
Concreto, bien fabricado	0.1200
Acero remachado	1.800
Asbesto, cemento nuevo	0.3 – 3.0

Fuente: (Mott, 1996) - pág. 240

2.11 Rugosidad absoluta en función de los años de servicio.

Se ha evaluado el efecto corrosivo del agua en tuberías basándose en la reducción de la capacidad de transporte de acuerdo con el PH del agua y el número de años de servicio. Genijew relacionó la rugosidad absoluta con el tipo de agua a transportar y el número de años de servicio.

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + at \quad (27)$$

Dónde:

ε_0 = Rugosidad del tubo (nuevo). (mm).

a= Coeficiente que depende del grupo en que se clasifique el agua según la tabla 4.

t= Número de años de servicio de la tubería.

ε_t = Rugosidad del conducto, después de t años de servicios en mm.

Tabla 4. Coeficientes a de la fórmula de Genijew.

Grupo	Característica	a
I	Agua con poco contenido mineral que no origina corrosión. Agua con un pequeño contenido de materia orgánica y de solución de hierro.	Varía de 0.005 a 0.055; valor medio; 0.025
II	Agua que origina fuerte corrosión y con escaso contenido de cloruros y sulfatos (menos de 100 a 150 mg/l). Agua con un contenido de hierro de más de 3 mg/.	Varía de 0.18 a 0.40; valor medio; 0.20

III	Agua que origina corrosión, con un gran contenido de cloruros (más de 500 a 700 mg/l). Agua impura con una gran cantidad de materia orgánica.	Varía de 0,40 a 0,60; valor medio: 0,51
IV	Agua con cantidades importantes de carbonatos, pero de dureza pequeña permanente, con residuo denso de 2000 mg/l.	Varía de 0.6 a más de 1
V	Agua con poco contenido mineral que origina corrosión. Agua que contiene menos de 3 mg/l de materia orgánica y hierro en solución	Varía de 0.055 a 0.18; valor medio: 0.07

Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/flujoentuberias/efectotiemporugostub/efectotiemporugostub.html>

2.11.1 Ecuación de Hazen-Williams. Como respuesta a la dificultad que existía para la solución del factor de fricción de Darcy, surgen ecuaciones empíricas como la desarrollada de manera independiente por A.H. Hazen y G.S. Williams en 1933. La ecuación resultante es explícita para la velocidad, caudal y de muy fácil utilización, por lo que su empleo se ha popularizado para el análisis y diseño de sistemas hidráulicos.

La formulación de la ecuación de Hazen-Williams es la siguiente:

$$Q = 0.2785 C D^{2.63} J^{0.54} \quad (28)$$

$$hf = J * Le \quad (29)$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/s).

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.

D = Diámetro interno de la tubería (m).

hf = Pérdida de energía (m).

J = Pérdida de carga unitaria o pendiente de la línea de energía (m/m de tubería).

Le = Longitud equivalente de la tubería.

Aunque su empleo es muy generalizado, se debe tener en cuenta que existen varias restricciones para su utilización y que de no considerarse llevarán a sobredimensionar la tubería. Por lo anterior, se presentan a continuación algunas recomendaciones para su uso:

- ✓ Válida para el transporte de agua a temperaturas normales (15°C).
- ✓ Diámetro superior a 2".
- ✓ Velocidad de flujo menor que 3 m/s.
- ✓ Resultados comparables con Darcy - Weisbach para un número de Reynolds relativamente alto.
- ✓ Apropiaada selección del coeficiente de rugosidad, C.

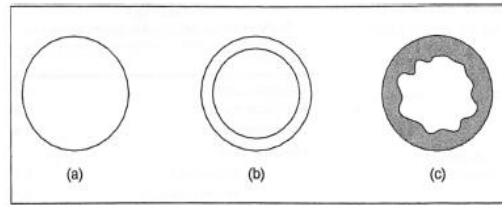
2.11.1 Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams, C. (Mott, 1996) - pág. 252.

Este coeficiente es función principalmente del material de la tubería y del estado de las paredes del tubo. Con el tiempo se presentarán incrustaciones de calcio y magnesio (elementos contenidos en el agua) en las paredes de la tubería, modificando así la rugosidad; este fenómeno es especialmente crítico para tuberías de acero o hierro fundido (Figura. 8 caso b). Los tubos de concreto, asbesto- cemento, cobre y plástico mantienen sus características originales de rugosidad por un mayor período de tiempo.

Otro factor de modificación de la rugosidad es la corrosión de la tubería, la cual se manifiesta por medio de "tubérculos" que aparecen en la superficie interna (figura N° 8 caso c). Este fenómeno es más controlable que el de la incrustación, ya que es posible revestir adecuadamente la superficie interna de la tubería.

Como se puede observar en la Figura. 8, estos materiales son muy susceptibles de alteración, por lo que se recomienda diseñar la tubería con un valor de C de la tubería en uso, aun cuando el valor de C original es de interés para conocer el caudal inicial.

Figura 8. Modificación del coeficiente de rugosidad.



Fuente: <http://www.todomonografias.com/arquitectura-obras-y-construccion/abastecimiento-de-aguas/>

En la tabla 5 se indican algunos valores comunes de C para diferentes materiales; allí también se observa la reducción gradual del coeficiente de rugosidad con el tiempo.

Tabla 5 Coeficientes de C para la fórmula de Hazen – Williams.

Tipo de conducto	C
Acero corrugado	60
Acero galvanizado	125
Asbesto-cemento	140
Cobre	130
PVC	150
Hormigón liso	130
Hormigón ordinario	120
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo	90

Fuente: (Mott, 1996) - pág. 252.

2.12 Pérdidas según Manning.

Las ecuaciones de Manning se suelen utilizar en canales. Para el caso de las tuberías son válidas cuando el canal es circular y está parcial o totalmente lleno o cuando el diámetro de la tubería es muy grande. La expresión es la siguiente:

$$\Delta_f = 10,3 \cdot n^2 \cdot \left(\frac{Q^2}{D^{5,33}} \right) \cdot L \quad (30)$$

Dónde:

Δ_f = Pérdida de carga o de energía (m).

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional).

D = Diámetro interno de la tubería.

Q = Caudal (m³/s).

L = Longitud de la tubería (m).

Tabla 6. Coeficientes de C para la fórmula de Hazen – Williams

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING DE MATERIALES			
Material	n	Material	n
Plástico (PE, PVC)	0,006-0,010	Fundición	0,012-0,015
Poliéster reforzado	0,009	Hormigón	0,012-0,017
Acero	0,010-0,011	Hormigón revestido	0,016-0,022
Hierro galvanizado	0,015-0,017	Revestimiento bituminoso	0,013-0,016

Fuente: <http://fisica2.wikispaces.com/file/view/P%C3%89RDIDAS+DE+CARGA+FRICCIONALES.pdf>

2.13 Pérdidas de carga por accesorios. (Mott, 1996) - pág.281)

Es la pérdida de energía, producida en una pequeña región cercana al sitio donde se presenta cambio en la geometría del conducto o cambio en la dirección del flujo (codos, bifurcaciones, válvulas, etc.), que se traduce en una alteración de las condiciones de flujo. A este tipo de pérdidas también se les llaman pérdidas menores, este es un nombre incorrecto porque en muchas situaciones son las más importantes que las pérdidas por fricción. Este tipo de pérdidas se pueden calcular a través de dos métodos.

- ✓ Primer método: utilizando la ecuación fundamental de las pérdidas de carga secundarias de Darcy W.
- ✓ Segundo método: utilizando la longitud de tubería equivalente.

2.13.1 Ecuación fundamental de las pérdidas de carga por accesorios. Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, conforme pasa por un codo, expansión o contracción de la sección del flujo, o por una válvula, etc. Por lo general se expresan como un coeficiente de resistencia K multiplicado por la altura de velocidad.

$$h_m = k \frac{v^2}{2g} \tag{30}$$

El método exacto para determinar el coeficiente de resistencia K para válvulas o acoplamientos es mediante la siguiente ecuación.

$$k = \left(\frac{L_e}{D_i} \right) f_T \tag{31}$$

Dónde:

L_e = Longitud equivalente (longitud de una tubería recta del mismo diámetro nominal que del accesorio).

D_i = Diámetro interior real de la tubería.

f_T = Factor de fricción en la tubería a la que está conectada el accesorio (que se da por hecho esta está en la zona de turbulencia completa).

En la tabla 7 se presentan valores (L_e/D_i) , llamado relación de longitud equivalente.

Tabla 7. Resistencia de longitud equivalente en número de diámetros de tubería (L_e/D) .

Accesorio	(L_e/D_i)
Codo estándar de 90°	30
Codo estándar de 45°	16
Codo curvo de 90°	20
Codo en U	50
Té estándar: Con flujo directo	20
Con flujo en ramal	60
Con flujo bilateral	65

Unión o universal	6
Válvula angular abierta	150
Válvula de bola o esférica abierto totalmente	150
Válvula de compuerta: abierto totalmente	8
¾ abierto	35
½ abierto	160
¼ abierto	900
Válvula de globo abierta totalmente	340
Válvula de retención (check): Convencional	50
En Y	100
Válvula de pie con colador: Disco de vástago	420
Disco de bisagra	75

Fuente: (Mott, 1996) - pág.281

Los valores de f_T varía según el tamaño de la tubería, lo que hace que el valor del coeficiente de resistencia K también varíe. En la tabla 8 presenta una lista de los valores de f_T para tamaños estándar de tubería de acero comercial, nueva y limpia.

Tabla 8. Factor de fricción (f_T) en la zona de turbulencia para tubería de acero comercial.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T
½	0.027	3 ½ - 4	0.017
¾	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 ¼	0.022	8 – 10	0.014
2 ½	0.021	12 – 16	0.013

2	0.019	18 – 24	0.012
2 ½ - 3	0.018		

Fuente: (Mott, 1996) - pág. 284

El procedimiento para calcular la pérdida de energía que causan los diferentes accesorios de un sistema hidráulico es la siguiente:

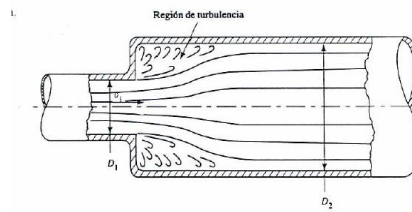
1. En la tabla 7 encontrar Le/D para la válvula o accesorio.
2. a Si la tubería es de acero nueva y limpia:
 - ✓ En la tabla 8 encontrar fT .
2. b Para tubo de otros materiales:
 - ✓ Con la tabla 3, determinar la rugosidad ϵ del tubo
 - ✓ Calcular ϵ /D .
 - ✓ Emplear el diagrama de Moody (anexo B), para determinar fT en la zona de turbulencia completa.
3. Calcular $K = fT (Le/D)$.
4. Calcular $h_m = K (v^2/2g)$, donde v es la velocidad en el tubo.

2.13.2 Pérdidas de carga en accesorios especiales. (Mott, 1996) - pág.281

En casi todos los casos las pérdidas menores se determinan experimentalmente, pero hay una importante excepción para los siguientes accesorios.

2.13.2.1 Ampliación Brusca. Conforme un fluido pasa de una tubería pequeña a otra más grande a través de una ampliación brusca, su velocidad disminuye de manera abrupta, lo que ocasiona turbulencia que genera una pérdida de energía como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9. Esquema de una ampliación brusca



Fuente: (Mott, 1996) - pág.268.

La cantidad de turbulencia, y por consiguiente, la cantidad de pérdida de energía, depende del cociente entre los diámetros de los conductos (D_2 / D_1). La pérdida menor se calcula con la ecuación:

$$h_m = k \frac{v_1^2}{2g} \quad (32)$$

Al hacer algunas suposiciones simplificadoras sobre el carácter de la corriente de flujo, es posible predecir de manera analítica el valor de K, con la siguiente ecuación.

$$k = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 \quad (33)$$

Dónde:

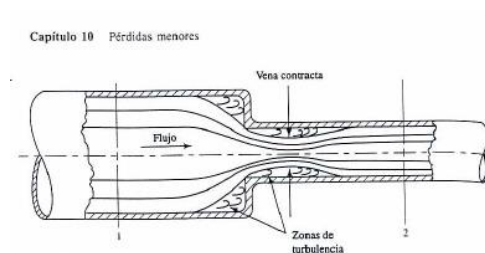
D_1 = Diámetro de la sección más pequeña de tubería

D_2 = Diámetro de la sección más grande de tubería.

v_1 = Velocidad promedio del flujo en la tubería de menor diámetro.

2.13.2.2 Contracción Brusca. El mecanismo mediante el cual se pierde energía debido a una contracción brusca es bastante complejo. Conforme las líneas de corriente se acercan a la contracción; adoptan una trayectoria curva y durante cierta distancia la corriente en su conjunto sigue después del angostamiento.

Figura 10. Esquema de una contracción Brusca



Fuente: (Mott, 1996) - pág.276.

Así, la sección transversal mínima efectiva del flujo es más pequeña que la de la tubería menor. La sección en que ocurre esta área mínima de flujo se denomina vena contracta, lo cual ocasiona que la corriente desacelere y expanda de nuevo para llenar la tubería. El coeficiente de resistencia K depende de la relación de los tamaños de las dos tuberías y de la velocidad de flujo. La pérdida menor se calcula a partir de la ecuación:

$$h_m = k \frac{v_2^2}{2g} \quad (34)$$

Dónde:

k= Coeficiente de contracción.

v_2 = Velocidad promedio del flujo en la tubería

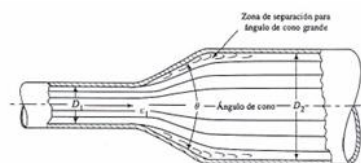
Tabla 9. Coeficiente de resistencia - contracción brusca.

D_1/D_2	K
1.2	0.08
1.4	0.17
1.6	0.26
1.8	0.34
2.0	0.37
2.5	0.41
3.0	0.43
4.0	0.45
5.0	0.46

Fuente: (Mott, 1996) - pág.275

2.13.2.3 Expansión gradual. Depende de la brusquedad con que se efectúa la contracción.

Figura 11 Esquema de una expansión gradual



Fuente: (Mott, 1996) - pág.272

El coeficiente de pérdidas K está supeditado al ángulo θ y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$h_m = k \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (35)$$

Dónde:

v_1 = Velocidad promedio del flujo en la tubería de menor diámetro

v_2 = Velocidad promedio del flujo en la tubería de mayor diámetro

K = Se encuentra en la tabla 10.

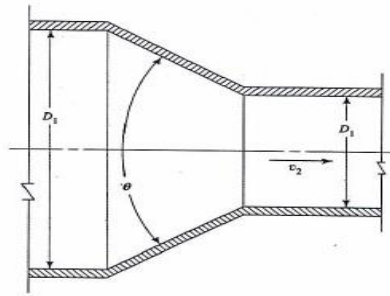
Tabla 10. Coeficiente de resistencia - expansión gradual.

D₁/D₂	θ°						
	4°	10°	15°	20°	30°	50°	60°
1.20	0.02	0.04	0.09	0.16	0.25	0.35	0.37
1.40	0.03	0.06	0.12	0.23	0.36	0.50	0.53
1.60	0.03	0.07	0.14	0.26	0.42	0.57	0.61
1.80	0.04	0.07	0.15	0.28	0.44	0.61	0.65
2.00	0.04	0.07	0.16	0.29	0.46	0.63	0.68
2.50	0.04	0.08	0.16	0.30	0.48	0.65	0.70
3.00	0.04	0.08	0.16	0.31	0.48	0.66	0.71
4.00	0.04	0.08	0.16	0.31	0.49	0.67	0.72
5.00	0.04	0.08	0.16	0.31	0.50	0.67	0.72

Fuente: (Mott, 1996) - pág. 274

2.13.2.4 Contracción gradual. La pérdida de energía en una contracción puede disminuir en forma sustancial si la contracción se hace más gradual.

Figura 12. Esquema de una expansión gradual.

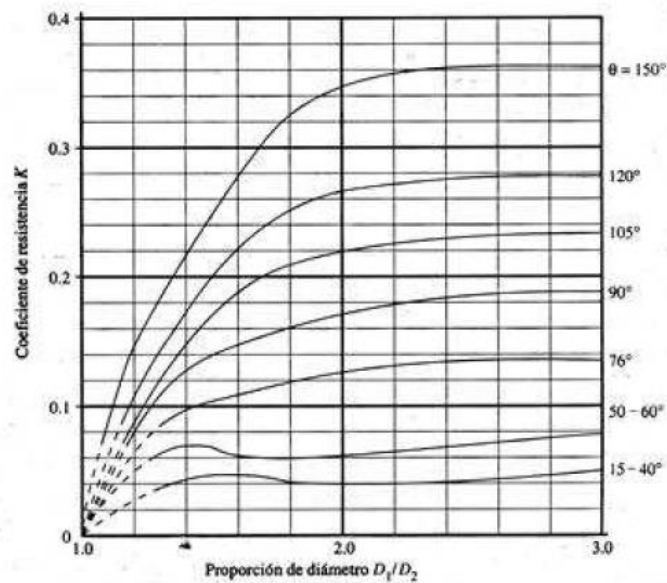


Fuente: (Mott, 1996) - pág. 277

Con el ábaco ilustra a continuación se puede obtener los valores de coeficiente resistencia K para distintos valores del ángulo del cono ($\theta \geq 15^\circ$).

Figura 13. Coeficiente de resistencia - contracción

$$\theta \geq 15^\circ.$$



Fuente: (Mott, 1996) - pág. 277

La pérdida de energía se calcula con la siguiente ecuación:

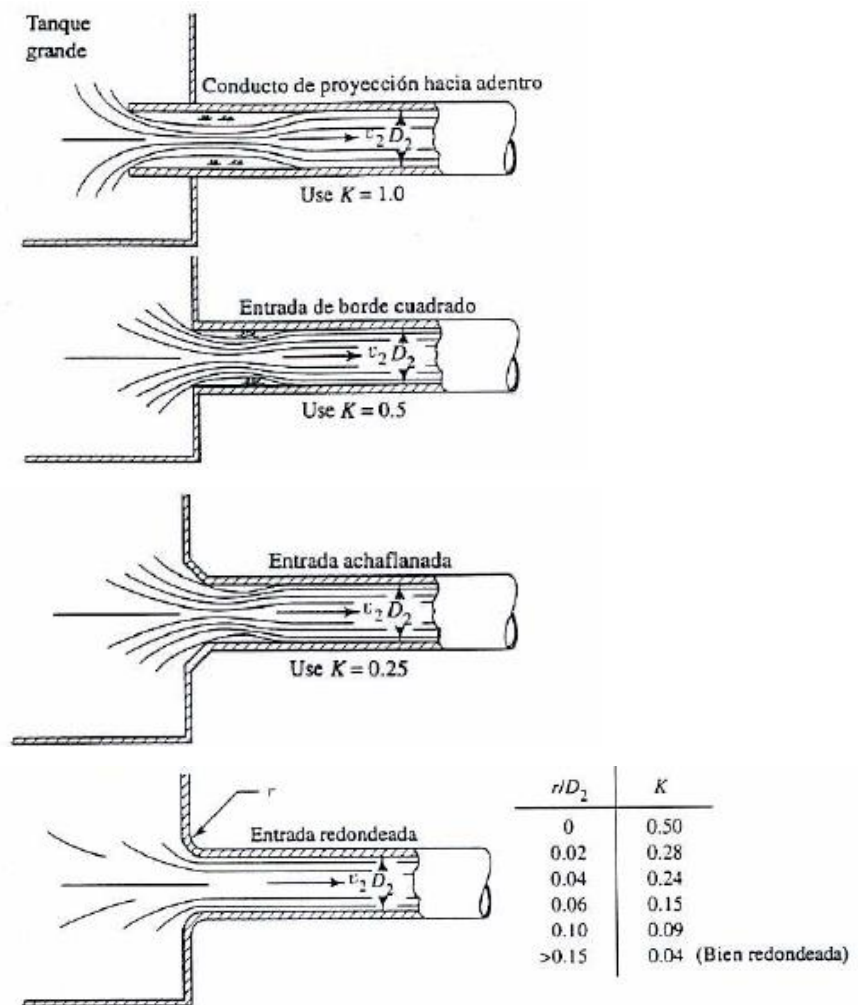
$$hm = k \frac{v_2^2}{2g} \quad (36)$$

Dónde:

v_2 = Velocidad promedio del flujo en la tubería de menor diámetro

2.13.2.5 Pérdidas por entrada de tubería. Sucede cuando un fluido se mueve de un depósito o tanque relativamente grande hacia una tubería. El fluido debe acelerar desde una velocidad despreciable a la velocidad de flujo en la tubería. La facilidad con que la aceleración se lleva a cabo determina la cantidad de pérdida de energía y, por lo tanto, el valor del coeficiente de resistencia de la entrada depende de la geometría de ésta.

Figura 14. Coeficientes de pérdidas de carga por entrada.

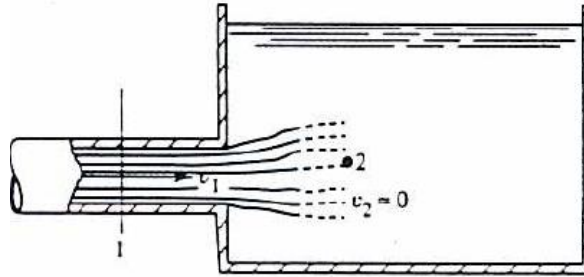


Fuente: (Mott, 1996) - pág.280.

2.13.2.6 Pérdida en la salida de tubería. Conforme el fluido pasa de una tubería a un depósito o tanque grande (Gráfico N° 15), su velocidad disminuye hasta casi cero. En el proceso se disipa la energía cinética que el fluido tiene en la tubería. Por lo tanto, el valor

del coeficiente de pérdidas $K = 1.0$ sin importar la forma de la salida y el lugar donde se conecta a la pared del tanque.

Figura 15. Esquema una salida de tubería.



Fuente: (Mott, 1996) - pág.271

2.14 Longitud de tubería equivalente.

Este segundo método consiste en catalogar las pérdidas por accesorios en la forma de la longitud equivalente (L_e), es decir la longitud en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría la misma pérdida de carga que el accesorio en cuestión.

Así cada codo, medidor de caudal, válvula, etc., se sustituye por una longitud de tubería equivalente (L_e) que luego se aplica ya sea en la ecuación de Darcy-Weisbach o Hazen-Williams. A continuación se expone la pérdida de carga para la primera ecuación descrita anteriormente.

$$\Delta H = \sum (hf + hm) = f \left(\frac{L_{Tubería} + L_e}{D_i} \right) \frac{v^2}{2g} \quad (37)$$

En la tabla 7 se presenta la longitud equivalente expresada en número de diámetros para accesorios y válvulas más comunes dentro de la hidráulica.

2.15 Tipos y aplicaciones de accesorios hidráulicos.

Los accesorios hidráulicos en tuberías son conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías en una línea de proceso.

A continuación se describen algunas características de los accesorios hidráulicos:

Diámetro. Es la medida de un accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo y depende de las especificaciones técnicas exigidas.

Resistencia. Es la capacidad de tensión en libras o en kilogramos que puede aportar un determinado accesorio en plena operatividad.

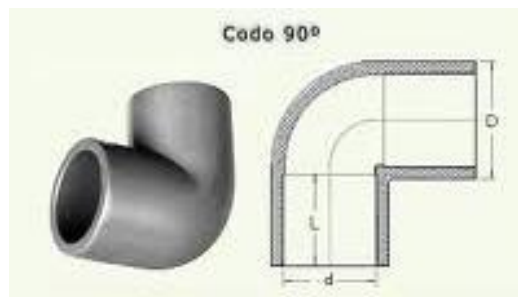
Aleación. Es el material o conjunto de materiales del cual está hecho un accesorio de tubería.

Espesor. Es el grosor que posee la pared del accesorio de acuerdo a las normas y especificaciones establecidas.

A continuación se mencionan los accesorios más comunes:

Codos. Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Figura 16. Codos



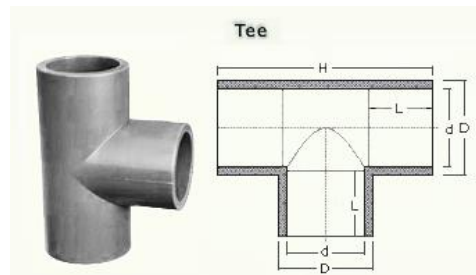
Fuente: http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=91

Los codos estandarizados son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- ✓ Codos estándar de 45°.
- ✓ Codos estándar de 90°.
- ✓ Codos estándar de 180°.

Tee. Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y cédulas y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Figura 17. Tee



Fuente: http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=91

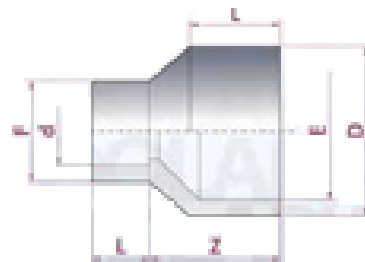
Existen dos clases de tee en función de los diámetros y son:

- ✓ Tee de diámetros iguales o te de recta.
- ✓ Tee reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

Reducciones. Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el diámetro a través de las líneas de tuberías, los tipos de reducción se citan a continuación:

- ✓ Estándar concéntrica.- Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el diámetro de la tubería aumentando su velocidad y manteniendo su eje.

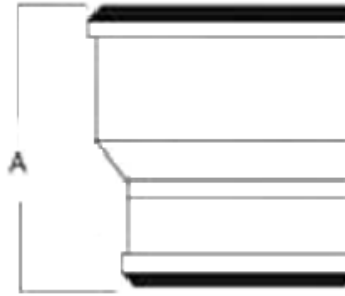
Figura 18. Reducción concéntrica



Fuente: http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=91

- ✓ Estándar excéntrica.- Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el diámetro de la tubería en la línea aumentando su velocidad y perdiendo su eje.

Figura 19. Reducción excéntrica.



Fuente: <http://www.poolaria.com/accesorios-de-pvc/1061-reduccion-conica-pvc-encolar.html>

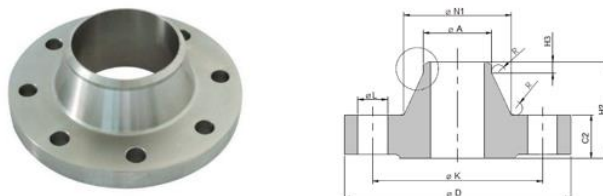
Bridas. Son accesorios utilizados para conectar tuberías con equipos (bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.). La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado.

Las ventajas de las uniones bridadas radican en el hecho de que por estar unidas por espárragos, permite el rápido montaje y desmontaje a objeto de realizar reparaciones o mantenimiento.

Los tipos de bridas más importantes son:

Brida con cuello para soldar. Es utilizada con el fin de minimizar el número de soldaduras en pequeñas piezas a la vez que contribuya a contrarrestar la corrosión en la junta.

Figura 20. Brida con cuello.



Fuente: http://spanish.customcutstainlesssteel.com/china-stainless_steel_pipe_welding_neck_flanges_with_raised_face-146372.html

Brida deslizante. es la que tiene la propiedad de deslizarse hacia cualquier extremo del tubo antes de ser soldada y se encuentra en el mercado con cara plana, cara levantada, borde y ranura, macho y hembra y de orificio requiere soldadura por ambos lados.

Figura 21. Brida deslizante



Fuente: <http://www.topperfitting.com/xby/product.php?ParentID=,11>,

Brida roscada. Son bridas que pueden ser instaladas sin necesidad de soldadura y se utilizan en líneas con fluidos con temperaturas moderadas, baja presión y poca corrosión, no es adecuada para servicios que impliquen fatigas térmicas.

Figura 22. Brida roscada



Fuente: <http://www.bripetrol.com.ar/Bridas.html>.

Brida loca con tubo rebordeado. Es la brida que viene seccionada y su borde puede girar alrededor de cuello, lo que permite instalar los orificios para tornillos en cualquier posición sin necesidad de nivelarlos.

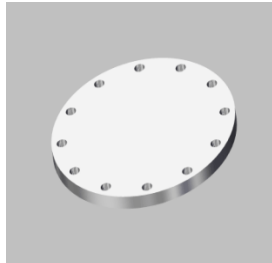
Figura 23. Brida loca con tubo borbodeado.



Fuente: <http://www.carbinox.com.br/es/produtos.asp?categoria=4&linha=14>.

Brida ciega. Es una pieza completamente sólida sin orificio para fluido, y se une a las tuberías mediante el uso de tornillos, se puede colocar conjuntamente con otro tipo de brida de igual diámetro, cara y resistencia.

Figura 24. Brida ciega



Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>.

Brida orificio. Son convertidas para cumplir su función como bridas de orificio, del grupo de las denominadas estándar, específicamente del tipo cuello soldable deslizante.

Figura 25. Brida orificio.



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/aplitex-sl/placas-de-orificio-para-medicion-de-caudal-de-presion-diferencial-50657-361553.html>.

Brida embutible. Tiene la propiedad de ser embutida hasta un tope interno que ella posee, con una tolerancia de separación de 1/8" y solo va soldada por el lado externo.

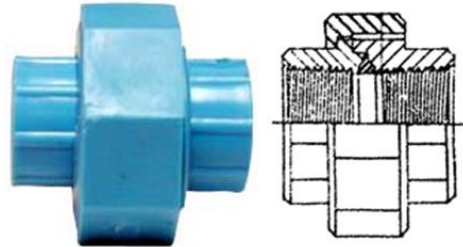
Figura 26. Brida embutible



Fuente: <http://arana-sa.com/es/bridas/>.

Unión universal. La unión universal, es un accesorio designado para la instalación y reparación de sistemas de distribución de agua potable. Por su singular forma y movimiento permite unir tramos en los que se hayan realizado cortes de segmento de tubería. Ya que por el uso de coplas, enroscar una tubería de ambos lados es imposible.

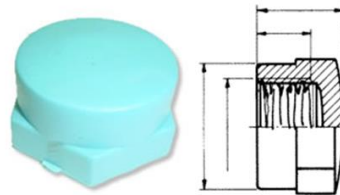
Figura 27. Unión universal.



Fuente: <http://www.inyectoplast.com.pe/a6.htm>.

Tapones. Son accesorios utilizados para bloquear o impedir el pase o salida de fluidos en un momento determinado. Mayormente son utilizados en líneas de diámetros menores.

Figura 28. Tapones.



Fuente: <http://tecnihogar.es/295-tuberias-pvc- evacuacion-y-presion>

Los tapones se clasifican según su forma de instalación pueden ser macho y hembra.

2.16 Tipos y aplicaciones de válvulas.

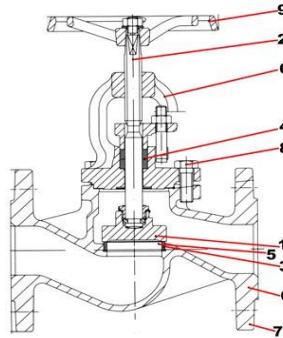
Una válvula es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

La válvula es uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde unos milímetros hasta los 90 m o más de diámetro (aunque en tamaños grandes suelen llamarse compuertas). Pueden trabajar

con presiones que van desde el vacío hasta más de 140 MPa (mega pascales) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1100 K (kelvin). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

Las válvulas independientemente de su tipo disponen de algunas partes comunes necesarias para el desarrollo de su función:

Figura 29. Partes de una válvula.

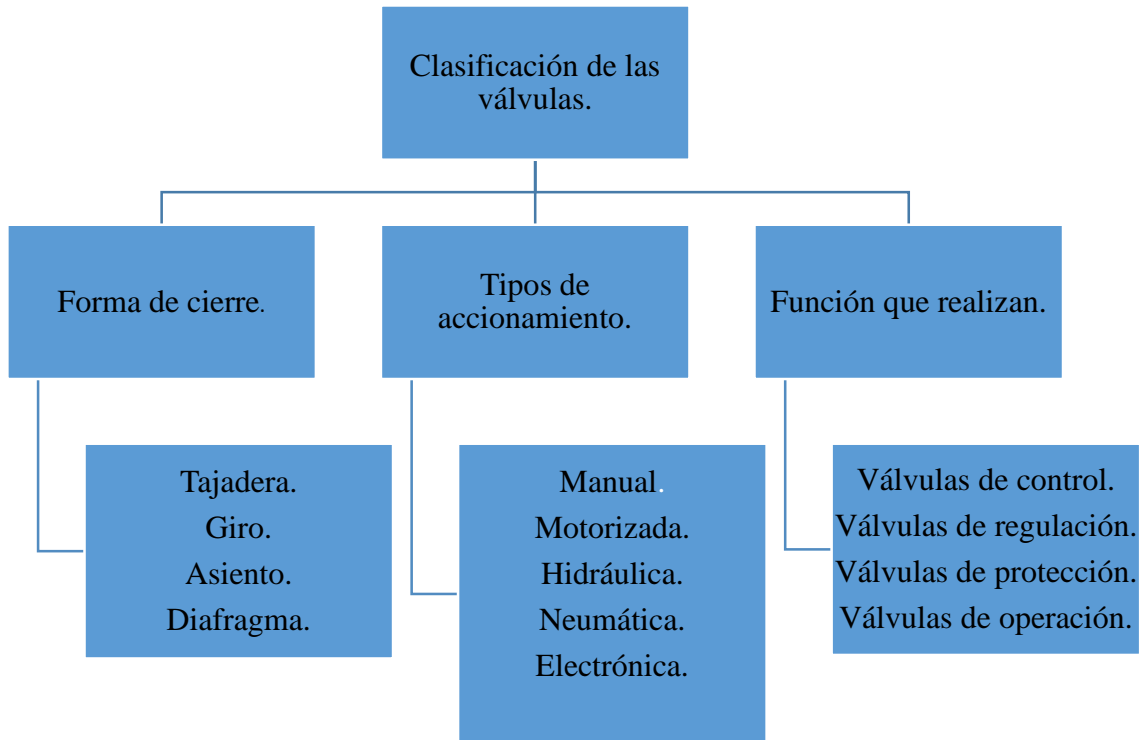


Fuente: <http://www.topperfitting.com/xby/product.php?ParentID=,11>.

- 1. Obturador:** También denominado disco en caso de parte metálica, es la pieza que realiza la interrupción física del fluido.
- 2. Eje:** También denominado husillo, es la parte que conduce y fija el obturador.
- 3. Asiento:** Parte de la válvula donde se realiza el cierre por medio del contacto con el obturador.
- 4. Empaquetadura del eje:** Es la parte que montada alrededor del eje metálico asegura la estanqueidad a la atmósfera del fluido.
- 5. Juntas de cierre:** Es la parte que montada alrededor del órgano de cierre (en algunos casos) asegura una estanqueidad más perfecta del obturador.
- 6. Cuerpo y Tapa:** Partes retenedoras de presión, son el envolvente de las partes internas de las válvulas.
- 7. Extremos:** Parte de la válvula que permite la conexión a la tubería, pueden ser bridados, soldados, roscados, ranurados o incluso no disponer de ellos, es decir, permitir que la válvula se acople a la tubería tan solo por las uniones externas (Wafer).
- 8. Pernos de unión:** Son los elementos que unen el cuerpo y tapa de la válvula entre sí. Para asegurar la estanqueidad atmosférica hay que colocar juntas entre estas dos superficies metálicas,
- 9. Accionamiento:** Es el mecanismo que acciona la válvula.

En la siguiente figura se presenta un esquema de la clasificación de las válvulas.

Figura 30. Clasificación de las válvulas.

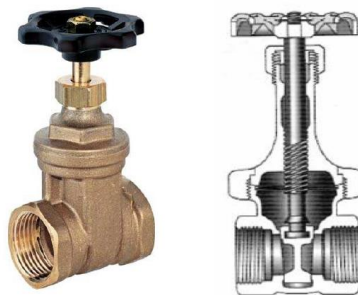


Fuente: Autores.

2.16.1 Válvulas de Compuerta. (Mott, 1996) - pág. 294

La válvula de compuerta es una válvula que abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuchilla (la cuál puede ser redonda o rectangular) permitiendo así el paso del fluido.

Figura 31. Válvula de compuerta



Fuente: http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=921

Ventajas

- ✓ Alta capacidad.
- ✓ Cierre hermético.
- ✓ Bajo costo.
- ✓ Diseño y funcionamiento sencillos.
- ✓ Poca resistencia a la circulación.

Desventajas

- ✓ Control deficiente de la circulación.
- ✓ Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- ✓ Produce cavitación con baja caída de presión.
- ✓ Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- ✓ La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco

Aplicación.

- ✓ Se utilizan las válvulas de compuerta cuando sea necesario un caudal de fluido rectilíneo, así como una restricción mínima al paso del mismo, las válvulas de compuerta deben su nombre a la pieza que bloquea o permite el paso de flujo, es una compuerta.
- ✓ Servicios generales, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases, líquidos corrosivos, etc.

2.16.2 Válvulas de Globo. Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio del disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.

Figura 32. Válvula de globo.



Fuente: http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=923

Ventajas.

- ✓ Bajo costo.

- ✓ Poco mantenimiento.
- ✓ No hay obstrucción ni bolsas internas que las obstruyan.
- ✓ Diseño sencillo.
- ✓ No corrosiva y resistente a la abrasión.

Desventajas.

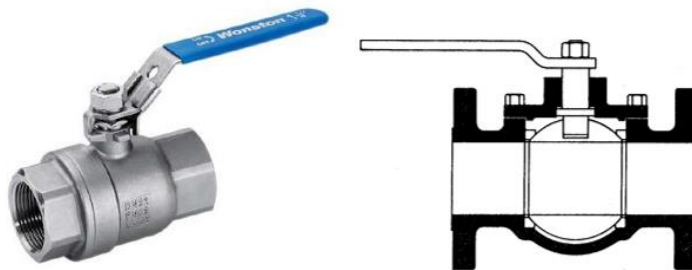
- ✓ Aplicación limitada para vacío.
- ✓ Difícil de determinar el tamaño.

Aplicación.

- ✓ Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción de neumática de sólidos.

2.16.3 Válvulas de bola o esférica. Las válvulas de bola son de 1/4 de vuelta, pues la bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto.

Figura 33. Válvula de bola.



Fuente: http://www.fosa.com.mx/detalle_prod.php?p=925

Ventajas.

- ✓ La válvula de bola tiene pocas piezas y es de mantenimiento sencillo.
- ✓ La apertura o cierre totales se obtienen con 1/4 de vuelta de la bola.
- ✓ El flujo en la tubería no tiene interrupción y la válvula aumenta muy poco la caída de presión en el sistema.
- ✓ Esta válvula es muy adecuada para servicio con pastas fluidas y sólidos fluidificados.

Desventajas.

- ✓ La dimensión total de cara a cara es mayor que en casi todos los demás tipos de válvulas y requiere más espacio en el sistema de tubería.

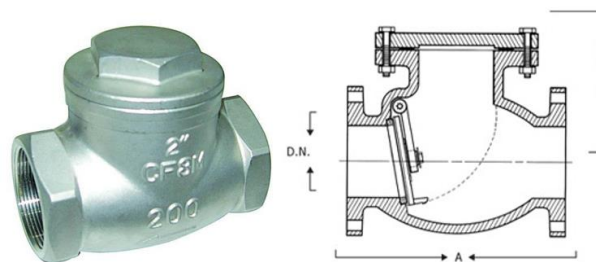
- ✓ Una parte del fluido de proceso queda atrapado en el conducto cada vez que se cierra la válvula.
- ✓ La configuración del conducto lo hace impráctico para diseño de orificios múltiples, salvo que la válvula sea de menor tamaño que el de la tubería o se pongan reductores.

Aplicación.

- ✓ Servicios generales, altas temperaturas, pastas semilíquidas

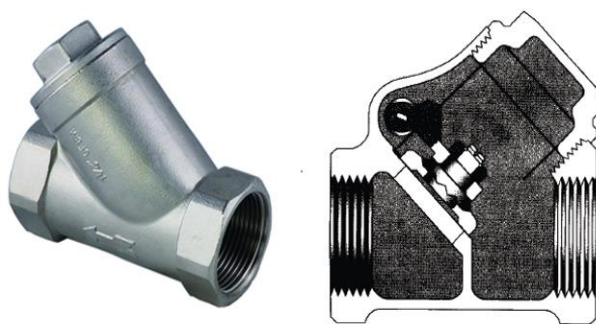
2.16.4 Válvulas de retención (Check). La válvula de retención se emplea para evitar el retorno del agua por una tubería, es decir, el flujo es en un solo sentido. Existen varios tipos de válvulas de retención a continuación se exponen los de tipo giratorio.

Figura 34. Válvula de retención (check) convencional.



Fuente: http://www.tecval.cl/valvula_de_retencion.html

Figura 35. Válvula de retención (check) en Y



Fuente: http://www.tecval.cl/valvula_de_retencion.html

Estas válvulas son ampliamente utilizadas en tuberías conectadas a sistemas de bombeo para mitigar el efecto del golpe de ariete, principalmente en la línea de descarga de la bomba.

Ventajas.

- ✓ Acción rápida.
- ✓ Recorrido mínimo del disco a la posición de apertura total.

Desventajas.

- ✓ Corrosión en elementos móviles por estancamiento de fluido.

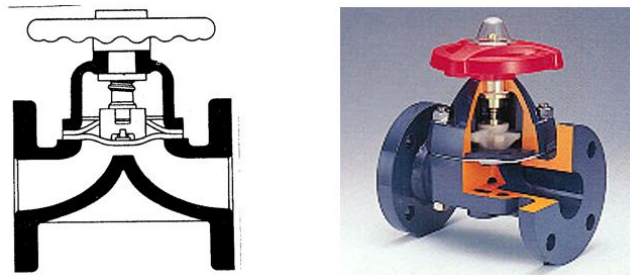
Aplicación.

- ✓ Tuberías para vapor de agua, aire, gas, agua y vapores con altas velocidades de circulación.

2.16.6 Válvula de diafragma. Esta válvula ofrece ventajas, imposibles para otros tipos de válvulas. Dan un paso suave, laminar y sin bolas de fluido, sirviendo para controlar el caudal y producen un cierre estanco aun existiendo sólidos en suspensión en la tubería. En ciertas posiciones estas válvulas son auto purgables. El total aislamiento de las partes internas, de la corriente, impide la contaminación y corrosión del mecanismo de operación. Su mantenimiento es extremadamente sencillo.

En esta válvula el flexible y elástico diafragma está unido al vástago que lo comprime, por un tornillo embebido dentro del diafragma.

Figura 36. Válvula de diafragma.



Fuente: (<http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-diafragma.php>)

Ventajas.

- ✓ Bajo costo.
- ✓ No contiene empaquetaduras.
- ✓ No hay posibilidades de fugas por el vástago.

- ✓ Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de gomas en los productos que circulan.

Desventajas.

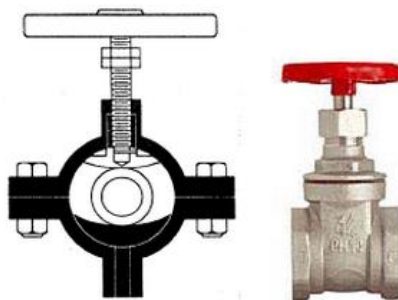
- ✓ Diafragmas susceptibles de desgaste.
- ✓ Elevada torsión al cerrar con la tubería llena.

Aplicación.

- ✓ Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, alimentos, productos farmacéuticos.

2.16.8 Válvula de apriete. La válvula de apriete es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o más elementos flexibles como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre sí para cortar la circulación.

Figura 37. Válvula de apriete



Fuente: <http://www.scribd.com/doc/19248899/Valvulas-para-tuberias>

Ventajas.

- ✓ Bajo costo.
- ✓ Poco mantenimiento.
- ✓ No hay obstrucción o bolsas internas que lo obstruyan.
- ✓ Diseño sencillo.
- ✓ No corrosiva y resistente a la abrasión.

Desventajas.

- ✓ Aplicación limitada para vacío.

Aplicación.

- ✓ Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción de neumática de sólidos.

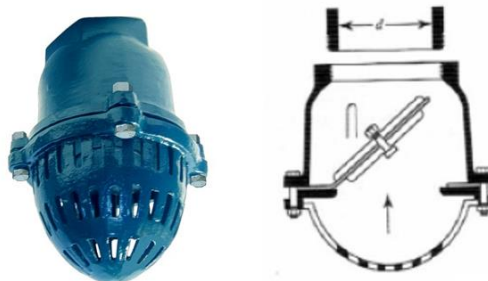
2.16.9 *Válvula de pie con alcachofa o colador.* Las válvulas de pie llevan a cabo una función similar a las válvulas check se emplean en la entrada de las líneas de succión que conducen fluido de un tanque de abastecimiento de una bomba. Es común que estén equipados con un filtro integral para mantener los objetos extraños fuera del sistema de tuberías. A continuación se exponen dos tipos de válvulas de pie tipo disco.

Figura 38. Válvula de pie con colador, tipo disco de vástago



Fuente: <http://www.scribd.com/doc/19248899/Valvulas-para-tuberias>

Figura 39. Válvula de pie con colador, tipo disco de bisagra



Fuente: <http://www.scribd.com/doc/19248899/Valvulas-para-tuberias>

2.16 Concepto de automatización. (Chicala, 2004)

El término automatización viene de la palabra griega “auto” y significa la ejecución por medios propios de un proceso, en el que materia, información o energía es cambiado o transformado.

Automatización es la tecnología que trata de la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción, es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores

humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. En los más modernos sistemas de automatización, el control de las máquinas es realizado por ellas mismas gracias a sensores de control que le permiten percibir cambios en sus alrededores de ciertas condiciones tales como temperatura, volumen y fluidez de la corriente eléctrica y otros, sensores los cuales le permiten a la máquina realizar los ajustes necesarios para poder compensar estos cambios. Hoy, una gran mayoría de las operaciones industriales son realizadas por enormes máquinas de este tipo.

2.17 Importancia de la automatización.

La tecnología de automatización toma en la industria una posición cada vez más preponderante debido a la automatización de los procesos, un área cuya importancia se encuentra en constante ascenso. Esto sucede tanto en las aplicaciones cotidianas de la producción como en la instrucción. Hoy en día, la tecnología de automatización está casi siempre ligada a las tecnologías de accionamiento, control y a la informática. Debido al acelerado desarrollo de la tecnología de micro controladores y ordenadores, la tecnología de automatización se ha convertido en el área más innovadora y con mayor vida de la electrotecnia. A ello se debe agregar que las nuevas soluciones industriales, como la descentralización y visualización, requieren nuevos sistemas de instrucción.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un simple sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

2.18 Elementos de la automatización.

Cuando la flexibilidad es el calificativo que engloba todas las tendencias presentes en la automatización de las plantas industriales, los medios de transporte interno deben ser asimismo flexibles. Ante esta necesidad, los sistemas modulares constituyen la respuesta idónea. Robustez, mejor sujeción y, especialmente, incorporación de nuevos tipos de

accionamientos y elementos de control, son las principales novedades que han ido introduciéndose en los sistemas modulares de automatización. Por otro lado, la tendencia constructiva de los suministradores apunta a que a partir de un número importante de componentes estándar se llegue a diseñar un sistema totalmente adaptado a unas necesidades específicas.

2.19 Clases de automatización.

Hay tres clases muy amplias de automatización:

- ✓ Automatización fija.
- ✓ Automatización programable.
- ✓ Automatización flexible.

2.19.1 Automatización fija. Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas.

Otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

2.19.2 Automatización programable. Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto; esta adaptación se realiza por medio de un programa (software).

2.19.3 Automatización flexible. Es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada.

Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

2.20 Tipos de automatización.

Existen cinco formas de automatizar en la actualidad, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado.

Los tipos de automatización son:

- ✓ Control automático de procesos.
- ✓ El procesamiento electrónico de datos.
- ✓ La automatización fija.
- ✓ El control numérico computarizado.
- ✓ La automatización flexible.

2.20.1 Control automático de procesos. Se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

2.20.2 Proceso electrónico de datos. Frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores, por lo que el presente trabajo de tesis se enfoca en este tipo de automatización para las máquinas el Banco de Pérdidas Primarias y Secundarias del Laboratorio de Turbomaquinaria.

2.20.3 Automatización fija. Es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los (PLC's) O controladores lógicos programables.

2.20.4 Control numérico computarizado. Se considera de control numérico por computador, también llamado CNC, a todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real.

2.20.5 Automatización flexible. Consiste en procesos automáticos, reprogramables con mucha agilidad y con cambio muy rápido de herramientas, lo que permiten procesar en

las mismas máquinas diversos productos en tandas de bajo volumen, logrando combinar así los efectos de la economía de escala, la economía de alcance y la flexibilidad de producción.

CAPÍTULO III

3. RECONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PÉRDIDAS.

3.1 Introducción.

Antes de iniciar la construcción del banco de pérdidas, es necesario aclarar que se está utilizando el mismo reservorio que anteriormente fue adquirido por la Facultad de Mecánica debido a que se encuentra en buenas condiciones, pero el cambio que se realizó fue en el banco de tuberías y la bomba las cuales se encontraban en malas condiciones.

El banco de tuberías está formado por un sistema de tres ramales, la configuración física de las tuberías son en paralelo, para lo cual se utiliza material de PVC. Los ramales difieren en el diámetro, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a la demanda comercial y la utilización de los mismos.

El equipo permite hacer una circulación del fluido (agua) por diferentes ramales de manera independientemente, debido a que el sistema posee válvulas de restricción de caudal, mediante su cierre y apertura.

3.2 Problemas encontrados en el tablero anterior.

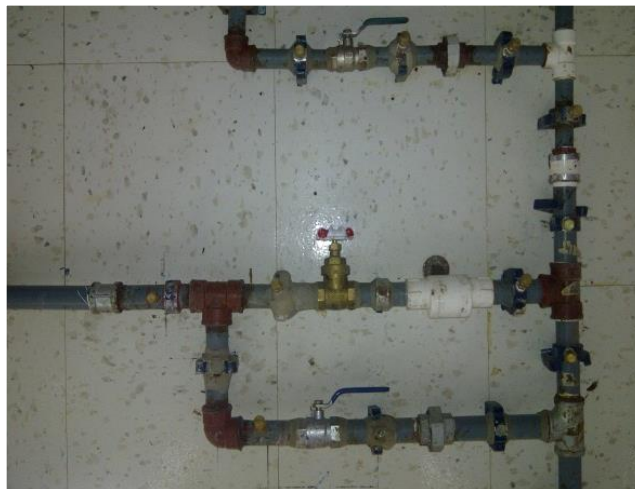
Se analizó el banco de pérdidas que se encontraba en el Laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica, y se observó las siguientes deficiencias:

- ✓ Fugas en todo el sistema debido a la mala selección de materiales que garanticen la impermeabilidad del sistema.
- ✓ Tuberías rotas.
- ✓ Los acoples de aluminio que servían de unión entre la tubería y el bushing se encontraban deteriorados.
- ✓ Los empaques que servían como sello entre los acoples de aluminio, tubería y bushing se encontraban mal elaborados y mal instalados.
- ✓ Materiales no compatibles con el pegamento de unión.
- ✓ Accesorios en malas condiciones.
- ✓ Las válvulas de compuerta instaladas en el banco tenían sus obturadores aislados.

- ✓ Debido al desmontaje frecuente de las tuberías y accesorios, y a su incompatibilidad de los diferentes materiales, sus filetes de roscas se encontraban destruidas.
- ✓ Como consecuencia de la mala selección del material del tablero y por el contacto continuo con el fluido, debido a las fugas, este se destruyó.
- ✓ El diseño del soporte del tablero era inadecuado.
- ✓ Después del uso continuo de la bomba durante muchos años, ésta llegó al final de su vida útil, viéndose reflejado en el daño de su sello mecánico y como consecuencia de aquello su funcionamiento era deficiente.
- ✓ El momento de evacuar el fluido del reservorio, el mecanismo de drenaje era inadecuado y se encontraba en pésimas condiciones.
- ✓ El equipo de medición de presión del banco, no garantizaba los datos mostrados, debido a que sus componentes no se encontraban en las mejores condiciones y permitían el ingreso de aire al sistema de medición.

En las siguientes imágenes se muestra parte de los problemas descritos anteriormente:

Figura 40. Tuberías en mal estado



Fuente: Autores

Figura 41. Accesorios en mal estado



Fuente: Autores

Figura 42. Empaques mal elaborados



Fuente: Autores

3.3 Selección del material.

Con los antecedentes del anterior banco, se observó que los componentes mejor conservados son los de P.V.C. (poli cloruro de vinilo), además para los accesorios se utilizará material de polipropileno monocapa, por su fácil obtención en el mercado y porque son económicamente accesibles.

El empleo de tuberías de PVC ha alcanzado una amplia difusión en cualquier tipo de red de distribución de agua para riego, debido principalmente a su bajo coste y gran resistencia, así por su ligereza y facilidad de acoplamiento, que simplifican el montaje de las mismas.

Son tubos de plástico rígido a partir de una materia prima compuesta de una resina sintética de poli cloruro de vinilo, estabilizantes, lubricantes y pigmentos a diferencia del

polietileno no lleva ninguna protección frente a la radiación solar, por lo que deberá enterrarse o protegerse con alguna pintura o recubrimiento, sino envejecerá de forma rápida perdiendo las propiedades que le caracterizan.

Las tuberías de PVC deben cumplir todo lo definido por la norma UNE 53-112 en cuanto a características y métodos de ensayo.

Las características hidráulicas del PVC como la rugosidad absoluta va desde valor prácticamente 0 a valores de $k=0,015$ mm, eligiendo este valor para el cálculo.

Los tipos de unión comúnmente utilizados para el PVC son:

- ✓ Unión por encolado: consiste en la adición a la zona de unión de un adhesivo que permite una soldadura química en frío de las dos piezas a unir, consiguiéndolo, si la unión está correctamente realizada, una unión totalmente estanca y uniforme.
- ✓ Unión por junta elástica: Esta unión está compuesta por una copa o campana en el extremo final de tubo y piezas, provistas de un canal interior anular donde va alojado un anillo teórico de caucho. Por el extremo opuesto a la copa, debe ir la tubería biselada formando un ángulo con el eje que oscile entre 12 y 18 grados.
- ✓ Otras uniones pueden hacerse por sistemas de unión Gibault, bridas y roscadas.

El P.V.C presenta las siguientes características físicas y mecánicas:

Tabla 11 Características físicas y mecánicas del PVC

CARACTERISTICA	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm ³	1,4
Esfuerzo tangencial de trabajo a 20°	MPa	10
Coefficiente de dilatación térmica	°C ⁻¹	0,008
Conductividad térmica	Kcal/ml°C	0,13
Módulo de elasticidad	MPa	3000
Tensión admisible	kg/cm ²	490-600
Resistencia a compresión	kg/cm ²	760
Resistencia a la flexión	kg/cm ²	1097

Fuente: (Arviza, Balbastre, & Cano, 2002)

3.4 Construcción del tablero de pruebas.

Anteriormente se mencionó la norma UNE 53-112 que es una norma española de plásticos, tubos y accesorios de PVC para conducción de agua a presión.

En este caso la tubería seleccionada obedece a la norma NTE INEN 1373 “Tubería plástica, tubos y accesorios de PVC rígido para presión.”, por encontrarle con mayor facilidad en el mercado local.

El tablero de pruebas consta de los siguientes accesorios y materiales como se especifica a continuación:

1. Tramos de tubería de un metro de longitud útil:

- ✓ P.V.C presión roscable NTE INEN 1373 de 1”.
- ✓ P.V.C presión roscable NTE INEN 1373 de 3/4”.
- ✓ P.V.C presión roscable NTE INEN 1373 de 1/2”.

2. Accesorios utilizados:

Tabla 12. Accesorios utilizados

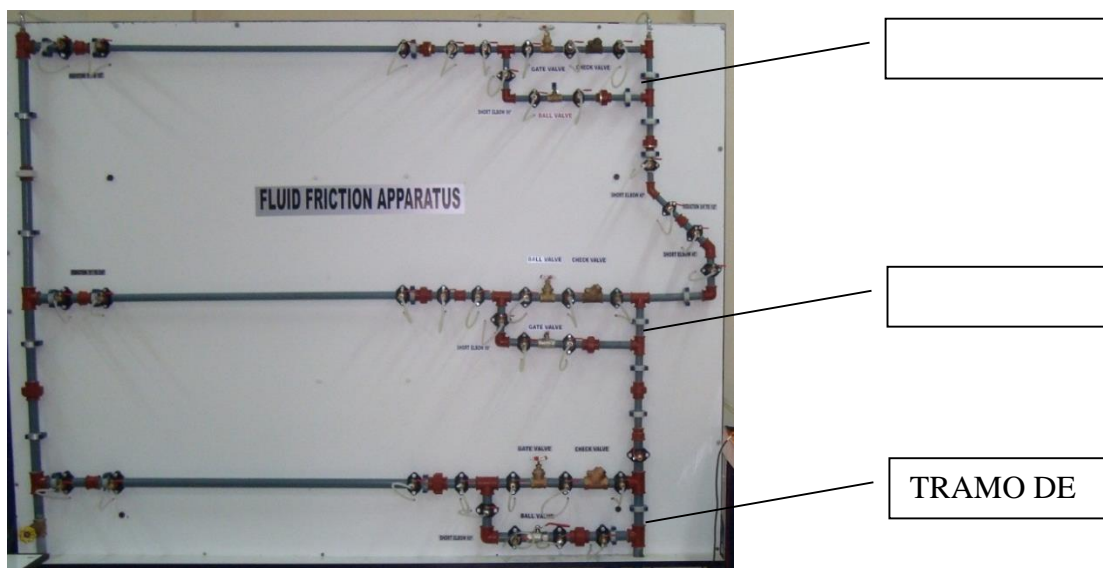
ACCESORIOS	Nº DE ACCESORIOS
Tee 1”	3
Reductor 1” x 1/2”	1
Universal 1/2”	2
Unión 1/2”	1
Tee 1/2”	3
Válvula de compuerta 1/2” bronce	1
Válvula check 1/2” bronce	1
Codo 1/2” x 90°	1
Válvula de bola 1/2”	1
Reductor 3/4” x 1/2”	1
Codo 3/4” x 45°	1
Reductor 1” x 3/4”	1
Universal 3/4”	2
Unión 3/4”	1

Tee 3/4"	3
Válvula de compuerta 3/4" bronce	1
Válvula check 3/4" bronce	1
Codo 3/4" x 90°	1
Válvula de bola 3/4"	1
Universal 1"	6
Unión 1"	2
Tee 1"	3
Válvula de compuerta 1" bronce	1
Válvula check 1" bronce	1
Codo 1" x 90°	1
Válvula de bola 1"	1
Manómetro de glicerina de 30 psi	2
Bushing reductor PVC 1/2" x 1/4"	40
Tee de cobres de 1/4"	2
Collarín derivación de 32mm a 1/2"	15
Collarín derivación de 25mm a 1/2"	12
Collarín derivación de 20mm a 1/2"	12

Fuente: Autores

En la figura a continuación se muestra los tramos del tablero de pruebas con sus respectivos accesorios:

Figura 43. Tablero de pruebas



Fuente: Autores

3.4.1 *Materiales utilizados en la construcción del tablero de pruebas.*

Para cada uno de los tramos del tablero de pruebas, se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Abrazadera acero inoxidable.
- ✓ Pitón de bronce hembra ¼".
- ✓ Manguera de ¼".
- ✓ Sellador IPS plus.
- ✓ Teflón amarillo Hanover.
- ✓ Sellador Permatex.
- ✓ Anclajes de aluminio.
- ✓ Ángulo de ¾" x 2mm.

3.4.2 *Herramientas para la construcción del tablero de pruebas.*

A continuación se indica en forma general cada uno de las herramientas utilizadas en la construcción del tablero de pruebas:

- ✓ Tarraja de ½", ¾" y 1".
- ✓ Sierra manual.
- ✓ Mordaza de precisión.
- ✓ Llave de tubo.
- ✓ Conjunto de llaves inglesas.
- ✓ Flexómetro
- ✓ Calibrador
- ✓ Herramientas de poca utilización (martillo, alicate, desatornillador, etc.).

3.4.3 *Proceso de construcción del tablero de pruebas.*

El proceso constructivo aplicado para el tablero de pruebas, se realiza en dos partes:

1. La construcción del tablero:

El tablero soporta todas las tuberías y accesorios, para su construcción se siguieron los siguientes pasos:

1. El tablero está constituido por un marco de acero de ángulo $\frac{3}{4}$ " x 2 y plancha de MDF con formica blanca.
2. Se suelda cada uno de los lados del marco para la posterior colocación de la plancha de material prefabricado.
3. Se pule las soldaduras y se remueve la corrosión del material. Después de una limpieza adecuada del marco del tablero se pinta la estructura.
4. Después de haber dejado que se seque por completo la pintura del marco del tablero, se procede a la colocación de la plancha de MDF en la estructura.
5. Para la sujeción de la plancha de MDF, se utiliza pernos de cabeza avellanada y tuercas los cuales se coloca cada 20 mm en todo el contorno del marco.

2. Construcción de los tramos de tubería:

- ✓ Con los materiales adquiridos, se procede a cortar las tuberías con la ayuda de una sierra manual y posteriormente con las herramientas adecuadas a enroscar las tuberías.
- ✓ Ante la eventual posibilidad de que se produzca filtraciones (fugas) de agua, para los acoples de tuberías con los diferentes accesorios se utiliza sellantes con cinta de plástico insoluble (Teflón) y sellador IPS plus con fibras de cáñamo.
- ✓ Las válvulas de globo y de retención (Check) se debe colocar tomando en cuenta la dirección en que circulará el agua.
- ✓ Colocado todos los accesorios en el banco, se instala los collarines teniendo muy en cuenta que cada accesorio debe encontrarse entre dos de ellos, se debe tener presente que los empaques de los collarines deben estar correctamente ubicados, para garantizar su perfecta hermeticidad. Todos los collarines tienen una salida de $\frac{1}{2}$ ", seguidamente se instala un bushing de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ " y se coloca las válvulas de bola $\frac{1}{4}$ ", todas estas válvulas tiene un pitón donde se añade la manguera de $\frac{1}{4}$ ", las que se unen con el manifold.
- ✓ Se construye dos flautas o manifold con el fin de reunir el fluido en un solo colector y así facilitar la caída de presiones de cada uno de los accesorios, este manifold está construido de dos tuberías de 1" con longitud de 72 cm, en cada una de estas se realiza

20 perforaciones en los cuales se coloca pitones de $\frac{1}{4}$ ", en los extremos se coloca reducciones de 1" a $\frac{1}{2}$ " y bushing de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ ". Instalado los bushing se coloca pitones de $\frac{1}{4}$ " en los que se instala las mangueras del mismo diámetro, estas mangueras tienen una longitud de 3,50 m. Las salidas superiores sirven para cebar el sistema y las inferiores para la toma de caída de presiones de los accesorios.

- ✓ Para sujetar al tablero los diferentes tramos de tubería, se utiliza los anclajes de aluminio. Se reutilizan los anclajes encontrados en el banco anterior.
- ✓ Una vez culminado el acople del sistema, se realizaron pruebas en todo su conjunto para determinar la presencia de fugas, para lo cual se empleó una bomba hidráulica.
- ✓ Terminado por completo la construcción el tablero de pruebas, al lado izquierdo de la estructura se cola dos manómetros de presión de 30 psi, los mismos que se utilizan para la obtención de datos de caída de presión de las diferentes pruebas a realizar en el banco.
- ✓ Antes de realizar las pruebas, las tuberías son selladas mediante tapones provisionales y luego se inyecta agua hasta que el manómetro marque una presión máxima equivalente a una columna estática de agua de 50 psi. Esta presión se mantiene por un lapso mínimo de tiempo de 24 horas, luego del cual se procede a verificar e inspeccionar el sistema. Cualquier descenso de la presión significará la existencia de fugas, que deberán ser reparadas.
- ✓ Finalmente se instala la bomba de 1HP que va ubicada junto al tanque de almacenamiento y acoplada al tablero de pruebas.

Selección de la bomba. Para la selección de la bomba se toma en cuenta el tramo más crítico o con más pérdidas, pues al seleccionar un equipo para este tramo garantizará el funcionamiento en tramos de menores condiciones de pérdidas.

Se consideró el flujo del caudal total por el tramo de $\frac{1}{2}$ pulgada por ser el de menor diámetro y por lo tanto el que presenta las mayores pérdidas.

Considerando los siguientes parámetros para el tramo de tubería en análisis:

$v = 1,6 \text{ m/s}$

$h = 0,024$

Se obtiene: $h_f = 15,02 \text{ m.c.a.}$

Tabla 13. Lista de accesorios en el tramo en análisis en la descarga

Accesorio	Cantidad	Valor de K
Universal de una pulgada	7	0.5
Unión de una pulgada	2	0.3
Codo de 90° una pulgada	7	0.69
Tee una pulgada	5	1.38
Válvula de compuerta 1 pulgada	1	0.18
Reducción de 1 a ½ pulgada	1	6
Universal de ½ pulgada	3	0.4
Unión de ½ pulgada	1	0.6
Tee ½ pulgada	3	0.62
Válvula check de ½ pulgada	1	5.1
Codo de 90° de ½ pulgada	1	0.81
Válvula de compuerta ½ pulgada	1	0.22
Válvula de bola ½ pulgada	1	0.4
Codo 45° ½ pulgada	1	0.43
Reducción de ¾ a ½ pulgada	1	1.41
Codo de 45° de ¾ pulgada	1	0.4
Codo 90° ¾ pulgada	1	0.75
Tee ¾ pulgada	2	1.5
Universal ¾ pulgada	1	0.8
Reducción de 1 a ¾ pulgada	1	0.69
Válvula check de 1 pulgada	1	4.1

Fuente: autores

Con los valores de los coeficientes k para cada uno de los accesorios se calculan las pérdidas secundarias obteniendo un valor de $h_m = 6,68 \text{ m.c.a.}$

Con los valores calculados se obtiene un TDH = 19.5 m.c.a. por lo tanto se determina la potencia requerida para el sistema:

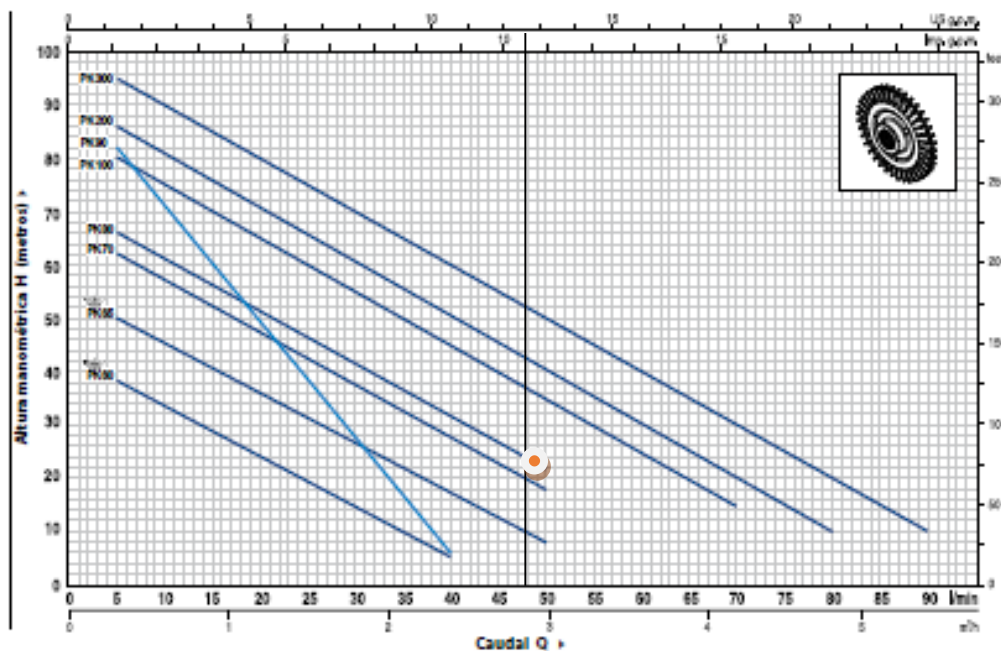
$$P_b = \frac{Q * TDH * \gamma}{750 * \eta}$$

$$P_b = \frac{0,8 \text{ l/s} * 23,5 \text{ m.c.a} * 9,798 \text{ kN/m}^3}{750 * 0,4}$$

$$P_b = 0,61 \text{ HP}$$

Con el valor de la potencia de la bomba se selecciona una bomba periférica PKm-80 de 1 HP de la marca Pedrollo, la razón de escoger una bomba de estas características es porque en el mercado existe disponibilidad tanto del equipo como de repuestos.

Figura 44. Curva de funcionamiento de la bomba Pedrollo.



Fuente: Catálogo Pedrollo.

Tabla 14. Propiedades de la bomba

MODELO		POTENCIA		Q	m³/h																
Monofásica	Trifásica	kW	HP		l/min	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4		
					0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90			
PKm 60®	PK 60®	0.37	0.50		40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5								
PKm 65	PK 65	0.50	0.70		55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8							
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18							
PKm 80	PK 80	0.75	1	H metros	70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22							
PKm 90	PK 90	0.75	1		90	82	71	60	49	38	27	17	5								
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15					
PKm 200	PK 200	1.5	2		90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10				
-	PK 300	2.2	3		100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10			

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grade 3.

Fuente: Catálogo Pedrollo

CAPÍTULO IV

4. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES UTILIZADAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN.

4.1 Software LabVIEW.

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Labview permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software. Tiene la ventaja que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición adquisición y procesamiento de datos.

4.1.1 Adquisición de datos utilizando LabVIEW.

Es el proceso de obtener o generar información de manera automatizada desde recursos de medidas analógicas y digitales como sensores y dispositivos bajo prueba. Utiliza una combinación de hardware y software basados en un computador para brindar un sistema de medida flexible y definido por el usuario.

Figura 45. Esquema descriptivo de la adquisición de datos.



Fuente: [http:// www.catarina.udlap.mx/ tales/documentos](http://www.catarina.udlap.mx/tales/documentos)

En la figura 45 se observa el esquema descriptivo del proceso de adquisición de datos, en el que se puede distinguir claramente los pasos que sigue la señal censada hasta llegar al computador. Primero, el sensor registra el fenómeno físico (presión, caudal, velocidad, etc.) que se está analizando y emite una señal de salida correspondiente ya sea analógica o digital; luego esta señal es interpretada por el módulo de adquisición que digitaliza la

señal para enviarla al computador, donde se visualizan, analizan y almacenan según se requiera.

La adquisición de datos consiste en tomar un conjunto de variables físicas, convertirlas en voltajes y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que realiza dicha transformación es la tarjeta o módulo de adquisición de datos.

Una vez que las señales eléctricas analógicas se convierten en digitales, se envían a través del bus de datos dentro de la memoria del computador, con lo cual se las puede procesar con un programa de aplicación adecuado al uso, que en este caso es LabVIEW.

Las ventajas de un sistema típico de adquisición son: flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar tareas en tiempo real o en análisis posteriores, gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, activar varios instrumentos al mismo tiempo, y facilidad de automatización.

4.1.2 Descripción del sistema NI CompactDAQ. NI CompactDAQ es un sistema modular de adquisición de datos para USB, Ethernet y Wi-Fi que ofrece una plataforma flexible y expansible para cumplir con las necesidades de cualquier sistema de medidas eléctricas y de sensor, en campo o en la línea de producción.

Los sistemas NI CompactDAQ proporcionan un punto de inicio para varias aplicaciones comunes e incluyen una selección de chasis, módulos de E/S de la Serie C y M y una PC Windows conectada por USB, Ethernet o 802.11 Wi-Fi. Con más de 50 módulos específicos de medidas y chasis disponibles de 1, 4 y 8 ranuras.

Los módulos están disponibles para una variedad de medidas de sensores incluyendo termopares, RTDs, galgas extensiométricas, transductores de presión y carga, celdas de torsión, acelerómetros, medidores de flujo y micrófonos.

4.1.2.1 Características de NI USB 6211. El módulo USB-6211 de National Instruments es un módulo de adquisición de datos (DAQ) multifunción de la Serie M energizado por bus USB y optimizado para una precisión superior a velocidades de muestreo más altas. Ofrece 16 entradas analógicas, velocidad de muestreo de un solo canal a 250 Ks/s, dos salidas analógicas, cuatro líneas de entrada digital, cuatro líneas de salida digital, cuatro rangos de entrada programable (de ± 0.2 V a ± 10 V) por canal, disparo digital y dos contadores/temporizadores.

El módulo NI USB-6211 está diseñado específicamente para aplicaciones móviles o con restricciones de espacio. La instalación plug-and-play minimiza el tiempo de configuración y montaje mientras que la conectividad directa con terminal de tornillo mantiene los precios bajos y simplifica las conexiones de señal. Este producto no requiere potencia externa.

Este módulo también cuenta con la nueva tecnología NI Signal Streaming la cual permite transferencia de datos bidireccional a alta velocidad parecida a DMA a través del bus USB.

Figura 46 Tarjeta de adquisición NI-USB 6211.



Fuente:<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/203224>

Especificaciones principales DAQ Multifunción de la Serie M de 16 bits, 250 kS/s, energizado por Bus:

- ✓ 16 entradas analógicas (16 bits, 250 kS/s).
- ✓ 2 salidas analógicas (16 bits a 250 kS/s), 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, 2 contadores de 32 bits.
- ✓ Energizado por bus USB para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada.

- ✓ NI signal streaming para transferencia de datos bidireccional a alta velocidad en USB; la versión OEM está disponible.
- ✓ Compatible con LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET.
- ✓ Software controlador NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos.

4.1.2.2 Serie M módulos de E/ S. Cada tarjeta de adquisición de datos de la Serie M incluye una copia del software de registro de datos NI LabVIEW SignalExpress LE así se puede adquirir, analizar y presentar datos rápidamente sin programación.

Además de LabVIEW SignalExpress, los dispositivos de adquisición de datos de la Serie M son compatibles con las siguientes versiones (o posteriores) del software de aplicación LabVIEW 7.1, LabVIEW/CVI 7.x o Measurement Studio 7.x. Los dispositivos de adquisición de datos de la Serie M también son compatibles con Visual Studio .NET, C/C++ y Visual Basic 6.

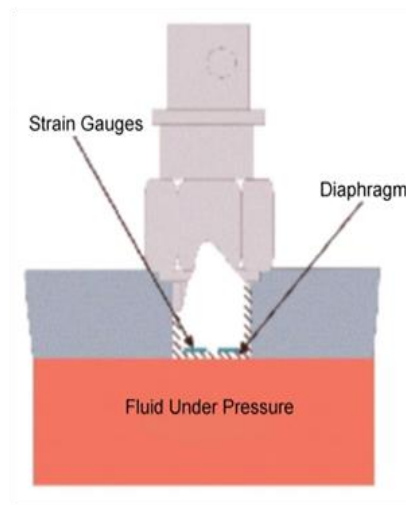
4.2 Medición de presión.

Presión es definida como fuerza por unidad de área que un fluido ejerce en sus inmediaciones. Puede medir esta fuerza al detectar la cantidad de deflexión en un diafragma situado en línea con el fluido. Determinada el área conocida del diafragma, la presión puede ser calculada. Los sensores de presión dan una escala que proporciona un método para convertir a unidades de ingeniería. La unidad SI para presión es el Pascal (N/m²), pero otras unidades comunes de presión incluyen psi, atmósfera, bar, pulgadas de mercurio, milímetros de mercurio y torr.

4.2.1 *Sensores para medición de la presión.* Existe una variedad de diseños de sensor de presión debido a las diferentes condiciones, rangos y materiales de medida usados en la construcción del sensor. Los tipos comunes de sensor de presión son sensores basados en puente, amplificadores o piezoeléctricos. La presión es medida al convertir el fenómeno físico en una forma intermedia, como desplazamiento, el cual puede ser medido por un transductor.

4.2.1.1 *Sensores basados en puentes.* Los transductores basados en puente Wheatstone o tensión son una manera común de medir desplazamiento. Los sensores que utilizan este tipo de diseño cumplen con una variedad de requerimientos como precisión, tamaño, costo y robustez. Los sensores de puente son usados para aplicaciones de alta y baja presión y pueden medir presión absoluta, manométrica y diferencial. Los sensores basados en puente usan una galga extensiométrica para detectar la deformidad de un diafragma sometido a la presión aplicada.

Figura 47. Sensor típico de presión basado en puente.



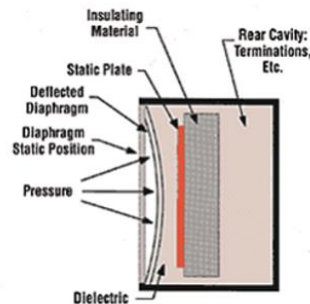
Fuente: <http://www.ni.com/white-paper/13034>

Un cambio en presión provoca que el diafragma se deforme, correspondiente a un cambio de resistencia de la galga extensiométrica. Esto puede ser medido con un sistema DAQ condicionado. Las galgas extensiométricas de aluminio pueden estar unidas a un diafragma o unidas a un elemento que es conectado mecánicamente al diafragma. Las galgas extensiométricas de silicio también son usadas algunas veces. Al usar este método,

los resistores son grabados en un sustrato basado en silicio y el fluido de transmisión es usado para transmitir la presión desde el diafragma al sustrato.

4.2.1.2 Sensores de presión capacitivos.

Figura 48 Transductor de presión de capacitancia.

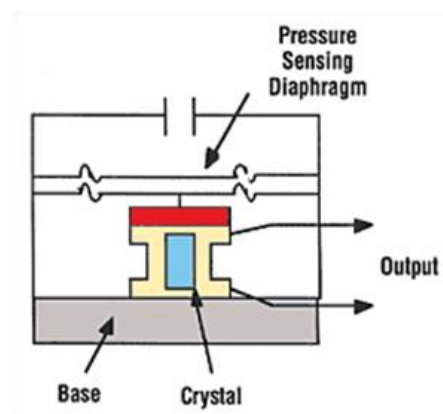


Fuente: <http://www.ni.com/white-paper/13034>

Un transductor de presión de capacitancia variable mide el cambio en capacitancia entre un diafragma de metal y una fuente de metal fija. La capacitancia entre dos fuentes de metal cambia si la distancia entre estas dos fuentes cambia debido a la presión aplicada.

4.2.1.3 Sensores de presión piezoeléctricos.

Figura 49. Transductor de presión piezoeléctrico.



Fuente: <http://www.ni.com/white-paper/13034>

Los sensores piezoeléctricos dependen de cristales de cuarzo en lugar de un transductor de puente resistente. Los electrodos transfieren carga desde los cristales a un amplificador integrado en el sensor. Estos cristales generan una carga eléctrica cuando son sometidos

a tensión. Los sensores de presión piezoeléctricos no requieren una fuente de excitación externa y son muy fuertes. Los sensores, sin embargo, no requieren circuito de amplificación de carga o son muy susceptibles al impacto y a la vibración.

4.2.1.4 Sensores de presión amplificados. Los sensores que incluyen circuitos integrados, como amplificadores, son denominados sensores amplificados. Estos tipos de sensores pueden ser construidos usando transductores basados en puente, capacitivos o piezoeléctricos. En el caso de un sensor amplificado basado en puente, la unidad por sí misma brinda resistores de terminación y la amplificación necesaria para medir la presión directamente con un dispositivo DAQ. Aunque la excitación debe ser proporcionada, la precisión de la excitación es menos importante. El SCXI-1520 ofrece una solución diseñada para este tipo de sensor. Sin embargo, puede usar otro módulo de la Serie C y PXI para medir la salida del sensor amplificado al ser combinado con una fuente de alimentación para proporcionar excitación.

4.2.1.5 Sensores de presión ópticos.

Las medidas de presión que utilizan detección óptica tienen varios beneficios incluyendo inmunidad al ruido y aislamiento.

4.2.2. Características de los transductores de presión salida tipo cable (PX302).

Figura 50. Transductor de presión PX302.



Fuente: <http://www.omega.com/pptst/PX302.html>

Especificaciones principales:

- ✓ Excitación: 10 Vcc (5 a 15 Vcc límites).
- ✓ Salida: 10 mV / V radiométrico 100 mV ± 10 mV @ Vdc.
- ✓ Resistencia de entrada: 15.000 Ω máximo.
- ✓ La vida típica: 100 millones de ciclos.
- ✓ Temperatura de funcionamiento: -18 a 71 ° C (0 a 160 ° F).
- ✓ Presión de prueba: 200%, 13.000 psi máx.
- ✓ Tiempo de respuesta: 1 ms
- ✓ Vibración: 15 g 10 a 2000 Hz
- ✓ Conexión eléctrica:

PX302: 1 m (3 ') de cable blindado de 4 conductores.

- ✓ Peso: 131 g (4,6 oz) de 1000 psi 190 g (6,7 oz) de 1000 psi

4.3 Medición de flujo

La medición de flujo es uno de los aspectos más importantes en el control de procesos; de hecho, puede ser la variable más comúnmente medida. Existen muchos métodos confiables y precisos para medir flujo. Algunos son aplicables solamente a líquidos, otros solamente a gases y vapores; y otros a ambos. El fluido puede ser limpio o “sucio”, seco o húmedo, erosivo o corrosivo.

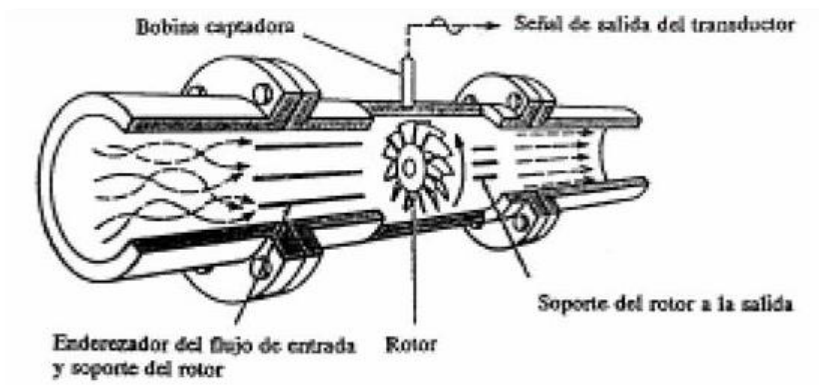
Las condiciones del proceso tales como presión, temperatura, densidad, viscosidad, etc., pueden variar. Todos estos factores afectan la medición y deben ser tomados en cuenta en el momento de seleccionar un medidor de flujo.

Existen varios métodos para medir el caudal según sea el tipo de fluido, la precisión deseada, el control requerido y el tipo de caudal volumétrico o másico, siendo lo de mayor importancia a los medidores volumétricos que a los de caudal masa, pues los medidores volumétricos son los que se utilizan más frecuentemente.

4.3.1 Medidores volumétricos. Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen del fluido. Hay que señalar que la medida de caudal en la industria se efectúa principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Existen muchos métodos confiables y precisos para medir flujo. Algunos son aplicables solamente a líquidos, otros solamente a gases y vapores; y otros a ambos. El fluido puede ser limpio o “sucio”, seco o húmedo, erosivo o corrosivo. Las condiciones del proceso tales como presión, temperatura, densidad, viscosidad, etc., pueden variar. Todos estos factores afectan la medición y deben ser tomados en cuenta en el momento de seleccionar un medidor de flujo.

4.3.1.1 Medidores tipo turbina. Un medidor de tipo turbina consta básicamente de un rotor con álabes soportado por un eje y con movimiento de rotación perpendicular a la dirección del flujo. Por medio de un detector magnético, cada vez que uno de los álabes pasa delante del mismo se produce un impulso al cortar el campo magnético. El número de impulsos es proporcional a la velocidad y, como consecuencia, al caudal que atraviesa el medidor. Aunque la teoría de funcionamiento es simple, en la práctica se presentan problemas debidos a causas tan simples como la tolerancia entre el eje y el cojinete o rodamiento sobre el cual gira, o el daño producido por el exceso de velocidad cuando existe gasificación en el producto a medir. Como características principales tiene la de ser muy exacto y disponer de muy buena repetitividad. Por lo contrario necesita ser calibrado frecuentemente para obtener la equivalencia impulso/caudal, y no puede ser utilizado para líquidos viscosos o sucios.

Figura 51. Sensor tipo turbina



Fuente: <http://www.industriaynegocios.cl/Académicos>

4.3.1.2 Medidores tipo paleta. El sensor funciona con un simple pero preciso principio electromecánico basado en la medición de la velocidad y el volumen del flujo en la tubería.

Consta de cuatro imanes permanentes incrustados en las palas del rotor y una bobina en el cuerpo del sensor. A medida que el flujo de líquido hace que el rotor se mueva, una señal de onda senoidal se produce directamente proporcional a la velocidad de flujo.

Este tipo de medidor se parece a los de turbina pero al contrario que estos el elemento de medición, el rotor de paletas, no está introducido por completo dentro del fluido sino que está solo parte de él, una paleta, en contacto con el flujo.

Figura 52. Sensor tipo paleta



Fuente: http://www.omega.com/pptst/FMK_FPP.html

Como características de este tipo dese menciona que es un sensor de poco flujo pero de alta resolución, este dispositivo es de baja potencia, ideal para la medición de flujo en sistemas con velocidades muy bajas. Utilizando la inserción de la tecnología del sensor tipo paleta estos sensores son fáciles de instalar y mantener.

El sensor trabaja a una presión máxima de 180psi y una máxima temperatura de 20°C, requiere una alimentación de 3.3 a 24 Vdc.

Figura 53. Sensor tipo paleta FP-5600



Fuente: Autores

4.4 Fuente de alimentación

Es un circuito o dispositivo eléctrico activo que provee una diferencia de potencial o una corriente de manera confiable para que otros circuitos puedan funcionar. La fuente de alimentación se encarga de convertir la tensión alterna de la red industrial en una tensión casi continua. Para esto consta de un rectificador, fusibles y otros componentes que le permiten recibir la electricidad, regularla, filtrarla y adaptarla a las necesidades.

Figura 54. Fuente de alimentación



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. MONTAJE Y AUTOMATIZACIÓN.

5.1 Descripción general del banco de pruebas antes de la automatización.

El banco de pérdidas consta de elementos analógicos para la adquisición de datos mencionando entre los principales:

- ✓ Manómetro diferencial.
- ✓ Medidor de caudal ubicado sobre el reservorio.

Estos dispositivos de adquisición de manera analógica no ofrecen valores confiables por tratarse de instrumentos usados, razón por la cual existe la necesidad de adecuar instrumentos electrónicos para mejorar la adquisición de datos.

5.2 Montaje de equipos e instrumentos

Para realizar la instalación de los equipos e instrumentos debieron realizarse algunas adecuaciones al banco de pruebas de acuerdo con las necesidades y características de funcionamiento e instalación de cada sensor.

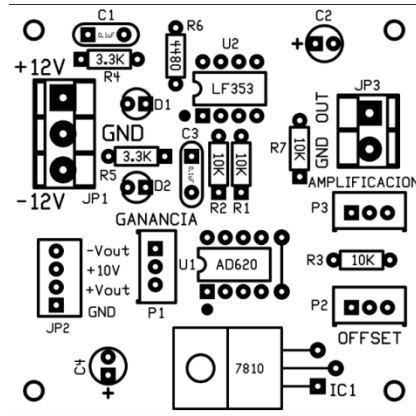
5.2.1 Montaje de los transductores de presión. Previo al montaje de los traductores de presión se realizan pruebas de evaluación de las lecturas arrojadas por éstos, con valores obtenidos de los datasheets (hojas de calibración); pero para conseguir que los datos de la señal que emite cada sensor se convierta en presión, dentro del programa es necesario ingresar una ecuación diferente para cada uno de ellos dependiendo de su comportamiento, para lo que se utiliza el equipo de calibración de peso muerto el cual se describe las características y funcionamiento en el anexo D.

En el montaje de los transductores de presión es necesario instalar para cada uno de ellos una T de bronce de ¼" NPT, con el fin de tener dos tomas de presión en cada punto de medición, siendo una para el sensor y la otra para el manómetro de tipo Bourdon y diferencial ya existentes.

Además es necesario para la protección de cada uno de estos sensores acoplar un Snubber el cual es un accesorio de protección del sensor contra picos de presión.

En el montaje de estos sensores cabe mencionar que se necesita de un circuito de acoplamiento para realizar las respectivas conexiones debido a que el sistema envía señales de voltaje demasiado bajas y los sensores las transforma a voltajes que son casi imperceptibles para los mismos. A continuación se indica el circuito de adaptación.

Figura 55. Circuitos de adaptación para los sensores de presión

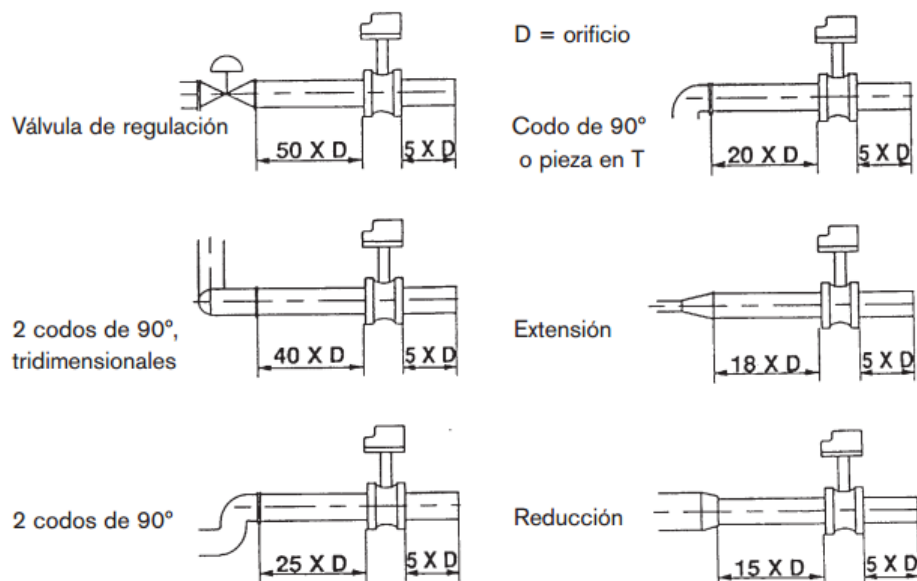


Fuente: Autores

5.3 Montaje del sensor de flujo.

Antes instalar el sensor de flujo se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones para su montaje aguas arriba y aguas abajo, ésto quiere decir que para que el sensor funcione en óptimas condiciones se debe dejar una cierta distancia antes y después de donde se lo va a instalar.

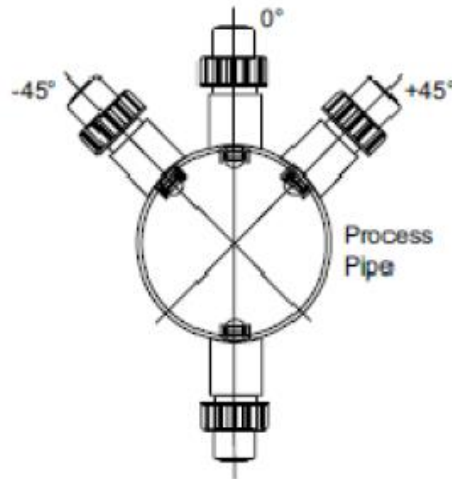
Figura 56. Diagrama de instalación para los sensores de caudal



Fuente: Autores

5.3.1 Posición del montaje del sensor. La guía del usuario de sensores de flujo de rueda de paletas muestra la posición correcta que debe instalarse, se puede observar a continuación.

Figura 57. Posición para la instalación de sensores de caudal



Fuente: Autores

Disposición horizontal del tubo. Montar el sensor en posición vertical (0°) para lograr el mejor rendimiento. Monte a un máximo de 45° cuando hayan burbujas de aire (el tubo debe estar lleno). No monte en la parte inferior del tubo cuando encuentre sedimentos.

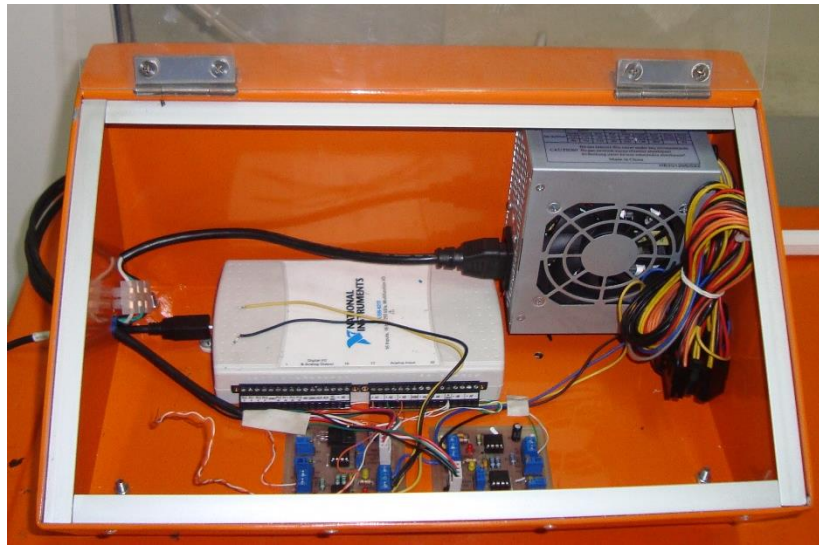
Disposición vertical del tubo. El sensor puede montarse en cualquier orientación. Se prefiere un flujo ascendente para garantizar el llenado del tubo.

En el montaje del sensor de caudal se realiza de manera directa, en el catálogo del fabricante indica el factor de conversión para obtener la lectura directa. Anexo E.

5.4 Montaje del hardware NI CompactDAQ.

Para el montaje de la tarjeta de adquisición NI USB 6211, los circuitos de adaptación de los sensores, la fuente de alimentación y los demás componentes para la automatización de la toma de datos se utiliza una caja que será el panel de adquisición donde se ubicaran los elementos antes mencionados.

Figura 58. Caja del panel de control.



Fuente: Autores

El panel de adquisición está fabricado de acero en su mayoría con una compuerta de acrílico transparente, para facilitar la visualización de los elementos. Este panel se encuentra ubicado sobre el tanque reservorio del banco de pruebas.

Para el montaje de la tarjeta NI USB 6211 es necesario por seguridad anclarlo con tornillos M4x16, de la misma forma se atornilla la fuente y los circuitos electrónicos; previamente se coloca cinta doble faz como aislante en los circuitos para evitar daños por contacto entre ellos.

5.5 Programa LabVIEW

LabVIEW es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments en el año 1976 para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux.

LabVIEW se diferencia de los lenguajes tradicionales al presentar un ambiente de programación gráfico, llamado lenguaje G, para crear programas basados en diagramas de bloques.

Los programas desarrollados en LabVIEW se denominan instrumentos virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día su uso se ha ampliado mucho más allá del control de instrumentos.

Aplicaciones del software LabVIEW:

- ✓ Adquisición de datos y análisis matemático.
- ✓ Automatización industrial y programación de PACs.
- ✓ Diseño de controladores: simulación y testeo rápido.
- ✓ Control y supervisión de procesos.
- ✓ Visión artificial y control de movimiento.

Para el empleo de LabVIEW se diferencia de los lenguajes de programación convencionales ya que se apoya en símbolos gráficos en lugar del lenguaje escrito para construir aplicaciones; esto le permite adaptarse a las necesidades de los científicos e ingenieros.

Un programa desarrollado en LabVIEW se compone de un panel frontal y un diagrama de bloques. El panel frontal es la interfaz interactiva de usuario de un VI debido a que simula el panel de un instrumento físico. El panel frontal puede contener botones, interruptores, pulsadores, gráficas y otros controles e indicadores que permiten al usuario monitorear, registrar y controlar parámetros de los procesos de interés.

El diagrama de bloques es el programa propiamente dicho, es aquí donde se define su funcionalidad, contiene el código fuente del VI; es aquí donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier proceso de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. Adicionalmente, el diagrama de bloque contiene funciones y estructuras incorporadas en las bibliotecas del software.

5.6 Diseño de instrumentación virtual

El concepto de instrumentación virtual nace a partir del uso del computador como instrumento de medición de señales como presión, caudal, velocidad, fuerza, etc.

Sin embargo, la instrumentación virtual va más allá de la simple medición de corriente o voltaje sino que involucra el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de datos e información relacionada con la medición de una o varias señales específicas.

5.7 Descripción del VI

Los VIs, virtual instruments, están integrados por 3 partes principales: el panel frontal, el diagrama de bloques, y el icono/conector.

El panel frontal está compuesto por una combinación de controladores e indicadores que le permiten al usuario enviar y recibir datos del VI.

El diagrama de bloques está compuesto de nodos, terminales y cables.

Los nodos son elementos de ejecución del programa. Los nodos son análogos a estatutos, funciones y subrutinas en los lenguajes de programación basados en texto.

Los terminales son puertos a través de los cuales los datos pasan entre los nodos del diagrama de bloques.

Los cables son rutas de datos entre terminales. Son análogos a las variables en los lenguajes de programación convencionales.

5.8 Descripción del panel frontal

El panel frontal del VI se ha diseñado exclusivamente para el banco de pérdidas; contienen características propias necesarias para la adquisición de los datos de cada accesorio a analizarse.

5.8.1 Banco de pérdidas.

El panel frontal del VI para el banco de pérdidas consta de los siguientes caracteres:

- ✓ Diagrama del banco de pérdidas.
- ✓ Fecha de la práctica.
- ✓ Hora de la práctica.
- ✓ Control de texto donde se ingresa el número de grupo que realiza la práctica.
- ✓ Control de texto donde se ingresa el número de práctica.
- ✓ Control de texto donde se ingresa el diámetro de la tubería analizada.
- ✓ Indicadores de presión de 0 a 30 psi
- ✓ Indicador de caudal de 0 a 5 lt/s

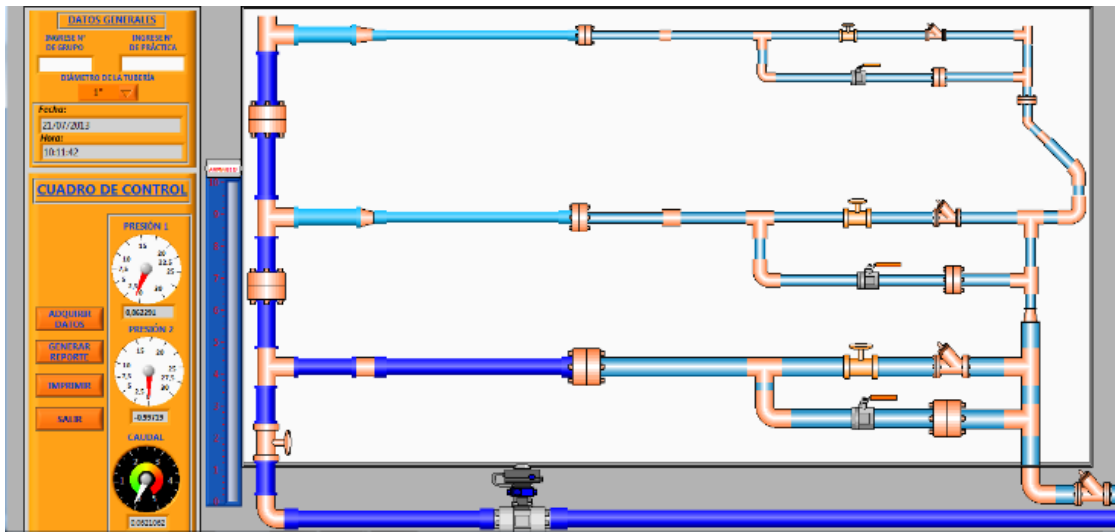
- ✓ Pulsador de STOP.
- ✓ Botón (push button) que se presiona cada vez que se va a obtener un dato que posteriormente se presentara en un reporte, el mismo que es guardado en la carpeta de almacenamiento.
- ✓ Botón (push button) que se presiona antes de generar el reporte para imprimir el reporte en tiempo real.
- ✓ Botón (push button) que se presiona para generar el reporte con los datos obtenidos al terminar la práctica.

Figura 59. Interfaz del banco de pérdidas.



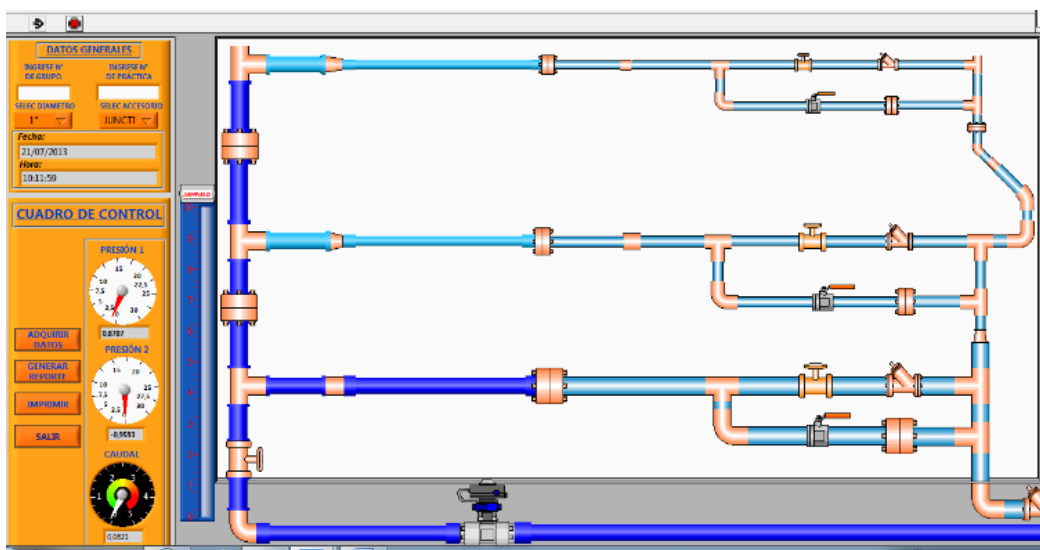
Fuente: Autores.

Figura 60. Panel frontal del banco de pérdidas primarias



Fuente: Autores

Figura 61. Panel frontal del banco de pérdidas secundarias

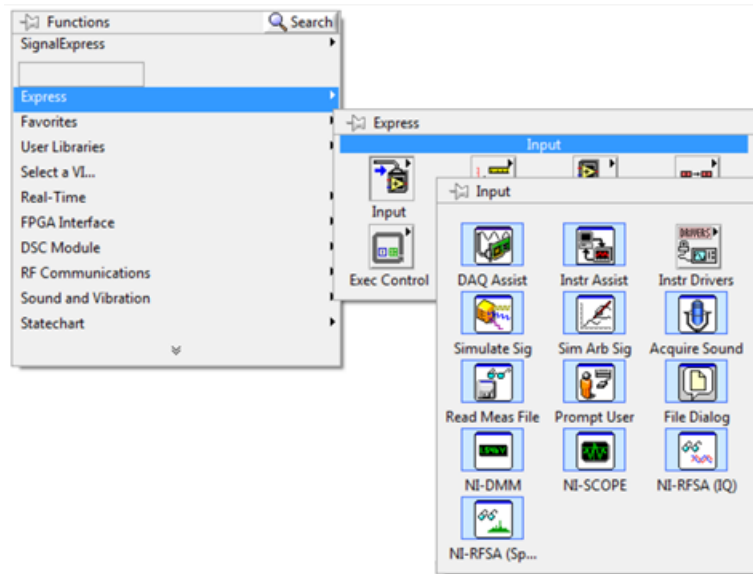


Fuente: Autores

5.9 Configuración del DAQ assistant para la adquisición de datos.

Para comenzar con la adquisición de datos es necesario configurar el DAQ assistant, para el VI's del banco de pruebas, este icono se lo encuentra en las librerías express del programa, su función es la de crear, editar y ejecutar tareas utilizando un NI DAQmx.

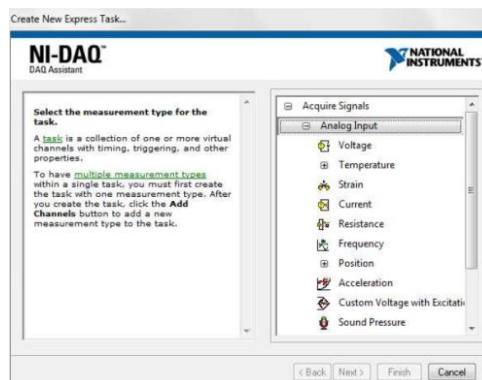
Figura 62. DAQ Assistant.



Fuente: Autores.

Permite de una manera rápida y sencilla configurar el NI USB 6211 para generar y adquirir señales tanto analógicas como digitales.

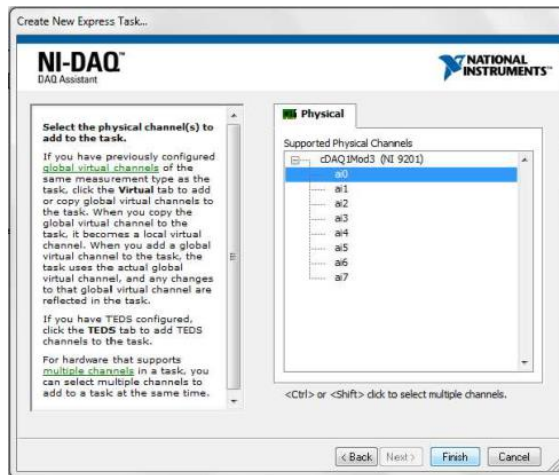
Figura 63. Tarea nueva en DAQ assistant



Fuente: Autores.

Una vez que se ha seleccionado el tipo de señal que se va a adquirir, el asistente muestra en la pantalla los canales físicos por donde se obtiene la señal con los que cuenta la tarjeta.

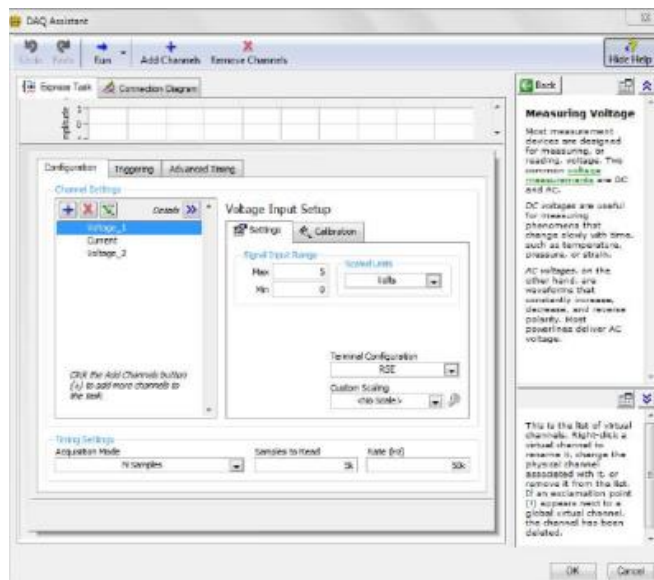
Figura 64. Canales físicos de la tarjeta



Fuente: Autores

Después de escoger el canal por los que se quiere recibir las señales, el DAQ assistant permite configurar el número y la frecuencia del muestreo, así como los rangos esperados de la señal a recibir.

Figura 65. Rangos de adquisición



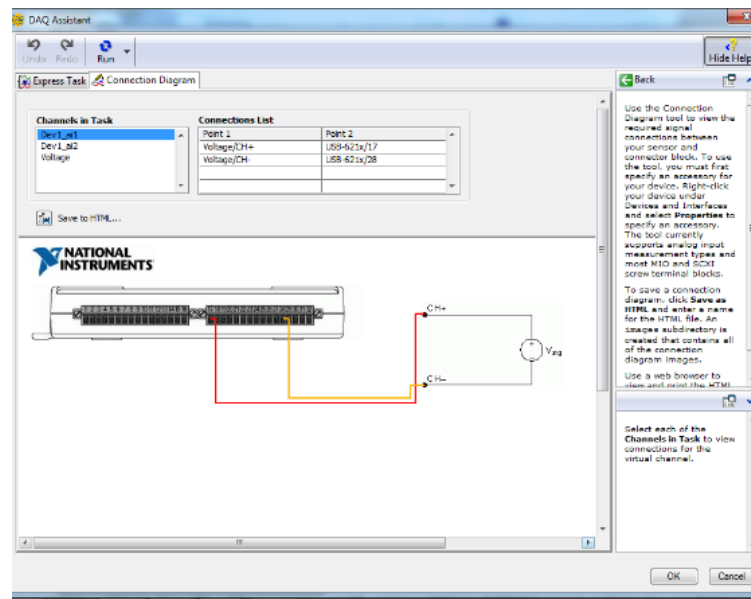
Fuente: Autores

Luego de haber fijado todos los parámetros con los que se va a realizar la adquisición para el primer canal, se puede adicionar con el icono más canales adicionales para adquirir más señales.

Una vez finalizada la configuración del NI USB 6211 se da clic en el botón OK y el programa genera un subVI, que obtendrá la señal y según la configuración del programa la mostrará en el panel frontal.

El asistente del programa brinda la posibilidad de observar cómo se encuentran conectados los diferentes sensores a cada uno de los canales mostrando el circuito de conexión, como se indica a continuación:

Figura 66. Diagramas de conexión



Fuente: Autores

5.10 Generación de reportes

El análisis de datos y generación de reportes representa la integración de procesamiento de información, la generación de reportes en una aplicación de la adquisición de datos. Funciones integradas son incluidas con LabVIEW para construir reportes personalizados rápida y fácilmente basados en sus medidas. Los reportes se pueden configurar para generar automáticamente, guardar como una página web y enviar directamente a una impresora.

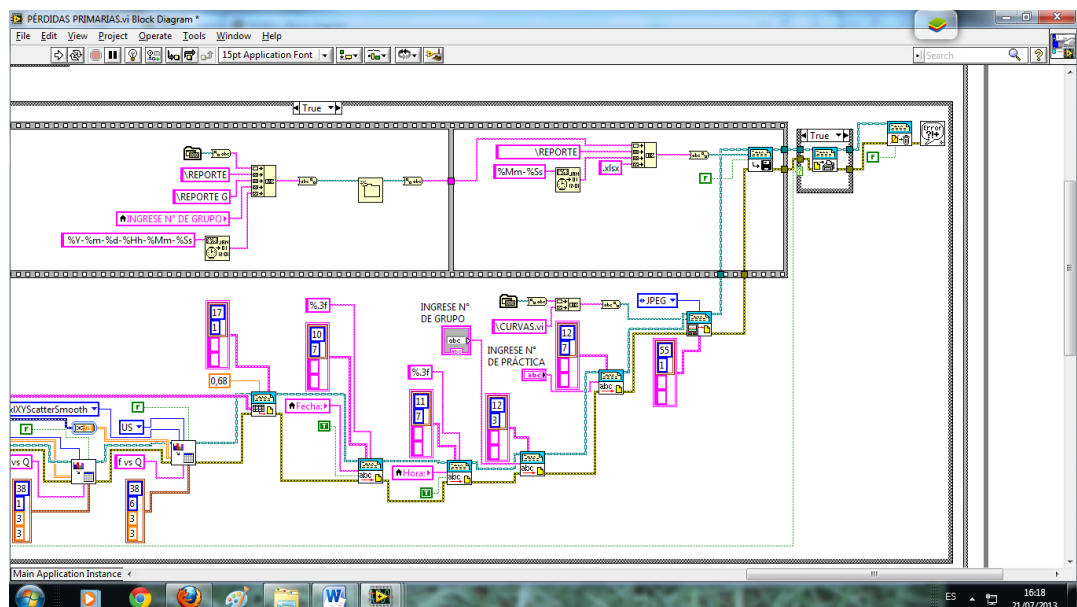
En el presente trabajo se ha desarrollado la posibilidad de generar reportes de los datos obtenidos después de las pruebas realizadas exportando a una plantilla creada previamente en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

Para generar este reporte como ya se mencionó antes, existe un botón en el panel frontal que se denomina “generar reporte de datos”, el cual, una vez accionado abre una hoja de cálculo de Microsoft Excel y copia todas las lecturas obtenidas a través del NI USB 6211, donde los datos almacenados se ubicaran como ya se ha fijado en la programación del diagrama de bloques, inmediatamente después se comienzan a generar las gráficas de las curvas características de los accesorios o tramos de tuberías analizadas posterior a ésto se coloca una imagen de las curvas que se graficaron en el LabVIEW.

Para realizar este proceso, cada vez que botón de “adquirir datos” es presionado envía los valores obtenidos a una tabla del mismo LabVIEW donde los almacena hasta que sean llamados por botón de “generar reporte de datos”. Posteriormente existe un algoritmo que permite ubicar en la plantilla de Excel.

Además, cuando el botón de imprimir es presionado antes de generar el reporte ordena al programa que al culminar con la generación imprima dicho reporte.

Figura 67. Generación de reportes



Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS DEL BANCO DE PÉRDIDAS.

6.1 Descripción del ensayo

Para la realización de este ensayo es necesaria la obtención de parámetros de cálculo como son el caudal y presión diferencial con el fin de relacionar dichos datos con los patrones constantes que se encuentran en los catálogos de los diferentes fabricantes de tuberías y accesorios en PVC.

Los datos obtenidos se analizarán realizando la siguiente comparación de las pruebas hidráulicas, pruebas automatizadas, análisis con el software PIPE Flow y la información indicada en los catálogos.

Los datos mencionados anteriormente se encuentran detallados en el anexo F.

6.2 Pérdidas primarias.

Para la validación de pérdidas primarias es necesario analizar cada uno de los tramos de tubería, realizando la toma de datos de las variables mencionadas a continuación.

6.2.1 Variables a ser medidas.

Para la obtención del factor de fricción, variable que se somete a comparación, es necesario determinar las variables físicas que serán medidas, las cuales son:

- ✓ Caudal: variable física que es medida por el caudalímetro.
- ✓ Presión: variable física que es medida por los transductores de presión.

6.2.4 Análisis de resultados.

Tabla 15. Modelo de reporte para pérdidas primarias

VALIDACIÓN DE RESULTADOS PARA PÉRDIDAS PRIMARIAS										
	DIÁMETRO	1 INCH			3/4 INCH			1/2 INCH		
	PRUEBA	HIDRÁULICA	UTOMATIZA	P. PIPEflow	HIDRÁULICA	UTOMATIZA	P. PIPEflow	HIDRÁULICA	UTOMATIZA	P. PIPEflow
ERTURA (Vuel										
	5 1/2	0,02867164	0,0251	0,02298	0,015383086	0,0227	0,02166	0,012443219	0,0228	0,02109
	6	0,03820342	0,0253	0,02265	0,015429666	0,0238	0,02171	0,012480897	0,0215	0,0212
	6 1/4	0,01124388	0,0231	0,02272	0,014979659	0,0257	0,02178	0,01077057	0,0247	0,02143
	6 1/2	0,00207354	0,0242	0,02338	0,017445388	0,0261	0,02236	0,010034769	0,0253	0,02176
	6 5/8	0,00517367	0,0251	0,02567	0,01529224	0,0297	0,0244	0,00824649	0,0265	0,2328
	6 3/4	0,01657401	0,0287	0,02899	0,015985989	0,0354	0,02738	0,010344721	0,0274	0,02529
	6 7/8	0,01905969	0,0392	0,03763	0,013763323	0,0503	0,03513	0,017318015	0,0315	0,03356

Fuente: Autores.

- ✓ Al realizar un análisis comparativo los datos obtenidos por las pruebas automatizadas y el software especializado PIPE Flow se puede determinar que los valores obtenidos son muy similares, porque su rango de variación del 3%, porcentaje que está dentro del rango permisible, estipulado en la Norma
- ✓ Al realizar la comparación entre los valores de las pruebas automatizadas y las pruebas hidráulicas se observa que existe una variación notable con un valor del 30% lo cual está fuera del rango de norma NTE INEN EN 45003: 96.

6.3 Pérdidas secundarias.

Para la validación de pérdidas primarias es necesario analizar cada uno de los tramos de tubería, realizando la toma de datos de las variables mencionadas a continuación.

6.3.1 Variables a ser medidas. Para la obtención del coeficiente de resistencia k , variable que se somete a comparación, es necesario determinar las variables físicas que serán medidas, las cuales son:

- ✓ Caudal: variable física que es medida por el caudalímetro.
- ✓ Presión: variable física que es medida por los transductores de presión.

6.3.3 Reporte generado variando el caudal del sistema.

Tabla 16. Modelo de reporte para pérdidas secundarias

VALIDACIÓN DE RESULTADOS PARA PÉRDIDAS SECUNDARIAS							
	DIÁMETRO	1 INCH		3/4 INCH		1/2 INCH	
APERTURA (Vueltas)	PRUEBA	P. AUTOMATIZADAS	P. PIPEFlow	P. AUTOMATIZADAS	P. PIPEFlow	P. AUTOMATIZADAS	P. PIPEFlow
TA	"T" FLUJO A 90°	1,4624	1,38	1,406	1,5	1,546	1,62
TA	"T" FLUJO DIRECTO	0,4787	0,46	0,687	0,5	0,523	0,54
TA	CODO CORTO 45°	0,3598	0,37	0,326	0,4	0,473	0,43
TA	CODO CORTO 90°	0,6458	0,69	0,768	0,75	0,7979	0,81
TA	VÁLVULA CHECK	1,44	1,3	1,34	1,4	1,162	1,5
TA	V. DE COMPUERTA	0,17475	0,18	0,31	0,2	0,2104	0,22
TA	VALVULA DEESFERA	0,097	0,07	0,176	0,08	0,0928	0,09

Fuente: Autores.

- ✓ Al realizar un análisis comparativo los datos obtenidos por las pruebas automatizadas y el software especializado PIPE Flow se puede determinar que los valores obtenidos son muy similares, porque su rango de variación del 5%, porcentaje que está dentro del rango permisible, estipulado en la Norma NTE INEN EN 45003: 96.

- ✓ Al realizar la comparación entre los valores de las pruebas automatizadas y las pruebas hidráulicas se observa que existe una variación notable con un valor del 30% lo cual está fuera del rango de norma NTE INEN EN 45003: 96

CAPÍTULO VII

7. PLAN DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

7.1 Manual de operaciones.

Antes, durante y después de la operación del banco de pruebas se debe tener muy presente las siguientes consideraciones:

7.1.1 *Antes de empezar a operar el banco.*

- ✓ El sistema debe encontrarse completamente cebado, refiriéndose a esto la inexistencia de burbujas de aire en la bomba, tuberías y mangueras del sistema.
- ✓ Asegurarse que el suministro de agua hacia la bomba se encuentre disponible.
- ✓ Verificar si no existen taponamientos en la toma de agua y en la descarga de la bomba.
- ✓ Cerciorarse de que la alimentación eléctrica del sistema se encuentre conectada.
- ✓ Asegurarse que todo el equipo, así como los instrumentos de control y protección estén en perfecto orden de trabajo listos para usarse.
- ✓ Verificar la alimentación a las tarjetas que controlan la adquisición de datos, verificar que la fuente este encendida y dando un voltaje de 10V, pues en caso contrario las tarjetas pueden dañarse.
- ✓ Comprobar que el módulo de automatización esté conectado al computador por medio USB.
- ✓ Observar que no existan mangueras ni accesorios desajustados o fuera de lugar.
- ✓ El banco de pruebas debe estar libre de cualquier objeto material que no sea parte del mismo.
- ✓ Evitar abrir las válvulas de purga cuando el banco este apagado caso contrario ingresa aire al sistema.

7.1.2 *Puesta en marcha inicial.*

Se acciona la botonera que energiza a la bomba y empezará la circulación del fluido a través del banco.

7.1.3 *Durante la operación.*

- ✓ Revisar el correcto funcionamiento de la bomba, no dejar que se sobrecaliente.
- ✓ Maniobrar el reservorio para que permita recirculación de agua hacia la bomba.

- ✓ Evitar estrangular la salida de caudal de la bomba pues esto hace que la bomba trabaje con dificultad.

7.1.4 *Después de la operación.*

- ✓ Desenergizar del sistema de control y la bomba.
- ✓ Limpiar si han existido fugas o derrames de líquido para evitar lesiones en el banco de pruebas.

7.1.5 *Datos técnicos del banco de pruebas.*

Bomba

Caudal	50 lt/min
Altura manométrica	70 m

Sensor PX 302

Excitación	10 Vcc (5 a 15 Vcc límites).
Salida	10 mV
Precisión	0,25% BFSL
Balance	0 mV \pm 2 mV
Resistencia de entrada	15.000 Ω máximo.
La vida típica	100 millones de ciclos.
Temperatura de funcionamiento	-18 a 71 ° C (0 a 160 ° F)
Presión de prueba	200%, 13.000 psi máx.
Tiempo de respuesta	1 ms
Vibración	15 g 10 a 2000 Hz
Conexión eléctrica	1 m (3 ') de cable blindado de 4 conductores.
Peso	131 g (4,6 oz) de 1000 psi 190 g (6,7 oz)

Sensor de caudal FP 5600

Caudal	0,8 a 54 gpm
--------	--------------

Salida de frecuencia	15 Hz
Rango de funcionamiento	0,3 a 20 fps
Presión / Temperatura	180 psi @ 20 ° C (68 ° F)
Requisitos de alimentación	3,3 a 24 V CC
Longitud del cable	7,6 m (25 ‘), 300 m (1,000’) máx.

7.2 Principio de funcionamiento del banco de pérdidas.

El banco de pérdidas por fricción consiste en un sistema de ciclo cerrado cuyo fluido (agua) es impulsado por una electrobomba periférica marca PK Pedrollo de 1 HP, con un caudal máximo de 90 lt/min.

El fluido que circula a través de la tubería del banco es agua común a temperatura ambiente (densidad de 1000 Kg/m³, viscosidad cinemática de 1.14*10⁻⁶ m²/s).

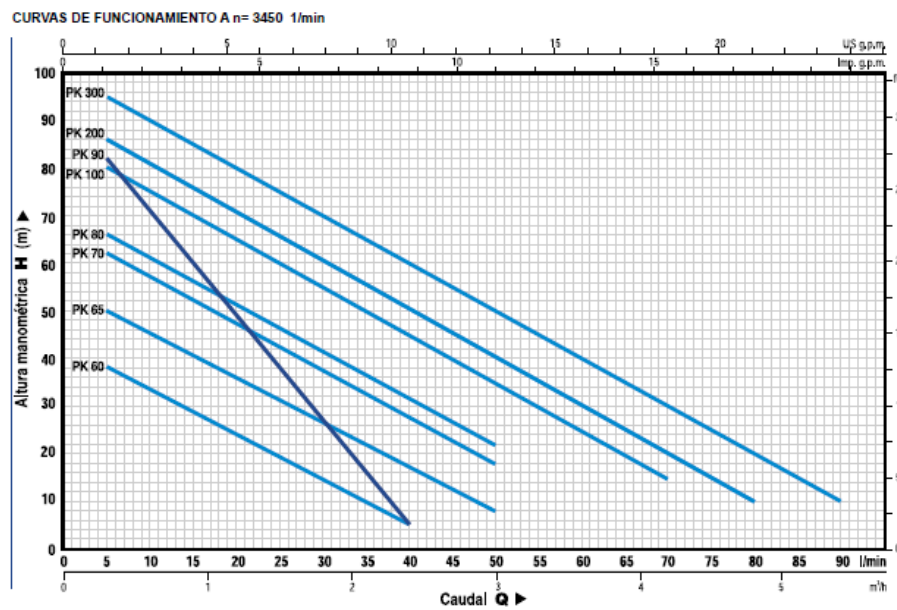
Las pérdidas primarias son las pérdidas que genera la superficie en contacto con el fluido en la tubería (capa limite), rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en un flujo uniforme, por lo tanto en los tramos de tubería de sección constante.

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones (angostamientos, ensanchamientos, etc.), codos, válvulas, elementos de medición y toda clase de accesorios y elementos adicionales de las tuberías.

Principio de funcionamiento de la bomba: La serie **PK** está constituida por ELECTROBOMBAS PERIFÉRICAS, así llamadas porque en la periferia del rodete han sido aplicadas numerosas aspas radiales, que se encargan de ceder energía al fluido bombeado. El apropiado perfil de las aspas confiere al fluido en entrada a la bomba un movimiento veloz de recirculación radial entre las aspas del rodete y la doble ranura situada a ambos lados de éste en el cuerpo bomba. Puesto que cada una de las numerosas aspas contribuye a ceder energía, la presión del fluido aumenta gradualmente, durante su recorrido desde la boca de aspiración a la de impulsión, asegurando por otra parte un flujo regular sin ser intermitente y, por otra parte, elevadas presiones y curvas particularmente inclinadas. La tipología constructiva, relativamente sencilla de las bombas de la serie **PK**, exige, sin embargo, una ejecución mecánica particularmente esmerada, con el fin de garantizar la curva característica de la misma.

Curva característica de la electrobomba.

Figura 68. Curva característica electrobomba Pedrollo PK 80



Fuente: Catalogo de bomba Pedrollo

7.3 Plan de mantenimiento.

Objetivo

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del banco de pruebas, garantizando condiciones de funcionamiento seguro y eficiente.

Planificación y programación del mantenimiento preventivo.

El equipo requiere un pequeño mantenimiento regular aparte de los chequeos por fugas y limpieza de rutina.

En el Anexo J se indica las diferentes tareas de mantenimiento que se debe realizar al banco y con qué frecuencia se sugiere hacerlo.

7.3.1 Plan de seguridad.

Precauciones

- ✓ Antes de conectar el banco al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.
- ✓ Desconectar el banco antes de los trabajos de mantenimiento
- ✓ Los estudiantes deben manejar el banco en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.
- ✓ No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.

- ✓ En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes.
- ✓ No sobre alimentar los circuitos de control

Cuidados

- ✓ Luego de la limpieza del banco secar bien todas sus partes para que no se manche la pintura.
- ✓ Para reducir la corrosión del interior de la bomba se puede añadir al agua aditivos anticorrosivos.
- ✓ Purgar el aire en las mangueras para tener mediciones más exactas.
- ✓ Antes de encender la bomba revisar que el nivel del agua del tanque reservorio este por encima del tubo de succión casi hasta el filo del vertedero.
- ✓ Las partes de aluminio pulidas se opacan con el uso y el ambiente húmedo para recuperar el brillo usar pulimento para metales.
- ✓ No apoyarse en el banco ya que puede ocasionar daños graves, en los tramos de tubería.
- ✓ No tocar los diferentes accesorios sin ser necesario, podría alterar los resultados u ocasionar daños al equipo.

CAPÍTULO VIII

8. ANÁLISIS DE COSTOS.

8.1 Descripción del análisis de costos.

En el presente análisis de costos se da una descripción general de todos los gastos realizados durante la ejecución del proyecto de automatización del banco de pérdidas.

8.2 Costos Directos.

Para el análisis de costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos y maquinaria utilizada.

8.2.1 Costos de accesorios y materiales.

Tabla 17. Costos de accesorios y materiales.

Elemento	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Perfil	Acero estructural de 3/4 x 2 mm	Unidad	1,5	4,13	6,195
Eje	Nylon 45 mm 6SA blanco	kg	2	17,86	35,72
Electrodos	E6011	kg	1	4,88	4,88
Tarrajá plástica	Unidades	Unidad	1	6	6
Aglomerado	Fibramac blanco	unidad	1	55	55
Manómetro	30 psi Genebre	Unidad	1	30	30
Abrazadera	acero inoxidable de 8mm	unidad	100	0,25	25
Aceite	10w30	litro	1	7	7
Tiñer		litro	1	2	2
Pintura	Esmalte azul	litro	1	4	4
Loctite	454 gel	Unidad	1	12	12
Sellador	IPS Plus	Unidad	3	5,5	16,5
Gaflon tape	50mx0,1mmx19mm	unidad	6	1,5	9
Costos de accesorios y materiales hidráulicos					
Tubo presión	Roscado 1" x 6 M	m	1	23,42	23,42
Tubo presión	Roscado 3/4" x 6M	m	1	10,81	10,81
Tubo presión	Roscado 1/2" x 6M	m	1	7,9	7,9
Tee	R/R PP 1"	Unidad	6	1,63	9,78
Tee	R/R PP 1/2"	Unidad	3	0,47	1,41
Tee	R/R PP 3/4"	Unidad	3	0,88	2,64
Unión reducción	R/R PP 1 X1/2"	Unidad	1	1,74	1,74
Unión reducción	R/R PP 3/4 X1/2"	Unidad	1	0,93	0,93

Unión reducción	R/R PP 1 X3/4"	Unidad	2	0,99	1,98
Unión universal	R/R PP 1/2"	Unidad	4	0,86	3,44
Unión universal	R/R PP 3/4"	Unidad	3	1,63	4,89
Unión universal	R/R PP 1"	Unidad	3	3,82	11,46
Unión	R/R PP 1/2"	Unidad	1	0,6	0,6
Unión	R/R PP 3/4"	Unidad	1	0,54	0,54
Unión	R/R PP 1"	Unidad	4	1,04	4,16
Codo roscado	PP 1/2" x 90°	Unidad	1	0,38	0,38
Codo roscado	PP 1/2" x 45°	Unidad	1	0,62	0,62
Codo roscado	PP 3/4" x 90°	Unidad	2	0,535	1,07
Codo roscado	PP 3/4" x 45°	Unidad	1	0,95	0,95
Codo roscado	PP 1" x 90°	Unidad	2	1,32	2,64
Collarín deriv	32MM x 1/2"	Unidad	14	1,85	25,9
Collarín deriv	25MM x 1/2"	Unidad	13	1,8	23,4
Collarín deriv	20MM x 1/2"	Unidad	12	1,385	16,62
Red Bujer	MH PP 1/2 x 1/4"	Unidad	40	0,79	31,6
Válvula de esfera	1/4"	Unidad	42	1,65	69,3
Adaptador tanque	1"	Unidad	2	4,55	9,1
Manguera	REHAU Rauspiraflex 2"	Metro	1	10	10
Manguera	Cristal baja densidad	Metro	100	0,85	85
Adaptador	H CR EC 32 MM A 1"	Unidad	1	0,46	0,46
Adaptador	H CR EC 50 MM A 1"	Unidad	1	1,32	1,32
Neplo	R/R PP 1"	Unidad	3	0,71	2,13
Bomba	Pedrollo de 1 HP	Unidad	1	215	215
Costos de accesorios y materiales electrónicos					
Tarjeta de adquisición de datos NI USB 6211	NI USB-6212 Bus-Powered M Series Multifunction DAQ Device, NI-DAQmx driver software and LabVIEW SignalExpress LE for Windows	Unidad	1	1.612,55	1.612,55
Sensor de presión	PX 302, Omega	Unidad	2	272,58	545,16
FP-5310M	1" molded PVC fitting	Unidad	1	177	177
Sensor de flujo	FP-5600, tipo paleta	Unidad	1	330	330
Tarjeta electrónica	Amplificación de voltaje de sensores de presión	Unidad	2	100	200
Tarjeta electrónica	Amplificación de voltaje del sensor de caudal	Unidad	1	100	100
Fuente de alimentación	Power supply P4-500 W	Unidad	1	30	30

TOTAL	3789,2
--------------	---------------

Fuente: Autores

El costo total de accesorios y materiales para la automatización del banco de pérdidas es: 38789,20 dólares norteamericanos.

8.2.2 Costos de maquinaria y equipos utilizados.

Tabla 18 Costo de maquinaria y equipos utilizados

Máquinas/Herramientas	Costo/Hora	Horas Equipo	Costo(USD)
Torno	16	2	32
Tarrajá mecánica	1	18	18
Soldadora eléctrica	5	3	15
Entenalla	1	18	18
Amoladora	2	9	18
Otros equipos			30
		TOTAL	131

Fuente: Autores

8.2.3 Costos de mano de obra.

Tabla 19. Costo de mano de obra

Trabajador	Salario/Hora	Horas de trabajo	Costo
Plomero	2,82	22	62,04
Tornero	2,82	2	5,64
Soldador	2,82	5	14,1
		TOTAL	81,78

Fuente: <http://www.contraloria.gob.ec/documentos/SALARIOS>

Tabla de costos directos:

Tabla 20. Costos directos

COSTO POR	VALOR (USD)
Material y accesorios	3789,2
Maquinaria y equipos	131
Mano de obra	81,78
TOTAL	4001,98

Fuente: Autores

8.3 Costos Indirectos.

Tabla 21. Costos indirectos

Detalles	Cantidad (%CD)	Valor(USD)
Ingenieriles (Diseño y supervisión)	3%	120,059
Imprevistos	10%	401,9
Utilidad	0	-
	TOTAL	521,96

Fuente: Autores

8.4 Costo Total.

Los costos totales equivalen a la suma de los costos directos más los costos indirectos, sumados estos dos valores se tiene el valor de 4523,94 USD. (Cuatro mil quinientos veinte y tres dólares con noventa y cuatro centavos.)

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

Se cumplió el objetivo principal de construir y automatizar la toma de datos en el banco de pérdidas del laboratorio de Turbomaquinaria obteniendo información de manera rápida y confiable de los parámetros que se dan en el fenómeno de caída de presión por longitud de tubería y caída de presión por accesorios.

Las pérdidas en un sistema de bombeo se presentan debido a la longitud de tubería conocida como pérdidas primarias y debido a los accesorios hidráulicos conocidas como pérdidas secundarias, éstas están en función del tipo de tubería por donde circulan, el fluido y sus propiedades, y las características de la bomba que está instalada.

Las tuberías que se seleccionaron para el banco de pérdidas son de PVC, se trata de un material totalmente sintético, resistente a los ácidos y químicos perjudiciales en los materiales no sintéticos, son de fácil instalación ya que pueden ser acoplados por adhesivos o roscados, presentan la ventaja de su manejabilidad y fácil puesta en obra, su inconveniente es el envejecimiento que da lugar a fisuras longitudinales como consecuencia del tipo de estructura molecular.

Los sensores de presión se seleccionaron a partir de la presión máxima del sistema cabe recalcar que los sensores instalados actualmente existían en el laboratorio por lo tanto sobrepasan a la presión requerida en el red del banco de pérdidas.

El caudalímetro se seleccionó posterior a la determinación del caudal que eroga la bomba al sistema teniendo un caudal máximo de 1 lt/s con este valor de caudal se adquirió el caudalímetro Omega PF-5310 y un acople PF-5310m del mismo fabricante, es necesario instalar con el acople estandarizado ya que de no cumplir con este parámetro las lecturas obtenidas no tendrían la precisión característica del sensor.

Se instaló una tarjeta compacta NI USB 6211 de la National Instruments, se trata de una tarjeta compuesta de puertos digitales y analógicos, tiene una amplia velocidad en la adquisición que por consecuencia permiten un inmediato procesamiento de datos.

La construcción y automatización del banco de pérdidas alcanzó un costo total de 4523,94 USD.

9.2 Recomendaciones

Antes de iniciar la práctica es necesario cebar la bomba para evitar el fenómeno de cavitación.

Revisar periódicamente la existencia de aire en el interior de las mangueras que sirven como tomas en la medición de presiones.

Cambiar periódicamente el del sistema para evitar el deterioro de esta a causa del estancamiento.

Utilizar un aditivo en el agua para evitar su rápida descomposición.

Cuando no este en uso mantener desconectada y apagada la fuente de energía.

Revisar que la inclinación del caudalímetro sea 45° para asegurar la precisión de la toma de datos.

Realizar una limpieza periódica de los snuggers.

REFERENCIAS

- Arviza, J., Balbastre, I., & Cano, L. (2002). *Prácticas de laboratorio: Hidráulica*. Valencia: UPV.
- Chicala, C. (2004). *Adquisición de datos*. Madrid.
- Corroble, M. (2002). *Manual de mecánica industrial autómatas y robótica tomo III*. Madrid: Editorial Cultural S.A.
- INstruments, N. (2006). *LabVIEW Básico I Desarrollo*. Estados Unidos: National Instruments Corporation.
- Mataix, C. (1986). *Mecánica de fluidos*.
- Mott, R. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*.
- National, I. (2006). *LabVIEW básico I Introducción*. Estados Unidos: National Instruments Corporation.
- Rodriguez, H. (2005). *Diseños hidráulicos sanitarios y de gas en edificaciones*.

BIBLIOGRAFÍA

ARVIZA, J., Balbastre, I., & Cano, L. (2002). Prácticas de laboratorio: Hidráulica. Valencia: UPV.

CHICALA, C. (2004). Adquisición de datos. Madrid.

CORROBLES, M. (2002). Manual de mecánica industrial autómatas y robótica tomo III. Madrid: Editorial Cultural S.A.

Instruments, N. (2006). LabVIEW Básico I Desarrollo. Estados Unidos: National Instruments Corporation.

MATAIX, C. (1986). Mecánica de fluidos.

MOTT, R. (1996). Mecánica de fluidos aplicada.

National, I. (2006). LabVIEW básico I Introducción. Estados Unidos: National Instruments Corporation.

RODRIGUEZ, H. (2005). Diseños hidráulicos sanitarios y de gas en edificaciones.

LINKOGRAFÍA

PLASTIGAMA. (s.f.). *Amanco*. Recuperado el 18 de Julio de 2013, de http://www.plastigama.com/images/pdf/descargas/catálogo_tuberias.pdf

PLASTIGAMA. (s.f.). *Amanco*. Recuperado el 18 de Julio de 2013, de <http://www.plastigama.com/images/pdf/descargas/catálogoaccesorios.pdf>

Fundación Wikimedia, Inc. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 28 de Junio de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/perdidas-en-sistemas-de-bombeo/>

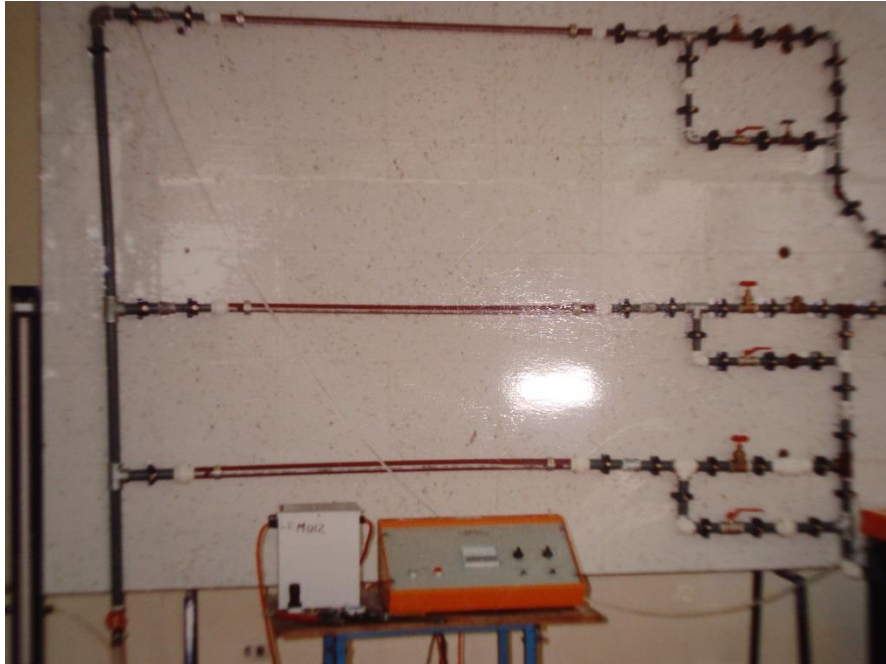
Soluciones Integrales para el Transporte y Almacenamiento de Fluidos. (s.f.). *Joseguller*. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de <http://www.joseguller.com.ar/Nueva%20carpeta/tub%20guia%20de%20inst%20enterrada.pdf>

Search the World's Digital Library. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de <http://es.scribd.com/doc/39562725/Criterios-de-Diseno-Para-Tuberías-de-PVC>

ANEXOS

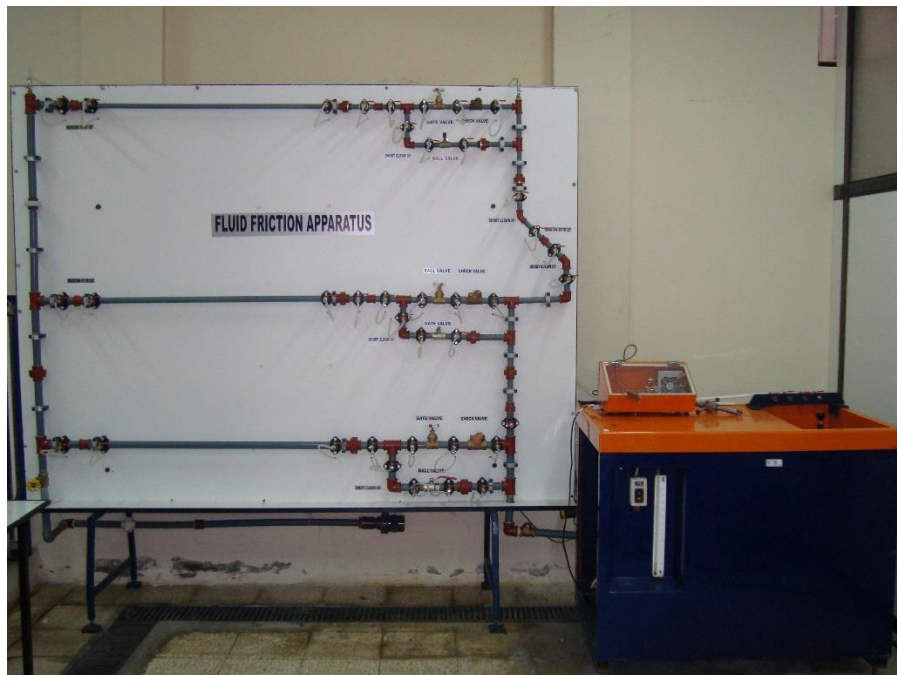
Anexo A

Fotografías del banco de pérdidas (antes).



Fuente: Autores

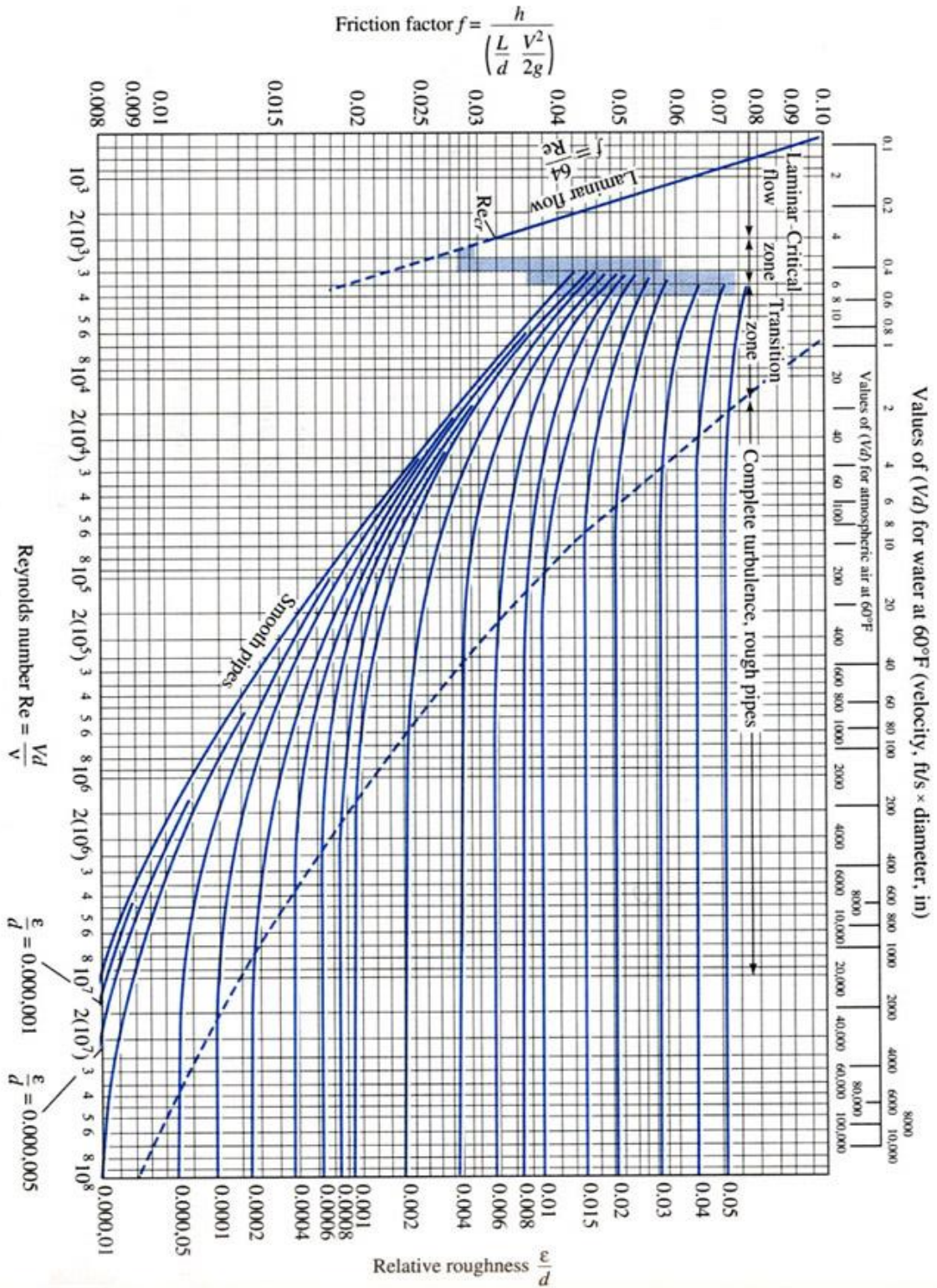
Fotografía del banco de pérdidas automatizado.



Fuente: Autores

Anexo B

Diagrama de Moody.



Fuente:raulsmtz.wordpress.com/2011/03/30/diagrama-de-moody/

Anexo C

Catálogo Pedrollo bomba PKm 80.

PK

Electrobombas con rodete periférico



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta 90 l/min (5,4 m³/h)
- Altura manométrica hasta 100 m

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta 8 m
- Temperatura del líquido de -10 °C hasta +60 °C
- Temperatura ambiente hasta +40 °C (+45 °C para PK 60)
- Presión máx. en el cuerpo de la bomba:
 - 6,5 bar para PK 60-65-70-80
 - 10 bar para PK 90-100-200-300
- Funcionamiento continuo S1

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES



UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad, simplicidad en el uso y por su ventaja económica, son aptas para el uso doméstico y en particular para la distribución del agua acopladas a pequeños tanques de presión, para irrigación de huertos y jardines.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Modelo registrado PKm60 n° 009875304
- Soporte: patente n° IT1243605 (reduce la dificultad del arranque debido al bloqueo del rodete después de periodos prolongados de inactividad)
- Modelo comunitario registrado n° 001804478

EJECUCION BAJO PEDIDO

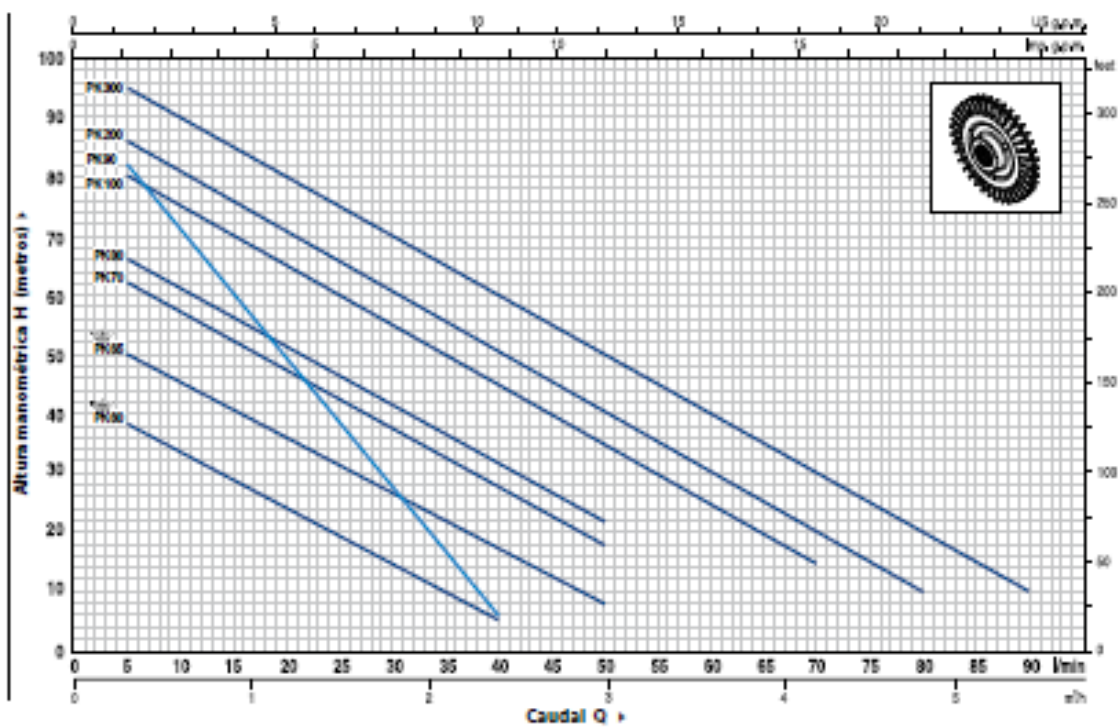
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para PK 70-80-90-100-200-300

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 1/min HS= 0 m

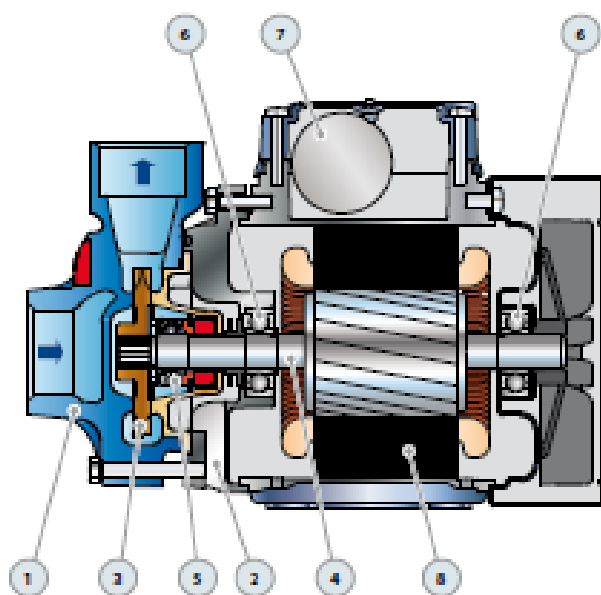


MODELO		POTENCIA		Q	H														
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m³/h	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
PKm 60*	PK 60*	0.37	0.50	l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	
PKm 65	PK 65	0.50	0.70	H metros	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5						
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8					
PKm 80	PK 80	0.75	1		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18					
PKm 90	PK 90	0.75	1		70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22					
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		90	82	71	60	49	38	27	17	5						
PKm 200	PK 200	1.5	2		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15			
-	PK 300	2.2	3		90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10		
					100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10	

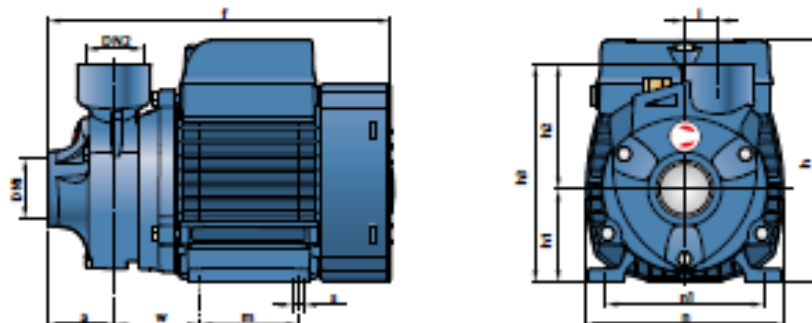
Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grade 2.

POS.	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS					
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido, con bocas roscadas ISO 228/1					
2	SOPORTE	Aluminio con tapa en latón y laminilla de ajuste frontal antibloqueo (patentado)					
3	RODETE	Latón, del tipo aletas perforadas radiales					
4	EJE MOTOR	Acero Inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5	SELLO MECANICO	Electrobomba	Sello	Eje	Anillo	Material	Elastómero
		Modelo	Modelo	Diámetro			
		PK 60-65-70-80	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
		PK 90	MGI-12	Ø 12 mm	Carburo de silicio	Grafito	NBR
PK 100-200-300	FN-14	Ø 14 mm	Grafito	Cerámica	NBR		
6	RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo				
		PK 60-65	6201 ZZ / 6201 ZZ				
		PK 70-80-90	6203 ZZ / 6203 ZZ				
		PK 100-200-300	6204 ZZ / 6204 ZZ				
7	CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
		Single-phase	(230 V)	(110 V o 127 V)			
		PKm 60	10 µF 450 VL	25 µF 250 VL			
		PKm 65	14 µF 450 VL	25 µF 250 VL			
		PKm 70	16 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		PKm 80	20 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		PKm 90	20 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		PKm 100	31.5 µF 450 VL	60 µF 250 VL			
		PKm 200	45 µF 450 VL	80 µF 250 VL			
8	MOTOR ELECTRICO	PKm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.					
		PK: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.					
		= Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30)					
- Aislamiento: Clase F.							
- Protección: IP 34.							



DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm													kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	i	m	n	n1	w	s	1-	3-	
PKm 60*	PK 60*	1"	1"	39	207	145	56	75	131	20	55	118	96	53	7	5.2	5.2	
PKm 65	PK 65			232	152	63	138		80		100							
PKm 70	PK 70			55	285	180	71	85	156		90	140	112	62		10.0	9.9	
PKm 80	PK 80	¾"	¾"	46	278			84	155	19						10.0	9.9	
PKm 90	PK 90															10.3	10.0	
PKm 100	PK 100	1"	1"	55	350	212	80	94	174	20	100	164	125	85	9	14.4	12.4	
PKm 200	PK 200															15.5	13.4	
-	PK 300															-	15.6	

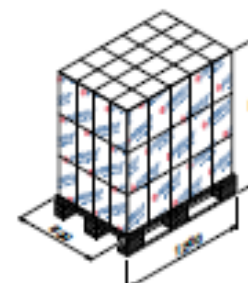
CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION (monofásica)		
	220 V	110 V	127 V
PKm 60*	2.5 A	2.4 A	5.5 A
PKm 65	3.7 A	3.4 A	7.4 A
PKm 70	5.2 A	4.8 A	10.8 A
PKm 80	5.2 A	4.8 A	10.8 A
PKm 90	5.6 A	5.3 A	11.5 A
PKm 100	9.0 A	8.2 A	18.0 A
PKm 200	11.5 A	11.0 A	24.0 A

MODELO	TENSION (trifásica)				
	220 V	380 V	660 V	220 V	440 V
PKm 60*	2.0 A	1.15 A	-	1.9 A	1.1 A
PKm 65	3.0 A	1.7 A	-	2.8 A	1.6 A
PK 70	3.8 A	2.2 A	-	3.3 A	1.9 A
PK 80	3.8 A	2.2 A	-	3.3 A	1.9 A
PK 90	4.0 A	2.3 A	-	3.8 A	2.2 A
PK 100	6.2 A	3.6 A	2.05 A	5.7 A	3.3 A
PK 200	7.6 A	4.4 A	2.5 A	7.0 A	4.0 A
PK 300	9.3 A	5.4 A	3.15 A	8.7 A	5.0 A

PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPEJE				PARA CONTAINER			
Monofásica	Trifásica	n° bombas	H (mm)	kg		n° bombas	H (mm)	kg	
				1-	3-			1-	3-
PKm 60*	PK 60*	231	1239	1225	1225	363	1877	1912	1912
PKm 65	PK 65	189	1288	1271	1177	243	1626	1628	1506
PKm 70	PK 70	102	1280	1044	1034	170	2040	1724	1707
PKm 80	PK 80	102	1280	1044	1034	170	2040	1724	1707
PKm 90	PK 90	102	1280	1075	1044	170	2040	1775	1724
PKm 100	PK 100	72	1520	1060	910	84	1750	1230	1060
PKm 200	PK 200	72	1520	1140	990	84	1750	1320	1150
-	PK 300	72	1520	-	1140	84	1750	-	1330



Anexo D

Montaje de los transductores de presión

GENERAL PURPOSE 100 MILLIVOLT OUTPUT PRESSURE SENSOR AVAILABLE IN ABSOLUTE AND GAGE MODELS

PX302/PX312 Series
15 to 10,000 psi
1 to 690 Bar

Starts at
\$225



Technical
Books
Available
Online!

beckert.com

MILLIVOLT OUTPUT
PRESSURE TRANSDUCERS
B



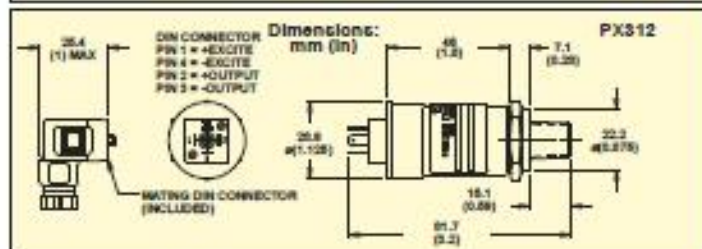
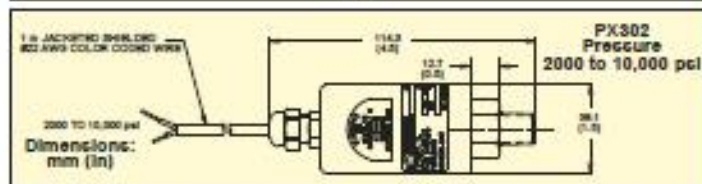
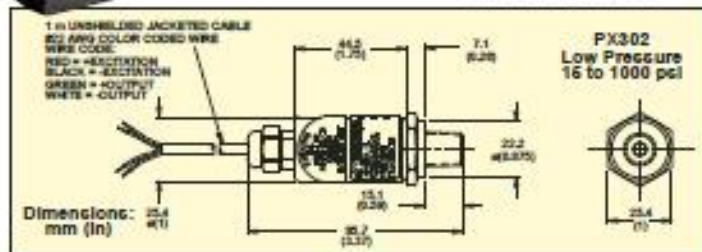
PX312-100GV, \$240,
DIN connector
included.

PX302-015GV, \$225, shown
with DP41-S meter, \$545, and
PS-4G snubber, \$10. Shown
smaller than actual size.

- ✓ Rugged All Stainless Steel Construction
- ✓ Integral Strain Relief for Cable or DIN Connector
- ✓ High Sensitivity 10 mV/V Output
- ✓ NEMA 3 Enclosure

SPECIFICATIONS

Excitation: 10 Vdc (5 to 15 Vdc limits)
Output: 10 mV/V ratiometric
100 mV ± 1 mV @ 10 Vdc
Accuracy: 0.25% BFSL
(linearity, hysteresis, repeatability)
Zero Balance: 0 mV ± 2 mV
Input Resistance: 15,000 Ω maximum
Long-Term Stability: ±0.5% FS
Typical Life: 100 million cycles
Operating Temperature:
-18 to 71°C (0 to 160°F)

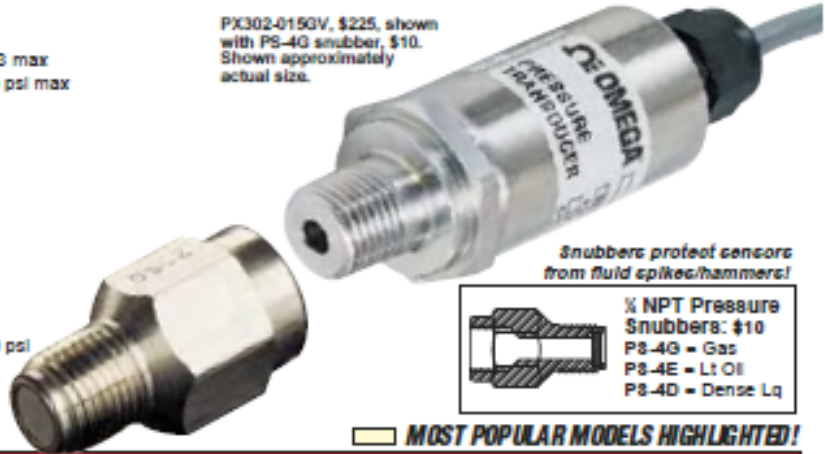


B-32

GENERAL PURPOSE PRESSURE SENSOR

Compensated Temperature:
-1 to 71°C (30 to 160°F)
Total Thermal Effects: ±1% FS max
Proof Pressure: 200%, 13,000 psi max
Response Time: 1 ms
Shock: 50 g @ 11 ms
Vibration: 15 g 10 to 2000 Hz
Wetted Parts: 17-4 PH and
300 Series stainless steel
Pressure Port: 1/8" NPT male
Electrical Connection:
PX302: 1 m (3') 4-conductor
unshielded cable
PX312: Miniature DIN
connector (Included)
Weight: 131 g (4.6 oz) to 1000 psi
190 g (6.7 oz) from 1000 psi

PX302-0150V, \$225, shown
with PS-4G snubber, \$10.
Shown approximately
actual size.



Snubbers protect sensors
from fluid spikes/hammers!



1/8" NPT Pressure
Snubbers: \$10
PS-4G = Gas
PS-4E = Lt Oil
PS-4D = Dense Lq

MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED!

To Order (Specify Model Number)						
psi	bar	CABLE STYLE	PRICE	CONNECTOR STYLE	PRICE	COMPATIBLE METERS*
GAGE PRESSURE RANGES						
0 to 15	0 to 1.0	PX302-015GV	\$225	PX312-015GV	\$240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 30	0 to 2.1	PX302-030GV	225	PX312-030GV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 50	0 to 3.4	PX302-060GV	225	PX312-060GV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 100	0 to 6.9	PX302-100GV	225	PX312-100GV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 200	0 to 13.8	PX302-200GV	225	PX312-200GV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 300	0 to 20.7	PX302-300GV	225	PX312-300GV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 500	0 to 34.5	PX302-500GV	225	PX312-500GV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 1000	0 to 69.0	PX302-1KGV	225	PX312-1KGV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 2000	0 to 138	PX302-2KGV	225	PX312-2KGV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 3000	0 to 207	PX302-3KGV	225	PX312-3KGV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 4000	0 to 276	PX302-4KGV	225	PX312-4KGV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 5000	0 to 345	PX302-5KGV	225	PX312-5KGV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 7500	0 to 517	PX302-7.5KGV	225	PX312-7.5KGV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 10,000	0 to 690	PX302-10KGV	225	PX312-10KGV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
ABSOLUTE PRESSURE RANGES						
0 to 15	0 to 1.0	PX302-015AV	\$225	PX312-015AV	\$240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 30	0 to 2.1	PX302-030AV	225	PX312-030AV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 50	0 to 3.4	PX302-060AV	225	PX312-060AV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 100	0 to 6.9	PX302-100AV	225	PX312-100AV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 200	0 to 13.8	PX302-200AV	225	PX312-200AV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series
0 to 300	0 to 20.7	PX302-300AV	225	PX312-300AV	240	DP25B-S, DP41-S, DPIS Series

Comes with complete operator's manual. * See section D for compatible meters.

Ordering Example: PX302-0500V, pressure transducer with 50 psig full scale rating and PS-4E pressure snubber for water and light oils, \$225 + 10 = \$235.

ACCESSORIES

MODEL NO.	PRICE	DESCRIPTION
PS-4E	\$10	Pressure snubber for water or light oils
PS-4D	10	Pressure snubber for dense liquids or oils
PS-4G	10	Pressure snubber for gases and steam
M8-1808	\$125	Reference Book: Plant Engineer's Handbook

B-33

Fuente: www.omega.com/pptst/PX302.html

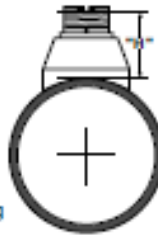
Anexo E

Caudalímetro FP 5300

5. H-Dimensions

The plastic sensor insert in the Weldolet fitting **MUST** be removed during the welding process. When reinstalled, it is important that the insert be threaded to the proper height ("H" dimension).

OMEGA
Weldolet Fitting



Weldolet part number	"H" dimension		Weldolet part number	"H" dimension	
	Inches	mm		Inches	mm
FP-5325CS	2.33	59.18	FP-5387CS	4.16	105.66
FP-5330CS	2.32	58.92	FP-5388CS	4.10	104.14
FP-5340CS	2.30	58.42			
FP-5350CS	3.09	78.48			
FP-5360CS	2.96	75.18	FMG-5325, FP-5325BR	2.33	59.18
FP-5365CS	2.73	69.34	FMG-5330, FP-5330BR	2.32	58.92
FP-5381CS	5.48	139.19	FMG-5340, FP-5340BR	2.30	58.42
FP-5382CS	5.25	133.35	FMG-5350, FP-5350BR	3.09	78.48
FP-5383CS	5.10	129.54	FMG-5360, FP-5360BR	2.96	75.18
FP-5384CS	4.85	123.19	FMG-5380, FP-5380BR	2.73	69.34
FP-5385CS	4.60	116.84	FMG-5381, FP-5381BR	5.48	139.19
FP-5386CS	4.38	111.25	FMG-5382, FP-5382BR	5.25	133.35

6. Standard Sensor Installation

- Lubricate sensor O-rings with a silicone lubricant (e.g. GE silicone compound #G632 or equivalent). Do not use petroleum based lubricant that will attack the O-rings.
- Using a twisting motion, lower the sensor into the fitting, with installation arrows on the black cap pointing in the direction of flow (Fig. A)
- Engage one thread of the sensor cap then turn the sensor until the alignment tab is seated in the fitting notch. **Hand tighten** the sensor cap. **DO NOT** use tools on the sensor cap or the cap threads and/or fitting flange threads will be damaged (Fig. B)

Fig. A

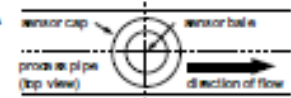


Fig. B



7. K-Factors

The K-Factor is the number of pulses the sensor will generate for each engineering unit of fluid which passes. For example, in a 1 inch PVC pipe, the paddlewheel generates 352.435 pulses per gallon of fluid passing the rotor. For pipes over 12 inch, consult OMEGA.

Pipe Size	OMEGA Fitting Type	K-Factor U.S. Gallon	Liter	Pipe Size	OMEGA Fitting Type	K-Factor U.S. Gallon	Liter	Pipe Size	OMEGA Fitting Type	K-Factor U.S. Gallon	Liter
SCH 80 PVC TEES FOR SCH 80 PVC PIPE				GALVANIZED IRON TEES ON SCH 40 PIPE				COPPER/BRONZE BRAZOLETS ON SCH 40 PIPE			
1/2 IN.	FP-5305	991.706	262.010	1 IN.	FP-5310G	213.009	56.277	2 1/2 IN.	FP-5325BR	37.600	9.934
3/4 IN.	FP-5307	545.142	144.027	1 1/4 IN.	FP-5312G	127.746	33.751	3 IN.	FP-5330BR	24.340	6.431
1 IN.	FP-5310	352.435	93.114	1 1/2 IN.	FP-5315G	94.401	24.941	4 IN.	FP-5340BR	13.920	3.678
1 1/4 IN.	FP-5312	177.184	46.812	2 IN.	FP-5320G	59.420	15.699	5 IN.	FP-5350BR	10.860	2.869
1 1/2 IN.	FP-5315	117.852	31.137					6 IN.	FP-5360BR	7.520	1.987
2 IN.	FP-5320	66.739	17.633	CARBON STEEL WELDOLETS ON SCH 40 PIPE				8 IN.	FP-5380BR	4.340	1.147
2 1/2 IN.	FP-5325	42.994	11.359	2 1/2 IN.	FP-5325CS	37.600	9.934	10 IN.	FP-5381BR	2.760	0.729
3 IN.	FP-5330	26.652	7.041	3 IN.	FP-5330CS	24.340	6.431	12 IN.	FP-5382BR	1.940	0.513
4 IN.	FP-5340	15.006	3.964	4 IN.	FP-5340CS	13.920	3.678	BRONZE TEES ON SCH 40 PIPE			
SCH 80 CPVC TEES FOR SCH 80 CPVC PIPE				5 IN.	FP-5350CS	10.860	2.869	1 IN.	FP-5310BR	21.300	56.277
1/2 IN.	FP-5305C	991.706	262.010	6 IN.	FP-5360CS	7.520	1.987	1 1/4 IN.	FP-5312BR	12.746	33.751
3/4 IN.	FP-5307C	545.142	144.027	8 IN.	FP-5380CS	4.340	1.147	1 1/2 IN.	FP-5315BR	9.440	24.941
1 IN.	FP-5310C	352.435	93.114	10 IN.	FP-5381CS	2.760	0.729	2 IN.	FP-5320BR	59.420	15.699
1 1/4 IN.	FP-5312C	177.184	46.812	12 IN.	FP-5382CS	1.940	0.513	STAINLESS STEEL WELDOLETS ON SCH 40 PIPE			
1 1/2 IN.	FP-5315C	117.852	31.137	STAINLESS STEEL WELDOLETS ON SCH 40 PIPE				COPPER PIPE W/ COPPER INSTALLATION FITTINGS			
SCH 80 PVC SADDLES ON SCH 80 PVC PIPE				2 1/2 IN.	FMG-5325	37.600	9.934	1/2 IN. INSK K	FP-5305CU	91.704	242.495
2 IN.	FP-5320S	66.739	17.633	3 IN.	FMG-5330	24.340	6.431	1/2 IN. SKL		85.821	226.742
2 1/2 IN.	FP-5325S	42.994	11.359	4 IN.	FMG-5340	13.920	3.678	3/4 IN. INSK K	FP-5307CU	42.827	113.149
3 IN.	FP-5330S	26.652	7.041	5 IN.	FMG-5350	10.860	2.869	3/4 IN. SKL		38.573	101.912
4 IN.	FP-5340S	15.006	3.964	6 IN.	FMG-5360	7.520	1.987	1 IN. INSK K	FP-5310CU	25.640	67.749
6 IN.	FP-5360S	8.325	2.199	8 IN.	FMG-5380	4.340	1.147	1 IN. SKL		24.169	63.641
8 IN.	FP-5380S	5.016	1.325	10 IN.	FMG-5381	2.760	0.729	1 1/4 IN. INSK K	FP-5312CU	17.647	46.615
SCH 80 PVC SADDLE ON SCH 40 PVC PIPE				12 IN.	FMG-5382	1.940	0.513	1 1/4 IN. SKL		17.902	45.152
2 IN.	FP-5320S	54.700	14.452	SCH 80 IRON SADDLES ON SCH 80 PIPE				1 1/2 IN. INSK K	FP-5315CU	11.560	30.565
2 1/2 IN.	FP-5325S	37.159	9.817	2 IN.	FP-5320SIS	64.720	17.099	1 1/2 IN. SKL		11.030	29.598
3 IN.	FP-5330S	23.697	6.261	2 1/2 IN.	FP-5325S	42.480	11.223	2 IN. INSK K	FP-5320CU	6.385	16.746
4 IN.	FP-5340S	13.456	3.555	3 IN.	FP-5330S	26.420	6.960	2 IN. SKL		6.175	16.310
6 IN.	FP-5360S	7.459	1.971	4 IN.	FP-5340S	14.700	3.884	Conversion Formulas:			
8 IN.	FP-5380S	4.529	1.197	5 IN.	FP-5350S	12.180	3.218	1 U.S. gallon = 0.003785 cubic meters			
CARBON STEEL TEES ON SCH 40 PIPE				6 IN.	FP-5360S	8.440	2.230	0.000003069 Acre feet			
1/2 IN.	FP-5305CS	756.000	199.736	8 IN.	FP-5380S	4.900	1.295	8.3454 pounds of water			
3/4 IN.	FP-5307CS	438.690	115.902	10 IN.	FP-5381S	3.060	0.808				
1 IN.	FP-5310CS	286.784	75.768	12 IN.	FP-5382S	2.160	0.571				
1 1/4 IN.	FP-5312CS	121.218	32.026	SCH 80 IRON SADDLE ON SCH 40 PIPE							
1 1/2 IN.	FP-5315CS	91.139	24.079	2 IN.	FP-5320SIS	53.640	14.172				
2 IN.	FP-5320CS	54.468	14.391	2 1/2 IN.	FP-5325S	37.600	9.934				
STAINLESS STEEL TEES ON SCH 40 PIPE				3 IN.	FP-5330S	23.220	6.135				
1/2 IN.	FMG-5305S	734.200	193.976	4 IN.	FP-5340S	13.260	3.503				
3/4 IN.	FMG-5307S	412.100	108.877	5 IN.	FP-5350S	11.040	2.917				
1 IN.	FMG-5310S	252.700	66.764	6 IN.	FP-5360S	7.240	1.913				
1 1/4 IN.	FMG-5312S	128.120	33.849	8 IN.	FP-5380S	4.400	1.162				
1 1/2 IN.	FMG-5315S	77.320	20.428	10 IN.	FP-5381S	2.800	0.740				
2 IN.	FMG-5320S	45.780	12.085	12 IN.	FP-5382S	1.980	0.523				

Anexo F

Tablas de validación de datos obtenidos.

VALIDACIÓN DE DATOS PARA PÉRDIDAS PRIMARIAS											
% CIERRE	DIÁMETRO	1 INCH			3/4 INCH			1/2 INCH			
		HIDRÁULICA AUTOMATIZA	P. PIPEFLOW	HIDRÁULICA AUTOMATIZA	P. PIPEFLOW	HIDRÁULICA AUTOMATIZA	P. PIPEFLOW	HIDRÁULICA AUTOMATIZA	P. PIPEFLOW		
5 1/2		0,02867164	0,0251	0,02298	0,015383086	0,0227	0,02166	0,0124443219	0,0228	0,02109	
6		0,03820342	0,0253	0,02265	0,015429666	0,0238	0,02171	0,012480897	0,0215	0,0212	
6 1/4		0,01124388	0,0231	0,02272	0,014979659	0,0257	0,02178	0,01077057	0,0247	0,02143	
6 1/2		0,00207354	0,0242	0,02338	0,017445388	0,0261	0,02236	0,010034769	0,0253	0,02176	
6 5/8		0,00517367	0,0251	0,02567	0,01529224	0,0297	0,0244	0,00824649	0,0265	0,2328	
6 3/4		0,01657401	0,0287	0,02899	0,015985989	0,0354	0,02738	0,010344721	0,0274	0,02529	
6 7/8		0,01905969	0,0392	0,03763	0,013763323	0,0503	0,03513	0,017318015	0,0315	0,03356	


VALIDACIÓN DE DATOS PARA PÉRDIDAS SECUNDARIAS

APERTURA (Vueltas)	DIÁMETRO	1 INCH		3/4 INCH		1/2 INCH	
		P. AUTOMATIZADAS	P. PIPEFLOW	P. AUTOMATIZADAS	P. PIPEFLOW	P. AUTOMATIZADAS	P. PIPEFLOW
TA	"T" FLUJO A 90°	1,4624	1,38	1,406	1,5	1,546	1,62
TA	"T" FLUJO DIRECTO	0,4787	0,46	0,687	0,5	0,523	0,54
TA	CODO CORTO 45°	-	-	0,326	0,4	0,473	0,43
TA	CODO CORTO 90°	0,6458	0,69	0,768	0,75	0,7979	0,81
TA	VÁLVULA CHECK	1,44	1,3	1,34	1,4	1,162	1,5
TA	V DE COMPUERTA	0,17475	0,18	0,31	0,2	0,2104	0,22
TA	VALVULA DE ESFERA	0,097	0,07	0,176	0,08	0,0928	0,09

Fuente: Autores


Anexo G

Tablas de pruebas hidráulicas



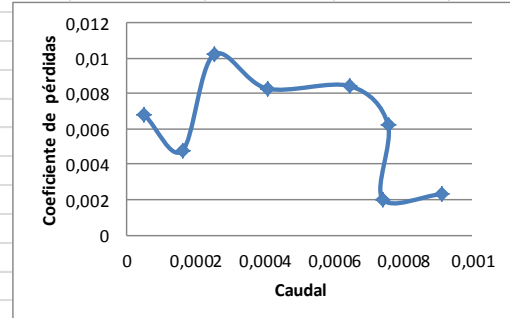
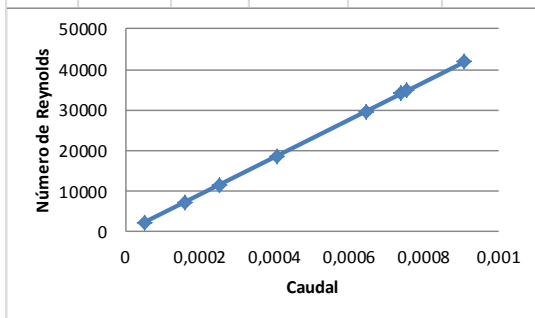
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA

BANCO DE PRUEBAS DE PÉRDIDAS PRIMARIAS



DATOS					
FLUIDO	Agua			DENSIDAD	1000 kg/m ³
MATERIAL D TUBERIA	PVC			γ PESO ESPECÍFICO	9,81 kN/m ³
TEMPERATURA	15°			VISCOSIDAD CINEMÁTICA	1,14E-06 m ² /seg
LONGITUD	1 m			ÁREA	0,00046377 m ²
DIAMETRO INTERNO	24,3 mm			kt	0,0015 mm
VOLUMEN	10 lt			VISCOSIDAD DINÁMICA	1,58E-03 Ns/m ²

C I E R R E	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	COEF. DE PÉRDIDAS	COEF. DE FRICCIÓN TEÓRICO
	psi	psi	H	t	Q	V	Re	mca	λe	λt
	psi	psi	psi	seg	m ³ /seg	m/s				
5 VC	6,72	6,55	0,17	11	0,0009091	1,9602	41782,61491	0,002310658	0,00028672	0,02184727
5 1/2 vc	6,35	6,2	0,15	13,5175	0,0007398	1,5951	34001,01824	0,002038816	0,00038203	0,0228852
6 vc	5,76	5,3	0,46	13,2425	0,0007551	1,6282	34707,09942	0,006252368	0,00112439	0,02277808
6 1/4 vc	4,87	4,25	0,62	15,49	0,0006456	1,3920	29671,32111	0,008427105	0,00207354	0,02361627
6 1/2	4,51	3,9	0,61	24,6675	0,0004054	0,8741	18632,15827	0,008291184	0,00517367	0,02641926
6 1/8	3,75	3	0,75	39,8175	0,0002511	0,5415	11542,88351	0,010194079	0,01657401	0,02989104
6 2/3	3,1	2,75	0,35	62,505	0,00016	0,3450	7353,151973	0,004757237	0,01905969	0,03385063
6 3/4	2,5	2	0,5	195,5	5,115E-05	0,1103	2350,93997	0,006796053	0,26636783	0,04833524





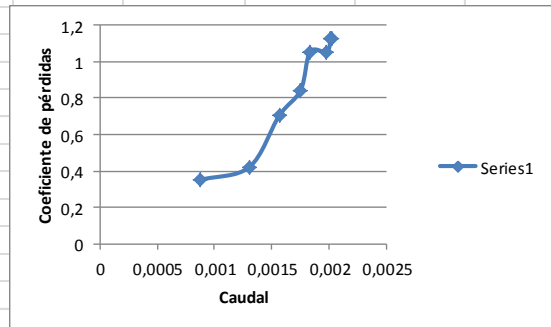
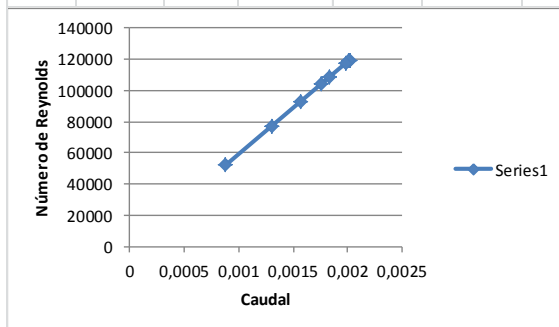
**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA**



BANCO DE PRUEBAS DE PÉRDIDAS PRIMARIAS

DATOS				
FLUIDO	Agua	DENSIDAD	1000	kg/m ³
MATERIAL D TUBERIA	PVC	γ PESO ESPECÍFICO	9,81	kN/m ³
TEMPERATURA	15°	VISCOSIDAD CINEMÁTICA	1,14E-06	m ² /seg
LONGITUD	1 m	ÁREA	0,00027898	m ²
DIAMETRO INTERNO	18,847 mm	kt	0,0015	mm
VOLUMEN	10 lt	VISCOSIDAD DINÁMICA	1,58E-03	Ns/m ²

C I E R R E	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	COEF. DE PÉRDIDAS	COEF. DE PÉRDIDAS	COEF. DE FRICCIÓN TEÓRICO
	psi	psi	H	t	Q	V	Re	H _{pp}	mca	λ _e	λ _t
			mmHg	seg	m ³ /seg	m/s		Pa			
5	15,9	14,3	82,736	4,9575	0,0020171	7,2302	119533,496	11028,13123	1,12455642	0,00795459	0,01773121
5 1/2	15,9	14,3	82,736	4,965	0,0020141	7,2193	119352,932	11028,13123	1,12455642	0,00797868	0,01773611
6	15,8	14,3	77,565	5,0525	0,0019792	7,0943	117285,959	10338,87302	1,05427164	0,00774598	0,01779296
6 1/4	15,5	14	77,565	5,4525	0,001834	6,5738	108681,762	10338,87302	1,05427164	0,00902101	0,01804537
6 1/2	14,2	13	62,052	5,7075	0,0017521	6,2801	103826,072	8271,09842	0,84341732	0,00790762	0,01820035
6 5/8	12,4	11,4	51,71	6,3925	0,0015643	5,6072	92700,3999	6892,582017	0,70284776	0,00826635	0,01859648
6 3/4	10,1	9,5	31,026	7,6575	0,0013059	4,6809	77386,5239	4135,54921	0,42170866	0,00711701	0,01926358
7	4,5	4	25,855	11,355	0,0008807	3,1567	52187,3454	3446,291008	0,35142388	0,01304118	0,02088567





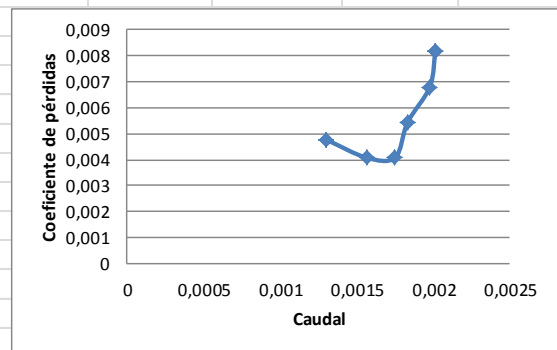
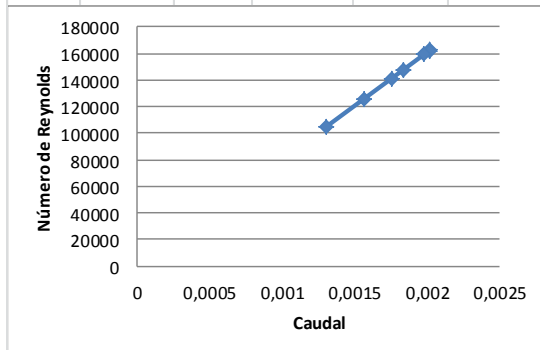
**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA**



BANCO DE PRUEBAS DE PÉRDIDAS PRIMARIAS

DATOS			
FLUIDO	Agua	DENSIDAD	1000 kg/m ³
MATERIAL D TUBERIA	PVC	γ PESO ESPECÍFICO	9,81 kN/m ³
TEMPERATURA	15°	VISCOSIDAD CINEMÁTICA	1,14E-06 m ² /seg
LONGITUD	1 m	ÁREA	0,00015105 m ²
DIAMETRO INTERNO	13,868 mm	kt	0,0015 mm
VOLUMEN	10 lt	VISCOSIDAD DINÁMICA	1,58E-03 Ns/m ²

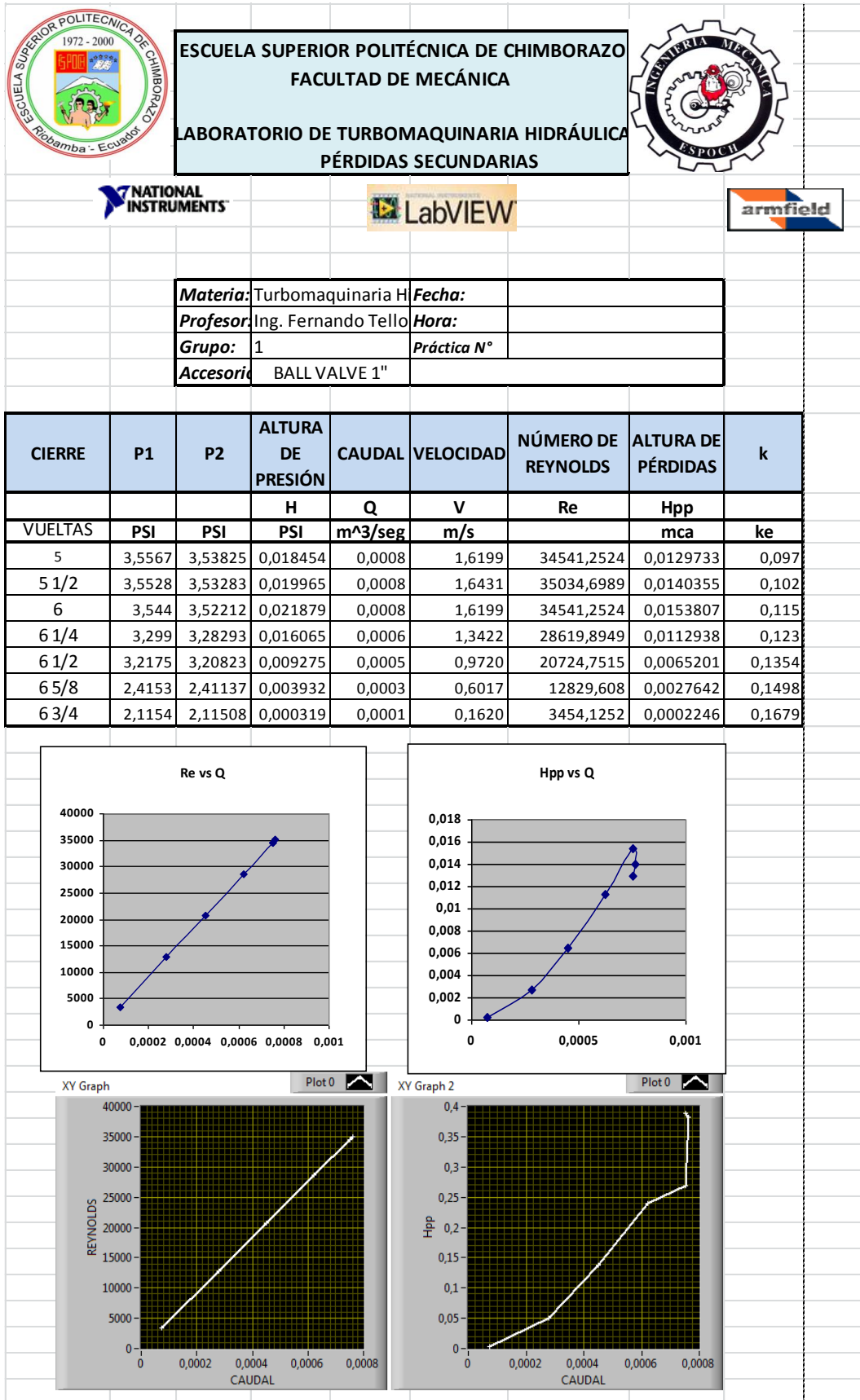
C I E R R E	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	TIEMPO	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	COEF. DE PÉRDIDAS	COEF. DE FRICCIÓN TEÓRICO
	psi	psi	H	t	Q	V	Re	mca	λe	λt
			psi	seg	m ³ /seg	m/s				
5	18,9	18,3	0,6	4,9575	0,0020171	13,3539	162449,3654	0,008155263	1,2443E-05	0,01700043
5 1/2	18,9	18,3	0,6	4,965	0,0020141	13,3338	162203,9736	0,008155263	1,2481E-05	0,01700463
6	16,8	16,3	0,5	5,0525	0,0019792	13,1028	159394,8994	0,006796053	1,0771E-05	0,01705331
6 1/4	15,5	15,1	0,4	5,4525	0,001834	12,1416	147701,5551	0,005436842	1,0035E-05	0,01726988
6 1/2	14,2	13,9	0,3	5,7075	0,0017521	11,5991	141102,5368	0,004077632	8,2465E-06	0,01740316
6 1/8	12,4	12,1	0,3	6,3925	0,0015643	10,3562	125982,4371	0,004077632	1,0345E-05	0,01774476
6 3/4	10,1	9,75	0,35	7,6575	0,0013059	8,6454	105170,4511	0,004757237	1,7318E-05	0,01832271



Fuente: Autores

Anexo H

Tablas de pruebas automatizadas.



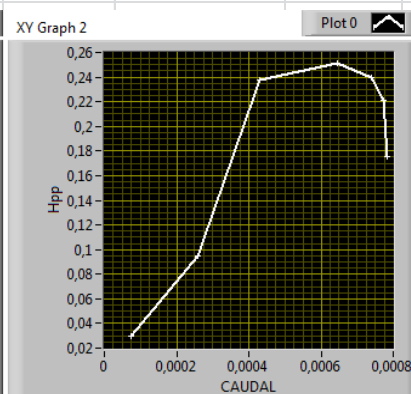
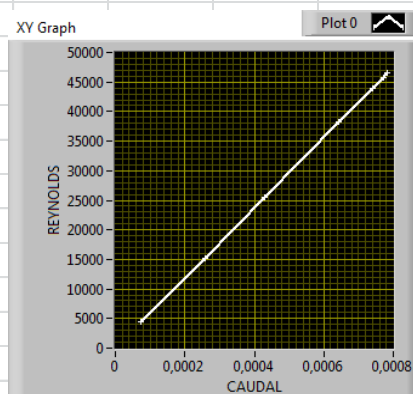
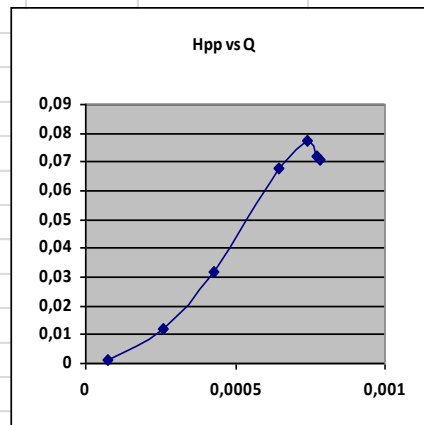
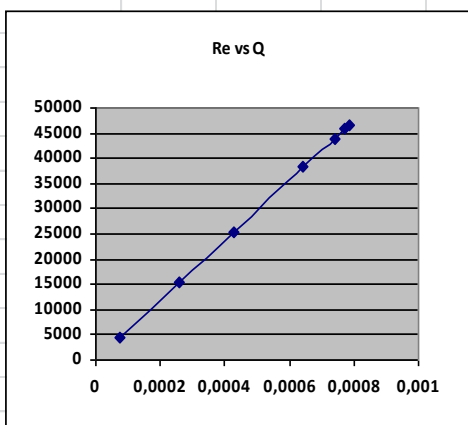


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorio: BALL VALVE 3/4"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	4,3779	4,27713	0,10077	0,0008	2,8102	46459,0043	0,0708416	0,176
5 1/2	4,2613	4,158816	0,102484	0,0008	2,7717	45822,5796	0,0720462	0,184
6	4,2203	4,110322	0,109978	0,0007	2,6562	43913,3054	0,0773145	0,215
6 1/4	3,9445	3,848193	0,096307	0,0006	2,3097	38185,483	0,0677036	0,249
6 1/2	3,2244	3,178933	0,045467	0,0004	1,5398	25456,9887	0,0319636	0,2645
6 5/8	3,0651	3,047809	0,017291	0,0003	0,9239	15274,1932	0,0121556	0,2794
6 3/4	2,9615	2,959472	0,002028	0,0001	0,2695	4454,973	0,0014256	0,3851



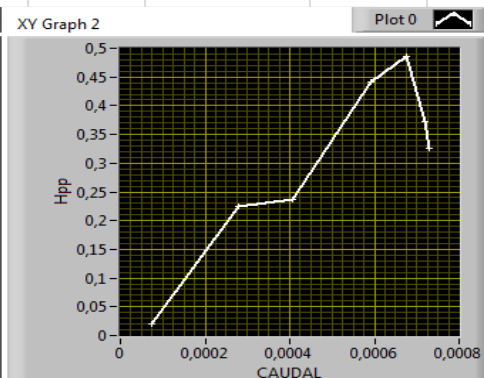
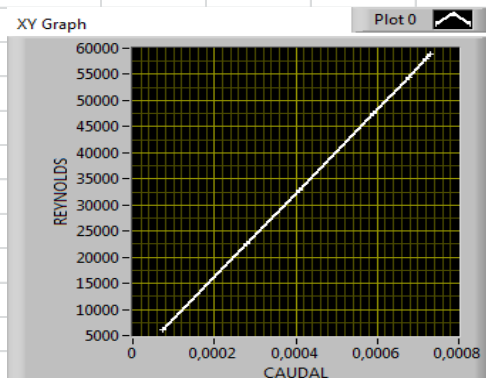
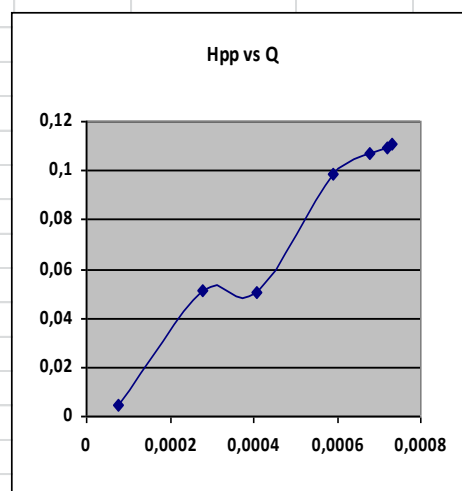
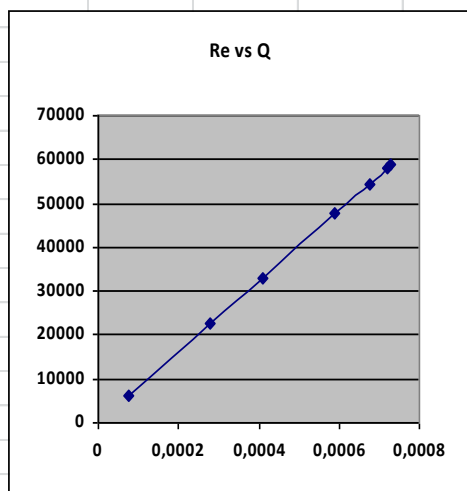


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio	BALL VALVE 1/2"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	11,9216	11,76433	0,157272	0,0007	4,8348	58814,4917	0,110562	0,0928
5 1/2	11,6677	11,51239	0,155313	0,0007	4,7637	57949,5727	0,1091847	0,0944
6	11,2685	11,11663	0,151868	0,0007	4,4793	54489,8967	0,1067633	0,1044
6 1/4	8,7454	8,604929	0,140471	0,0006	3,9105	47570,5447	0,0987512	0,1267
6 1/2	3,9704	3,899006	0,071394	0,0004	2,7018	32866,9218	0,0501902	0,1349
6 5/8	3,9163	3,843805	0,072495	0,0003	1,8486	22487,8939	0,0509637	0,2926
6 3/4	2,0357	2,029495	0,006205	0,0001	0,4977	6054,433	0,004362	0,3455



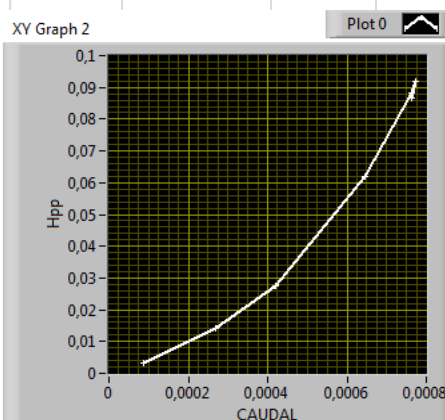
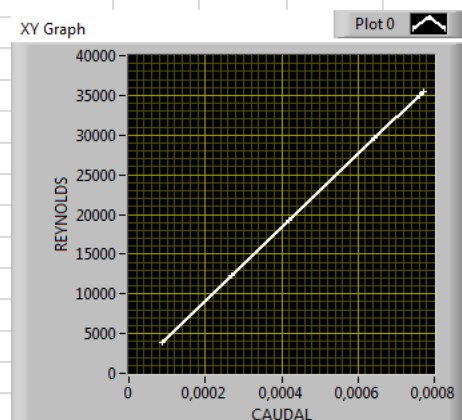
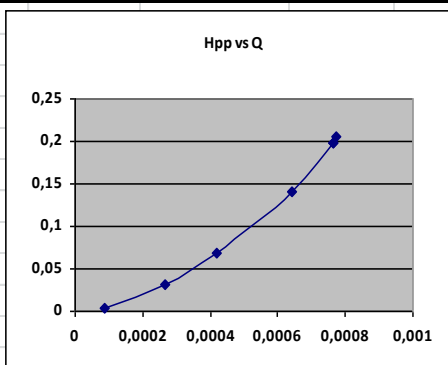
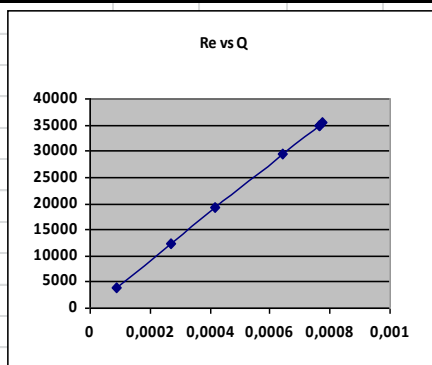


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorio: CHECK VALVE 1"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	4,253	3,97114	0,281862	0,0008	1,6431	35034,6989	0,198149	1,44
5 1/2	3,855	3,56314	0,291856	0,0008	1,6662	35528,1454	0,205174	1,45
6	3,436	3,15414	0,281862	0,0008	1,6431	35034,6989	0,198149	1,44
6 1/4	3,2555	3,05562	0,199882	0,0006	1,3885	29606,7878	0,140517	1,43
6 1/2	2,6272	2,52917	0,098028	0,0004	0,9025	19244,4121	0,068913	1,66
6 5/8	1,7599	1,71526	0,044645	0,0003	0,5785	12336,1616	0,031385	1,84
6 3/4	1,1072	1,10228	0,004918	0,0001	0,1851	3947,5717	0,003458	1,98



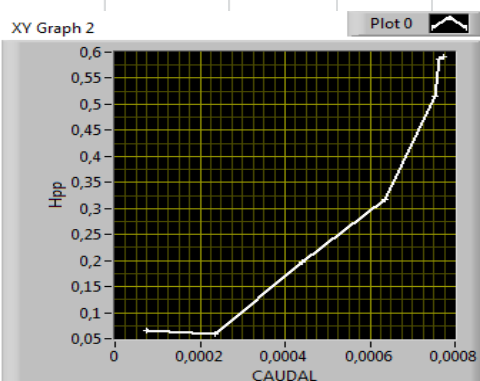
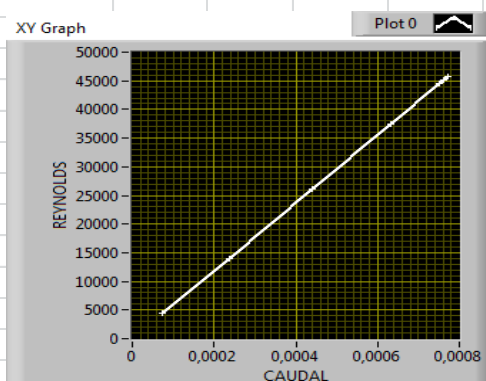
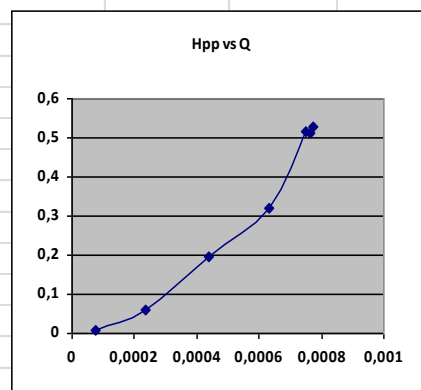
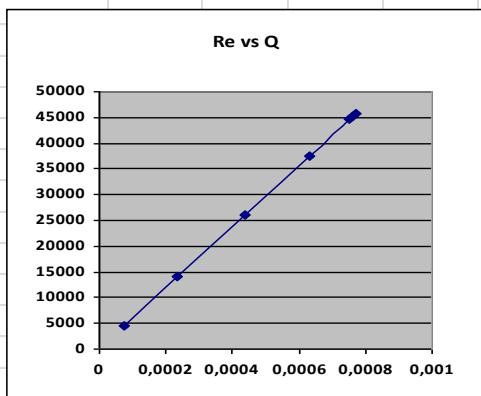


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE MECÁNICA
 LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
 PÉRDIDAS SECUNDARIAS



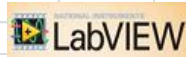
Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorio: CHECK VALVE 3/4"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	H _{pp}	
VUeltas	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	5,7659	5,01654	0,749358	0,0008	2,7717	45822,5796	0,5267989	1,3454
5 1/2	5,7659	4,9314	0,726194	0,0008	2,7332	45186,1549	0,5105142	1,3408
6	4,7231	5,7982	0,732729	0,0008	2,6947	44549,7301	0,5151084	1,3918
6 1/4	3,4861	6,2975	0,452375	0,0006	2,2712	37549,0583	0,3180193	1,2096
6 1/2	2,9984	4,5427	0,280097	0,0004	1,5783	26093,4134	0,1969082	1,5509
6 5/8	2,6146	3,5006	0,083399	0,0002	0,8469	14001,3438	0,0586294	1,6038
6 3/4	1,9198	3,8036	0,009605	0,0001	0,2695	4454,973	0,0067522	1,824



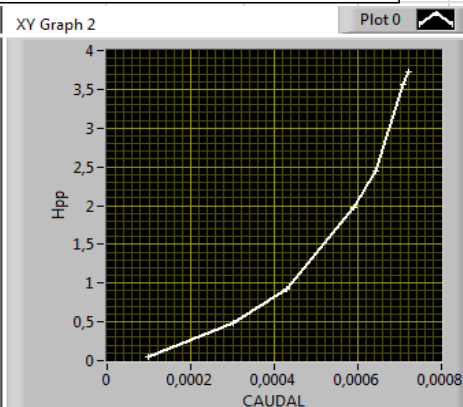
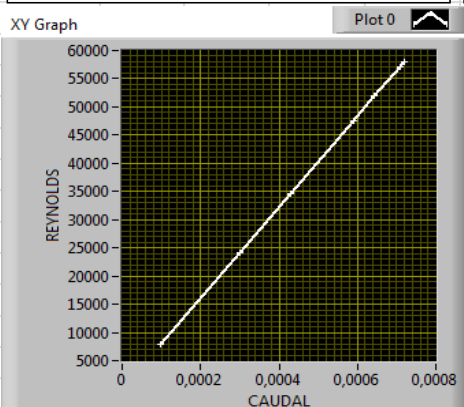
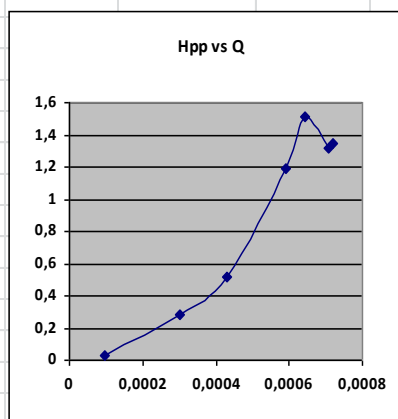
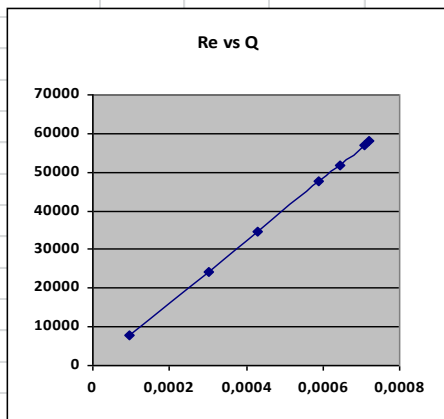


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE MECÁNICA
 LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
 PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio	CHECK VALVE 1/2"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	16,3534	14,4416	1,911792	0,0007	4,7637	57949,5727	1,3439897	1,162
5 1/2	14,2604	12,3882	1,872232	0,0007	4,6926	57084,6537	1,3161791	1,1727
6	12,9021	10,75	2,152127	0,0006	4,2660	51895,1397	1,5129455	1,6311
6 1/4	10,8561	9,16557	1,690531	0,0006	3,9105	47570,5447	1,1884433	1,5248
6 1/2	7,7516	7,02022	0,731376	0,0004	2,8440	34596,7598	0,5141576	1,2472
6 5/8	5,951	5,55332	0,397683	0,0003	1,9908	24217,7319	0,2795711	1,384
6 3/4	2,8183	2,77973	0,03857	0,0001	0,6399	7784,271	0,0271145	1,2992



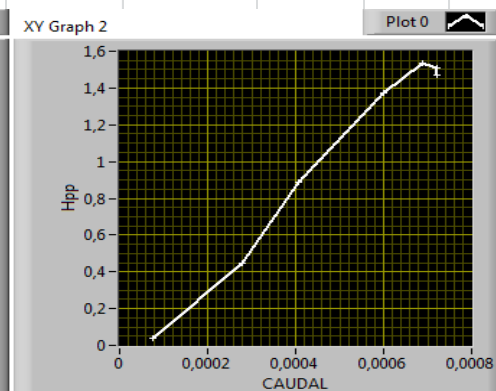
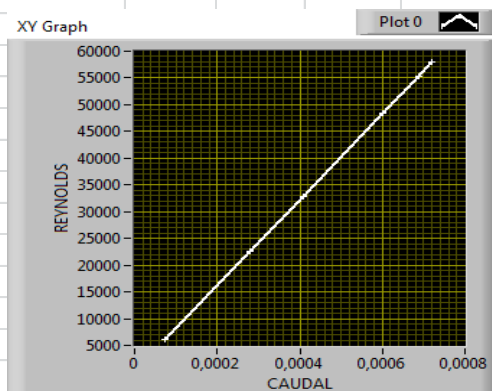
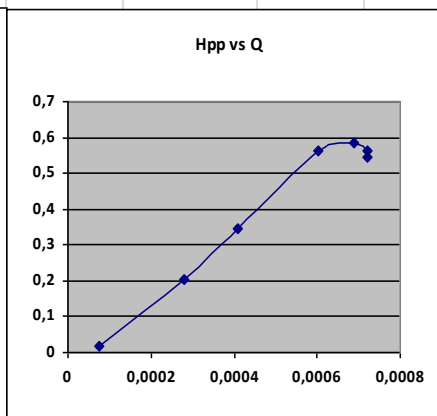
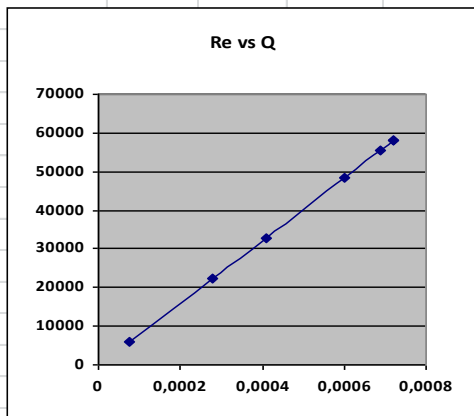


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorios: 6 HORT ELBOW 45° 1/2"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	8,7535	7,97529	0,778208	0,0007	4,7637	57949,5727	0,5470801	0,473
5 1/2	8,1249	7,32284	0,802064	0,0007	4,7637	57949,5727	0,5638511	0,4875
6	7,3719	6,54157	0,830326	0,0007	4,5504	55354,8157	0,583719	0,5531
6 1/4	7,3086	6,50588	0,802722	0,0006	3,9816	48435,4637	0,5643136	0,6984
6 1/2	4,6423	4,14958	0,492722	0,0004	2,7018	32866,9218	0,3463834	0,931
6 5/8	4,0706	3,78075	0,289855	0,0003	1,8486	22487,8939	0,2037678	1,1699
6 3/4	2,1477	2,12159	0,026112	0,0001	0,4977	6054,433	0,018357	1,454



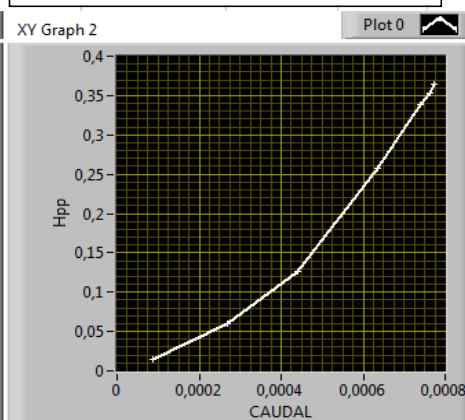
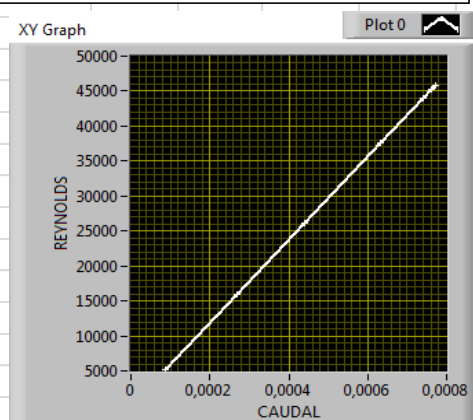
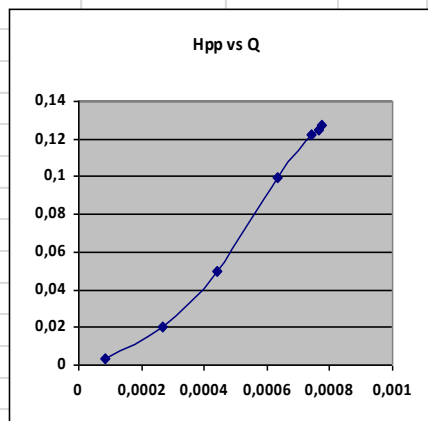
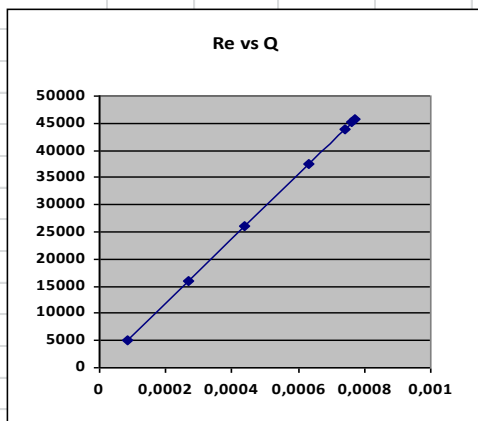


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria Hidráulica	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°:
Accesorios: SHORT ELBOW 45° 3/4"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	H _{pp}	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	5,2103	5,0287	0,181575	0,0008	2,7717	45822,5796	0,1276471	0,326
5 1/2	4,6402	4,4632	0,177021	0,0008	2,7332	45186,1549	0,1244455	0,32684
6	4,6174	4,4439	0,173489	0,0007	2,6562	43913,3054	0,1219627	0,33916
6 1/4	3,9352	3,7937	0,141464	0,0006	2,2712	37549,0583	0,0994494	0,37826
6 1/2	3,4812	3,4103	0,070897	0,0004	1,5783	26093,4134	0,0498409	0,39256
6 5/8	2,5571	2,5284	0,028685	0,0003	0,9624	15910,6179	0,0201657	0,42717
6 3/4	1,1445	1,1397	0,004768	0,0001	0,3080	5091,3977	0,0033517	0,6932



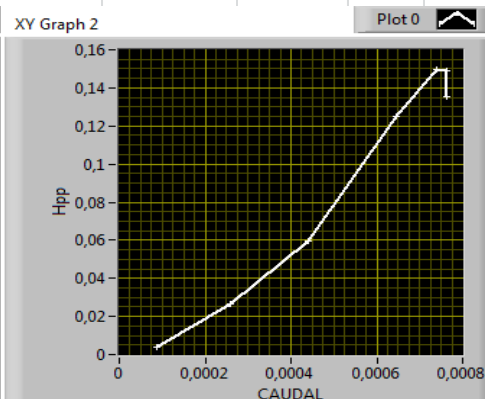
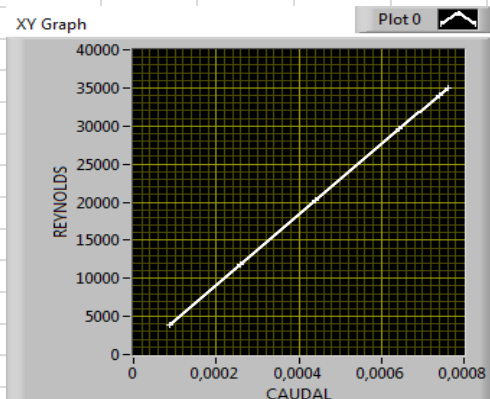
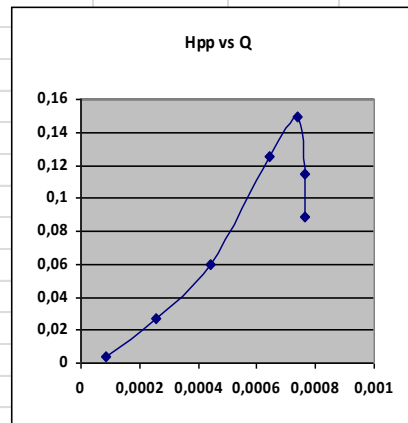
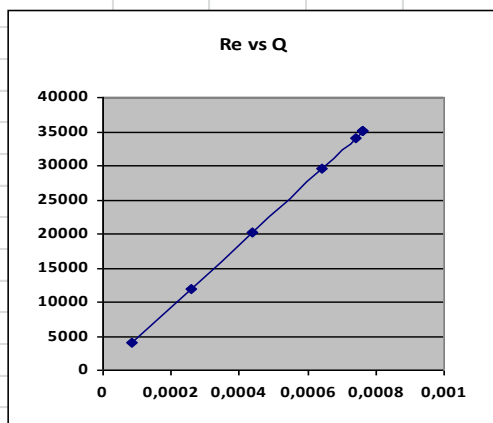


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorio SHORT ELBOW 90° 1"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	4,5112	4,384793	0,126407	0,0008	1,6431	35034,6989	0,0888642	0,6458
5 1/2	4,4634	4,300547	0,162853	0,0008	1,6431	35034,6989	0,114486	0,832
6	3,8314	3,618587	0,212813	0,0007	1,5968	34047,806	0,1496073	1,1512
6 1/4	3,1212	2,943641	0,177559	0,0006	1,3885	29606,7878	0,1248243	1,2703
6 1/2	2,8048	2,719665	0,085135	0,0004	0,9488	20231,305	0,0598496	1,3044
6 5/8	2,0845	2,046407	0,038093	0,0003	0,5554	11842,7151	0,0267796	1,7033
6 3/4	1,3325	1,326559	0,005941	0,0001	0,1851	3947,5717	0,0041766	2,3917



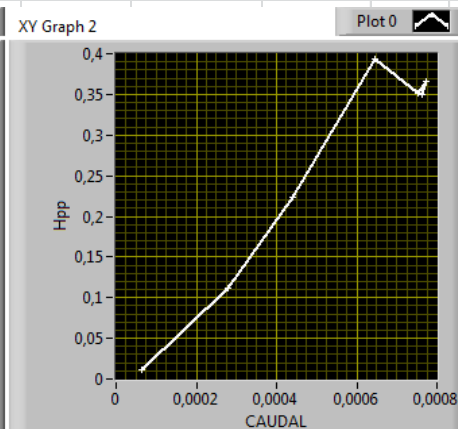
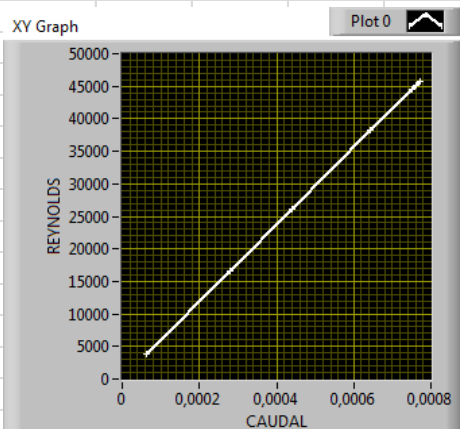
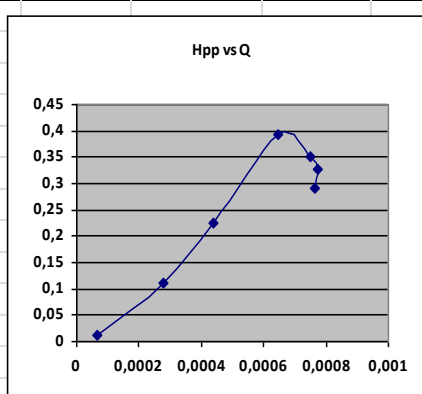
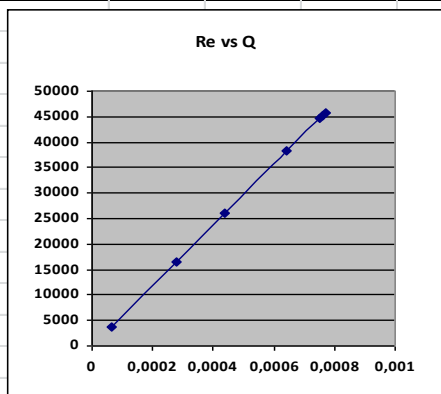


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
 LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
 PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio:	SHORT ELBOW 90° 3/4"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUeltas	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	6,2567	5,840742	0,415958	0,0008	2,7332	45186,1549	0,2924186	0,768
5 1/2	5,271	4,805255	0,465745	0,0008	2,7717	45822,5796	0,3274188	0,8362
6	4,9525	4,453467	0,499033	0,0008	2,6947	44549,7301	0,35082	0,9479
6 1/4	4,844	4,28341	0,56059	0,0006	2,3097	38185,483	0,3940945	1,4494
6 1/2	4,5917	4,273568	0,318132	0,0004	1,5783	26093,4134	0,2236468	1,7615
6 5/8	4,4399	4,281577	0,158323	0,0003	1,0009	16547,0426	0,111301	2,1798
6 3/4	4,1702	4,1548	0,0154	0,0001	0,2310	3818,5483	0,0108261	3,9806



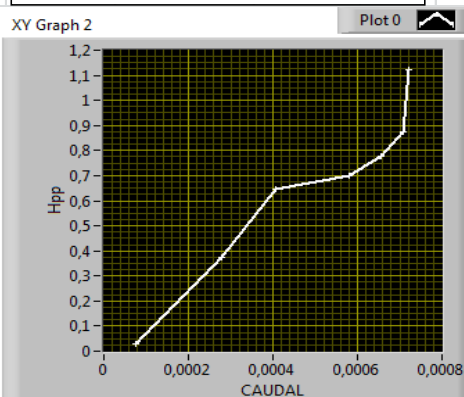
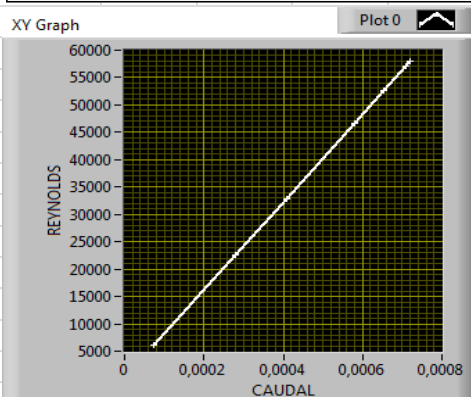
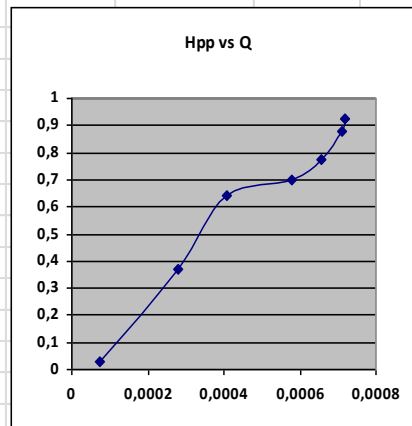
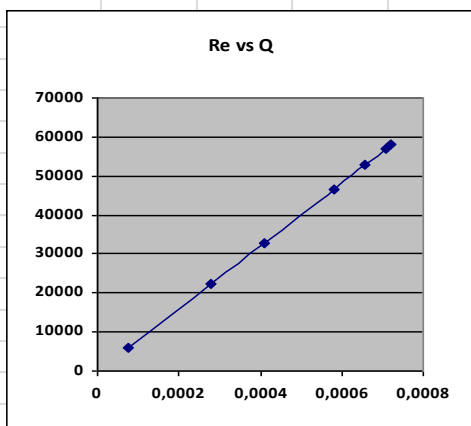


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorios: SHORT ELBOW 90° 1/2"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	13,5829	12,27015	1,312753	0,0007	4,7637	57949,5727	0,9228652	0,7979
5 1/2	11,2262	9,979323	1,246877	0,0007	4,6926	57084,6537	0,8765549	0,781
6	10,8117	9,70581	1,10589	0,0007	4,3371	52760,0587	0,7774405	0,8109
6 1/4	8,3615	7,36693	0,99457	0,0006	3,8394	46705,6258	0,6991828	0,9306
6 1/2	5,3351	4,418934	0,916166	0,0004	2,7018	32866,9218	0,6440648	1,7311
6 1/8	4,7161	4,186934	0,529166	0,0003	1,8486	22487,8939	0,3720039	2,1358
6 2/3	2,7489	2,709573	0,039327	0,0001	0,4977	6054,433	0,0276465	2,1898



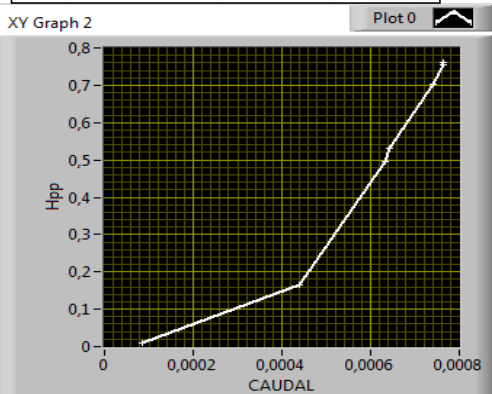
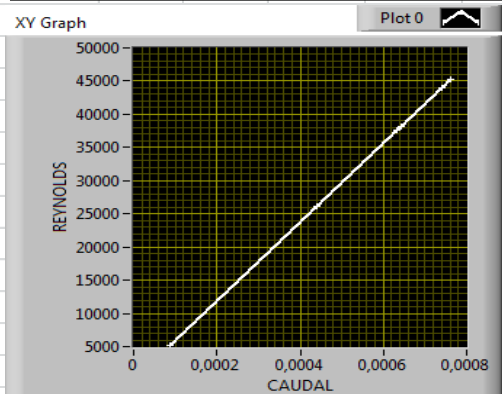
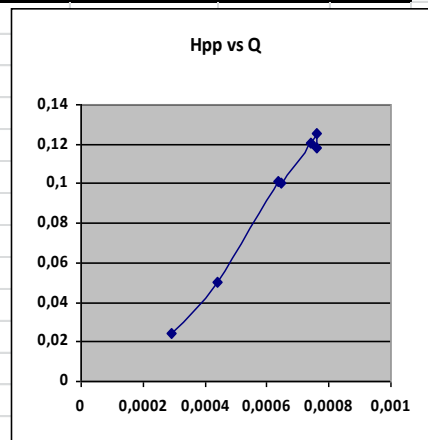
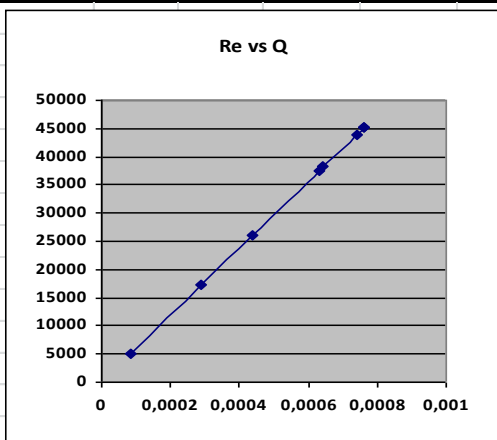


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorios:	GATE VALVE 3/4"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	H _{pp}	
VUeltas	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	5,9223	5,7544	0,1679	0,0008	2,7332	45186,1549	0,1180336	0,31
5 1/2	5,8165	5,6385	0,178028	0,0008	2,7332	45186,1549	0,1251537	0,3287
6	4,5188	4,347	0,171821	0,0007	2,6562	43913,3054	0,1207904	0,3359
6 1/4	4,151	4,0086	0,142371	0,0006	2,3097	38185,483	0,1000871	0,3681
6 1/2	3,959	3,8151	0,143873	0,0006	2,2712	37549,0583	0,1011426	0,3847
6 5/8	3,8722	3,8005	0,071681	0,0004	1,5783	26093,4134	0,050392	0,3969
6 3/4	3,4122	3,3778	0,034401	0,0003	1,0394	17183,4673	0,024184	0,4392





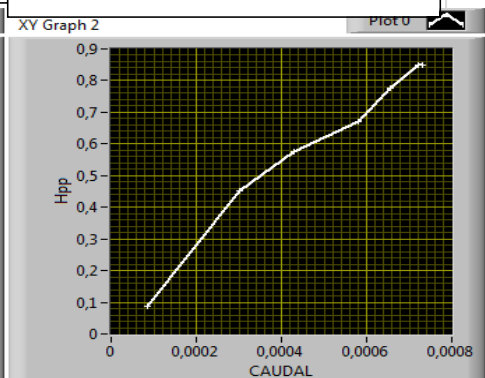
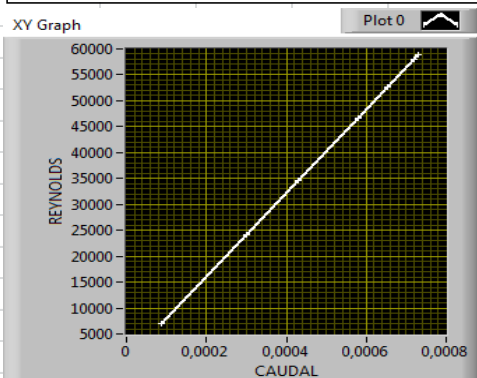
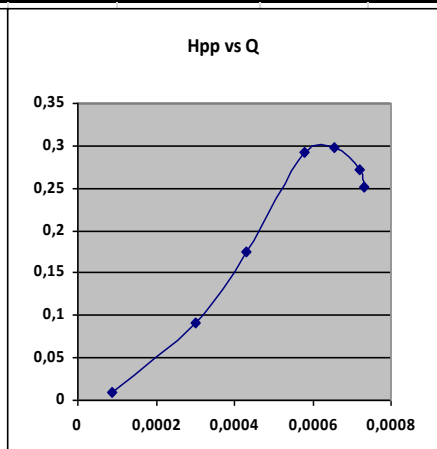
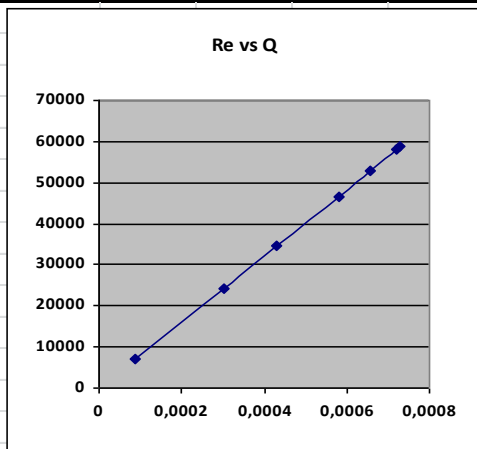
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA

LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorio: GATE VALVE 1/2"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	16,3887	16,03213	0,356573	0,0007	4,8348	58814,4917	0,2506708	0,2104
5 1/2	14,5905	14,20321	0,387294	0,0007	4,7637	57949,5727	0,2722678	0,2354
6	14,6138	14,19062	0,423181	0,0007	4,3371	52760,0587	0,2974964	0,3103
6 1/4	12,245	11,82798	0,417023	0,0006	3,8394	46705,6258	0,2931669	0,3902
6 1/2	7,3719	7,123143	0,248757	0,0004	2,8440	34596,7598	0,1748763	0,4242
6 5/8	3,5749	3,444389	0,130511	0,0003	1,9908	24217,7319	0,0917494	0,4542
6 3/4	2,6956	2,683604	0,011996	0,0001	0,5688	6919,352	0,008433	0,5114



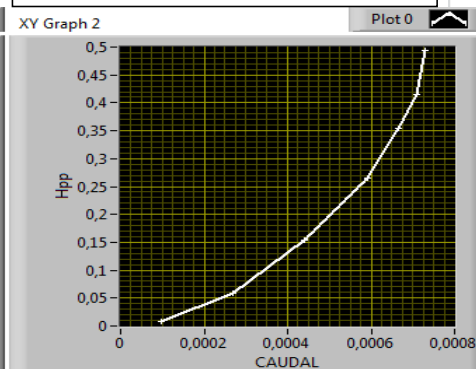
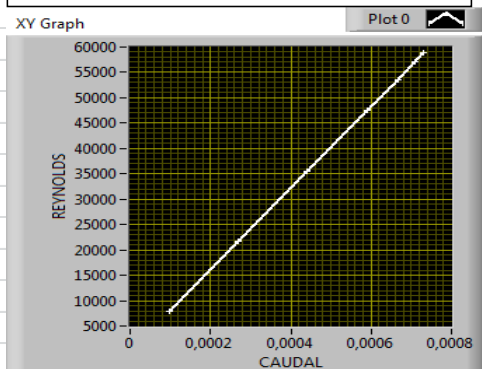
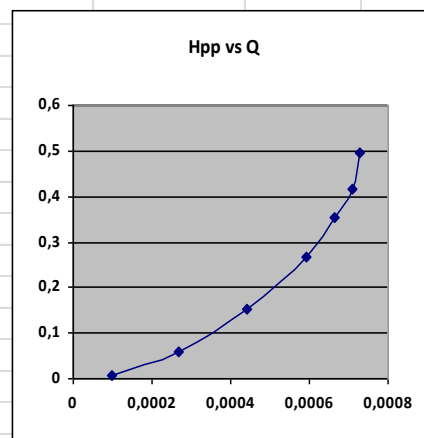
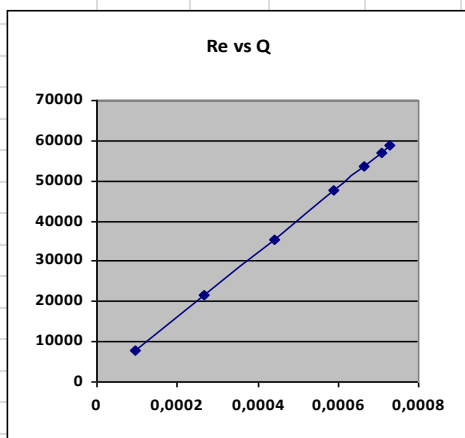


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profeso	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesor	EDUCTION 3/4" TO 1/2"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	6,5661	8,0917	0,703486	0,0007	4,8348	58814,4917	0,4945506	0,4151
5 1/2	5,877	4,9947	0,591189	0,0007	4,6926	57084,6537	0,415606	0,3703
6	5,6386	6,2883	0,504936	0,0007	4,4082	53624,9777	0,3549699	0,3584
6 1/4	4,4741	4,9919	0,377842	0,0006	3,9105	47570,5447	0,2656227	0,3408
6 1/2	3,1262	4,4755	0,219394	0,0004	2,9151	35461,6788	0,1542339	0,3561
6 5/8	2,7003	2,8796	0,083037	0,0003	1,7775	21622,9749	0,0583752	0,3625
6 3/4	1,409	3,1576	0,010109	0,0001	0,6399	7784,271	0,0071063	0,3405



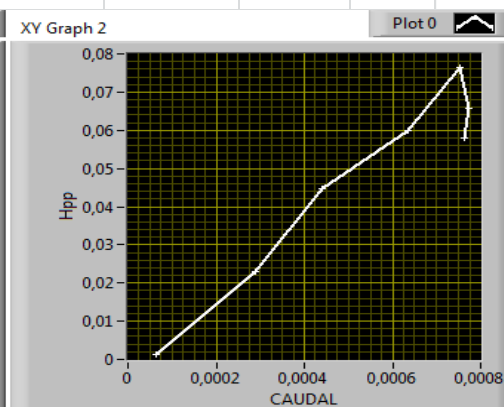
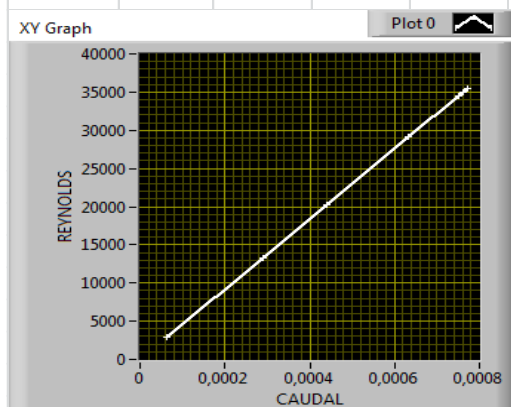
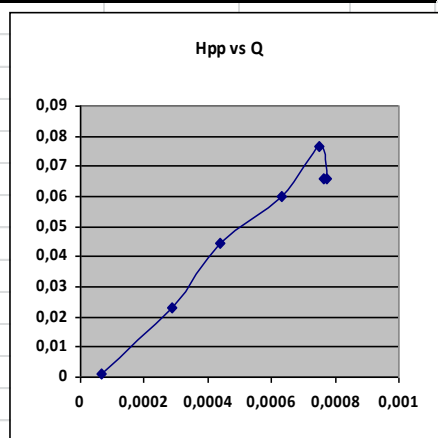
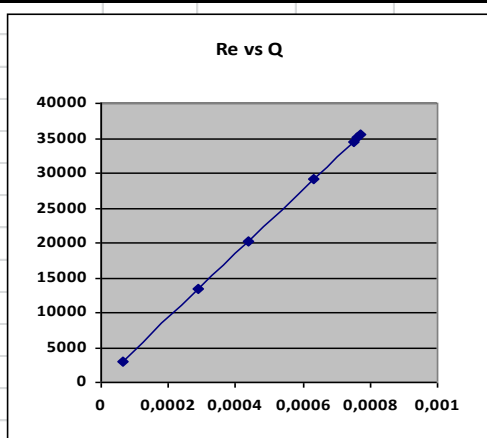


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE MECÁNICA
 LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
 PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorio: TE 1"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDA	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	4,572	4,478301	0,093699	0,0008	1,6431	35034,6989	0,0658707	0,4787
5 1/2	4,4252	4,331806	0,093394	0,0008	1,6662	35528,1454	0,0656558	0,464
6	4,4346	4,325778	0,108822	0,0008	1,6199	34541,2524	0,0765021	0,572
6 1/4	4,094	4,008981	0,085019	0,0006	1,3654	29113,3413	0,0597684	0,629
6 1/2	3,9811	3,91766	0,06344	0,0004	0,9488	20231,305	0,0445981	0,972
6 5/8	2,9644	2,93186	0,03254	0,0003	0,6248	13323,0545	0,0228753	1,1497
6 3/4	1,884	1,882119	0,001881	0,0001	0,1389	2960,6788	0,0013226	1,345



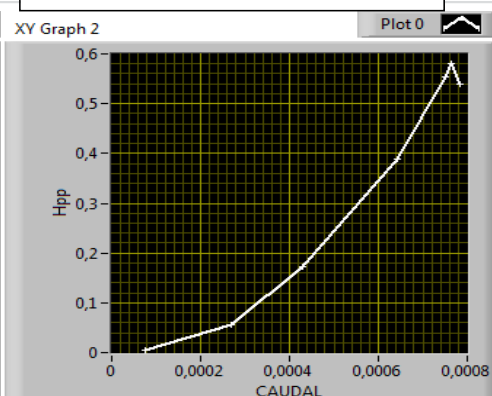
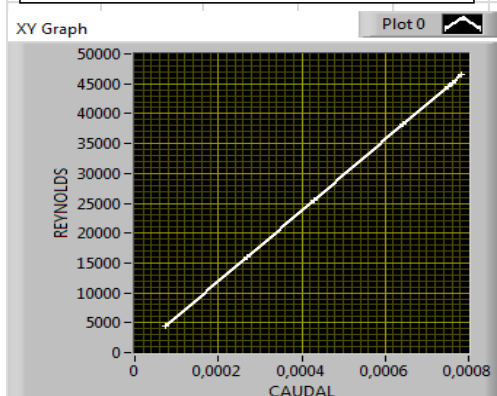
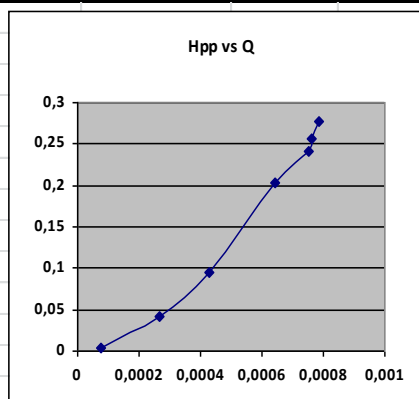
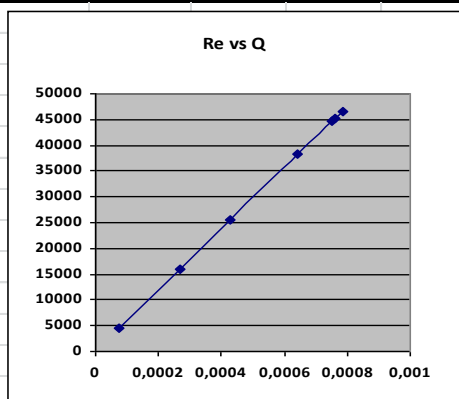


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio	TE 3/4"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	5,2805	4,887152	0,393348	0,0008	2,8102	46459,0043	0,2765236	0,687
5 1/2	5,1492	4,785778	0,363422	0,0008	2,7332	45186,1549	0,2554855	0,671
6	3,7025	3,358721	0,343779	0,0008	2,6947	44549,7301	0,2416768	0,653
6 1/4	5,4177	5,128393	0,289307	0,0006	2,3097	38185,483	0,2033826	0,748
6 1/2	2,5386	2,402971	0,135629	0,0004	1,5398	25456,9887	0,0953469	0,789
6 5/8	2,8606	2,800701	0,059899	0,0003	0,9624	15910,6179	0,0421092	0,892
6 3/4	4,2989	4,292829	0,006071	0,0001	0,2695	4454,973	0,0042682	1,153



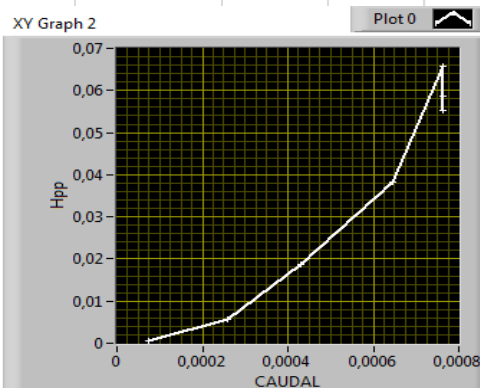
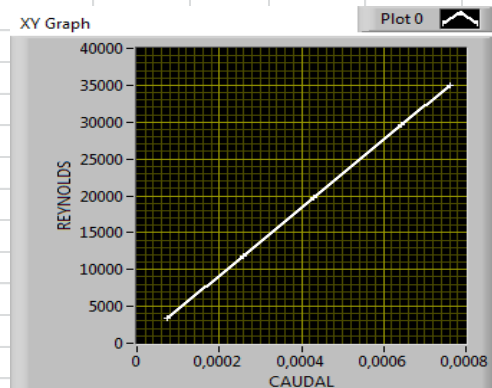
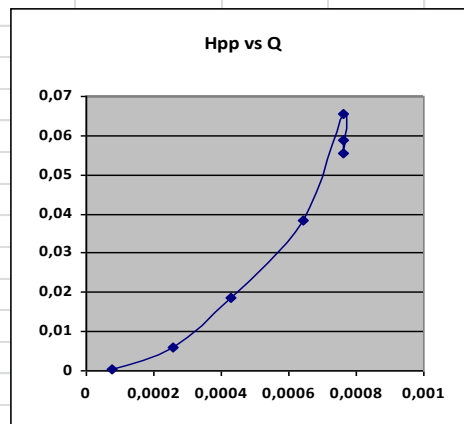
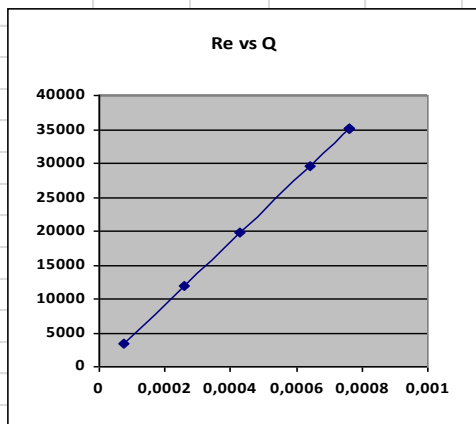


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE MECÁNICA
 LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
 PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profeso	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:		Práctica N°	
Accesor	COUPLING 1"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s	Re	mca	ke
5	4,5671	4,4837	0,083443	0,0008	1,6431	35034,6989	0,05866	0,4263
5 1/2	4,3278	4,249	0,078804	0,0008	1,6431	35034,6989	0,055399	0,4026
6	3,8393	3,7459	0,093445	0,0008	1,6431	35034,6989	0,065692	0,4774
6 1/4	3,0942	3,0398	0,054359	0,0006	1,3885	29606,7878	0,038215	0,3889
6 1/2	2,3058	2,2793	0,026473	0,0004	0,9257	19737,8585	0,01861	0,4261
6 5/8	1,9214	1,9132	0,008223	0,0003	0,5554	11842,7151	0,005781	0,3677
6 3/4	1,3271	1,3265	0,000639	0,0001	0,1620	3454,1252	0,000449	0,3356



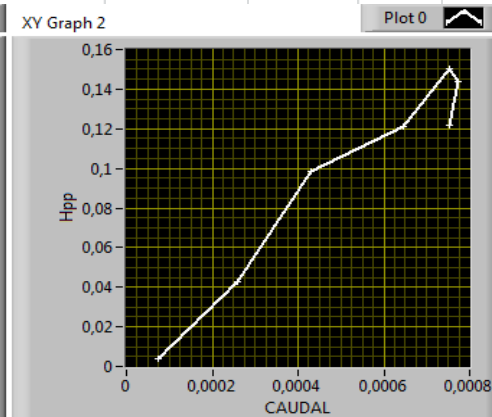
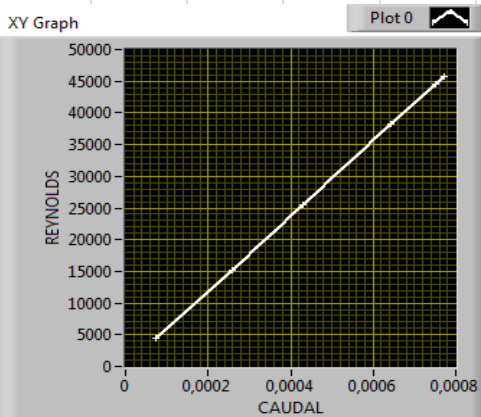
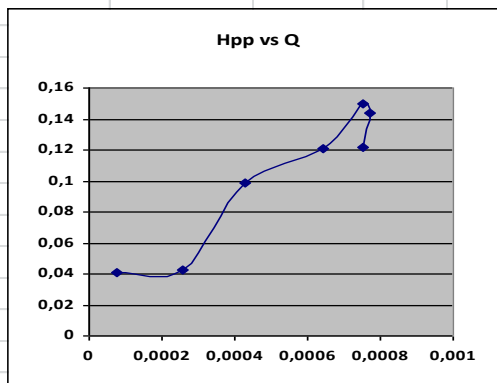
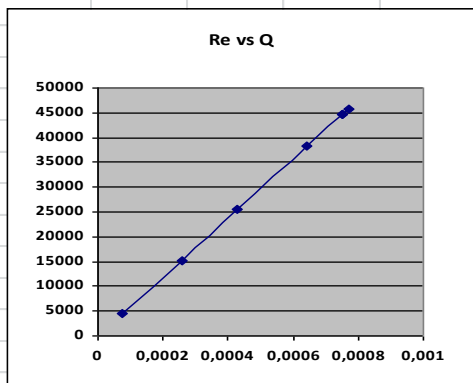


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio	COUPLING 3/4"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	4,7447	3,9402	0,8045	0,0008	2,6947	44549,7301	0,1214676	0,3282
5 1/2	4,3477	1,4144	2,9333	0,0008	2,7717	45822,5796	0,1435443	0,3666
6	3,7872	2,8682	0,919	0,0008	2,6947	44549,7301	0,1501505	0,4057
6 1/4	2,4464	1,5418	0,9046	0,0006	2,3097	38185,483	0,1211866	0,4457
6 1/2	2,0609	1,7488	0,3121	0,0004	1,5398	25456,9887	0,0985614	0,8156
6 5/8	1,5043	1,2576	0,2467	0,0003	0,9239	15274,1932	0,0429449	0,9871
6 3/4	1,3897	0,6236	0,7661	0,0001	0,2695	4454,973	0,0041157	1,1118



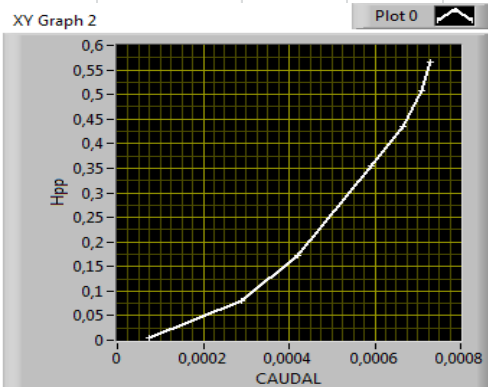
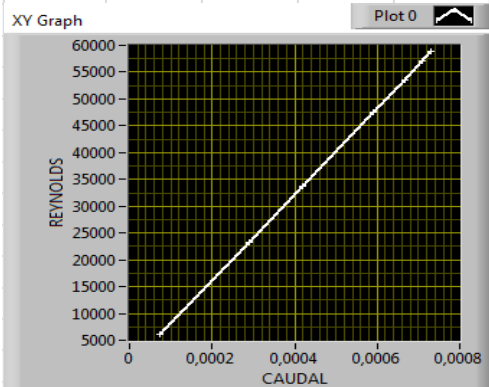
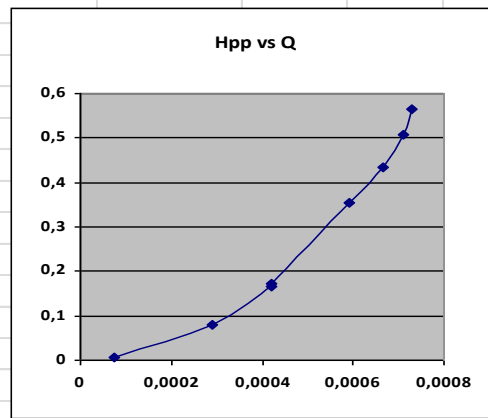
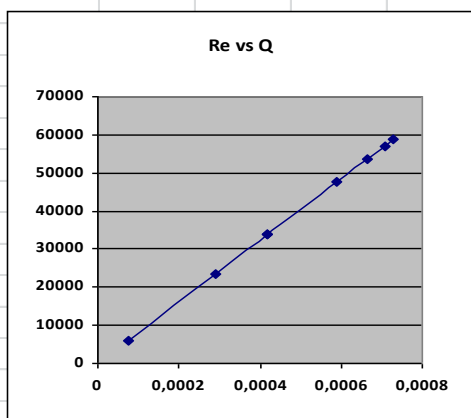


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio	COUPLING 1/2"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	15,5396	14,73545	0,804153	0,0007	4,8348	58814,4917	0,56532	0,4745
5 1/2	13,9482	13,22674	0,721465	0,0007	4,6926	57084,6537	0,50719	0,4519
6	12,9357	12,31834	0,617363	0,0007	4,4082	53624,9777	0,434006	0,4382
6 1/4	11,0447	10,5418	0,502902	0,0006	3,9105	47570,5447	0,35354	0,4536
6 1/2	7,7087	7,464755	0,243945	0,0004	2,7729	33731,8408	0,171493	0,4376
6 5/8	6,3844	6,150099	0,234301	0,0004	2,7729	33731,8408	0,164713	0,4203
6 3/4	5,038	4,925275	0,112725	0,0003	1,9197	23352,8129	0,079246	0,4219



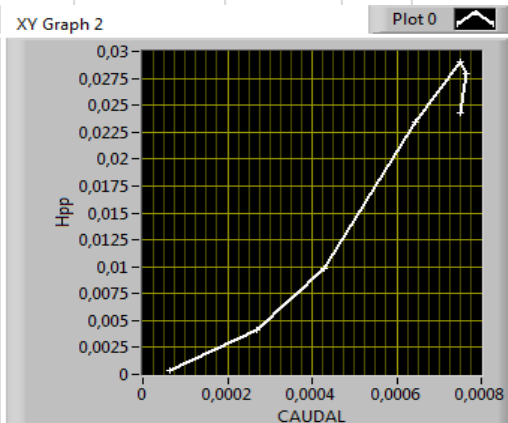
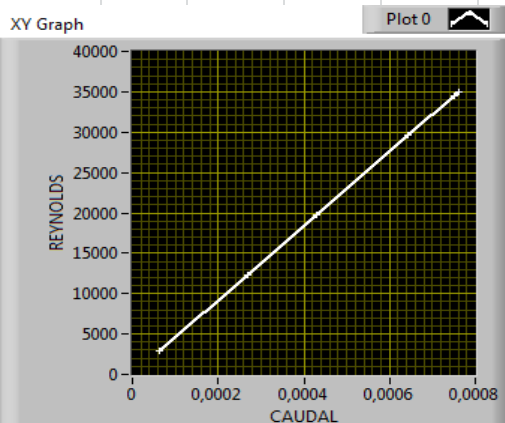
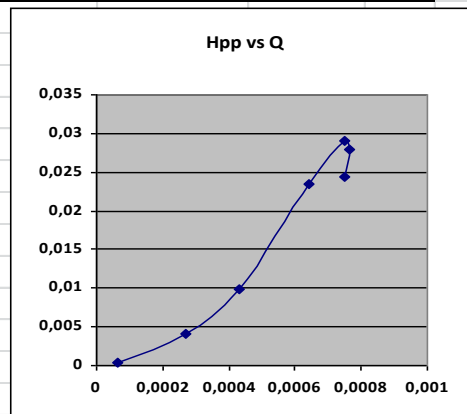
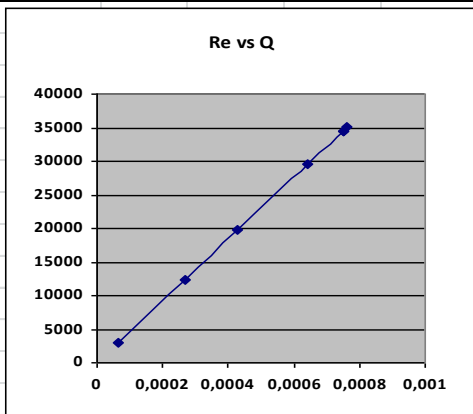


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia: Turbomaquinaria H	Fecha:
Profesor: Ing. Fernando Tello	Hora:
Grupo: 1	Práctica N°
Accesorio: UNIVERSAL 1"	

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	4,5059	4,471275	0,034625	0,0008	1,6199	34541,2524	0,0243416	0,182
5 1/2	4,4877	4,447965	0,039735	0,0008	1,6431	35034,6989	0,0279335	0,203
6	4,4605	4,419216	0,041284	0,0008	1,6199	34541,2524	0,0290227	0,217
6 1/4	4,0159	3,982633	0,033267	0,0006	1,3885	29606,7878	0,0233867	0,238
6 1/2	3,6342	3,620159	0,014041	0,0004	0,9257	19737,8585	0,0098707	0,226
6 5/8	3,3138	3,307953	0,005847	0,0003	0,5785	12336,1616	0,0041108	0,241
6 3/4	2,3391	2,338501	0,000599	0,0001	0,1389	2960,6788	0,0004209	0,428



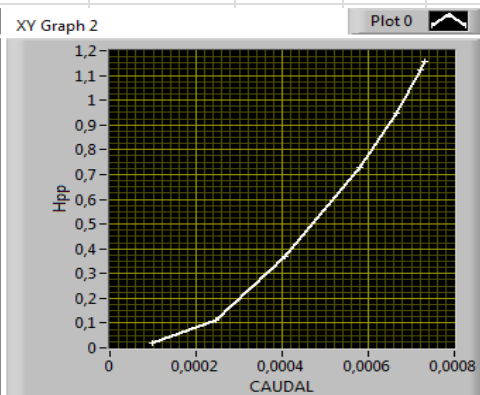
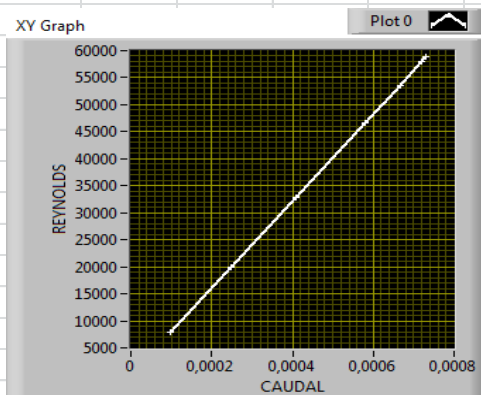
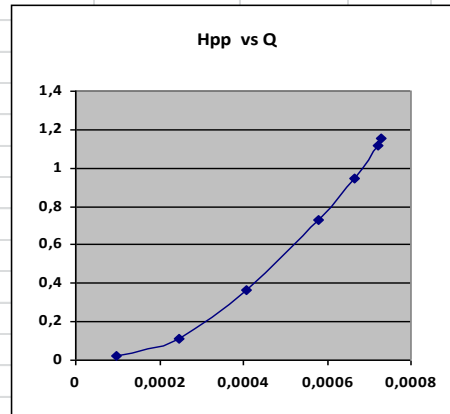
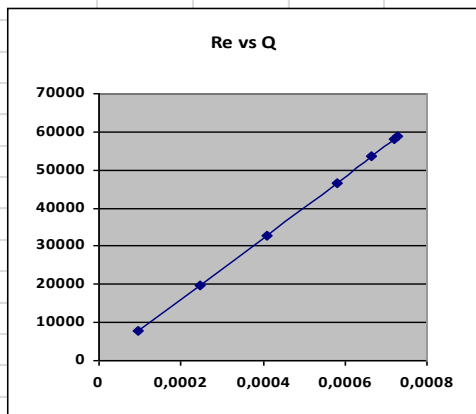


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



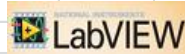
Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio	UNIVERSAL 1/2"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s		mca	ke
5	16,9454	15,29879	1,646608	0,0007	4,8348	58814,4917	1,1575654	0,9716
5 1/2	16,5482	14,95444	1,593763	0,0007	4,7637	57949,5727	1,1204155	0,9687
6	15,1793	13,82877	1,350534	0,0007	4,4082	53624,9777	0,9494257	0,9586
6 1/4	12,6822	11,64381	1,038389	0,0006	3,8394	46705,6258	0,7299872	0,9716
6 1/2	9,8073	9,284888	0,522412	0,0004	2,7018	32866,9218	0,3672557	0,9871
6 5/8	4,4471	4,285964	0,161136	0,0002	1,6353	19893,1369	0,1132789	0,8311
6 3/4	3,5919	3,564543	0,027357	0,0001	0,6399	7784,271	0,0192318	0,9215



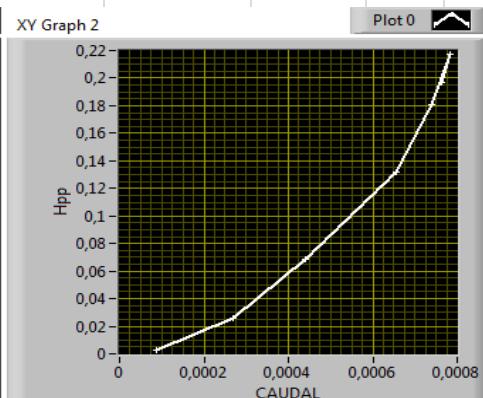
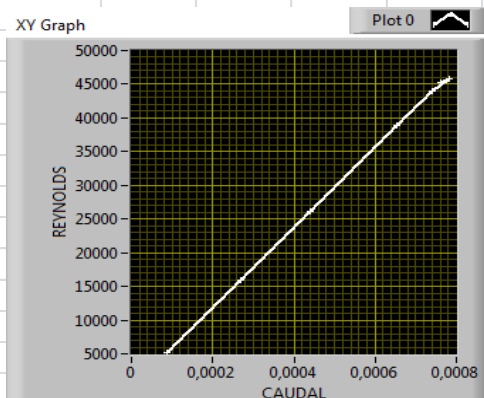
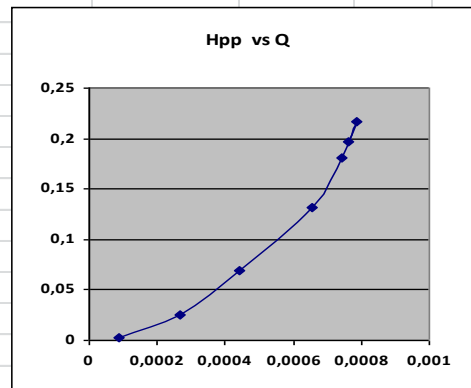
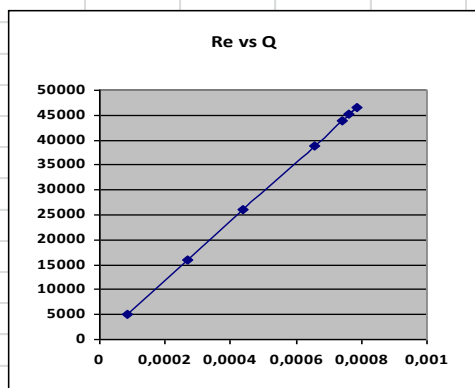


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
PÉRDIDAS SECUNDARIAS



Materia:	Turbomaquinaria H	Fecha:	
Profesor:	Ing. Fernando Tello	Hora:	
Grupo:	1	Práctica N°	
Accesorio	UNIVERSAL 3/4"		

CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k
			H	Q	V	Re	Hpp	
VUELTAS	PSI	PSI	PSI	m ³ /seg	m/s	Re	mca	ke
5	6,1504	5,870784	0,279616	0,0008	2,7332	45186,1549	0,1965702	0,5163
5 1/2	5,8722	5,5634	0,3088	0,0008	2,8102	46459,0043	0,2170864	0,5393
6	5,7363	5,479453	0,256847	0,0007	2,6562	43913,3054	0,1805638	0,5021
6 1/4	5,5889	5,400833	0,188067	0,0007	2,3482	38821,9077	0,1322114	0,4704
6 1/2	4,7363	4,638811	0,097489	0,0004	1,5783	26093,4134	0,0685351	0,5398
6 5/8	3,1707	3,134002	0,036698	0,0003	0,9624	15910,6179	0,025799	0,5465
6 3/4	1,453	1,449134	0,003866	0,0001	0,3080	5091,3977	0,0027178	0,5621



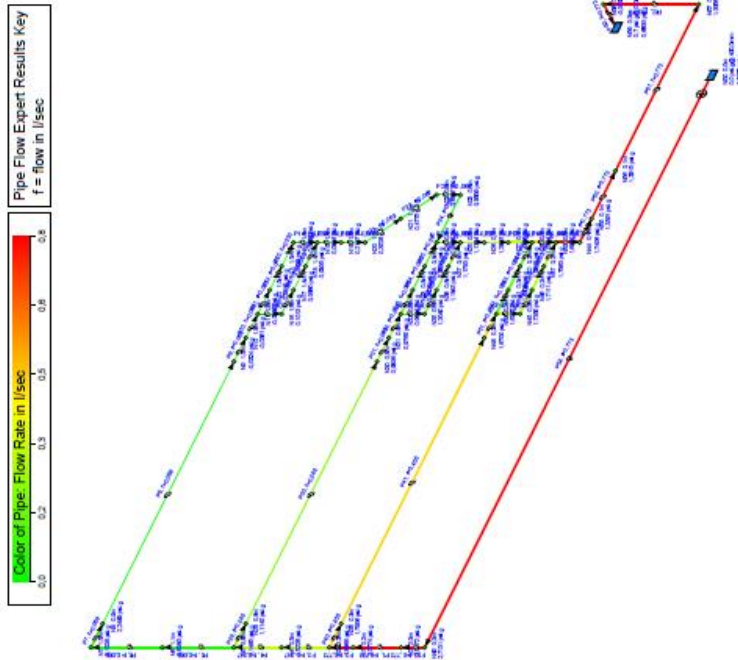
Fuente: Autores

Anexo I

Cálculos obtenidos con el software PIPE Flow.

28 Julio, 2013

ESPOCH - LABORATORIO DE TURBOMAQUNARIA -




Page 2

Designed using Pipe Flow Expert from www.pipetflow.co.uk

Fuente: Autores

ANEXO J

Planificación y programación del mantenimiento preventivo Y Guía de laboratorio

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA				Denominación: A I
	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO				Páginas: 1 de 1
Equipo: Banco de pérdidas			Código:		
Institución			ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
Área:			Energía		
Fecha:					
Nº de Tarea	PASOS				frecuencia
	1	2	3	4	
1a	Apagar la máquina	Vaciar el reservorio	Lavar el reservorio con detergente		Semanal
2a	Apagar la máquina	Limpiar las manchas con un paño húmedo y un poco de detergente	Si las manchas son de sarro, usar un líquido anti sarro diluido en agua	Lavar con abundante agua para retirar completamente los químicos utilizados y secar bien	Semanal
2e	Secar bien los acoples que tengan probables fugas	Chequear las fugas de agua con la maquina en funcionamiento	Si hay fugas en acoples roscados sellarlos con teflón y silicón	Si son acoples pegados sellarlos con masilla o la pega adecuada	Semanal
3a	Apagar la máquina	Limpiar la estructura metálica	Revisar los puntos de soldadura	Lavar con detergente y secar bien para evitar la corrosión de la estructura	Semanal
3b	Limpiar el polvo de las válvulas	Aplicar pulimento de metales	Frotar fuertemente con un pedazo de guaípe	Sacar brillo con una franela limpia	Semestral
3c	Revisar el circuito de control	Evitar que se acumule polvo en el circuito	No limpiar con líquidos		Semanal
3e	Si se ha detectado fuga en la válvula	Puede ser por falta de limpieza o desgaste del teflón y/o rosca	También puede ser por falta de apriete de la rosca		Semanal
4c	Desconectar el equipo	Chequear continuamente los cables	Chequear que las terminales hagan un buen contacto		Semestral
4f	Desconectar el equipo	Verificar que la fuente esté funcionando correctamente	Verificar que los circuitos estén libres de grasas o líquidos	Evitar el contacto de los circuitos con partes metálicas	Semestral
5c	Máquina en funcionamiento	Oír cuidadosamente si algún perno esta flojo y produce ruido con la vibración	Inspeccionar los pernos que tengan que ser reemplazados por excesiva corrosión		Mensual
5f	Apagar la máquina	Desmontar la electrobomba	Realizar mantenimiento de la electrobomba	En caso de mal funcionamiento reparar o reemplazar la electrobomba	Semestral
6a	Apagar la máquina	Para evitar la acumulación de moho en las mangueras agregar cloro al agua del reservorio	No reutilizar el agua		semanal

Fuente: Autores

TEMA:

BANCO DE PÉRDIDAS PRIMARIAS

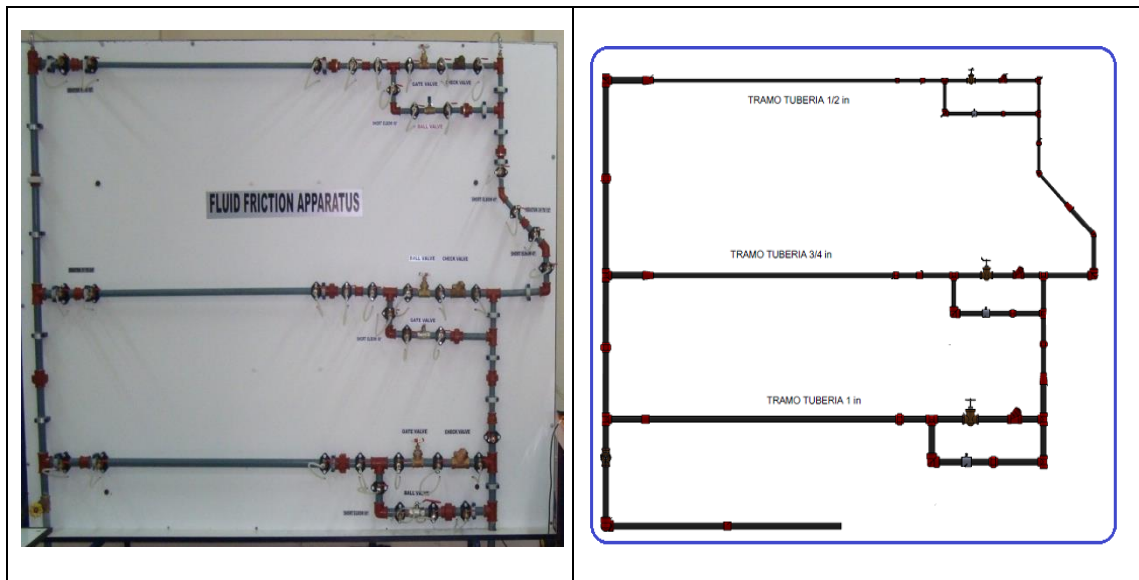
1. OBJETIVO:

- ✓ Determinar el coeficiente de pérdidas primarias automatizadas de algunos diámetros de tubería.

2. EQUIPO:

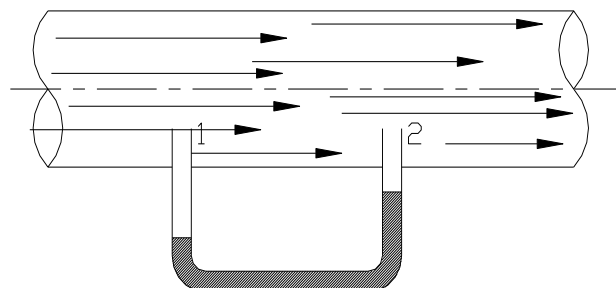
- ✓ Banco de pérdidas primarias.
- ✓ Módulo de adquisición de datos.

3. ESQUEMA DEL EQUIPO



4. MARCO TEÓRICO

En las tuberías, generalmente se tiene flujo de dos tipos: laminar y turbulento, dependiendo de la velocidad del fluido y el diámetro de las tuberías por donde fluye. En la práctica, es más frecuente un flujo turbulento.



Al analizar la figura de un tramo recto de tubería, aplicando la ecuación de Bernoulli, se tendrá:

$$\frac{P_1}{\rho * g} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2 * g} - H_{rp} = \frac{P_2}{\rho * g} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2 * g}$$

De donde:

P_1 = presión a la entrada de la tubería

P_2 = presión a la salida

Z_1 = altura geodésica del punto 1

Z_2 = altura geodésica del punto 2

V_1 = Velocidad del fluido a la entrada

V_2 = Velocidad a la salida

ρ = densidad del fluido

H_{rp} = pérdidas primarias

Como el diámetro de la tubería es constante: $V_1 = V_2$

Y además, la disposición de la tubería es horizontal: $Z_1 = Z_2$

Se obtiene:

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho * g} = H_{rp} \quad (1)$$

Para pérdidas primarias, la ecuación de Darcy-Weisback expresa:

$$H_{rp} = \frac{\lambda * L * V^2}{2 * g * D} \quad (2)$$

De donde:

λ = coeficiente de pérdidas primarias

L = longitud de la tubería

V = Velocidad del flujo

D = diámetro de la tubería

Se iguala las ecuaciones (1) y (2), por lo cual se tiene:

$$\frac{\lambda * L * V^2}{2 * g * D} = \frac{P_1 - P_2}{\rho * g}$$

Despejando se obtendrá:

$$\lambda = \frac{2 * (P_1 - P_2) * D}{L * V^2 * \rho}$$

5. CÁLCULO:

Gracias a la ayuda de la automatización del banco se obtiene datos de presión y caudal, que facilita los cálculos respectivos.

Datos:

$D = 24,308 \text{ mm}$

$\gamma = 1,14 * 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$.

$g = \text{m/s}^2$

$\epsilon = 0,0015 \text{ mm}$

P_1 (psi)

lectura del sensor de presión 1.

$P_2 = (\text{psi})$ lectura del sensor de presión 2.

$Q = (\text{m}^3/\text{s})$ lectura del caudalímetro.

$\Delta H = P_1 - P_2$ (mca) Ecuación de diferencia de presión (1)

$Q = V * A$ (m^3/s) Ecuación de caudal (2)

Despejando de la ecuación 2 se obtiene:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} \quad (3)$$

Encontrada la velocidad se procede a calcular Re, que es igual a:

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Determinado todos los valores anteriores, se calcula las pérdidas tanto experimentales como teóricas.

$$f = \frac{\Delta H * 2 * g * D}{L * V^2}$$

Y el coeficiente de pérdidas teórico se utiliza la ecuación:

$$f_t = 1,325 \left(\ln \left(\frac{kt/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^{-2}$$

6. OPERACIÓN DEL EQUIPO:

El uso del banco es directo y se puede seguir los procedimientos de pruebas normales. A medida que las válvulas se abren los sensores de presión aumentan o disminuyen según el tramo analizarse.

7. PROCEDIMIENTO:

- ✓ Se procede a encender la bomba, teniendo en cuenta que el módulo de adquisición de datos se encuentre encendida.
- ✓ Para la toma de presiones del primer tramo de tubería, se debe abrir las válvulas que correspondan la tubería en análisis.
- ✓ Abiertas estas válvulas se revisa si no existe burbujas dentro de la manguera si es así se abre las válvulas de cebado para eliminarlas.

- ✓ La válvula de compuerta principal se abre hasta su quinta vuelta, punto donde se empezara su análisis, la cual se ira cerrando cada ¼ de vuelta hasta llegar a su cierre completo.
- ✓ Abrir el programa respectivo para la toma de datos y enviar a ejecutar.
- ✓ Para la toma de datos se debe esperar unos 30 segundos hasta que la señal de los sensores se estabilicen.
- ✓ Se selecciona el diámetro de tubería que se va a analizar y después del tiempo de espera se da un click en el botón de adquisición de datos.
- ✓ Cuando se cierra por completo la válvula de compuerta principal, se da por terminada la práctica, en ese instante se da un click en generar reporte.
- ✓ Al generar el reporte, se habilita una tabla de datos en excel, donde indica todos los datos obtenidos y las curvas características.
- ✓ Esta tabla de datos se envía a guardar o según la necesidad se envía a imprimir.
- ✓ Se apaga la bomba del banco.
- ✓ Para continuar el otro análisis de tubería se tiene en cuenta el cambio de diámetro y se sigue los mismos pasos anteriores.

8. DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO:

Bomba

Caudal 50 lt/min

Altura manométrica 70 m

Sensor PX 302

Excitación 10 Vcc (5 a 15 Vcc límites)

Salida 10 mV

Precisión 0,25% BFSL

Balance 0 mV ± 2 mV

Resistencia de entrada 15.000 Ω máximo

La vida típica 100 millones de ciclos

Temperatura de funcionamiento -18 a 71 ° C (0 a 160 ° F)






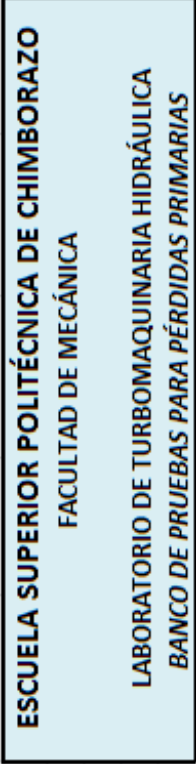
Presión de prueba 200%, 13.000 psi max

Tiempo de respuesta 1 ms

Vibración 15 g 10 a 2000 Hz

Conexión eléctrica conductores	1 m (3 ´) de cable blindado de 4
Peso	131 g (4,6 oz) de 1000 psi 190 g (6,7 oz)
Sensor de caudal FP 5600	
Caudal	0,8 a 54 gpm
Salida de frecuencia	15 Hz
Rango de funcionamiento	0,3 a 20 fps
Presión / Temperatura	180 psi @ 20 ° C (68 ° F)
Requisitos de alimentación	3,3 a 24 V CC
Longitud del cable	7,6 m (25 ´), 300 m (1,000´) max

9. TABLA PARA LECTURA Y CÁLCULOS

											
											
											
Materia: Turbomaquinaria Hidráulica		Fecha:									
Profesor: Ing. Fernando Tello O.		Hora:									
Grupo:		Práctica N°									
% DE CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS	RUGOSIDAD RELATIVA	COEFICIENTE TEÓRICO	
	PSI	PSI	H PSI	Q m ³ /seg	V m/s	Re	H _{pp} mca	fe	kt/D	ft	
5											
5 1/2											
6											
6 1/4											
6 1/2											
6 5/8											
6 3/4											
7											

10. Cálculo tipo

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características que el programa lo genera.

11. CONCLUSIONES

12. RECOMENDACIONES

TEMA:

BANCO DE PÉRDIDAS SECUNDARIAS

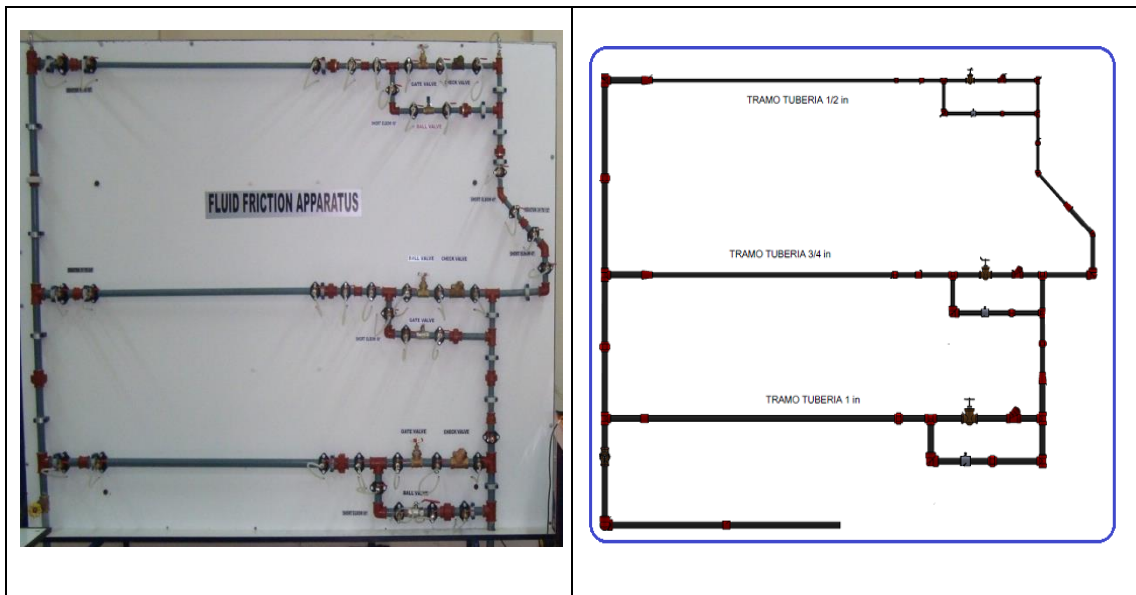
13. OBJETIVO:

- ✓ Determinar el coeficiente de pérdidas secundarias automatizadas de todos los accesorios existentes en el bando de pérdidas.

14. EQUIPO:

- ✓ Banco de pérdidas primarias.
- ✓ Módulo de adquisición de datos.

15. ESQUEMA DEL EQUIPO



16. MARCO TEÓRICO

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones (angostamientos, ensanchamientos, etc.), codos, válvulas, elementos de medición y toda clase de accesorios y elementos adicionales de las tuberías.

Cuando la velocidad de un fluido cambia ya sea en magnitud o dirección, se origina una turbulencia que produce una disipación de la energía produciendo pérdidas de carga. En forma general, estas pérdidas vienen representadas por la siguiente ecuación:

$$H_{rs} = \frac{k * V^2}{2 * g} \qquad k = \frac{2 * g * H_{rs}}{V^2}$$

De donde: k = coeficiente de pérdidas secundarias
 V = velocidad del fluido que atraviesa el accesorio

17. CÁLCULO:

Gracias a la ayuda de la automatización del banco se obtiene datos de presión y caudal, que facilita los cálculos respectivos.

Datos:

$$D = \quad (\text{mm})$$

$$\gamma = 1,14 * 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}.$$

$$g = \text{m/s}^2$$

$$\varepsilon = 0,0015 \text{ mm}$$

$$P_1 = (\text{psi}) \qquad \text{lectura del sensor de presión 1.}$$

$$P_2 = (\text{psi}) \qquad \text{lectura del sensor de presión 2.}$$

$$Q = (\text{m}^3/\text{s}) \qquad \text{lectura del caudalímetro.}$$

$$\Delta H = P_1 - P_2 \text{ (mca)} \qquad \text{Ecuación de diferencia de presión (1)}$$

$$Q = V * A \quad (\text{m}^3/\text{s}) \qquad \text{Ecuación de caudal (2)}$$

Despejando de la ecuación 2 se obtiene:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} \quad (3)$$

Encontrada la velocidad se procede a calcular Re , que es igual a:

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Determinado todos los valores anteriores, se calcula las pérdidas secundarias en los diferentes accesorios.

$$k = \frac{2 * g * H_{rs}}{V^2}$$

18. OPERACIÓN DEL EQUIPO:

El uso del banco es directo y se puede seguir los procedimientos de pruebas normales. A medida que las válvulas se abren los sensores de presión aumentan o disminuyen según el tramo analizarse.

19. PROCEDIMIENTO:

- ✓ Se procede a encender la bomba, teniendo en cuenta que el módulo de adquisición de datos se encuentre encendida.
- ✓ Para la toma de presiones del primer tramo de tubería, se debe abrir las válvulas que correspondan al accesorio en análisis.
- ✓ Abiertas estas válvulas se revisa si no existe burbujas dentro de la manguera si es así se abre las válvulas de cebado para eliminarlas.
- ✓ La válvula de compuerta principal se abre hasta su quinta vuelta, punto donde se empezara su análisis, la cual se ira cerrando cada ¼ de vuelta hasta llegar a su cierre completo.
- ✓ Abrir el programa respectivo para la toma de datos y enviar a ejecutar.
- ✓ Para la toma de datos se debe esperar unos 30 segundos hasta que la señal de los sensores se estabilicen.
- ✓ Se selecciona el diámetro de tubería y el accesorio que se va a analizar y después del tiempo de espera se da un click en el botón de adquisición de datos.
- ✓ Cuando se cierra por completo la válvula de compuerta principal, se da por terminada la práctica, en ese instante se da un click en generar reporte.
- ✓ Al generar el reporte, se habilita una tabla de datos en excel, donde indica todos los datos obtenidos y las curvas características.
- ✓ Esta tabla de datos se envía a guardar o según la necesidad se envía a imprimir.
- ✓ Se apaga la bomba del banco.

- ✓ Para continuar el otro análisis de tubería se tiene en cuenta el cambio de diámetro y el accesorio y se sigue los mismos pasos anteriores.

20. DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO:

Bomba

Caudal	50 lt/min
Altura manométrica	70 m






Sensor PX 302

Excitación	10 Vcc (5 a 15 Vcc límites)
Salida	10 mV
Precisión	0,25% BFSL
Balance	0 mV \pm 2 mV
Resistencia de entrada	15.000 Ω máximo
La vida típica	100 millones de ciclos
Temperatura de funcionamiento	-18 a 71 ° C (0 a 160 ° F)
Presión de prueba	200%, 13.000 psi max
Tiempo de respuesta	1 ms
Vibración	15 g 10 a 2000 Hz
Conexión eléctrica	1 m (3 ') de cable blindado de 4
conductores	
Peso	131 g (4,6 oz) de 1000 psi 190 g (6,7 oz)

Sensor de caudal FP 5600

Caudal	0,8 a 54 gpm
Salida de frecuencia	15 Hz
Rango de funcionamiento	0,3 a 20 fps
Presión / Temperatura	180 psi @ 20 ° C (68 ° F)
Requisitos de alimentación	3,3 a 24 V CC
Longitud del cable	7,6 m (25 '), 300 m (1,000') max

21. TABLA PARA LECTURA Y CÁLCULOS

		<p style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA PÉRDIDAS SECUNDARIAS </p>									
Materia:	Turbomaquinaria Hidráulica		Fecha:								
Profesor:	Ing. Fernando Tello O.		Hora:								
Grupo:			Práctica N°								
Asesorio:											
% DE CIERRE	P1	P2	ALTURA DE PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD	NÚMERO DE REYNOLDS	ALTURA DE PÉRDIDAS	k			
	PSI	PSI	H PSI	Q m ³ /seg	V m/s	Re	Hpp mca	ke			
5											
5 1/2											
6											
6 1/4											
6 1/2											
6 5/8											
6 3/4											
7											

22. Cálculo tipo

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características que el programa lo genera.


23. CONCLUSIONES

24. RECOMENDACIONES


Fuente: Autores

Anexo K


Facturas de adquisiciones.



**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**
RUC. 1792395453001
Matriz: El Verguero N° 37 68 y el Zanjado (Calle) 2025 150
Sucursal: Vía 27 de Julio (Ecuador)
Tel: 0244-9687-2882-416 Cae: 098928383



C.D.P.
El Agua es vida



PLASTIGAMA
MEXICHEM
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PVC

AUTORIZACION SER: 1112641561
FACTURA
No. 00000005190

CANTADO CREDITO

ODD. CLIENTE: RUC: 9999999999999

F/DE EMISION: Riobamba Julio 11 del 2013

RAZON SOCIAL: CONSUMIDOR FINAL

NOMBRE COMERCIAL:

CUIDAD:

DIRECCION: SD

SECTOR:

TEL: 999999999 No. PEDIDO:

VENDEDOR: DAVID CORRAL

COND. DE PAGO:

OTRA REMIS. No.:

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DSCTO.	TOTAL
0192447	ADAP TANQUE PP 1"	1.00	C/U	4.6100	0.23	4.3890
0192467	UNION UNIVERSAL R.P. PP 1"	2.00	C/U	3.6300	0.34	6.9000
0192333	NEFLO R.P. PP 1" (G/TURCA)	3.00	C/U	0.7100	0.14	2.0220
0192638	UNION R.P. PP 1"	1.00	C/U	1.0400	0.07	0.9960
0192458	ADAPTADOR H.CE.BC 32MM A 1"	1.00	C/U	0.4600	0.02	0.4400
0192461	ADAPTADOR H.CE.BC 30MM A 1 1/2"	1.00	C/U	1.3150	0.04	1.2500

Sub Total 15.98

T. Gravado IVA Tarifa 0% S 0.00

T. Gravado IVA Tarifa 12 % S 15.98

Importe del IVA 1.92

VALOR TOTAL S 17.90

ESTIMADO CLIENTE: Solicitamos a usted, que en el momento de recibir los productos que nosotro le estamos vendiendo, sea considerado por nosotros como responsable de los mismos.

De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno, en el establecimiento de la Distribución se entregará a usted el respectivo Comprobante de Retención, dentro del tiempo que se indica en el presente documento.

Centro de Distribución Fierro Corral Cia. Ltda.

Riobamba - Clientes



**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**
RUC. 1792395453001
Matriz: El Verguero N° 37 68 y el Zanjado (Calle) 2025 150
Sucursal: Vía 27 de Julio (Ecuador)
Tel: 0244-9687-2882-416 Cae: 098928383



C.D.P.
El Agua es vida



PLASTIGAMA
MEXICHEM
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PVC

AUTORIZACION SER: 1112641561
FACTURA
No. 00000005187

CANTADO CREDITO

ODD. CLIENTE: RUC: 060382428

F/DE EMISION: Riobamba Julio 11 del 2013

RAZON SOCIAL: ORDÓÑEZ MARIÑO

NOMBRE COMERCIAL:

CUIDAD:

DIRECCION: VAYAS INCAR

SECTOR:

TEL: 024617073 No. PEDIDO:

VENDEDOR: DAVID CORRAL

COND. DE PAGO:

OTRA REMIS. No.:

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DSCTO.	TOTAL
023313121	BOMBA MEDFOLLO PKM20 IHP	1.00	C/U	213.2900	21.32	191.9600

Sub Total 191.96

T. Gravado IVA Tarifa 0% S 0.00

T. Gravado IVA Tarifa 12 % S 191.96

Importe del IVA 23.04

VALOR TOTAL S 215.00

ESTIMADO CLIENTE: Solicitamos a usted, que en el momento de recibir los productos que nosotro le estamos vendiendo, sea considerado por nosotros como responsable de los mismos.

De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno, en el establecimiento de la Distribución se entregará a usted el respectivo Comprobante de Retención, dentro del tiempo que se indica en el presente documento.

Centro de Distribución Fierro Corral Cia. Ltda.

Riobamba - Clientes

**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**

RUC: 1792395453001
 Sucursal: El Vanguard N° 37-68 y el Zarango (Quito)
 Sucursal: Jaime 27-29 y Bland (Quito)
 Tel: 2844-687 / 2842-418 Cel: 099939383



AUTORIZACION SRI: 1112172107
FACTURA
 No. 00001993

CONTADO CREDITO

COG. CLIENTE: RAZON SOCIAL: **ORDÓÑEZ MARGO** RUC: 0603924228001 FJ DE EMISION: **Robamba Abril 05 del 2013**
 NOMBRE COMERCIAL: TELF: 023617073 No. PEDIDO:
 CIUDAD: SECTOR: VENDEDOR: **DAVID CORRAL**
 DIRECCION: **CALLE MAÑANA E INCAS** COND. DE PAGO: GUIA REMIS. No.

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DISCTO.	TOTAL
01924007	UNION UNIVERSAL R.R. P 1"	3.00	C/U	3.2000	1.14	10.3100
01924216	UNION R.R. P 1"	1.00	C/U	1.0400	0.10	0.9400
01924216	TODOS LOS PP 1 X 90"	2.00	C/U	1.3500	0.24	2.3900

ESTIMADO CLIENTE: Solicitamos a usted, que sujeta el respectivo recibo de cobro para las recaudaciones que nuestros sponsors de ventas realizan, caso contrario no se responsabilizan por recaudaciones sin documentos.
 De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno, en el establecimiento:
 Los Agentes de Cobranza están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Retención dentro del término no mayor a cinco días de haber recibido el comprobante de venta.
 Sub Total: 13.63
 T. Gravado IVA Tarifa 0% S: 0.00
 T. Gravado IVA Tarifa 12 % S: 13.63
 Importe del IVA: 1.64
VALOR TOTAL S: 15.27

Centro de Distribución Fierro Corral CIA. Ltda. Recibo Conforme - Cliente

DECLARACION DEL CLIENTE: Yo, el/los suscritor/es de esta factura, declaro que he recibido el material descrito en esta factura y que el mismo es conforme a lo especificado en el documento de venta. Asimismo, declaro que he pagado el importe de esta factura y que el mismo es conforme a lo especificado en el documento de venta. En consecuencia, declaro que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura y que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura. En consecuencia, declaro que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura y que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura.

**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**

RUC: 1792395453001
 Sucursal: El Vanguard N° 37-68 y el Zarango (Quito)
 Sucursal: Jaime 27-29 y Bland (Quito)
 Tel: 2844-687 / 2842-418 Cel: 099939383



AUTORIZACION SRI: 1112459313
FACTURA
 No. 000002748

CONTADO CREDITO

COG. CLIENTE: RAZON SOCIAL: **ORDÓÑEZ MARGO** RUC: 0603924228001 FJ DE EMISION: **Robamba Abril 05 del 2013**
 NOMBRE COMERCIAL: TELF: 023617073 No. PEDIDO:
 CIUDAD: SECTOR: VENDEDOR: **DAVID CORRAL**
 DIRECCION: **CALLE MAÑANA E INCAS** COND. DE PAGO: GUIA REMIS. No.

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DISCTO.	TOTAL
01925073	COLLARIN DERIV 32MM X 1/2"	14.00	C/U	1.85000	2.59	23.31000
01925077	COLLARIN DERIV 25MM X 1/2"	13.00	C/U	1.80000	2.34	21.06000
01925084	COLLARIN DERIV 20MM X 1/2"	12.00	C/U	1.38500	1.66	14.96000

ESTIMADO CLIENTE: Solicitamos a usted, que sujeta el respectivo recibo de cobro para las recaudaciones que nuestros sponsors de ventas realizan, caso contrario no se responsabilizan por recaudaciones sin documentos.
 De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno, en el establecimiento:
 Los Agentes de Cobranza están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Retención dentro del término no mayor a cinco días de haber recibido el comprobante de venta.
 Sub Total: 59.33
 T. Gravado IVA Tarifa 0% S: 0.00
 T. Gravado IVA Tarifa 12 % S: 59.33
 Importe del IVA: 7.12
VALOR TOTAL S: 66.45

Centro de Distribución Fierro Corral CIA. Ltda. Recibo Conforme - Cliente

DECLARACION DEL CLIENTE: Yo, el/los suscritor/es de esta factura, declaro que he recibido el material descrito en esta factura y que el mismo es conforme a lo especificado en el documento de venta. Asimismo, declaro que he pagado el importe de esta factura y que el mismo es conforme a lo especificado en el documento de venta. En consecuencia, declaro que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura y que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura. En consecuencia, declaro que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura y que no tengo pendiente ningún pago por concepto de esta factura.

**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**
RUC. 1792395453001
Maiz de Venegador N° 27-49 y el Domingo (Cuzco)
Boulevard Viales 28-28 y Brasil (Lima)
Tel: 0844-897 1282-416 Cel: 098993832



AUTORIZACION SRE: 1112124197
FACTURA
No. 00001992

CONTADO CREDITO

COD. CLIENTE: RUC: 0808724210001
RAZÓN SOCIAL: ORDOÑEZ MARGO P.J. DE EMISIÓN: 19 de Agosto del 2013
NOMBRE COMERCIAL: TEL: 082807073 No. PEDID:
CUBA: DAVID CORRAL
DIRECCIÓN: CALLE MAÑARICAS SECTOR: COND. DE PROG.:
GUIA REMS. No.

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DSCTO.	TOTAL
01926791	TUBO P/ROSC 1" X 4.5	1.00	CM	22.42000	3.51	19.91000
01926794	TUBO P/ROSC 2" X 4.5	1.00	CM	10.81000	1.42	9.39000
01926792	TUBO P/ROSC 1.2" X 4.5	1.00	CM	7.89000	1.18	6.71000
01926793	TER.R.F.F.1"	3.00	CM	1.63000	0.48	4.89000
01924722	UNION RED R.F.F.1" X 1.5"	1.00	CM	1.74000	0.17	1.57000
01926400	UNION UNIVERSAL R.F.F.1.2"	4.00	CM	0.84000	0.14	3.10000
01926239	UNION R.F.F.1.2"	1.00	CM	0.89000	0.06	0.84000
01926274	TER.R.F.F.1.2"	3.00	CM	0.47000	0.14	1.27000
01924823	UNION R.F.F.1.2" X 1.5"	1.00	CM	0.58000	0.02	0.56000
01924864	CODO R.F.F.1.2" X 1.5"	1.00	CM	0.62000	0.06	0.56000
01924807	UNION RED R.F.F.1.2" X 1.5"	1.00	CM	0.53000	0.05	0.48000
01924810	CODO R.F.F.1.2" X 1.5"	1.00	CM	0.53000	0.05	0.48000
01924723	UNION RED R.F.F.1" X 1.5"	2.00	CM	0.91000	0.19	1.70000
01924824	UNION UNIVERSAL R.F.F.1.2"	3.00	CM	1.33000	0.48	4.40000
01926237	UNION R.F.F.1.2"	1.00	CM	0.54000	0.03	0.49000
01926273	TER.R.F.F.1.2"	3.00	CM	0.88000	0.28	2.79000

ESTIMADO CLIENTE: Solicitamos a usted, que este el respectivo recibo de cobro para las resoluciones que
muestran que tiene de venta realizada, caso contrario no nos responsabilizamos por resoluciones sin documento.
De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno, en el establecimiento:
Los Agentes de Retención están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Retención,
dentro del término no mayor a cinco días de haber recibido el comprobante de venta.

Sub Total 58.35
T. Gravado IVA Tarifa 0% S 0.00
T. Gravado IVA Tarifa 12% S 58.35
Importe del IVA 7.00
VALOR TOTAL S 65.35

Centro de Distribución Fierro Corral Cia. Ltda. Recibo Cliente - Cliente

**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**
RUC. 1792395453001
Maiz de Venegador N° 27-49 y el Domingo (Cuzco)
Boulevard Viales 28-28 y Brasil (Lima)
Tel: 0844-897 1282-416 Cel: 098993832



AUTORIZACION SRE: 1112392962
FACTURA
No. 00002329

CONTADO CREDITO

COD. CLIENTE: RUC: 0808724210001
RAZÓN SOCIAL: ORDOÑEZ MARGO P.J. DE EMISIÓN: 19 de Agosto del 2013
NOMBRE COMERCIAL: TEL: 082807073 No. PEDID:
CUBA: DAVID CORRAL
DIRECCIÓN: CALLE MAÑARICAS SECTOR: COND. DE PROG.:
GUIA REMS. No.

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DSCTO.	TOTAL
01926273	TER.R.F.F.1"	3.00	CM	1.63000	0.48	4.40000
01924863	CODO R.F.F.1.2" X 1.5"	2.00	CM	0.53000	0.10	0.96000

ESTIMADO CLIENTE: Solicitamos a usted, que este el respectivo recibo de cobro para las resoluciones que
muestran que tiene de venta realizada, caso contrario no nos responsabilizamos por resoluciones sin documento.
De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno, en el establecimiento:
Los Agentes de Retención están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Retención,
dentro del término no mayor a cinco días de haber recibido el comprobante de venta.

Sub Total 5.36
T. Gravado IVA Tarifa 0% S 0.00
T. Gravado IVA Tarifa 12% S 5.36
Importe del IVA 0.64
VALOR TOTAL S 6.00

Centro de Distribución Fierro Corral Cia. Ltda. Recibo Cliente - Cliente



**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**

RUC: 1792395453001
Munic: El Vergador N° 27-68 y el Zorro Negro 62001174
Sectorial: Vialidad y Obras Públicas
Tel: 2944-899 / 2944-818 / 099-0000363



PLASTIGAMA

MEKICHEM

AUTORIZACION SER. 1112459313

FACTURA

Nº 00003174

CONTADO CREDITO

COD. CLIENTE:	RUC:	0604539799	F/ DE EMISIÓN:	Risobamba Abril 18 del 2013
RAZÓN SOCIAL: CAÑIZARES CRISTHIAN	VENDEDOR:	DAVID CORRAL	TEL:	032462287
NOMBRE COMERCIAL:	SECTOR:		NO. PEDIDO:	
Ciudad:			COND. DE PAGO:	
DIRECCIÓN:	CD LA LA GEORGINA		QUIR. REMIS. R#:	

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DSCTO.	TOTAL
01924649	RED BUJE R.MH PP 1/2 X 1/4"	40.00	C/U	0.79000	3.16	28.4600

Sub Total	28.44
T. Gravado IVA Tarifa 0% S	0.00
T. Gravado IVA Tarifa 12 % S	28.44
Importe del IVA	3.41
VALOR TOTAL S	31.85

ESTIMADO CLIENTE: Sustrinere a usted, que recibe el presente copia de esta para las necesidades que nuestros operativos de ventas realicen, caso contrario no nos responsabilizamos por reducciones sin documentos.
 De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno, en el establecimiento.
 Los Agentes de Recepción están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Rotación, dentro del término no mayor a cinco días de haber recibido el comprobante de venta.

[Firma]
 Centro de Distribución Fierro Corral Cia. Ltda.
 Recibí conforme - Cliente

NOTA DE ENTREGA PROVISIONAL

Nº 016108

Lugar y Fecha: 25-3-2013

Señor(es): _____

RUC./C.I.: _____ Telf.: _____

Dirección: _____

CANT.	DETALLE	P.UNITARIO	V. TOTAL
1/1000	SSA 1/2		1.00
1/1000	TIN 2		1.00
1/500	SSA 1/2		5.50

SUBTOTAL _____

IVA % _____

TOTAL 10.50

[Firma]
Firma Autorizada

Recibí conforme



ROSERO GUERRA DIEGO PAUL

MATRIZ: URUGUAY 24-35 Y VELOZ TELEFAX: 032 961 699 VENTAS: 032 953-407
DOMICILIO: 032 904151 E-mail: rodaseros@andinanet.net

www.rodaseros.com

MARCO ORDÓÑEZ RIOBAMBA - ECUADOR

RODAMIENTOS ACEROS POLEAS PIÑONES
RETENEDORES BRONCES BANDAS CADENAS
CHUMACERAS MOTORES GRASAS CRUCETAS
RUC: 0602764920001 AUT. SRI: 1111539245

FACTURA S:001-001-00 0041141

Dir: -
Tel: - Ruc: 0603824228001

Desc: 0 %
Efectivo 32655

Apoyo dinámico y efectivo
VENTA DE RODAMIENTOS Y
SUMINISTROS INDUSTRIALES

CANT.	UM	DESCRIPCION	MARCA	VALOR UNITARIO	TOTAL NETO
2,00	Kg	NYLON 45 mm 6SA BLANCO - Nylon - QUADRA	QUADRANT	17,85	35,72

INVENTAR EN CLIENTES
 - No se acreditan devoluciones o reclamos una vez descapoteado el producto.
 - En caso de no cumplir con el plazo de pago acordado, se cobrarán intereses por mora.

[Signature]
Recibí Conforme

Realizado por: L.P.E.	SUBTOTAL 35,72	VIARIOS 0,00	VALOR I.V.A. 35,72	% I.V.A. 12 4,29	TOTAL \$ 40,01
-----------------------	----------------	--------------	--------------------	------------------	----------------

- OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD -

DIRSO Y FIANCERA ROSERO GUERRA DIEGO PAUL. En el lugar y fecha que se me reconoce, el valor total expresado en este documento más los impuestos respectivos, y el mismo interés legal por mora permitido desde su otorgamiento de prenda. Excluye de presentación para el pago en el caso de este hecho. Reserva de título y se somete a los jueces competentes de la ciudad de Riobamba y al tramite ejecutivo verbal suario a elección de ROSERO GUERRA DIEGO PAUL, ACEPTO LAS CONDICIONES INCORPORADAS A LA PRESENTE FACTURA A LA VISTA Y SIN PROTESTA.

"EDUCIONES SOCIEDAD ANONIMA" - Aut. SRI 672 - Ing. Leonardo Cuenca Calvez-Ramos RUC: 00002750011 - del 02/07/01 al 02/07/01



Merino Rivera Flor María
FERRERIA BRITO

Dirección: Chile 27-47 y Rocafuerte
Telf.: 2963212 • Fax: 2963210 • Riobamba - Ecuador

FACTURA S 001-001 0049076

"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"

R.U.C.: 0601150980001 Día Mes Año
AUT. SRI: 1111686293 09 03 2013

Señor: *Marco Ordóñez*
C.I. o RUC: *0603824228*
Dirección: *PLAYAS - 450 r*

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	<i>Fibra glo. Bl.</i>	55,	55,00

Federación Nacional de Ciegos del Ecuador Imprenta Braille FENCE Autorización 1502 • RUC 0690074311001 F. AUTORIZACIÓN: 20/Septiembre/2012 F. CADUCIDAD: 20/Septiembre/2013 Numerado del 0045501 al 0049500	SUB TOTAL \$ 49,00 T. Gravado IVA Tarifa 0% \$ - T. Gravado IVA Tarifa % \$ 49,00 Importe del IVA \$ 589 TOTAL FACTURA US\$ 55,00
--	--

Blanco: Adquiriente - Copia Emisor

[Signature] Recibí Conforme

[Signature] Entregué Conforme



PAZMIÑO ALOMIA EDWIN MARCELO
 INGENIERO EN MANTENIMIENTO
 VENTAS AL POR MAYOR Y MENOR DE MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL
 DIRECCIÓN: Avda. Gonzalo Dávalos 37-50 y Brasil
 Telefax: 03 2967-403 Riobamba - Ecuador
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

RUC: 0602155236001
 AUT. SRI. 1111689459

FACTURA 002-001 000004177

Señor: Marco Ordóñez
 Lugar y Fecha: Riobamba 3/07/2013
 R.U.C./C.I. 0603824228 Teléfono:
 Dirección: Hojas 450 e Lucas

CANT.	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
1	Manómetro de 30 generose.	26,79	26,79

Cortes Miranda Roberto Carlos Imprenta "EL PROGRESO" Ruc: 171249094001 Aut. SRI 11385 Del 30/1 al 4/02
 Fecha de Autorización: 20/Septiembre/2012 Fecha de Caducidad: 20/Septiembre/2013

[Firma]
 Firma Autorizada

[Firma]
 Recibi Conforme

SUBTOTAL	26,79
DESCUENTO	
TOTAL IVA TARIFA 0%	
TOTAL IVA TARIFA 11%	26,79
IMPORTE DEL IVA	3,21
TOTAL DE ESTA FACTURA \$	30,00

Original: Adquirente / Copia: Emisor

SU FORTALEZA Franquiciado Disensa
 Cevallos Villacres Pedro Miguel
 R.U.C. 0600933105001
 Matriz: Panamericana Sur 2 y Feliciano Checa diagonal puerta principal ESPOCH
 Teléfono: 032 317040 • Fax: 032 317222 • Cel.: 098 6395129 - 098 3452832
 E-mail: su_fortaleza@yahoo.es / sufortaleza_disensa@hotmail.com
 Riobamba - Ecuador

FACTURA Nº 001-001-000042705

AUTORIZACION SRI 1111809642
 No. de factura: 001001000042705
 Pedido: 10/04/2013 10:07:18
 Fecha: 10/04/2013 10:07:18
 Moneda: DOLAR
 Guía de Remisión:



Cliente: CONSUMIDOR FINAL
 Ced./R.U.C.: CONSUMIDOR FINAL
 Dirección: NA

Teléfono: 00000
 Fecha de entrega: 10/04/2013 10:07:18
 Obra:

ADQUIRENTE

No. Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Dcto. %	Subtotal	
01	00003522	ADAPTADOR TANQUE 1"	UNIDAD	1.00	4.5536	0.00	4.5536	
							Subtotal	4.55
EFE: 5.10; LEYENDA ADICIONAL							Subtotal	0.00
							Descuento: 0.00 %	0.00
							Subtotal	4.55
							I.V.A.: 12.00 %	0.55
							TOTAL:	5.10

[Firma]
 Firma del Adquiriente

[Firma]
 Firma Autorizada

[Firma]
 Recibi Conforme

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

01000 Form. N° de 0000001 a 0000000 - Fecha de Autorización: 18/Octubre/2012 - Fecha de Caducidad: 18/Octubre/2013
 MONSIEUR IMPRESOR CIA. LTDA. - P.L.C. - IMPRESORÍA - AUTORIZACIÓN N° 010
 Riobamba - Ecuador

Almacén La Herramienta
 Dir: Guayaquil 25-26 y España
 Telfs.: (03) 2967054 / 094136889
 Riobamba - Ecuador

GUAINA QUISHPI MIGUEL
R.U.C. 0601420409001
 Válido Hasta 20 DICIEMBRE 2013 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD
 Fecha de autorización: 20 DICIEMBRE 2012
 AUTORIZACIÓN S.R.L. No 111209057

FACTURA No 001-002-0029795
 No. CONTROL: 0029795

Srs: CRISTIAN CAJAZARES
 RUC/CEN: 0604559799 FECHA: 18/04/2013
 DIRECCION: CDLA LA GEORGINA

DESCRIPCION	CANT.	P/U	TOTAL
LLAVE PASO EGF. 1/	40.00	1.43	57.14



SUBTOTAL: \$ 57.14
 TARIFA 0%: \$ 0.00
 TARIFA 12%: \$ 57.14
 12% IVA: \$ 6.86
 TOTAL: \$ 64.00

SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES
LEON PINTO HECTOR PATRICIO - RUC. 1707040869001 - AUT. 1541
DEL 0025001 AL 0032000

ORIGINAL-CLIENTE
 COPIA CELESTE-EMISOR

COMERCIAL VERA
VERA VALLADARES KLEVER HERNAN
 MATRIZ: ANTONIO BORRERO 30-53 Y AV. ANTONIO JOSE DE SUCRE
 Telf.: 03 2366 237 FAX: 03 2366 237 EXT.: 108 • RIOBAMBA - ECUADOR
 SUCURSAL: AV. PEDRO VICENTE MALDONADO E IGNACIO FLORES - RIOBAMBA
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION No. 474 DEL 6 DE ENERO DEL 2001
 R.U.C.: 0601598196001 AUTORIZACION S.R.L.: 1111198593

FACTURA No. 002-002-000005806

CLIENTE: ORDÓREZ VIÑAN MARCO ANTONIO
 RUC: 060324225 14/03/2013
 DIRECCION:

CANT.	DESCRIPCION	V/U	TOTAL
0.50	AL 3/4 X 2 mm	4.1300	2.0650
1	DES C	0.3400	1.0200
SUBTOTAL: \$			3.08
MOVIM. DESCUENTO: \$			0.00
18309 IVA: 12% \$			0.37
CAJAS A PAGAR: \$			3.45
Recibes: \$ 5.00		Vuelto: \$ 1.55	

RECIBIDO EN EL TRANSITO: LUT. DE MAR. 14/03/2013
 VALIDO HASTA AGUINORTE OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

ENTREGADO 14 MAR 2013

COMERCIAL VERA
VERA VALLADARES KLEVER HERNAN
 MATRIZ: ANTONIO BORRERO 30-53 Y AV. ANTONIO JOSE DE SUCRE
 Telf.: 03 2366 237 FAX: 03 2366 237 EXT.: 108 • RIOBAMBA - ECUADOR
 SUCURSAL: AV. PEDRO VICENTE MALDONADO E IGNACIO FLORES - RIOBAMBA
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION No. 474 DEL 6 DE ENERO DEL 2001
 R.U.C.: 0601598196001 AUTORIZACION S.R.L.: 1111198593

GUIA DE REMISION No 002-002-000005806

MOTIVO DEL TRASLADO: PLACA:
 PUNTO DE PARTIDA: Venta Mercaderia
 PUNTO DE LLEGADA: Riobamba
 FECHA DE PARTIDA: Riobamba FECHA DE LLEGADA:
 TRANSPORTISTA: 14-mar-2013 R.U.C.: 14-mar

Nombre: Firma:
 C.I.: _____



VERA VALLADARES KLEVER HERNAN
 MATRIZ: ANTONIO BORRERO 30-53 Y AV. ANTONIO JOSE DE SUCRE
 TELF.: 03 2386 237 FAX: 03 2386 237 EXT.: 108 • RIOBAMBA - ECUADOR
 SUCURSAL: AV. PEDRO VICENTE MALDONADO E IGNACIO FLORES - RIOBAMBA
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION No. 474 DEL 6 DE ENERO DEL 2001
 R.U.C.: 0601598196001 AUTORIZACION S.R.I.: 1111198593
FACTURA No. 002-002-000005778

CLIENTE: ORDÓÑEZ VIÑAN MARCO ANTONIO
 RUC: 0603824228 14/03/2013
 DISTRITO: CAN

CANT.	DESCRIPCION	VAU	TOTAL
↓ 1	AL 3/4 X 2 mm	4.1300	4.1300
→ 2	SUE AGA L B	1.7100	3.4200
SUBTOTAL: \$		7.55	
MOVIM. DESCUENTO: \$		0.00	
18244 IVA: 12% \$		0.91	
CARGAS A PAGAR: \$		8.46	

Recibido: 10.00 Muebles: 1.54

COMERCIAL VERA
 ENTREGADO 13 MAR 2013

VERA VALLADARES KLEVER HERNAN
 MATRIZ: ANTONIO BORRERO 30-53 Y AV. ANTONIO JOSE DE SUCRE
 TELF.: 03 2386 237 FAX: 03 2386 237 EXT.: 108 • RIOBAMBA - ECUADOR
 SUCURSAL: AV. PEDRO VICENTE MALDONADO E IGNACIO FLORES - RIOBAMBA
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION No. 474 DEL 6 DE ENERO DEL 2001
 R.U.C.: 0601598196001 AUTORIZACION S.R.I.: 1111198593
GUIA DE REMISION No 002-002-000005778
 MOTIVO DEL TRASLADO: PLACA:
 PUNTO DE PARTIDA:
 PUNTO DE LLEGADA:
 FECHA DE PARTIDA: Venta Mercaderías FECHA DE LLEGADA:
 TRANSPORTISTA: Riobamba R.U.C.:
 Nombre: Riobamba Firma:
 14-mar-2013 C.I.:
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD VALIDO HASTA 05/JUNIO/2013

SU FORTALEZA Franquiciado Disensa
 Cevallos Villacres Pedro Miguel
 R.U.C. 0600933105001
 Matriz: Panamerica Sur 2 y Feliciano Checa diagonal puerta principal ESPOCH
 Teléfono: 032 317040 • Fax: 032 317222 • Cel.: 098 6395129 • 098 3452832
 E-mail: su.fortaleza@yahoo.es / sufortaleza_disensa@hotmail.com
 Riobamba - Ecuador

FACTURA N° 001
 AUTORIZACION SRI 1111180
 No. de factura: 0010
 Pedido:
 Fecha: 13/03
 Moneda: DOLAR
 Guia de Remisión:

Cliente: ORDÓÑEZ VIÑAN MARCO ANTONIO Teléfono: 00000
 Ced./R.U.C.: 0603824228 Fecha de entrega: 13/
 Dirección: MATEO Y TUNAS Obra:

No. Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad
01	00003237	SELLADOR PERMATEX 3 OZ	UNIDAD	1.00
02	00003244	CINTA TEFELON AMARILLA HANOVER ESPE	UNIDAD	1.00

ADQUIRENTE

CANCELADO
 ENTREGADO 13 MAR 2013

RPM: 2.30; LEYENDA ADICIONAL

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Recibí Conforme

Fuente: Autores

PLANOS