

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN EL POLIDUCTO  
SHUSHIFINDI – QUITO, DE PETROCOMERCIAL, FILIAL DE  
PETROECUADOR, MEDIANTE UNA APLICACIÓN DE VISUAL  
BASIC.NET”**

**POR**

**JIMMY XAVIER GUANOPATÍN MATUTE  
ROBERTO ALEJANDRO GUZMÁN ÁVILA**

**DIRECTOR: ING. PATRICIO RIOFRÍO  
CODIRECTOR: ING. FRANCISCO TERNEUS**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**Sangolquí 2006-05-12**

**2006**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Señores JIMMY XAVIER GUANOPATÍN MATUTE Y ROBERTO ALEJANDRO GUZMÁN ÁVILA como requisito parcial a la obtención del título de INGENIERO MECÁNICO

---

Fecha

---

Ing. Patricio Riofrío

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por los Señores JIMMY XAVIER GUANOPATÍN MATUTE Y ROBERTO ALEJANDRO GUZMÁN ÁVILA como requisito parcial a la obtención del título de INGENIERO MECÁNICO. El mismo fue culminado y comprobado en un periodo de 45 días de visitas en las diferentes estaciones de bombeo del poliducto Shushufindi-Quito, el cual cubre con todas las expectativas, por lo que la empresa queda en total satisfacción.

---

Fecha

---

Ing. Marcelo Zabala

## **HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**ELABORADO POR**

---

Jimmy Xavier Guanopatin Matute

---

Roberto Alejandro Guzmán Ávila

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

Ing. Edgar Pazmiño B.

MAYO. DE. E.

Lugar y Fecha: Sangolquí, 12 de mayo del 2006

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser tan generoso y misericordioso con toda mi familia, y acompañarme, cuidarme y dirigirme en cada instante de mi vida.

Con amor y reconocimiento a mis abuelitos: José Víctor Matute Guaraca y María Palmira Guanolique García, por brindarme siempre su apoyo incondicional, y nunca dejarme solo y desmotivado, y ser mis mayores ejemplos de humildad y bondad.

A mis amados padres: Segundo Cristóbal Guanopatín Chicaiza y Mariana de Jesús Matute Guanolique, por haberme dado la vida, brindado todo su apoyo, amor y confianza, y haber estado siempre presentes cuando más los necesitaba.

A mis queridos hermanos: Alexandra y Wellington, y apreciado cuñado: Marco Vinicio, por aceptarme con mis defectos y virtudes y estar siempre pendientes de mi.

A mis adorados sobrinos: Ray y Josué, por ser mi inspiración y lo más valioso que poseo.

A mi flaquita linda: Carina Patricia Tacuri Basantes, por haberme dado la oportunidad de conocerla y brindarme todo su amor y sana compañía.

A mi compañero de tesis: Roberto, y a su hermano Andrés, por su inmensa colaboración en el desarrollo de este proyecto.

**Jimmy Xavier Guanopatín Matute**

## **DEDICATORIA**

A DIOS por la oportunidad de vivir, entregarme una familia y unos amigos que me han guiado por el buen camino. Con todo mi amor a y gratitud a mi padre: Fabián Jaime Guzmán Pérez por apoyarme y brindarme una gran compañía.

A mi amada madre: Marcia Yolanda Ávila Córdova, por creer siempre en mi, apoyarme y darme todo su amor.

A mis hermanos: Andrés Alejandro Guzmán Ávila por ser mi maestro y mi guía en el desarrollo de esta tesis y Jaime Bladimir Guzmán Ávila, por su compañía.

A mi amor: Sofía Gutiérrez Gómez, por darme su amor y brindarme su sabiduría. A mis amigos y familiares por su apoyo.

A mi compañero de tesis: Jimmy por su colaboración en la elaboración de este proyecto.

**Roberto Alejandro Guzmán Ávila**

## **AGRADECIMIENTO**

Al personal educativo de la ESPE por su aporte intelectual y científico durante toda mi vida universitaria, especialmente a mis directores de tesis, los ingenieros Patricio Riofrío y Francisco Terneus, y al Abogado Vinicio Zabala J. por su importante ayuda y colaboración.

A los personeros de PETROCOMERCIAL, por su ilimitada colaboración para la culminación de este proyecto, en especial al los ingenieros: Fernando Salgado, Jony Calderón y Marcelo Zabala, por su gran colaboración y estar siempre pendientes de las diferentes dificultades y necesidades en la elaboración de este proyecto.

**Jimmy Xavier Guanopatín Matute**

## **AGRADECIMIENTO**

A los profesores que conforman la ESPE y especialmente a los maestros de la Facultad de Ingeniería Mecánica por el enriquecedor aporte intelectual durante el curso de mi carrera.

A mis directores de tesis Ingeniero Patricio Riofrío y Francisco Teneus por su inmensa ayuda y colaboración.

Al personal de PETROCOMERCIAL, por su colaboración y su aporte para la finalización del proyecto, especialmente los ingenieros, Fernando Salgado, Jony Calderón y Marcelo Zabala, por su entrega en la elaboración de este proyecto.

**Roberto Alejandro Guzmán Ávila**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	1
<b>CAPITULO 1</b>	
Introducción.....	3
Antecedentes.....	3
1.1 Definición Del Problema.....	4
1.2. Alternativas De Solución Del Problema.....	5
1.3. Meta.....	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicos.....	6
1.5. Alcance.....	7
1.6. Justificación.....	7
<b>CAPITULO 2</b>	
2.1 Propiedades De Los Fluidos.....	9
2.1.1. Densidad, Peso Específico Y Gravedad Específica.....	9
2.1.1.1. Densidad.....	9
2.1.1.2. Peso Específico.....	10
2.1.1.3. Gravedad Específica.....	10
2.1.2 Viscosidad.....	11
2.1.2.1. La Viscosidad Dinámica.....	11
2.1.2.2. La Viscosidad Cinemática.....	12
2.1.2.3. Variación De La Viscosidad Con La Temperatura.....	12
2.1.2.4. Variación De La Viscosidad Con La Presión.....	14
2.2. Medición De Presión.....	15
2.2.1. Presión Absoluta Y Manométrica.....	15
2.2.1.1. Presión Absoluta.....	15
2.2.1.2. Presión Manométrica.....	16
2.2.1.3. Relación Entre Presión Y Elevación.....	18

2.3.	Ecuación General De La Energía.....	18
2.3.1	Pérdidas Y Adiciones De Energía.....	20
2.3.2.	Pérdidas De Energía Debido A La Fricción.....	22
2.3.2.1.	Ecuación De Darcy.....	23
2.3.2.2.	Pérdidas De Fricción En Flujo Turbulento.....	23
2.3.2.3.	Ecuación Del Factor De Fricción.....	24
2.4.	Pérdidas Menores.....	27
2.4.1.	Fuentes De Pérdidas Menores.....	27
2.4.2.	Coeficiente De Resistencia.....	27
2.4.3.	Pérdida De Entrada.....	28
2.4.4.	Pérdida De Salida.....	29
2.5.	Sistema De Tuberías En Serie.....	30
2.5.1.	Clasificaciones De Sistemas.....	31
2.5.1.1.	Sistemas De Clase I.....	33
2.5.1.2.	Sistemas De Clase II.....	34
2.5.1.3.	Línea De Energía Y Perfil Hidráulico.....	37
2.6.	Bombas Centrífugas.....	38
2.6.1.	Funcionamiento Y Sus Curvas Características.....	41
2.6.2.	Punto De Operación De Una Bomba.....	43
2.6.3.	Bombas En Serie.....	44
2.6.4.	Bombas En Paralelo.....	45

## **CAPITULO 3**

### **CARACTERIZACIÓN DEL POLIDUCTO**

Introducción.....	46
3.1 Información Recopilada Para El Estudio.....	56
3.1.1 Información De Partes, Elementos Y Funcionamiento General Del Sistema .....	56
3.1.1.1 Estación De Bombeo Shushufindi.....	56
3.1.1.2 ESTACIÓN DE BOMBEO QUIJOS.....	65
3.1.1.3 ESTACIÓN DE BOMBEO OSAYACU.....	67

3.1.1.4 ESTACIÓN DE BOMBEO CHALPI.....	71
3.1.1.5 ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE EL BEATERIO.....	73

## **CAPITULO 4**

4.1. Determinación Del Lenguaje De Programación.....	84
4.1.1. VISUAL BASIC.NET.....	84
4.2 Vista De Codificación.....	99
4.2.1. Variables De Entrada Y Salida.....	99
4.2.2. Funciones.....	104
4.2.3. Clases Formularios.....	126
4.2.3.1. Clases De La Ventana MENÚ.....	126
4.2.3.2. Clases De La Ventana ESTACIÓN.....	128
4.2.3.3. Clases De La Ventana CÁLCULOS.....	132
4.2.3.4. Clases De La Ventana PRESENTACIÓN DE DATOS.....	142
4.2.3.5. Clases De La Ventana GRÁFICO.....	149
4.2.3.6. Clases De La Ventana ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS.....	156
4.2.3.7 Clases De La Ventana ACTUALIZACIÓN DE ESTACIONES .....	169
4.2.3.8 Ejemplo de Cálculo.....	176
4.2.4. Validación.....	180
4.3. Requerimientos De Hardware Y De Software.....	185
4.4. Requerimientos de Software.....	186

## **CAPITULO 5**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

5.1. Cuantificación Y Análisis De Perdidas De Presión.....	186
5.2. Comparación De Parámetros, Entre Los Datos Campo Y Los	

Resultados Del Programa.....	186
5.3 Análisis De Errores.....	199

## **CAPITULO 6**

CONCLUSIONES.....	204
RECOMENDACIONES.....	206
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura 2.1.1: Gradiente de velocidad en un fluido en movimiento
- Figura 2.1.2: Curvas de índices de viscosidad típicos
- Figura 2.2.1: Presiones
- Figura 2.3.1: Ecuación de la continuidad
- Figura 2.3.2: Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación general de la energía
- Figura 2.3.3: Diagrama de Moody
- Figura 2.4.1: Coeficiente de resistencia de entrada
- Figura 2.4.2: Perdida de salida al salir el fluido hacia un depósito
- Figura 2.5.1: Sistema de línea de tubería en serie.
- Figura 2.5.2: Sistema de línea de tubería en serie.
- Figura 2.6.1: Elementos internos de una Bomba centrífuga
- Figura 2.6.2: Bomba centrífuga
- Figura 2.6.3: Funcionamiento de una bomba centrífuga de 2x3-10 operando a 1750rpm.
- Figura 2.6.4: Punto de operación de una bomba
- Figura 3.1.1: Diagrama del Poliducto Shushufindi – Quito
- Figura 3.1.2: Diagrama de la Distribución de las Principales Válvulas
- Figura 3.2.2.1: Estación de Bombeo Shushufindi
- Figura 3.2.2.2: Estación de Bombeo Quijos

Figura 3.2.2.3:	Estación de Bombeo Osayacu
Figura 3.2.2.4:	Estación de Bombeo Chalpi
Figura 3.2.2.5:	Estación de Bombeo de el Beaterio
Figura 4.1:	Entorno de desarrollo
Figura 4.2:	Cuadro de herramientas
Figura 4.3:	Diseñador de Windows Forms
Figura 4.4:	Editor de código
Figura 4.5:	Ventana Propiedades
Figura 4.6:	Ventana MENÚ
Figura 4.7:	Ventana MENÚ-Revisión
Figura 4.8:	Ventana MENÚ-Mantenimiento
Figura 4.9:	Ventana 1. ESTACIÓN
Figura 4.10:	Ventana 2. ESTACIÓN
Figura 4.11:	Ventana 3. ESTACIÓN
Figura 4.12:	Ventana 1. CÁLCULOS
Figura 4.13:	Ventana 2. CÁLCULOS
Figura 4.14:	Ventana 3. CÁLCULOS
Figura 4.15:	Ventana 4. CÁLCULOS
Figura 4.16:	Ventana 5. CÁLCULOS
Figura 4.17:	Ventana 1. PRESENTACIÓN DE DATOS
Figura 4.18:	Ventana 2. PRESENTACIÓN DE DATOS
Figura 4.19:	Ventana 3. PRESENTACIÓN DE DATOS
Figura 4.20:	Ventana GRÁFICO

- Figura 4.21: Ventana 1. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS
- Figura 4.22: Ventana 2. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS
- Figura 4.23: Ventana 3. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS-Actualizar Tramo
- Figura 4.24: Ventana 4. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS-Insertar Nuevo Tramo
- Figura 4.25: Ventana 5. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS-Eliminar Tramo
- Figura 4.26: Ventana ACTUALIZACIÓN DE ESTACIONES
- Figura 4.27: Validación ventana Calculo
- Figura 4.28: Validación ventana 1. Actualización de Tramos
- Figura 4.29: Validación ventana 2. Actualización de Tramos-Actualizar

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1.2:	Lista de las Principales Válvulas
Tabla 3.3.2.2.2:	Limites de Recepción de Interfaces
Tabla 4.1 :	Definiciones
Tabla 4.2 :	Tipos de datos
Tabla 4.3:	Variables De Módulo
Tabla 4.4:	Declarar argumentos en procedimientos
Tabla 4.5:	Funciones de conversión
Tabla 4.6:	Variables de entrada
Tabla 4.7:	Variables de salida

## LISTADO DE ANEXOS

Anexo A:	Coeficiente de resistencia-Dilatación gradual
Anexo B:	Coeficiente de resistencia – Dilatación gradual
Anexo C:	Contracción gradual
Anexo D:	Coeficiente de resistencia - Contracción gradual
Anexo E:	Gráfica compuesta del funcionamiento de una bomba centrífuga de 2x3-10 a 3500 rpm.
Anexo F:	Funcionamiento de una bomba centrífuga de 3x4-10 a 1750 rpm.
Anexo G:	Distancia en kilómetros entre Estaciones
Anexo H:	Descripción por Tramos
Anexo I:	Detalle de Accesorios de Control Instalados en la Línea ( Datos actualizados y medidos mediante un G.P.S. )
Anexo J:	Certificado de Calidad GLP
Anexo K:	Certificado de Calidad GASOLINA BASE
Anexo L:	Certificado de Calidad DIESEL 1
Anexo M:	Certificado de Calidad DIESEL 2
Anexo N:	Certificado de Calidad JET - A1
Anexo O:	Motor Generador
Anexo P:	Motor Diesel MWM
Anexo Q:	Motor Diesel MWM
Anexo R:	Bomba GUINARD de 14 etapas
Anexo S:	Motor Eléctrico
Anexo T:	Bomba GUINARD de 10 etapas

## NOMENCLATURA

D:	Diámetro interno del conducto
D/ε:	Rugosidad relativa de la pared interna de la tubería
f:	Factor de fricción
g:	Gravedad.
h:	Cambio de elevación
h <sub>A</sub> :	Energía añadidas ó agregada al fluido mediante un dispositivos mecánico
h <sub>L</sub> :	Pérdida de energía por parte del sistema, debida a la fricción en los conductos ó pérdidas menores debidas a la presencia de válvulas y conectores
h <sub>R</sub> :	Energía removida ó retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico, como podría ser un motor de fluido
h <sub>1</sub> :	Pérdida en la entrada
h <sub>2</sub> :	Pérdida por fricción en la línea de succión
h <sub>3</sub> :	Pérdida de energía en la válvula
h <sub>4</sub> :	Pérdida de energía por utilización de codos
h <sub>5</sub> :	Pérdida por fricción en la línea de descarga
h <sub>6</sub> :	Pérdida a la salida
K:	Coefficiente de resistencia
L:	Longitud de la corriente de flujo
m:	Cantidad de masa
N <sub>R</sub> :	Número de Reynolds

Pabs:	Presión absoluta
Patm:	Presión atmosférica
Pgage:	Presión manométrica
$P/\gamma$ :	Cabeza de presión
S1:	Área de la sección 1
S2:	Área de la sección 2
T:	Temperatura
V:	Volumen de una sustancia
V1:	Velocidad de flujo promedio 1
v:	Velocidad promedio del fluido
v1:	Velocidad de flujo promedio 2
$\frac{V^2}{2g}$ :	Cabeza de velocidad
w:	Cantidad de peso
Z:	Cabeza de elevación
$\rho$ :	Densidad de una sustancia
$\tau$ :	Tensión de corte ó la fuerza requerida para deslizar una capa de área unitaria de una sustancia sobre otra capa de la misma sustancia
$\mu$ :	Viscosidad dinámica
$\mu_0$ :	Viscosidad dinámica a 0 °C
$\nu$ :	Viscosidad cinemática
$\gamma$ :	Peso específico del líquido

$\Delta p$ : Cambio de presión

$\frac{\Delta V}{\Delta y}$ : Gradiente de velocidad ó conocida también como rapidez de corte ó cambio de velocidad con respecto a una posición

## VARIABLES UTILIZADAS EN EL PROGRAMA

Símbolo	Descripción
$\rho$	Densidad
M	Cantidad de masa
V	Volumen de la Sustancia
API	Son los grados API
W	Peso del elemento
Z	Elevación (diferencia de altura)
V	Velocidad promedio del fluido
G	Gravedad
P	Presión
$\gamma$	Peso específico
E	Cantidad total de energía
$h_A$	Energía añadida o agregada
$h_R$	Energía removida o retirada
$h_L$	Pérdidas de energía
Q	Caudal
A	Área de una sección
$N_R$	Número de Reynolds
D	Diámetro
$\nu$	Viscosidad cinemática
$\mu$	Viscosidad dinámica
F	Factor de fricción
L	Longitud de la corriente de flujo
K	Coefficiente de resistencia o pérdidas
Sg	Gravedad específica
$\pi$	Pi (3.14159)
BPH	Barriles por Hora
$\epsilon$	Rugosidad de la pared del conducto

## RESUMEN

El presente proyecto analiza las pérdidas de presión que sufre el poliducto Shushufindi – Quito, originados principalmente por la fricción y diferentes elementos mecánicos como válvulas, bombas, motores, etc, que dan lugar a las conocidas pérdidas menores que existen en toda la línea de la tubería, los cuales son calculados mediante una herramienta de Visual Basic.net, que nos brinda todas las facilidades de ingreso, almacenamiento y procesamiento de datos.

Para un mejor entendimiento del presente proyecto, se realiza una descripción total y detallado de todo el sistema y de sus condiciones de operación ó funcionamiento, y en el que se indica los diferentes tipos de productos que se bombean y distribuye en la empresa.

El poliducto esta constituido principalmente por cinco estaciones, los cuales están en comunicación constante para su efectiva coordinación y distribución de los productos demandados.

La primera estación es la de Shushufindi, la cual se conecta con la siguiente llamada Quijos, y esta con la de Osayacu, para finalmente enlazarse con la estación Chalpi y esta con el Beaterio, cuya característica principal de esta última estación, es ser una estación netamente reductora por las condiciones de operación que posee.

Todas las estaciones poliducto sufren pérdidas considerables provocados por la fricción, y también las denominadas pérdidas menores originadas por las series de elementos mecánicos que forman parte del sistema.

En la actualidad es muy indispensable realizar evaluaciones continuas en todas las áreas y en cualquier tipo de empresa para tener un conocimiento global y real del estado en que está funcionando u operando una empresa.

Por tal motivo en PETROCOMERCIAL, filial de PETROECUADOR, brindó el auspicio y las garantías necesarias para el desarrollo y culminación del presente proyecto de tesis, que se centra netamente en el cálculo de pérdidas de presión en el poliducto Shushufindi – Quito, para obtener una idea sobre la situación actual de todo el sistema. Lo que nos motivó y exigió a la vez, la aplicación de todos los conocimientos asimilados en la facultad para la obtención y logro de los objetivos planteados por la empresa interesada.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes**

El Poliducto Shushufindi-Quito tiene 27 años de operación y una extensión de 304 + 815 Km. Y posee cuatro estaciones de bombeo ubicadas en los siguientes puntos: Shushufindi, Quijos, Osayacu, Chalpi y dos estaciones de recepción: Oyambaro en donde se recepta el GLP (Gas Licuado de Petróleo), y el Beaterio ubicada al sur de la ciudad de Quito y en el que se almacenan los demás productos que veremos más adelante.

El Poliducto en su fase operativa tiene una capacidad promedio de bombeo de 370 BPH, evacuando los cinco productos: GLP, Gasolina Base, Destilado, Jet Fuel y Diesel 2, cuya operación del poliducto se programa de acuerdo a los estimados mensuales de demanda del Beaterio y Oyambaro.

Las estaciones de bombeo: Shushufindi, Quijos, Osayacu y Chalpi, consiste en bombas elevadoras de presión, detección de interfases, inhibidores de corrosión, comprobación y un sistema de medición, así como un sistema de alivio, un sistema para un lanzamiento de escariadores, tubería, válvulas necesarias, y otros.

Las bombas reforzadoras instaladas en cada estación de bombeo, obtienen la succión de una línea de 6 plg. Cada una de las líneas esta provista de una válvula de enchufe de 6 plg que aseguran la integridad del producto, activada por un motor. Una válvula térmica de alivio esta ubicada en cada una de las líneas para prevenir la sobre-presión en las partes bloqueadas del sistema. Los productos del tanque sumidero pueden ser reinyectados a la línea de entrada de gasolina base.

Es necesario dar a conocer que la Unidad de Programación y Abastecimiento de Hidrocarburos de PETROCOMERCIAL es la responsable de la programación de las partidas de productos a evacuarse desde Shushufindi, los programas se efectuaran con 48 horas de anticipación y en coordinación con la Superintendencia del Complejo Industrial Shushufindi.

## **1.1 Definición del Problema**

El proyecto que se propone como tema de tesis, surge de la necesidad de cubrir los diferentes inconvenientes que poseen las empresas petroleras generalmente en sus estaciones de bombeo y sistemas de distribución, las cuales cuentan con la tecnología para procesarlos, pero poseen varias dificultades y retrasos en los sistemas de bombeo y distribución, puesto que estos sistemas, además de poseer un diseño bien elaborado, requiere también de una excelente implementación, instrumentación, control y planificación de mantenimiento de todos los elementos que los componen, así como la supervisión absoluta de todas las variables y puntos importantes que intervienen en este proceso, como son: el caudal, la presión, las pérdidas de presión y el tipo de fluido que se este bombeando o distribuyendo en el sistema.

PETROCOMERCIAL, se ha dedicado y especializado en la elaboración o procesamiento de derivados básicos o de consumo masivo como: Gasolina, diesel, gas licuado de petróleo y residuo; y, derivados especiales o de consumo dirigido como: combustibles de aviación, asfaltos, solventes industriales, spray oil y azufre. Cuyas áreas de procesamientos han venido operando “eficientemente” durante sus primeros años de funcionamiento, sin embargo, por diferentes factores que han tenido la empresa, han dejado de lado métodos que permitan cuantificar las pérdidas de presión y realizar seguimientos del buen funcionamiento de todos sus elementos que constituyen estas áreas.

Cabe recalcar que en estos sistemas de distribución son unos de los procesos en el que existe la mayor cantidad de pérdidas de presión, debido a la fricción. Y las diferentes estaciones de bombeo del sistema cuentan con una gran variedad de elementos, como por ejemplo: Motores, Bombas, tuberías, tanques de alivio, tableros de control, PLC's y diferentes accesorios como: codos, tes, válvulas, medidores, sensores, etc, además de un sistema de drenaje ó desfogue, que incrementan las pérdidas. Los elementos que existen en las estaciones y que fueron nombrados anteriormente, llevan el control absoluto de todas las variables y puntos importantes que intervienen en el proceso de distribución.

Es por este motivo que se ha dado la necesidad en la empresa de realizar un "Cálculo de Pérdidas de Presión en el Poliducto Shushufindi - Quito de PETROCOMERCIAL, filial de PETROECUADOR, MEDIANTE UNA APLICACIÓN EN VISUAL BASIC .NET", con la finalidad de obtener un diagnóstico situacional de todo el proceso.

## **1.2 Alternativas de Solución del Problema**

En las diferentes visitas y recopilación de información que se realizó, se verificó las distintas dificultades que presenta actualmente la empresa en sus áreas de bombeo y distribución. Dichas áreas poseen un diseño original aceptable, pero no optimo, porque no cubre con las expectativas de producción. Por lo que se han realizado distintas modificaciones en su diseño original, con el único objetivo de ir eliminando elementos que han ido perdiendo su eficiencia, provocadas por la obsolescencia, también realizadas para optimizar los costos de producción y distribución.

Hay que resaltar que en estas áreas se tiene conocimiento sobre las diferentes pérdidas de presión que existen en el poliducto, pero con respecto a la cuantificación de las pérdidas causadas principalmente por efectos mecánicos (fricción) ha faltado un programa o dispositivo especial que facilite calcularlos.

Motivo por el cual, esta empresa se decidió autorizar y financiar este proyecto; puesto que, como bien sabemos este es la única manera de tener una idea global de la situación actual de toda la distribución, llegando a conocer plenamente las condiciones de funcionamiento del sistema.

### **1.3 Meta**

La meta planteada para este proyecto es obtener cálculos que nos permita visualizar de manera general las condiciones de operación y con que pérdidas de presión causados por efectos mecánicos, está funcionando las estaciones de bombeo del poliducto.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 General**

- Elaborar una aplicación de Visual Basic. Net, que determine las pérdidas de presión en el poliducto, causados por efectos mecánicos.

#### **1.4.2 Específicos**

- Generar un documento del funcionamiento de todo el sistema de distribución, detallando todas las condiciones de operación y funcionamiento.
- Cuantificar y verificar las pérdidas de presión mediante una Aplicación en Visual Basic.Net, estimando los costos de pérdidas existentes en el sistema.

- Generar recomendaciones y conclusiones sobre la situación actual y posibles soluciones en los diferentes elementos del sistema.

## **1.5. Alcance**

El proyecto que se propone como tema de tesis, surge de la necesidad que tienen los directivos de la empresa, de conocer en que situación se encuentran los diferentes elementos que conforman esta área, y con que pérdidas se está operando; y aportar a la vez al personal de la empresa, con ideas y argumentos necesarios para tomar decisiones correctivas ó realizar las modificaciones que se requieran para mejorar la eficiencia de todo el sistema de distribución del Poliducto.

Lo que hace imprescindible que se realicen cálculos de pérdidas de presión en el poliducto, puesto que, este es una de las formas de determinar las presiones en cada punto, y a la vez conocer las condiciones de funcionamiento y saber con que pérdidas se esta operando en las estaciones, llegando a tener una idea global de la situación actual del sistema.

## **1.6 Justificación**

Todas las estaciones de bombeo que constituyen el poliducto, poseen un diseño original aceptable, pero no óptimo, puesto que no han cubierto con todas las expectativas de producción que se han requerido. Por lo que se han realizado varias modificaciones en el diseño original, con el único objetivo de ir eliminando elementos que han ido perdiendo su eficiencia, provocadas por la obsolescencia, y también para optimizar los costos de producción y distribución.

Hay que resaltar, que el personal de todas las estaciones de bombeo tienen conocimiento de las diferentes pérdidas de presión que existen en el poliducto, pero no con respecto a la cuantificación de las pérdidas mediante un programa, que facilite determinar todas las pérdidas de presión existentes debido a efectos mecánicos, localizarlos y calcularlos con una exactitud razonable, para determinar las presiones más óptimas de bombeo.

Es por este motivo, que hace imprescindible que se realice un cálculo de pérdidas de presión en todo el poliducto, mediante una aplicación de Visual Basic .Net.

La elaboración de este proyecto dará a conocer a los directivos de la empresa, en que situación se encuentran los diferentes elementos que conforman esta área, y con que pérdidas se está operando. Aportando al personal de la empresa con ideas y argumentos necesarios para tomar decisiones correctivas ó realizar las modificaciones que se requieran para mejorar la eficiencia de todo el sistema de distribución del Poliducto.

## CAPITULO 2

### 2.1. Propiedades de los fluidos

#### 2.1.1. Densidad, peso específico y gravedad específica

##### 2.1.1.1. Densidad

La densidad es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia, y se expresa en unidades de Kg/m<sup>3</sup> y Slugs/pie<sup>3</sup>. Se lo obtiene con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \mathbf{2.1.1}$$

Donde:

$\rho$  = la densidad de una sustancia

$m$  = es la cantidad de masa

$V$  = volumen de una sustancia

Existe otra forma de obtener la densidad de una sustancia, por medio de una escala de densidad denominada API (American Petroleum Institute), expresándose los valores en grados API, que se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\text{GradosAPI} = \frac{141.5}{\text{densidad}} - 131.5 \quad \mathbf{2.1.2}$$

Cabe recalcar que las unidades de la densidad que se obtienen son: (g /cm<sup>3</sup>) y que cuanto mayor es el grado API, menor es la densidad de la sustancia.

---

<sup>1</sup> API.- American Petroleum Institute

### 2.1.1.2. Peso específico

El peso específico es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia, y se expresa en unidades de  $\text{N/m}^3$  y  $\text{lbf/ft}^3$ . Se lo obtiene con la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{w}{V} \quad \text{2.1.3}$$

Donde:

$\gamma$  = peso específico

w = la cantidad de peso

V = volumen de una sustancia

### 2.1.1.3. Gravedad específica<sup>2</sup>

La gravedad específica es adimensional y puede definirse de dos formas:

La gravedad específica es el cociente entre la densidad de una sustancia entre la densidad del agua a  $4^\circ \text{C}$ , representada de la siguiente forma:

$$Sg = \frac{\rho_s}{\rho_{W4^\circ\text{C}}} \quad \text{2.1.4}$$

Las unidades en que se puede expresar la densidad del agua a  $4^\circ \text{C}$ , son:

$$\rho_{W4^\circ\text{C}} = 1000 \text{ kg / m}^3 \quad \text{ó} \quad \rho_{W4^\circ\text{C}} = 1.94 \text{ Slugs / ft}^3$$

La gravedad específica es el cociente entre el peso específico de una sustancia entre el peso específico del agua a  $4^\circ \text{C}$ , representada de la siguiente forma:

---

<sup>2</sup> MOTT, R.L. Mecánica de fluidos aplicada. Traducido del inglés por Carlos Roberto Cordero Pedraza. 4ta. ed. México, Prentice Hall. 1996. 567p.

$$Sg = \frac{\gamma_s}{\gamma_{w4^\circ C}} \quad \mathbf{2.1.5}$$

Las unidades en que se puede expresar el peso específico del agua a 4° C, son:

$$\gamma_{w4^\circ C} = 9.81 \text{ kN / m}^3 \quad \text{ó} \quad \gamma_{w4^\circ C} = 62.4 \text{ lb / pies}^3$$

## 2.1.2. Viscosidad

La viscosidad es una medida de la resistencia del fluido a derramarse o fluir por el interior de un conducto. Existen dos tipos de viscosidades: la viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática.

### 2.1.2.1. La viscosidad dinámica

La viscosidad dinámica ( $\mu$ ) es el cociente entre la tensión de corte ( $\tau$ ) y el gradiente de velocidad ( $\Delta v / \Delta y$ ), y se la expresa en N.s/m<sup>2</sup> ó Kg/m.s. Su ecuación se observa a continuación:

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{\Delta V}{\Delta y}} \quad \mathbf{2.1.6}$$

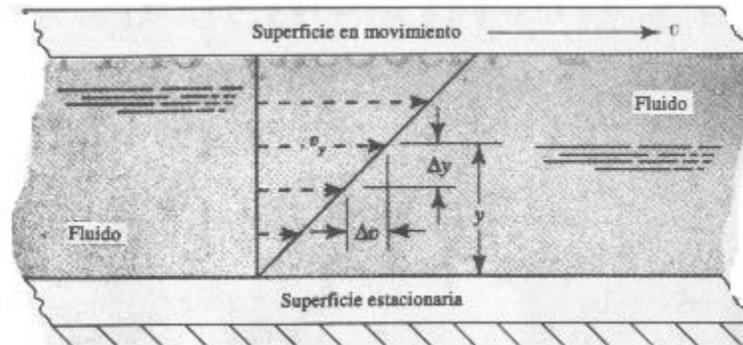
Donde:

$\tau$  = Tensión de corte ó la fuerza requerida para deslizar una capa de área unitaria de una sustancia sobre otra capa de la misma sustancia.

$\Delta v / \Delta y$  = Gradiente de velocidad ó conocida también como rapidez de corte ó cambio de velocidad con respecto a una posición (y).

Para tener una mejor idea de lo expresado anteriormente, se muestra el siguiente gráfico:

**Figura 2.1.1: Gradiente de velocidad en un fluido en movimiento**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

### 2.1.2.2. La viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática ( $\nu$ ) es el cociente de la viscosidad dinámica ( $\mu$ ) entre la densidad del fluido ( $\rho$ ). Su ecuación es la siguiente:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad 2.1.7$$

Donde:

$\nu$  = viscosidad cinemática

$\mu$  = viscosidad dinámica

$\rho$  = densidad del fluido

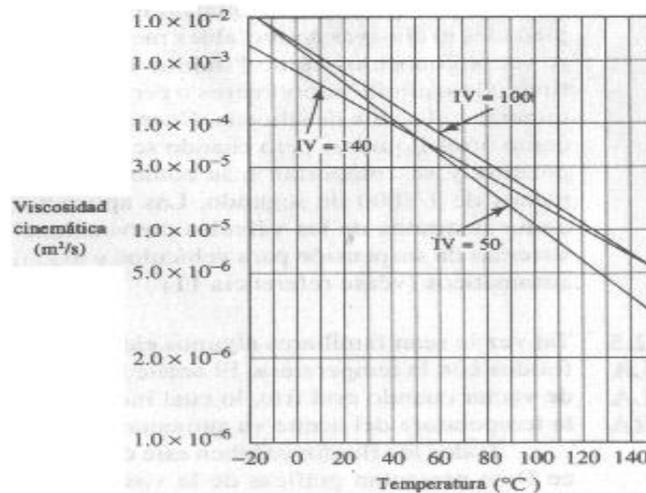
Esta viscosidad cinemática se lo puede expresar en sistema internacional:  $m^2/s$   
ó en el sistema británico:  $pies^2/s$

### 2.1.2.3. Variación de la viscosidad con la temperatura

Todos los fluidos presentan un cambio de viscosidad con respecto a la temperatura. Por ejemplo los aceites para motores son difíciles de vaciar cuando está frío, puesto que a temperaturas bajas este tipo de aceite presenta una viscosidad alta y según vaya incrementando la temperatura, su viscosidad va disminuyendo.

Una medida de que tanto varía la viscosidad de un fluido con la temperatura está dada por su índice de viscosidad (IV). Y de acuerdo con datos experimentales, se puede decir que un fluido con un alto índice de viscosidad muestra un cambio pequeño de viscosidad con respecto a la temperatura; en cambio, un fluido con un bajo índice de viscosidad exhibe un cambio grande en su viscosidad con respecto a la temperatura. A continuación se muestra la siguiente grafica en donde se puede obtener la viscosidad cinemática por medio de la temperatura y el índice de viscosidad:

**Figura 2.1.2: Curvas de índices de viscosidad típicos**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

Existen varias formulas que nos permiten evaluar la variación de la viscosidad del aceite al cambiar la temperatura. Una de las más sencillas es con la siguiente ecuación de Poiseuille:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + \alpha T + \beta T^2} \quad 3 \quad \mathbf{2.1.8}$$

Donde:

$\mu_0$  = viscosidad dinámica a 0 °C.

T = temperatura en °C

$\alpha$  y  $\beta$  son coeficientes constantes

#### **2.1.2.4. Variación de la viscosidad con la presión**

La viscosidad también presenta un cambio cuando se lo somete a diferentes presiones. Pero a diferencia con la variación de la temperatura, en este caso la variación de la viscosidad con la presión sigue una ley exponencial.

Según Barus y Kuss, se puede calcular la viscosidad en función de la presión por medio de la siguiente ecuación:

$$\mu = \mu_0 \exp(\alpha P) \quad \mathbf{2.1.9}$$

Donde

$\mu_0$  = es la viscosidad a presión atmosférica,

$\mu$  = es la viscosidad a la presión  $P$ ,

$\alpha$  = es un parámetro que, según Worster, vale:

El parámetro  $\alpha$ , según Worster se lo determina con la siguiente expresión:

---

<sup>3</sup> SMITH C.R., TRACY G.W. y FARRAR R.L. Applied reservoir engineering. No tiene traducción. Primera ed. Tulsa. 1992. V.1444p.

$$\alpha = (0.6 + 0.965 \log \mu) * 10^3 \quad \mathbf{2.1.10}$$

Hay que tomar en cuenta que esta expresión no es más que una aproximación y no es válida para todos los casos. Para presiones muy altas, es preferible utilizar la siguiente ecuación:

$$\mu = \mu_o (1 + CP)^n \quad \mathbf{2.1.11}$$

Donde:

C = una constante para una temperatura determinada, y

N = 16 para aceites lubricantes.

## **2.2. Medición de presión**

### **2.2.1. Presión absoluta y manométrica**

#### **2.2.1.1. Presión Absoluta**

La presión absoluta es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o presión cero absoluto. La presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas, lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña. Las presiones absolutas siempre son positivas. El vacío se refiere a presiones manométricas menores que la atmosférica, que normalmente se miden, mediante los mismos tipos de elementos con que se miden las presiones superiores a la atmosférica. Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa a modo de centímetros de mercurio (cmHg), metros de agua, etc.

Para entender de mejor manera como obtendremos la presión absoluta, debemos de reconocer que el gas que nos rodea (el aire), tiene un peso actuando sobre la tierra, lo que nos lleva a darnos cuenta que estamos

sometidos a una presión (atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica).

Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14.7 lb/plg<sup>2</sup> (101.35 Kpa), disminuyendo estos valores con la altitud de la localidad.

### **2.2.1.2. Presión Manométrica**

La presión manométrica es aquella presión que se mide con respecto a la presión atmosférica local. De tal manera que una presión manométrica de cero corresponde a una presión que es igual a la presión atmosférica local. Las presiones manométricas pueden ser positivas o negativas, dependiendo de si la presión está por arriba de la presión atmosférica (un valor positivo) ó por debajo de la presión atmosférica (un valor negativo).

Una presión manométrica negativa también se la conoce como presión de aspiración ó al vacío. Una vez visto y explicado lo que es la presión absoluta, manométrica, atmosférica y el vacío; podemos expresar la siguiente ecuación:

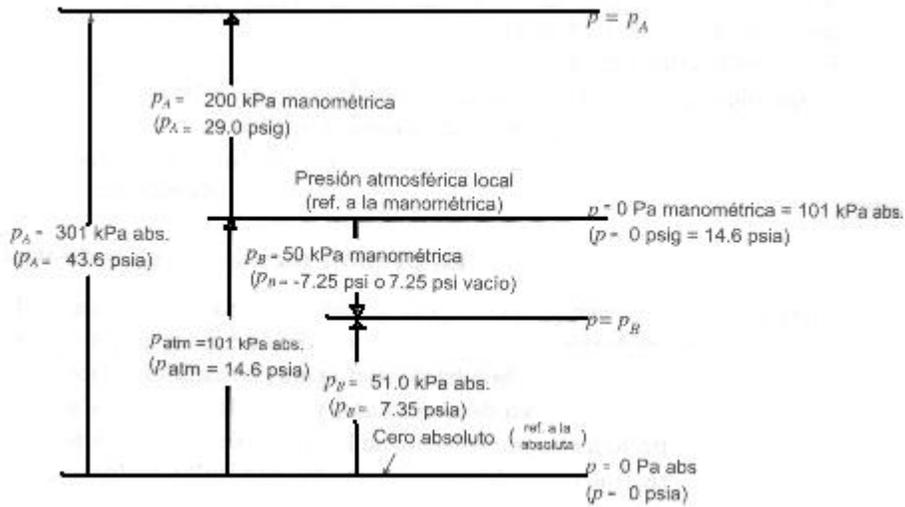
$$**Pabs = Pgage + Patm** \qquad \qquad \qquad \b{2.2.1}$$

Donde:

- Pabs = presión absoluta
- Pgage = presión manométrica
- Patm = presión atmosférica

En el gráfico que se muestra a continuación, nos ayuda a visualizar y entender de mejor manera las presiones mencionadas anteriormente:

**Figura 2.2.1: Presiones**<sup>4</sup>



Fuente: [www.Elprisma.com](http://www.Elprisma.com)

### 2.2.1.3. Relación entre presión y elevación

De acuerdo a datos experimentales se conoce que cuando un cuerpo se sumerge cada vez más en un fluido, la presión aumenta. El término elevación significa la distancia vertical a partir de un nivel de referencia.

Este cambio de presión en un líquido homogéneo en reposo debido al cambio en elevación, se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \gamma \cdot h \quad \mathbf{2.2.2}$$

Donde:

- $\Delta p$  = cambio de presión
- $\gamma$  = peso específico del líquido
- $h$  = cambio de elevación

<sup>4</sup> HODGE B.K. y TAYLOR R.P. Analysis and design of energy systems. No tiene traducción. 3a. ed. New Jersey, Prentice Hall. 1999. 475p

Cabe recalcar que la ecuación antes vista es válida únicamente para líquidos homogéneos en reposo, y que no es aplicable para gases debido a que un peso específico de un gas cambia con la presión. Sin embargo se requiere de un gran cambio en la elevación para producir un cambio significativo en la presión de un gas.

### 2.3. Ecuación general de la energía

En todo sistema de tuberías se presentan las siguientes energías denominadas: cabezas de presiones, cabezas de velocidades y de elevación. Dicha energía que posee el sistema, se disminuye debido a la oposición que tiene el fluido al movimiento causado por la fricción. Toda restricción que posea el fluido, cambio de velocidad de flujo ó cambio de dirección provocada por válvulas y conectores, producen pérdidas de energía en todo el sistema.

Existen otros dispositivos mecánicos que añaden ó remueven la energía del sistema, como por ejemplo: Una bomba añade energía y en cambio un motor de fluido remueve o retira energía del fluido.

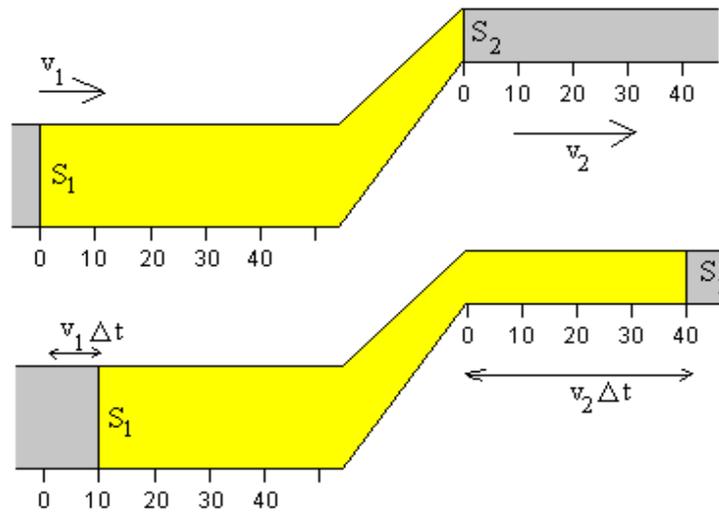
Como explicamos en el párrafo anterior, un sistema siempre pierde energía, pero el caudal permanece constante, de acuerdo a la ecuación de la continuidad, y que lo explicaremos a continuación:

**Ecuación de la continuidad:** La ecuación de la continuidad hace referencia al caudal de un sistema y su constancia de velocidad del fluido. En el siguiente gráfico se ilustra un tramo de un sistema de tubería, en el cual fluye un líquido representado de color amarillo y que se desplaza un  $(\Delta x)$  en un intervalo de tiempo  $(\Delta t)$ <sup>5</sup>:

---

<sup>5</sup> HODGE B.K. y TAYLOR R.P. Analysis and design of energy systems. No tiene traducción. 3a. ed. New Jersey, Prentice Hall. 1999. 475p.

**Figura 2.3.1: Gráfico de la continuidad**



**Fuente: [www.sc.ehu.es.com](http://www.sc.ehu.es.com)**

Para entender como se deduce la ecuación de la continuidad, nos basamos en el gráfico y consideramos una porción de fluido, en un instante inicial ( $t$ ) y en el instante ( $t+\Delta t$ ). En un intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ) la sección ( $S_1$ ) que limita a la porción de fluido en la tubería inferior se mueve hacia la derecha ( $\Delta x_1 = v_1 \cdot \Delta t$ ). La masa de fluido desplazada hacia la derecha es ( $\Delta m_1 = \rho \cdot S_1 \cdot \Delta x_1 = \rho \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$ ). De igual manera, la sección ( $S_2$ ) que limita a la porción de fluido considerada en la tubería superior se mueve hacia la derecha ( $\Delta x_2 = v_2 \cdot \Delta t$ ). en el intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ). La masa de fluido desplazada es ( $\Delta m_2 = \rho \cdot S_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$ ).

Debido a que el flujo es estacionario la masa que atraviesa la sección ( $S_1$ ) en el tiempo ( $\Delta t$ ), tiene que ser igual a la masa que atraviesa la sección ( $S_2$ ) en el mismo intervalo de tiempo. Luego obtenemos la siguiente relación denominada ecuación de continuidad:

$$V_1.S_1 = V_2.S_2^6$$

### 2.3.1

Donde:

$V_1$  = velocidad de flujo promedio 1

$S_1$  = área de la sección 1

$V_2$  = velocidad de flujo promedio 2

$S_2$  = área de la sección 2

Las unidades de las velocidades de flujo promedio pueden estar en (m/s) ó (pie/s), y de las secciones en (m) ó (pies). En la figura, el radio del primer tramo de la tubería es el doble que la del segundo tramo, luego la velocidad del fluido en el segundo tramo es cuatro veces mayor que en el primero. Deduciendo finalmente que la ecuación de continuidad se representa como:  $v_1.S_1 = v_2.S_2$ . Donde la velocidad del fluido en el tramo de la tubería que tiene menor sección es mayor que la velocidad del fluido en el tramo que tiene mayor sección. (Esto es, si:  $S_1 > S_2$ , se concluye que  $v_1 < v_2$ ).

### 2.3.1. Pérdidas y adiciones de energía

En la siguiente ecuación se muestran todas las cabezas de energías, pérdidas de energía, energías removidas y agregadas que existen en un sistema de tuberías:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad 7 \quad \mathbf{2.3.2}$$

Donde:

$P/\gamma$  = cabeza de presión

$Z$  = cabeza de elevación

$V^2 / (2g)$  = cabeza de velocidad

---

<sup>6</sup> Ecuación de Continuidad

<sup>7</sup> Ecuación General de la Energía, - MOTT, R.L. Mecánica de fluidos aplicada. Traducido del inglés por Carlos Roberto Cordero Pedraza. 4ta. ed. México, Prentice Hall. 1996. 567p.

$h_A$  = energía añadidas o agregada al fluido mediante un dispositivos mecánico.

$h_R$  = energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico, como podría ser un motor de fluido.

$h_L$  = pérdida de energía por parte del sistema, debida a la fricción en los conductos ó pérdidas menores debidas a la presencia de válvulas y conectores.

Esta ecuación de la energía es una forma “real”de lo que sucede en un sistema de tubería, en donde los dispositivos mecánicos tienen sus características, de entregar o no energía al sistema. Como por ejemplo una bomba, es un dispositivo que entrega energía a un fluido, aumentando su presión y haciéndolo fluir, y un motor eléctrico es un dispositivo mecánico que añade energía.

Es posible que no todos los términos de la ecuación general de la energía se presenten en un sistema. Por ejemplo si no hay un dispositivo mecánico entre las secciones de interés, los términos  $h_A$  y  $h_R$  serán igual a cero, y puede sacarse de la ecuación general. La magnitud de las pérdidas de energía producidas por muchos tipos de válvulas y de conectores es directamente proporcional a la velocidad del fluido. Lo anterior puede expresarse de manera matemática como:

$$h_L = K \cdot \left( \frac{V^2}{2g} \right)^8 \quad \mathbf{2.3.3}$$

Donde:

$K$  = coeficiente de resistencia

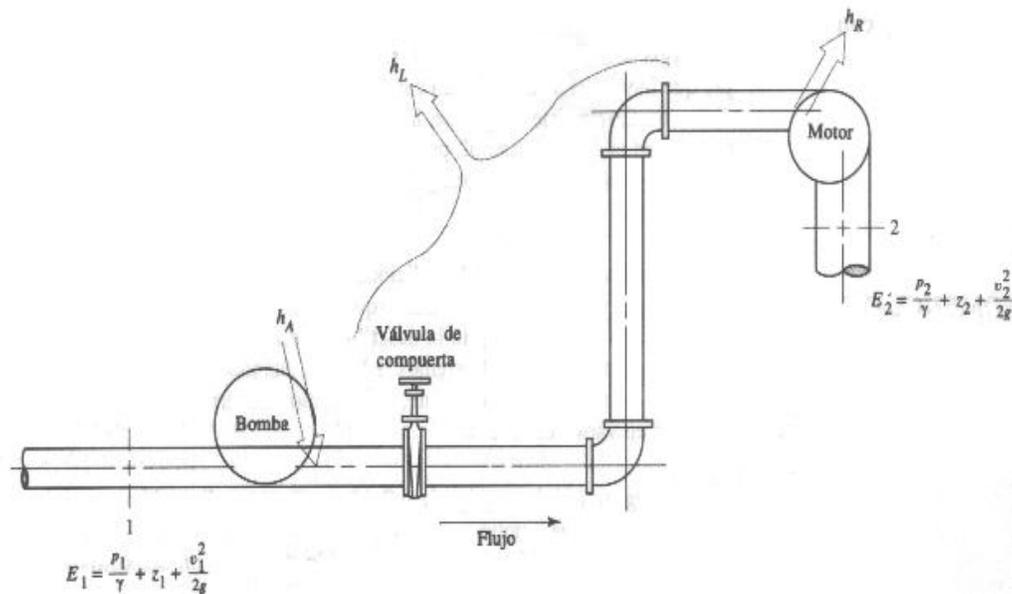
$V$  = velocidad promedio del fluido

$g$  = gravedad.

---

<sup>8</sup> Pérdida menor, la cual es despreciable por la longitud de la tubería.

**Figura 2.3.2: Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación general de la energía**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

### 2.3.2. Pérdidas de energía debido a la fricción

Dentro de un sistema de tuberías la mayor cantidad de pérdidas que se presentan, es causada principalmente por la fricción que se da al distribuir un fluido por un conducto. Mientras que los demás elementos como: válvulas, codos, juntas, etc, no disminuyen considerablemente la energía del sistema, motivo por el cual en muchos casos, no se los toma en cuenta en un proceso de cálculos de pérdidas de energía.

#### 2.3.2.1. Ecuación de Darcy

La ecuación de Darcy, es válida para cualquier flujo estable incompresible totalmente desarrollado en tubos, sin importar que la tubería sea horizontal o esté inclinada, tanto para flujo laminar o turbulento.

El término  $h_L$  es la pérdida de carga entre secciones. Una componente de la pérdida de la energía se debe a la fricción en el fluido en movimiento. La fricción es proporcional a la cabeza de velocidad del flujo y la cociente de la longitud entre el diámetro de la corriente del flujo, para el caso de flujo en conductos y en tubos. Lo anterior se expresa de manera matemática en la ecuación de Darcy:

$$h_L = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad 9 \quad \mathbf{2.3.4}$$

Donde:

$h_L$  = pérdida de energía debido a la fricción ( m, pie)

L = longitud de la corriente de flujo (m, pie)

D = diámetro de conducto (m, pie)

v = velocidad de flujo promedio (m/s, pie/s)

f = factor de fricción

### **2.3.2.2. Pérdidas de fricción en flujo turbulento**

Cuando el flujo es turbulento el factor de fricción no solo depende del número de Reynolds, sino también de Rugosidad relativas de las paredes de la tubería ( $\epsilon/D$ ), es decir, la rugosidad de las paredes de la tubería ( $\epsilon$ ) comparadas con el diámetro de la tubería (D). Para tuberías muy lisas, como las de latón extruído o el vidrio, el factor de fricción disminuye más rápidamente con el aumento del número de Reynolds, que para tubería con paredes más rugosas. Como el tipo de la superficie interna de la tubería comercial es prácticamente independiente del diámetro, la rugosidad de las paredes tiene mayor efecto en el factor de fricción para diámetros pequeños.

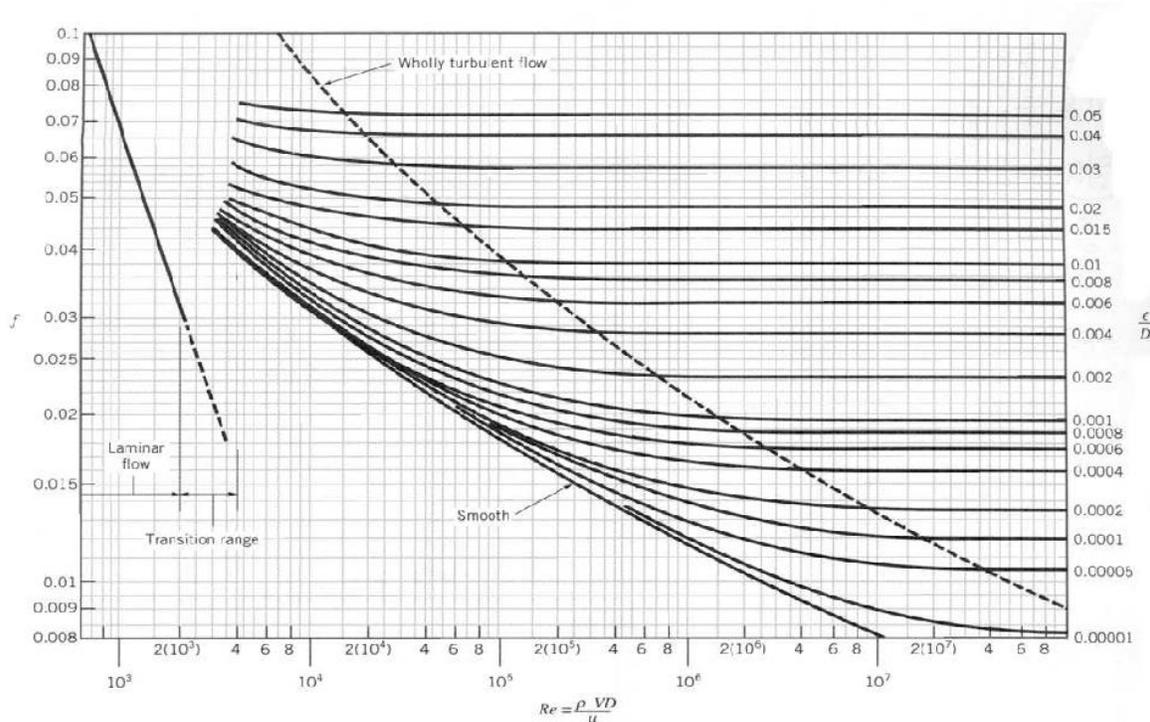
---

<sup>9</sup> Pérdidas por Ficción, - JOSEPH B. FRANZINI. Y E. JOHN FINNEMORE. Mecanica de fluidos con aplicaciones en ingenieria.

### 2.3.2.3. Ecuación del factor de fricción

El diagrama de Moody es un medio conveniente y lo suficientemente preciso para determinar el factor de fricción ( $f$ ) cuando se resuelve problemas mediante cálculos manuales. A continuación se muestra el diagrama:

**Figura 2.3.3: Diagrama de Moody**



**Fuente: Pao, RHF. Fluid Mechanics.**

En el diagrama de Moody se puede calcular el factor de fricción para tres diferentes flujos ó zonas:

**En la zona del flujo laminar:** Para valores de número de Reynolds por debajo de 2000, donde el factor de fricción ( $f$ ) puede encontrarse con la siguiente ecuación:

$$f = \frac{64}{N_R} \quad \mathbf{2.3.5}$$

y, el Número de Reynolds se obtiene con la siguiente fórmula:

$$N_R = \frac{VD\rho}{\mu} = \frac{VD}{\nu} \quad \mathbf{2.3.6}$$

Donde:

V = velocidad promedio de flujo  
D = diámetro interno del conducto  
ρ = la densidad de una sustancia  
μ = la viscosidad dinámica  
ν = viscosidad cinemática

**En la región crítica:** Para los números de Reynolds desde 2000 hasta 4000, el flujo se encuentra entre el flujo laminar y flujo turbulento, y es imposible predecir el valor de f, porque no se trazan curvas para determinar el factor de fricción.

**En la zona del flujo turbulento:** Para flujos por encima del número de Reynolds de 4000. Existen dos zonas de interés en este punto. Hacia el lado derecho del diagrama, el flujo esta en la zona de completa turbulencia. Se puede observar que el valor de f no depende del número de Reynolds, sin solo de la rugosidad relativa (D/ε). En este intervalo, se aplica la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left( 3.7 \frac{D}{\varepsilon} \right) \quad \mathbf{2.3.7}$$

La frontera de esta zona es la línea punteada que corre, por lo general, de la parte superior izquierda a la parte inferior derecha del diagrama de Moody. La ecuación de esta línea es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{NR}{200 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} \quad \mathbf{2.3.8}$$

La tercera zona del diagrama de Moody, que se conoce como la zona de transición, se encuentra entre la zona de completa turbulencia y la línea que identifica como conductos lisos. La línea de conductos lisos tiene la ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left( \frac{N_R \cdot \sqrt{f}}{2.51} \right) \quad \mathbf{2.3.9}$$

Siendo lisos, estos conductos no presentan irregularidades superficiales al flujo, de modo que el factor de fricción solo es función del número de Reynolds. En la zona de transición, el factor de fricción es función tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{2.51}{N_R \sqrt{f}} \right] \quad \mathbf{2.3.10}$$

Hay que tomar en cuenta que esta ecuación requiere de un procedimiento de solución de prueba y error, por tal motivo no es aconsejable utilizarlo para cálculos programados. La siguiente ecuación es recomendable utilizar para flujos de completa turbulencia:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left[ \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right] \right]^2} \quad \mathbf{2.3.11}$$

Donde:

$D/\varepsilon$  = Rugosidad relativa de la pared interna de la tubería

$\nu$  = viscosidad cinemática

$N_R$  = Número de Reynolds

Cabe recalcar que la ecuación anteriormente vista produce valores de  $\pm 1$  % del valor de los correspondiente a la ecuación 2.3.11, con rugosidades relativas

comprendidos entre 1000 y  $1 \times 10^6$ , y para números de Reynolds entre  $5 \times 10^3$  y  $1 \times 10^8$ .

## **2.4. Pérdidas menores**

### **2.4.1. Fuentes de pérdidas menores**

En la mayor parte de los sistemas de flujo, la pérdida de energía primaria que se originan por la fricción de conducto. Los demás tipos de pérdidas generalmente son pequeñas en comparación por las producidas por fricción, y es por este motivo que se los conoce como pérdidas menores. Las pérdidas menores ocurren en las tuberías debido a dobleces, juntas, ó cuando existen hay un cambio en la sección cruzada de la trayectoria de flujo ó en la dirección de flujo (codos), ó cuando la dirección de flujo se encuentra obstruida, como sucede con una válvula. Generalmente la energía en un sistema se pierde debido a estos fenómenos físicos. La predicción teórica de la magnitud de estas pérdidas es compleja, y por tal motivo se utilizan datos experimentales para determinarlos.

### **2.4.2. Coeficiente de Resistencia**

La magnitud del coeficiente de resistencia esta en función de la geometría que provoca la pérdida y algunas veces depende de la velocidad de flujo. El Coeficiente de resistencia no tiene unidades. Este coeficiente es útil para determinar la pérdida de energía que se produce en la tubería debido a los siguientes casos:

- Por pérdidas de entrada
- Por pérdidas a la salida
- Por una dilatación súbita
- Por una contracción súbita
- Por una dilatación gradual

Por una contracción gradual  
Codos, válvulas y juntas.

y se lo aplica en la siguiente ecuación:

$$h_L = K \left( \frac{v^2}{2g} \right) \quad \mathbf{2.4.1}$$

Donde:

$h_L$  = pérdidas menores

K = coeficiente de resistencia

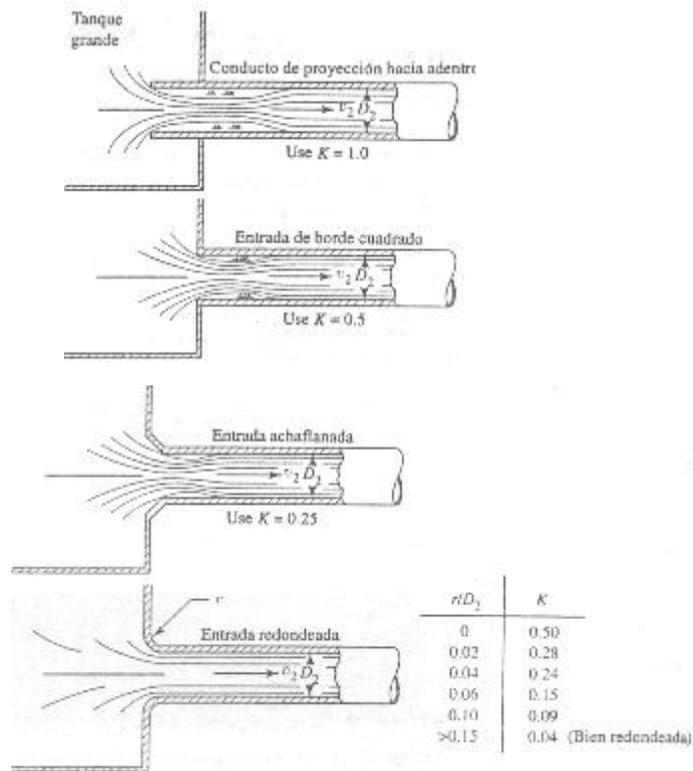
V = velocidad de flujo promedio

Más gráficas y tablas sobre pérdidas de este tipo se muestran en los anexos A, B, C y D. A continuación se muestra como se obtiene los coeficientes de resistencia de los dos primeros tipos de pérdidas.

### **2.4.3. Pérdida de entrada**

Este tipo de pérdida se produce cuando un fluido fluye desde un tanque relativamente grande hacia un conducto, a este caso se lo puede considerar como un tipo de contracción, puesto que el fluido debe acelerar desde una velocidad relativamente despreciable a la velocidad del flujo del conducto. En la siguiente figura se ilustra como se dirige y disminuye la velocidad cuando existe pérdida de entrada:

**Figura 2.4.1: Coeficiente de resistencia de entrada**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

El cálculo de las pérdidas de energía de entrada, se lo puede determinar con la siguiente expresión:

$$hL = K \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

**2.4.2**

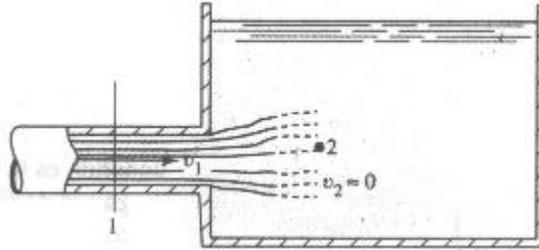
Donde el valor del coeficiente de resistencia de entrada ( $K$ ) depende únicamente de la geometría de entrada.

#### **2.4.4. Pérdida de salida**

Cuando el flujo de un fluido de un conducto va hacia un gran depósito ó tanque, su velocidad disminuye hasta casi cero. En el proceso, la energía que el fluido

poseía en el conducto, indicada por la cabeza de velocidad  $v^2/2g$ , se disipa. En la siguiente figura se ilustra como se dirige y disminuye la velocidad cuando existe pérdida de salida:

**Figura 2.4.2: Perdida de salida al salir el fluido hacia un depósito**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

La pérdida de energía para esta condición se expresa de la siguiente manera:

$$hL = 1.0 \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

**2.4.3**

La ecuación anterior se conoce como pérdida de salida y el coeficiente de resistencia siempre tomará el valor de la unidad ( $K=1$ ) sin importar la forma de salida donde el conducto se conecta con la pared del tanque.

## **2.5. Sistema de tuberías en serie**

Los sistemas reales de flujo de fluidos frecuentemente poseen pérdidas secundarias y pérdidas debido a la fricción conforme el fluido es trasladado de un punto a otro a través de una trayectoria continua única. Cuando un sistema posee una tubería en serie única, se los conoce como sistemas de línea de tubería en serie. Dichos sistemas se clasifican dependiendo de los parámetros que se posea, de las condiciones y de los datos que se necesite determinar en el sistema.

### 2.5.1. Clasificaciones de sistemas

En todos los sistemas de flujo de tubería siempre existirán considerables pérdidas de energía debido a la fricción, y pérdidas menores que en ocasiones no se los toma en cuenta cuando se trata de sistemas que poseen grandes longitudes de tubería.

Cuando un sistema de tuberías es diseñado de tal forma que el fluido fluye a través de una línea continua sin ramificaciones, se los conoce como sistema en serie, y si la línea de flujo se ramifica en dos o más líneas, se los conoce con el nombre de sistema paralelo.

La siguiente ecuación que se muestra, considera todas las energías y tipos de pérdidas que se pueden presentar en un sistema de tubería en serie:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \mathbf{2.5.1}$$

En esta la energía que posee el fluido en el punto 1 se presenta por la cabeza de presión ( $P_1/\gamma$ ), la cabeza de elevación ( $Z$ ) y cabeza de velocidad ( $v_1^2/2g$ ). Y los términos similares que se muestran al lado derecho representan la energía que posee el fluido en el punto 2. En cambio, los términos  $h_A$  representa la energía agregada al fluido, y  $h_L$  indica la pérdida energía total del sistema en cualquier lugar entre los puntos de referencia 1 y 2.

Esta pérdida se lo obtiene con la sumatoria de todas las pérdidas existentes en el sistema y que es representado de la siguiente manera:

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 \quad \mathbf{2.5.2}$$

Donde:

$h_L$  = pérdida de energía total por unidad de peso del fluido que fluye

$h_1$  = pérdida en la entrada

$h_2$  = pérdida por fricción en la línea de succión

$h_3$  = pérdida de energía en la válvula

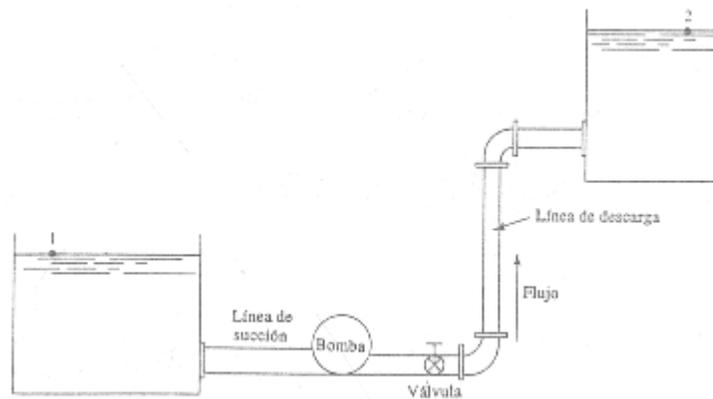
$h_4$  = pérdida de energía en los dos codos a  $90^\circ$

$h_5$  = pérdida por fricción en la línea de descarga

$h_6$  = pérdida a la salida

Para entender de mejor manera, se ilustra la siguiente figura en donde se observa todos los puntos mencionados anteriormente:

**Figura 2.5.1. Sistema de línea de tubería en serie.**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

Hay que tomar en cuenta que en todo diseño de un sistema de flujo de tubería existen seis parámetros básicos que son de importancia en el análisis de un sistema de tuberías:

1. Las pérdidas de energía del sistema o la adición de energía al sistema
2. La velocidad de flujo de volumen del fluido o la velocidad del fluido
3. El tamaño de la tubería
4. La longitud de la tubería
5. La rugosidad de la pared de la tubería,
6. Las propiedades del fluido como peso específico, densidad y viscosidad

En el diseño de un sistema, generalmente se determina las pérdidas ó adición de energía al sistema, la velocidad del fluido ó el tamaño de la tubería, mientras que los demás parámetros involucrados, se los conoce ó pueden especificarse por el diseñador. La forma de clasificar un sistema de tubería, depende de lo que no es conocido ó se desee determinar por el diseñador. Los métodos que se describen a continuación se clasifican de la siguiente forma:

Clase I : Se determinarán las pérdidas o adiciones de energía

Clase II : Se determinará la velocidad del flujo de volumen

Clase III: Se determinará el diámetro de la tubería

### **2.5.1.1. Sistemas de Clase I**

Para conocer ó analizar los sistemas Clase I, se debe proceder a calcular todos los parámetros que intervienen y que ya se los estudio en los temas anteriores, como por ejemplo: cabezas de velocidades, de alturas y de presión, velocidad promedio del flujo, número de Reynolds, coeficientes de resistencia, factores de fricción, etc. Tomando en cuenta que las pérdidas de energía se deben evaluar e incluir e introducir en la ecuación de la energía general.

A continuación se observará las todas las pérdidas individuales y que forman parte de la perdida de energía total del sistema.

$$h_1 = K \cdot \left( \frac{V_s^2}{2g} \right) \quad \mathbf{2.5.3}$$

$$h_2 = f_s \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{V_s^2}{2g} \right) \quad \mathbf{2.5.4}$$

$$h_3 = f_{dT} \left( \frac{Le}{D} \right) \left( \frac{V_d^2}{2g} \right) \quad \mathbf{2.5.5}$$

$$h_4 = f_{dT} \left( \frac{Le}{D} \right) \left( \frac{V_d^2}{2g} \right) \quad \mathbf{2.5.6}$$

$$h_5 = f_d \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{V_d^2}{2g} \right) \quad \mathbf{2.5.7}$$

$$h_6 = 1.0 \left( \frac{V_d^2}{2g} \right) \quad \mathbf{2.5.8}$$

En las expresiones anteriormente vistas, los subíndices “s” indica que se trata de la línea de succión, y el subíndice “d” indica se trata de la línea de descarga. Cabe recalcar que estos problemas utilizan una serie de fórmulas o ecuaciones cuando se trata de determinar los parámetros de un sistema de tuberías ya diseñado. Siendo posible programar todos los procedimientos y ecuaciones empleados.

### **2.5.1.2. Sistemas de Clase II**

Cuando se conozca ó tenga como dato la velocidad de flujo de volumen en el sistema, se procederá a analizar el funcionamiento del sistema por iteración. Si fuese el caso que se desconozca la velocidad del flujo de volumen, entonces la velocidad de flujo y el número de Reynolds se desconocen también puesto ambos dependen de la velocidad. Si no se puede encontrar el número de Reynolds, entonces el factor de fricción  $f$  tampoco se puede determinar, puesto que las pérdidas de energía debido a la fricción dependen tanto de la velocidad

como del factor de fricción, resumiendo que el valor de las pérdidas no pueden calcular directamente. La iteración es un método de solución del tipo prueba y error, por lo que se asume un valor de prueba para el factor de fricción desconocido  $f$ , permitiendo el cálculo de una velocidad de flujo. Este método proporciona una forma de verificar la exactitud del valor de prueba de  $f$ . El procedimiento para solucionar problemas Clase II se presenta a continuación:

1. Escribir la ecuación de energía del sistema.
2. Evaluar las cantidades conocidas tales como las cabezas de presión y las cabezas de elevación.
3. Expresar las pérdidas de energía en términos de la velocidad desconocida  $v$  y el factor de fricción  $f$ .
4. Despejar la velocidad en términos de  $f$ .
5. Expresar el número de Reynolds en términos de la velocidad.
6. Calcular la rugosidad relativa  $D/\varepsilon$ .
7. Seleccionar un valor de prueba  $f$  basado en el valor conocido  $D/\varepsilon$  y un número de Reynolds en el rango de turbulencia.
8. Calcular la velocidad, utilizando la ecuación del paso 4.
9. Calcular el número de Reynolds de la ecuación del paso 5.
10. Evaluar el factor de fricción  $f$  para el número de Reynolds del paso 9 y el valor conocido de  $D/\varepsilon$ , utilizando el diagrama de Moody.
11. Si el nuevo valor de  $f$  es diferente del valor utilizado en el paso 8, repetir los pasos 8 a 11 utilizando el nuevo valor de  $f$ .
12. Si no se presenta ningún cambio significativo en  $f$  del valor asumido, entonces la velocidad que se encontró en el paso 8 es correcta.

De la misma manera que los sistemas de Clase I, estos sistemas de Clase II también se pueden programar para facilitar todo el proceso de iteración.

### Sistemas de Clase III

Estos sistemas presentan reales inconvenientes de diseño, puesto que requieren de una caída de presión permitida o pérdida de energía, una velocidad de flujo de volumen deseado, las propiedades del fluido y el tipo de tubería que se empleará. Todos estos parámetros nos servirán para determinar el tamaño de tubería más adecuado para el sistema. Se debe de reconocer que la velocidad de flujo, el número de Reynolds y la rugosidad relativa  $D/\varepsilon$  dependen del diámetro de la tubería. Por lo que el factor de fricción no puede determinar directamente.

Como se procedió en los problemas anteriores, también es recomendable utilizar el método de iteración para resolver problemas de diseño de este tipo. A continuación se muestran los pasos que se deben de seguir para solucionar problemas solo con pérdidas de fricción:

1. Escribir la ecuación de la energía del sistema.
2. Despejar la pérdida de energía total  $h_L$  y evalúe las cabezas de presión y elevaciones conocidas.
3. Expresar la pérdida de energía en términos de la velocidad, utilizando la ecuación de Darcy
4. Expresar la velocidad en términos de la velocidad de flujo de volumen y el diámetro de la tubería
5. Sustituir la expresión de velocidad en la ecuación de Darcy
6. Despejar el diámetro
7. Expresar el número de Reynolds en términos del diámetro
8. Asumir un valor de prueba inicial para  $f$ , porque el  $N_R$  y  $D/\varepsilon$  son incógnitas, El valor inicial puede ser cualquier valor.
9. Calcular:  $(C1 \cdot f)^{0.2}$ , donde  $C1=(8.LQ^2/\pi^2gh_L)$
10. Calcular  $N_R=(C2/D)$ , donde  $C2=(4Q/\pi.v)$

11. Calcular  $D/\varepsilon$
12. Determinar el nuevo valor para el valor de fricción  $f$  del diagrama de
13. Moody.
14. Comparar el nuevo valor de  $f$  con el que se asumió en el paso 8 y repita los pasos 8 al 12 hasta que no se pueda detectar un cambio significativo en  $j$ . El diámetro calculado en el paso 9 es entonces correcto.

Estos tipos de problemas se pueden realizar a través de un programa avanzado que permita facilitar la iteración y la obtención de datos por medio de diagramas.

### 2.5.1.3. Línea de energía y perfil hidráulico

Los conceptos de perfil hidráulico (RH) y línea de energía (LE) las cuales representan una interpretación geométrica de un flujo y se utiliza de manera efectiva para representar mejor los procesos fundamentales en un sistema.

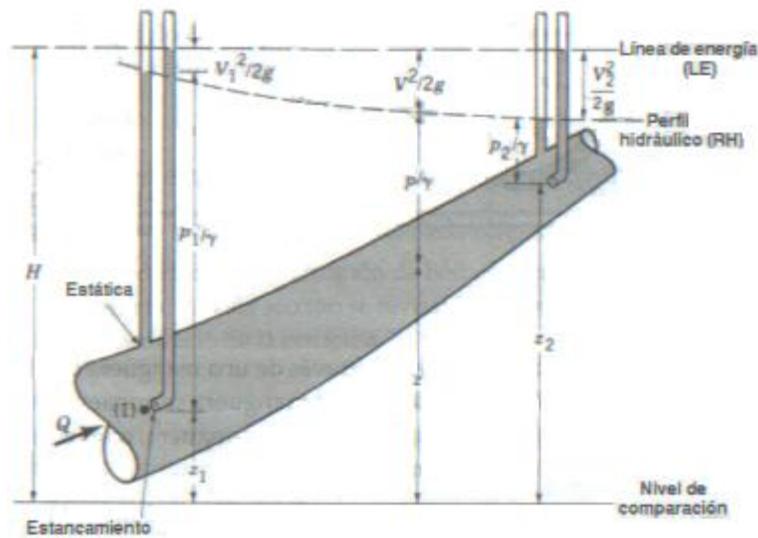
En flujos estables, no viscosos e incompresible la energía total permanece constante a lo largo de una línea de corriente. La carga total  $H$ , es una constante de la ecuación de Bernoulli que se representa de la siguiente manera:

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z \quad \text{2.5.9}$$

Donde se establece que la suma de la carga de presión, la carga de velocidad y la carga de la altura es constante a lo largo de la línea de corriente.

La línea de energía es una recta que representa la carga total disponible para el fluido como observamos en la figura 2.5.2 en donde la elevación de la línea de energía se puede obtener midiendo la presión de estancamiento con un tubo Pitot. Mientras que el perfil hidráulico esta a una carga de velocidad,  $v^2/2g$ , por abajo de la línea de energía.

**Figura 2.5.2. Sistema de línea de tubería en serie.**



**Fuente: MUNSON YOUNG, FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE FLUIDOS**

El lugar geométrico de las elevaciones que se obtiene con una serie de tubos Pitot se denomina línea de energía ( LE ), y la que se obtiene con una serie de espitas piezométricas se denomina perfil hidráulico ( RH )

## **2.6. Bombas centrífugas**

Se conoce que en todo tipo de sistema de tuberías, se utilizan diferentes clases de bombas dependiendo de los parámetros que influyen en la eficiencia del sistema. Entre los puntos más importantes que se deben de tomar en cuenta para la selección de una bomba, son los siguientes:

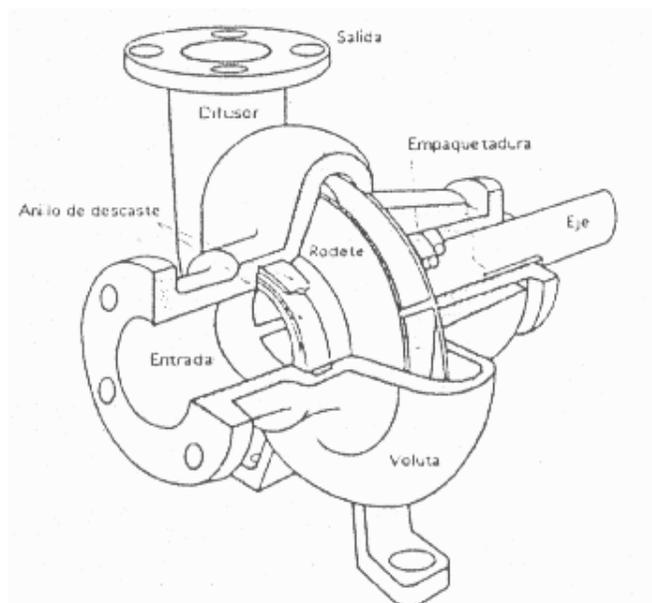
- La naturaleza del líquido (gravedad específica, viscosidad, etc)
- La capacidad requerida (velocidad de flujo de volumen)
- Las condiciones de succión y descarga
- La cabeza total de la bomba (energía añadida)
- El tipo de sistema con el que conectado la bomba
- El tipo de fuente de alimentación (motor eléctrico, motor diesel, etc)

- Las restricciones ó condiciones ( espacio, peso y posición )
- Las condiciones ambientales
- El costo de la compra, instalación y operación
- Los Códigos y estándares de la bomba

En un sistema de tubería en serie se puede aplicar diferentes tipos de bombas, pero uno de los más aplicados y de mayor interés son las bombas de centrífugas, es por este motivo que a continuación veremos su definición y funcionamiento de este tipo de bombas.

Son máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico. Estos tipos de bombas forman parte de las también llamadas bombas cinéticas, puesto que adicionan energía al fluido acelerándolo a través de la acción un impulsor giratorio. A continuación se ilustra una bomba centrífuga cortada parcialmente para observar de mejor manera sus elementos internos y el nombre de cada uno de estos:

**Figura 2.6.1: Elementos internos de una Bomba centrífuga**



**FUENTE: MANUAL PETROCOMERCIAL**

Una vez visto las partes principales de las bombas centrífugas, veremos como se clasifican<sup>10</sup>:

- **Bomba de tipo voluta.-** En este tipo de bomba el impulsor de caja espiral que se expande progresivamente de forma que el líquido se reduce en forma gradual. Por este medio, parte de la energía de la velocidad del líquido se transforma en presión estática.
- **Bomba tipo difusor.-** Los álabes direccionales estacionarios rodean al rotor o impulsor. Los pasajes con expansión gradual cambia de dirección del flujo del líquido y convierten la energía de velocidad columna de presión.
- **Bomba de turbina.-** También conocida con el nombre de bomba de vórtice, periférica y regenerativas. En este tipo se producen remolinos en el flujo por medio de los álabes a velocidades muy altas dentro del canal anulas en el que gira el impulsor. El líquido va recibiendo impulsos de energía.
- **Bombas centrífugas de flujo mixto y axial.-** Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido. El diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de entrada. Las bombas de flujo axial desarrollan su columna por la columna por la acción de impulso o elevación de las paleras sobre el líquido.

A continuación veremos como es el funcionamiento y la aplicación de las curvas características que poseen las bombas centrífugas:

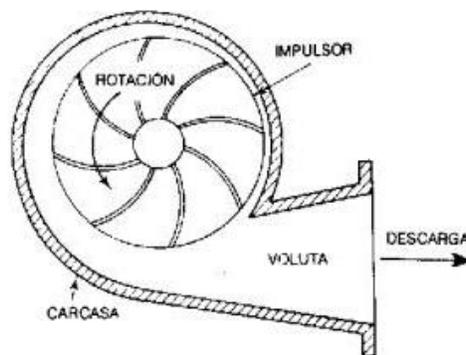
---

<sup>10</sup> Tipos de Bombas Centrífugas; Manual de Petrocomercial.

## 2.6.1. Funcionamiento y sus curvas características

**Funcionamiento:** En una bomba centrífuga el líquido ingresa axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, el cual es accionado por un motor. De esta manera produciendo un cambio de dirección repentina, haciendo que transforme en un movimiento radial del fluido, adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

**Figura 2.6.2 Bomba centrífuga**



**FUENTE:** [www.elprisma.com](http://www.elprisma.com)

Los álabes del rodete someten al líquido a un movimiento a rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonen el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre este y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lazado los filetes líquidos contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsor.

La carcasa, esta dispuesto en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ellas y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del rodete, una

directriz de álabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo a la voluta.

**Curvas características:** Todos los datos y curvas que se disponen de las bombas se los puede obtener por medio de los mismos fabricantes. Existen diferentes curvas características, entre los más importantes son:<sup>11</sup>

- Efectos de velocidad
- Potencia requerida
- Eficiencia
- Cabeza de succión positiva neta requerida
- Gráfica de funcionamiento compuesto
- Gráfica de funcionamientos adicionales

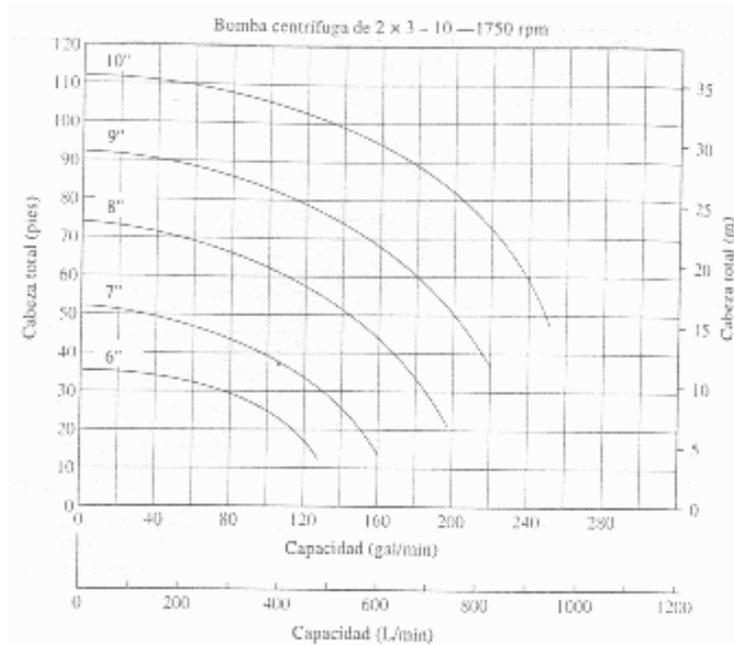
A continuación se muestra un ejemplo de aplicación de las curvas características de una bomba:

**Efectos de velocidad.-** En la siguiente figura se muestra el funcionamiento de la bomba 2x3-10 operando a 1750 rpm en lugar de 3500 rpm. Donde se observan datos de las cabezas totales máximas en cada tamaño de impulsor y la capacidad que posee la bomba. Si estos datos se comparan con otras bombas de similares condiciones, podemos darnos cuenta que si duplicamos la velocidad, se incrementa la capacidad de la cabeza total en un factor de 4. Si las curvas se extrapolan hacia el punto de cabeza total cero donde se presenta la capacidad máxima, se observa que la capacidad se duplica conforme la velocidad se duplica también.

---

<sup>11</sup> MOTT, R.L. Mecánica de fluidos aplicada. Traducido del inglés por Carlos Roberto Cordero Pedraza. 4ta. ed. México, Prentice Hall. 1996. 567p

**Figura 2.6.3: Funcionamiento de una bomba centrífuga de 2x3-10 operando a 1750 rpm**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

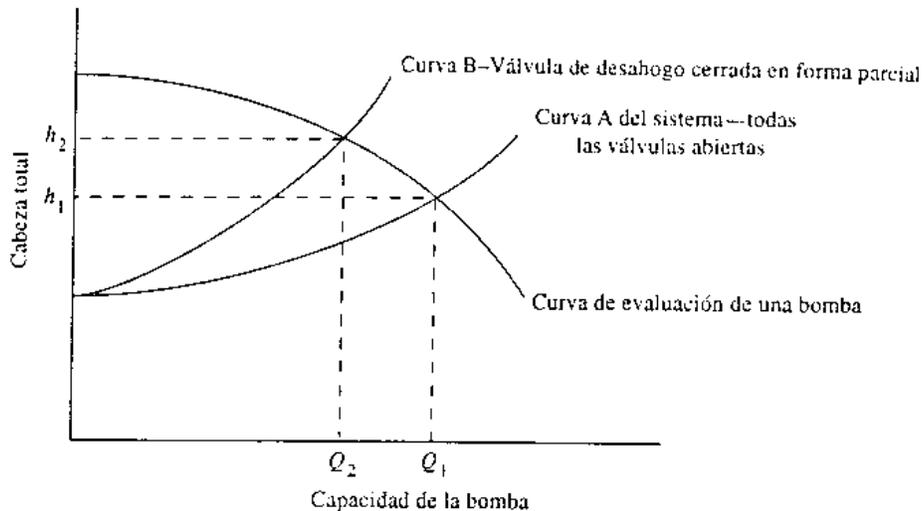
En los Anexos G y H se muestran otros ejemplos de curvas características y funcionamientos de distintas bombas centrífugas.

### **2.6.2. Punto de operación de una bomba**

El punto de operación de una bomba proporciona su capacidad a un determinado valor de cabeza total. La curva A en la figura 2.6.4 ilustra como un determinado sistema de tubería se comportaría en términos de la fricción en el sistema como una función de la velocidad de flujo  $Q$ . recuerde que la pérdida de energía en un sistema de tuberías, y por lo tanto, la cabeza que debe desarrollar la bomba, se incrementa aproximadamente conforme el cuadrado de la velocidad de flujo. Suponga que la curva A representa un sistema con todas las válvulas de regulación abiertas.

A medida que una o mas válvulas se encuentran cerradas en forma parcial, una resistencia mayor se desarrolla y la curva del sistema se observa como la curva B siguiente:

**Figura 2.6.4: Punto de operación de una bomba**



**Fuente: ROBERT L, MOTT. MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**

Sobreponiendo las curvas del sistema en una curva de evaluación de una bomba puede ver como se logra el control de flujo. Con todas las válvulas abiertas, la intersección de la curva A del sistema y la curva de la de la bomba sería el punto de operación, una capacidad  $Q_1$  a un valor de cabeza  $h_1$  en este caso. Cerrando en forma parcial una válvula movería el punto de operación a la intersección de la curva B y la curva de la bomba  $Q_2$  en  $h_2$ . Es por este motivo que el proceso de selección de una bomba debe realizárselo con detenido análisis.

### **2.6.3. Bombas en serie<sup>12</sup>**

En un sistema en serie la descarga de una bomba constituye la succión de la siguiente. La cabeza de presión resultante es la suma algébrica vertical de las cabezas de presión parciales de cada bomba para un mismo valor de caudal de flujo. Este tipo de arreglos se utiliza cuando se necesita altos valores de cabeza en la descarga de las bombas. Cuando la curva del sistema exhibe un alto valor de las presiones estática y residual, que son independientes del flujo, y este valor de presión no puede ser alcanzado por una sola bomba, se debe usar un sistema en serie. Los sistemas de bombeo en serie, son apropiados cuando la curva del sistema presenta un alto valor del componente de pérdidas por fricción.

### **2.6.4. Bombas en paralelo**

Cuando las bombas trabajan en paralelo, todas trabajan para vencer una presión a la descarga común. Por lo tanto es importante que para hacer un arreglo en paralelo, las cabezas de descarga sean iguales, de lo contrario, si existe una bomba de menor cabeza que las demás, esta será bombeada por el grupo de mayor cabeza con problemas. El sistema de bombas en paralelo, da flexibilidad a la operación, pues cualquier bomba apagarse o salir de línea sin disminuir la presión de entrega al sistema. Se debe realizar una conexión en paralelo cuando se desea incrementas en un futuro, la capacidad de bombeo. Para poder operar en paralelo se pone como condición que las curvas características de las bombas deben ser iguales o similares.

---

<sup>12</sup> Bombas en serie; Manual Petrocomercial. Utilizada en las Estaciones

# CAPITULO 3

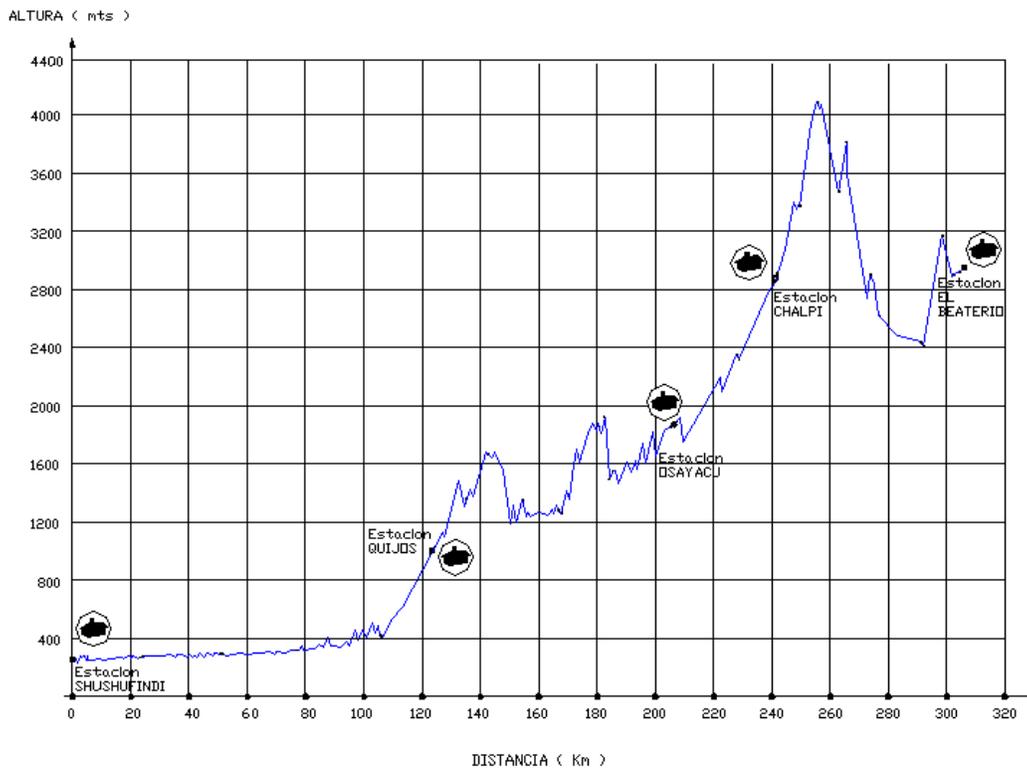
## CARACTERIZACIÓN DEL POLIDUCTO

### Introducción

### Descripción General:

El Poliducto Shushufindi - Quito está conformado de cuatro estaciones de bombeo ubicadas en Shushufindi, Quijos, Osayacu y Chalpi, con una porción de estación de recepción ubicada al sur de la ciudad de Quito llamada El Beaterio, tal como se ilustra en el siguiente diagrama:

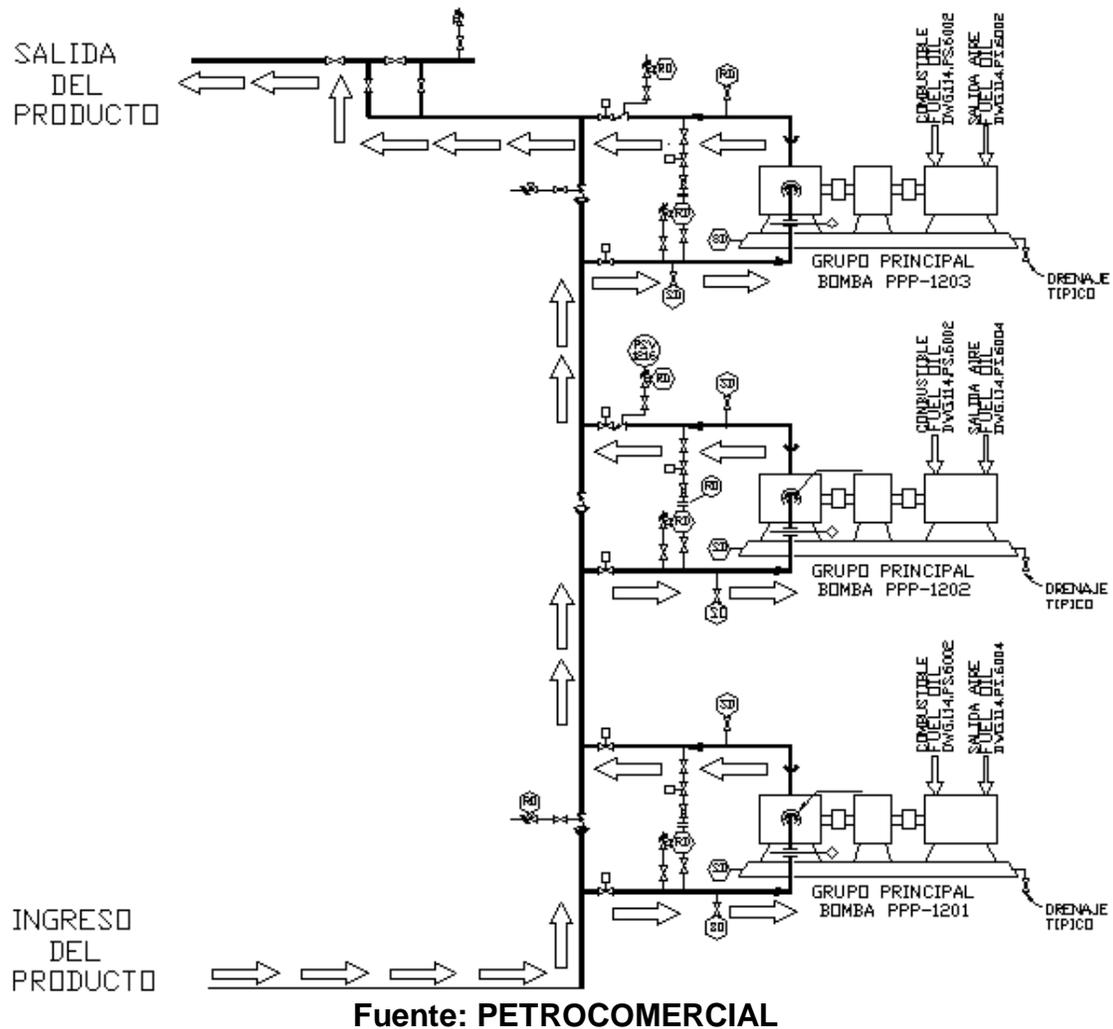
**Figura: 3.1.1. Diagrama del Poliducto Shushufindi - Quito**



**Fuente: PETROCOMERCIAL**

Todas las estaciones del poliducto poseen circuitos similares al diagrama de la figura 3.1.2. En donde se presenta la circulación y principales componentes que poseen las estaciones:

**Figura 3.1.2: Diagrama de la Distribución de las Principales Válvulas**



En la siguiente tabla se enlista todos los tipos y principales válvulas ubicadas en la línea del poliducto:

**Tabla 3.1.2: Lista de las Principales Válvulas**

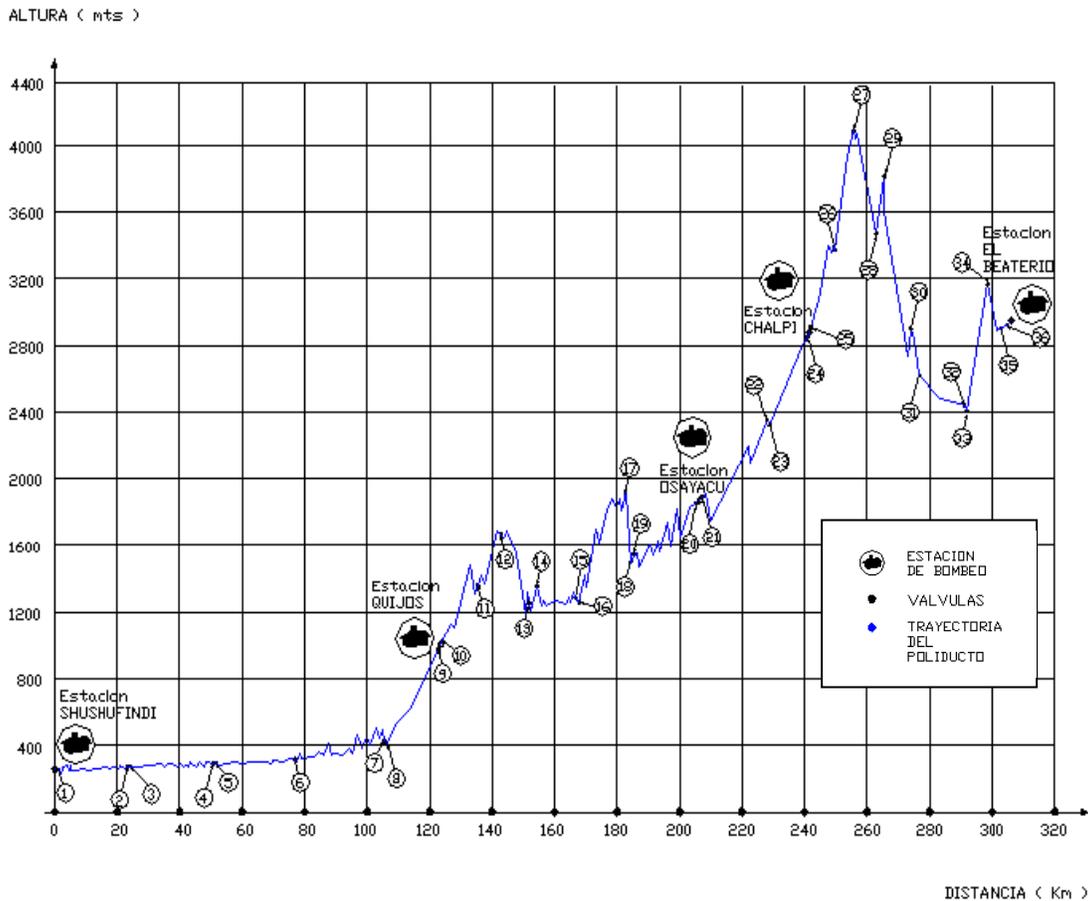
No.	VALVULA	UBICACION (Km)
1	B	251
2	V.B.	22 + 747
3	C.D.	22 + 811
4	V.B.	50 + 577
5	C.B.D.	52 + 262
6	V.B.C.D.	77 + 323
7	V.B.D.	104 + 446
8	D.B.C.V.	104 + 892
9	B.	122 + 007
10	B.	122 + 007
11	V.B.C.D.	134 + 579
12	V.	143 + 875
13	D.B.V.	150 + 200
14	V.	152 + 930
15	D.B.V.	168 + 201
16	B.C.D.	168 + 595
17	D.B.	186 + 537
18	D.B.	186 + 537
19	C.V.	186 + 743
20	B.	207 + 611
21	B.	207 + 611
22	B.V.	228 + 011
23	D.B.C.	229 + 064
24	B.	242 + 137
25	B.	242 + 137
26	V.B.C.D.	249 + 937
27	V	256 + 581
28	D.	265 + 976
29	V.	267 + 457
30	V.	275 + 380
31	D.B.	278 + 655
32	D.B.	291 + 784
33	C.D.	292 + 024
34	V.	299 + 461
35	B.B.	303 + 698
36	B.	304 + 815

B	VALVULA DE BLOQUEO
C	VALVULA DE CONTROL
D	VALVULA DE DRENAJE
V	VALVULA DE VENTEO

**Fuente: PETROCOMERCIAL**

Las ubicaciones que posee cada válvula se muestran en el siguiente diagrama para tener una idea global de cómo están distribuidas en el poliducto:

**Figura 3.1.2: Diagrama de la Distribución de las Principales Válvulas**



**Fuente: PETROCOMERCIAL**

El poliducto tiene una extensión de 304 + 815 Kilómetros de distancia entre la refinería de Shushufindi y la estación de recepción del Beaterio. Cabe recalcar que el diámetro nominal actual del poliducto es de 6 pulgadas desde Shushufindi hasta el Kilómetro 287 + 700 en el sector de Ushimana, y de 4 pulgadas desde este sitio hasta llegar al Terminal El Beaterio. Existe una ramificación adicional de 4 plg desde Ushimana hasta la estación de recepción de Oyambaro para el GLP. Todo el trayecto que tiene el poliducto se encuentra enterrado en toda su longitud, a excepción de los tramos que están sobre los cruces de ríos y en otras ubicaciones especiales.

Los productos que son bombeados y distribuidos por el poliducto son el GLP, Gasolina Base, Destilado, Jet Fuel y Diesel 2, producidos en el Complejo Industrial Shushufindi. El Poliducto en su fase operativa tiene una capacidad promedio de bombeo de 370 BPH cuando evacua los cinco productos y de 380 BPH al evacuar solo productos livianos como el GLP y Gasolina Base.

A continuación se detallan los cinco productos que distribuye la empresa desde Shushufindi hasta la estación de El Beaterio, en el Sur de Quito, con sus respectivas características y usos que poseen cada uno de estos productos:

### **GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)**

**Características.-** Es una mezcla de propano y butano en una proporción de 40% y 60 %, respectivamente. Se obtiene mediante el procesamiento del gas asociado de los campos de producción de petróleo y en procesos de refinación.

El GLP es incoloro e inodoro, razón por la cual para su comercialización es necesario agregar odorizantes, que por su mal olor permiten identificar las fugas de gas.

**Usos.-** Su alto poder calorífico y combustión limpia, hacen de este producto un combustible multifuncional tanto para la industria, comercio, transporte y doméstico.

### **GASOLINAS**

**Características.-** Las gasolinas para autos contienen hidrocarburos de todos los grupos, con temperaturas de ebullición entre los 30 y 205 °C, las fracciones componentes de la gasolina se evaporan fácilmente y gracias a ello pueden formar con el aire atmosférico mezclas en diferentes proporciones, denominadas mezclas carburantes.

La gasolina es producida mediante mezcla de varias fracciones básicas como: butano, nafta ligera, nafta pesada, nafta debutanizada, nafta tratada y nafta reformada, productos obtenidos en procesos de destilación atmosférica, craqueo catalítico y reformación catalítica. La mezcla de estos productos debe hacerse en proporciones que cumplan la norma técnica, especialmente en lo referente al contenido de hidrocarburos aromáticos (por altamente cancerígenos), para las gasolinas súper y extra que se comercializa en el país.

La Gasolina Extra es utilizada en vehículos cuyos motores tienen una relación de compresión moderada, puesto que a mayor compresión en el pistón se eleva la temperatura de la mezcla carburante y se produce el rompimiento de moléculas de los hidrocarburos parafínicos lineales, dando origen a la aparición de radicales libres que arden con violencia, produciendo el fenómeno de la detonancia traducido al motor como cascabeleo.

**Usos.-** La Gasolina Súper es utilizada en vehículos cuyos motores tienen una relación de compresión alta, los hidrocarburos, especialmente izoparafínicos y aromáticos presentes en este tipo de gasolina, resisten altas presiones y temperaturas sin llegar al rompimiento de moléculas.

Al eliminarse el tetraetilo de plomo en la formulación de las gasolinas, la industria petrolera recurrió a la utilización de compuestos oxigenados y de hidrocarburos aromáticos. Estos productos presentan el problema que ante una combustión incompleta su evacuación a la atmósfera, a través del tubo de escape del vehículo, provoca una contaminación igual o peor que la ocasionada por el tetraetilo de plomo, de ahí que se hiciera necesaria la utilización de los convertidores catalíticos en los vehículos que usan este tipo de combustibles.

## DIESEL 1

**Características.-** Los componentes de este producto son hidrocarburos que destilan entre los 200°C y 300°C, los hidrocarburos más importantes que entran en la composición química de este combustible son: parafínicos, izoparafínicos, aromáticos (monociclo y biciclos), nafténicos y estructuras mixtas nafteno-aromático.

Tiene una buena combustión, con llama blanca amarillenta debido al bajo contenido de hidrocarburos aromáticos.

La apariencia del producto es blanca transparente y la acidez orgánica se expresa en mg de KOH/100 ml, no sobrepasa de 1.4 %, lo cual evita la acción corrosiva sobre los metales.

**Usos.-** Por su alto poder calorífico, es utilizado como combustible de uso industrial, especialmente en la industria de la cerámica y, en las áreas rurales es de uso doméstico.

Se utiliza como diluyente en la preparación de capa de rodadura de las carreteras.

En la comercialización de los combustibles marinos es usado como diluyente para ajuste de la viscosidad en la preparación de los IFO (Fuel Oil Intermedio); en el transporte de hidrocarburos por los poliductos se utiliza como interfaces para la separación de productos.

## **DESTILADOS MEDIOS**

La segunda fracción importante que se obtiene en la destilación atmosférica del petróleo, es la conocida como destilados medios que comprenden los productos Diesel 1, Jet A-1, Diesel 2 y Diesel Premium.

### **DIESEL 2**

**Características.-** Es la fracción más pesada que se obtiene del petróleo por destilación atmosférica, por lo tanto es la fracción que destila entre la temperatura que termina la destilación del Diesel 1 y aquella temperatura hasta la cual se puede calentar el petróleo sin que se produzca rompimiento de moléculas.

Los hidrocarburos presentes en este combustible son de carácter saturado como los parafínicos, nafténicos, así como, aromáticos y de carácter mixto. Tiene resistencia baja al autoencendido, es decir, se enciende por compresión y su tensión superficial baja permite la fácil pulverización en los inyectores, su bajo contenido de azufre admite la utilización de lubricantes con bajo contenido de alcalinidad.

**Usos.-** Se utiliza en motores de autoencendido por compresión, motores utilizados en el transporte pesado, en sector naviero de cabotaje, turbinas de generación eléctrica, motores estacionarios de diverso tipo utilizados en la industria, en calderos para la generación de vapor, etc.; también, se utiliza como diluyente en la preparación de los combustibles marinos.

## JET FUEL

**Características.-** Es una fracción de petróleo que se obtiene por destilación atmosférica y contienen componentes que destilan entre los 200 a 300° C.

Los hidrocarburos más importantes que se encuentran presentes son: parafinas e izoparafinas, aromáticos mono y bisíclicos, naftenos así como hidrocarburos con estructura mixta nafteno aromática.

Los hidrocarburos aromáticos se encuentran en una proporción máxima del 22%, esta condición es importante para obtener una buena combustión.

El punto de inflamación debe ser de mínimo 41° C para evitar que la presencia de vapores muy volátiles produzcan riesgo de incendio.

El Jet se torna en un color amarillo-verdoso cuando contiene compuestos oxigenados que resultan de la oxidación de componentes con doble enlace (olefinas, ciclohexadiene, etc.), compuestos que se oxidan fácilmente de ahí que es necesario someter al Jet a procesos de refinación que separen estos componentes, hasta obtener un producto blanco cristalino.

**Usos.-** Producto utilizado en el sector de la aviación en motores tipo turbo reactor.

En los anexos correspondientes a este capítulo se observan todos los productos de interés para este proyecto y en donde se detallan las principales propiedades de los fluidos

Dentro de los datos más importantes que se requieren para la elaboración del programa, son los puntos actualizados de la ubicación de las principales válvulas, como: distancia, altura, latitud y longitud. De tal manera que se pueda obtener resultados aceptables y valederos con el programa. A continuación se explica como se obtuvo estos datos:

### **Levantamiento de Alturas de Válvulas:**

La lista actualizada de los accesorios (válvulas) que se encuentran instalados en toda la línea del poliducto Shushufindi – Quito, se ilustran en los anexos, y se la obtuvo haciendo mediciones en el campo mismo, y en donde se encuentran ubicados cada una de ellas. Este trabajo se lo realizó con la intención de recopilar datos actualizados para ingresarlos en el programa y obtener resultados más reales.

Para la para la localización y medición de todas las válvulas se utilizó una lista de los lugares más conocidos de las zonas en donde se encontraban las válvulas de interés, además de los conocimientos y experiencias del personal de cada una de las estaciones para la localización exacta, y las mediciones se las realizó por medio de un instrumento satelital, llamado GPS, el cual nos permitía medir sus coordenadas (latitud y longitud) y su respectiva altura, y que se nos facilitó en la misma empresa para realizar el levantamiento del poliducto. El GPS es un instrumento que nos permite orientarnos ir almacenando los datos de los puntos ya medidos, permitiendo que se vaya graficando el perfil real de todo el poliducto.

## 3.1 Información Recopilada para el Estudio

### 3.1.1 Información de partes, elementos y funcionamiento General del Sistema

#### 3.1.1.1 Estación de Bombeo Shushufindi

Figura 3.2.2.1: Estación de Bombeo Shushufindi



Fuente: PETROCOMERCIAL

#### Generalidades:

La estación de Bombeo Shushufindi recibe los productos de los tanques del Complejo Industrial Shushufindi y entrega estos productos al poliducto. La estación de bombeo consiste en bombas elevadoras de presión, bombas de la línea troncal, detección de interfases, inhibidores de corrosión, comprobación y un sistema de medición, así como un sistema de alivio, un sistema para un lanzamiento de escariadores, tubería, válvulas necesarias, caseta de control, talleres, bodegas, laboratorio de análisis y demás equipo auxiliar.

**Líneas de entrada.-** Las bombas reforzadoras obtienen la succión de una línea de 6 plg. Cada una de las líneas esta provista de una válvula de enchufe de 6 plg. Activada por un motor. Estas válvulas aseguran la integridad del producto. Las válvulas de enchufe son ANSI 150 de la general Twin Seal, con limi torque modelo SMC-04-3-1800 y con actuadores eléctricos. El tiempo de operación es de 60 segundos. Una válvula térmica de alivio esta ubicada en cada una de las líneas para prevenir la sobre-presión en las partes bloqueadas del sistema. Los productos del tanque sumidero pueden ser reinyectados a la línea de entrada de gasolina base.

**Bombas Reforzadoras.-** Las bombas elevadoras de presión están constituidas por una primaria y una de repuesto para cada una de los productos. Etiquetas No P-1007 y P-1008 para la gasolina base y P-1009 y P-1010 para el GLP. Están activadas eléctricamente y son del tipo vertical en forma de t y son bombas centrifugas. Las unidades primarias y de repuestos para cada uno de los productos están dispuestas en paralelo. Una válvula de compuerta activada al motor esta ubicada en cada una de las líneas de descarga y existe también una válvula check entre la válvula de compuerta y la brida de descarga de la bomba, a fin de prevenir la sobre presión.

En cada una de las líneas de succión se ah colocado una válvula de compuerta operada manualmente. Las bombas para la gasolina base son de nueve pasos, de la Peabody Floway modelo 8 XLY con una brida de reborde ANSI 150, de 6 pulgadas, para la succión y la brida de reborde alzado ANSI 300, para la descarga, Los impulsores son motores eléctricos de 40 HP, 480V, trifásicos de 60 Hz. 3600 RPM, de la TEFC, conectados directamente a las bombas mediante conectores del tipo espaciador de la Peabody Floway, los sellos mecánicos son del John Crane modelo PPF3 y son limpiados y enfriados por el producto, los impulsores de hierro fundido son del tipo 8 XLK, con un diámetro de 5.3 pulgadas y de 5.687 pulgadas diámetro máximo.

Un sistema para detección de fuga en los sellos con un interruptor de presión esta provisto para caso de indicación de falla del sello mecánico. La capacidad prorrateada de cada bomba es de 165 GPM (37.5m<sup>3</sup>/h), mientras que la cabeza diferencial total de 865 pies (263,6m).

Las bombas para el gas licuado de petróleo son de 12 fases, de la Peabody Floway modelo 6 JKL, con una brida de succión de reborde ANSI 150 y una brida también de reborde ANSI 300 de 4 plg. Para la descarga. Los impulsores son motores eléctricos de la TEFC de 25 HP, 480 v, trifásicos, 60 Hz. 3.600 RPM, directamente conectados a las bombas, juntas de tipo espaciador de la Peabody Floway.

Los sellos mecánicos son de la John Cran, modelo FF3 y son enfriados y lavados por el producto. Los impulsores de hierro fundido, son del tipo 6 JKL con un diámetro de diseño de 3.9 plg (99mm) y 4.031 plg (102mm) de máximo diámetro. Se ha previsto un detector de fugas de los sellos, con un interruptor flotador, para detectar las fallas de los sellos mecánicos. Se ha promediado la capacidad para cada una de las bombas para GLP (37.5 m<sup>3</sup>/h), mientras que la altura diferencial total es de 671 pies (204.5 m).

**Medidor de Sistema de Probador del medidor.-** Se ha previsto entre las bombas reforzadoras de presión y las bombas de la línea troncal, un sistema medidor y probador de medición de la F. H. Manoley. Etiquetas M1001 y M 1002 para la medición y el número MP-1001 para el probador de medición.

La corrida de prueba se puede iniciar operando manualmente el control del probador de medición local.

## **El sistema consiste de lo siguiente:**

1.- Dos corridas de medición paralelas (una como de repuestos) con los siguientes componentes.

- a) Medidores de turbinas pares bridadas ANSI 300 de 3 plg. De la Brooks con un flujo normal de 60 a 236 BPH (9.5-37.5 m<sup>3</sup>/h) y un rango de flujo extendido a 450 BPH (71.5 m<sup>3</sup>/h), una linealidad de +/- 0.02% sobre el rango antes indicado. Cada medidor de turbina incluye:
  - Dos tomas a prueba de explosión con controladores de la WAUGH modelo A-11 Pre –Amps.
  - Secciones de enderezamiento aguas arriba y aguas abajo.
  - Un probador de temperatura, modelo RTD de la Waugh Controls completa con los termo pozos (termowells)
- b) Cernidera de aguas arriba del tipo bridado, de la Plenti-Johnson modelo SB-3-300, del tipo canasta, etiqueta No. S-1001 y S-1002. Las cernideras tienen bridas de entrada y salida ANSI 300 de 3 plg.
- c) Válvulas de doble bloqueo y de purga tipo enchufe de 3 plg. Ubicadas aguas arriba y aguas abajo y una válvula General Twin Seal.

2.- Un probador de medida de diseño ANSI 300 de 3 plg de la F.R. Molaney con una válvula de cuatro pasos, activada eléctricamente, un sistema de intercambio de esferas y dos detectores de tacos.

**Bombas de la línea troncal.-** Consiste de dos unidades primarias y una de repuesto con etiqueta No. P-1001, 1002 y 1003. Estas bombas son activadas con diesel. Cada una de las bombas tiene en la línea de succión una válvula de compuerta, operada por motor y otra en la línea de descarga. Las bombas P-1002 y P-1003 tienen también una válvula check en la línea de descarga. Estas bombas están alineadas para operación en serie.

Las válvulas check están instaladas en la línea troncal entre las líneas de descarga de cada una de las bombas de la línea troncal.

Cada una de estas bombas es una Guinard de 14 tapas, modelo DVMX de 3X4X9H. Estas bombas de doble cámara, con conexiones ANSI 900 de 3 plg. Para la descarga. Se encuentra incluso un impulsor con diámetro de diseño de 8-3/4 de pulgada (222 mm). Los cojinetes o rodamientos son del tipo encamisado en un lado, y del tipo de bola de empuje en el otro, y requiere la lubricación forzada. Las juntas son del tipo engranaje con espaciadores. Los sellos mecánicos son del tipo de resorte múltiple, de la flexiblox, modelo RRNCB 90 SM BSTFL. Los interruptores de vibración son de la Robertshaw modelo 365-A7R.

Cada bomba ha sido diseñada para una capacidad de 165GPM (37.5 m<sup>3</sup>/h) y altura diferencial total de 2.982 pies (909 m) para GLP y de 3.038 pies (926 m) para los demás productos. El impulsor de cada bomba, es un motor a diesel de la Motores Werk Mannheim (MWK) modelo TD 601-6. La bomba y el motor del impulsora diesel, están conectados mediante una caja de engranajes de reducción, Este motor a diesel es de 6 cilindros en línea de 237 HP a 1.200 RPM a una altura de 820 pies (250 m) sobre el nivel del mar 86 °F (30 °C). La circulación forzada del aceite de lubricación y el enfriamiento de los pistones se logra mediante una bomba impulsada por un eje. Un motor eléctrico de 1.5 HP activa la bomba de pre-lubricación que opera durante 5 minutos cada hora, cuando el motor no esta prendido.

El sistema de agua encamisada para enfriamiento contiene una bomba de circulación impulsada por un eje y un radiador, también impulsada por un eje. El agua es precalentada a través de la bomba de circulación. El aceite de lubricación de la caja de engranajes, circula gracias a una bomba activada por un motor eléctrico de 2 HP. El filtro de aire de entrada de cada una de las bombas es un Delbag grande, del tipo centrifugo.

Este filtro esta montado por encima del nivel del suelo. Un silenciador de escape con arrestor de chispas, reduce el nivel de ruido de las fases del escape.

Los motores a diesel, son arrancados con aire comprimido. El sistema de aire para el arranque consiste de dos compresores activadas por motores de 15 Hp (1 como repuesto) del tipo WP25E, etiqueta No. C-1001 y C-1002; y de dos cilindros para almacenamiento de aire, montados sobre un armazón, cada compresor es de dos cilindros de dos fases y esta programado para 31.5 m<sup>3</sup>/h de capacidad, con una presión máxima de operación de 17.5 atm (257 Psi). Estos compresores están ubicados en la casa de generadores y están puestos en paralelo. Los batallones para almacenamiento de aire que tienen la capacidad para 500 litros (17.65 pies cúbicos) están provistos con una válvula de seguridad cargada con resorte. La presión máxima operativa es de 30 Kp/cm<sup>2</sup> (427 Psi) y una presión de comprobación de 45 Kp/cm<sup>2</sup> (8 pies 8 plg) de longitud. Estos están ubicados en la casa de bombas.

**Barril de Lanzamiento.-** Este equipo, etiqueta No. SB -1001 es un lanzador de escariadores ANSI900, de 10 plg, incluyendo una abertura de cerrado rápido equipado con una válvula térmica de alivio, un calibrador de tensión una salida de drenaje y un respirador. El lanzador es utilizado para limpieza del poliducto.

El sistema de lanzamiento envía tacos, uno cada vez, dentro del poliducto, Incorpora un sistema lanzador de escariadores que es operado hidráulicamente mediante válvulas en secuencias.

**Sistema de Alivio.-** Cuando la presión de la línea alcanza la temperatura fijada, las válvulas de alivio de presión descargarán hacia el tanque de alivio (bullet) etiqueta T-1005. Este recipiente de presión tiene capacidad para 9.200 gls. (34.82 m<sup>3</sup>) con un diámetro de 7 pies (2.13 m) y un largo total de 35 pies, 4-1/4 plg (1077 m).

El producto del tanque de alivio podrá ser descargado de nuevo a la línea de productos, mediante la bomba de alivio de transferencia, etiqueta No. P-1005. Esta es una bomba centrífuga del tipo lata y tiene una capacidad de 40 GPM (9.1 m<sup>3</sup>/h) y esta activada mediante un motor eléctrico de 20 HP.

Un interruptor manual arranca la bomba, mientras que un interruptor de nivel bajo, baja temperatura o de baja presión, en el tanque de alivio lo detiene. Esta bomba de transferencia es una Byron Jackson modelo No. 100 M16-17 de 17 pasos BI-SH VLT. Los sellos metálicos son de la Borg Warner tipo U. El motor tiene un incluso TEFC y opera a 3.600 RPM.

Para despresurizar el barril de lanzamiento se utiliza un sistema de antorcha, es una National Airól Burneo, modelo de 12 pies de altura, que esta localizada en una fosa cuadrada de 40 pies. Este sistema de antorcha apoyada en un trípode, contiene un sello fluidito de 2 plg Modelo NFS-FB, que proviene la penetración del aire en la punta de la antorcha. También contiene un panel de ignición a prueba de explosión y del tiempo, así como de una alarma piloto en caso de fallas.

Se han colocado dos cámaras para deshidratación de gas, entre el tanque de alivio y la antorcha, para prevenir que cualquier clase de líquido pueda pasar a la antorcha y es usado para prender la misma.

**Sistema de Fuel Oil.-** El combustible diesel se obtiene de una línea de descarga de camión de 3 plg, conectada al tanque de almacenamiento de diesel, etiqueta No. T-1001. Una línea de derivación de ¾ de pulgada, alrededor de la línea de llenado de 3 plg Del tanque, hace que la llenada de un tanque vacío sea segura, reduciendo el peligro de producción de electricidad estática, causando por la llenada rápida. También sirve como un alivio térmico para prevenir la sobre presión de la línea que viene a la conexión del camión.

El tanque de almacenamiento de diesel tiene un techo de tipo cónico con capacidad de 386 bls, (61.4 m<sup>3</sup>) y tiene un diámetro de 14 pies 3 plg (4.3 m) y una altura de 16 pies (4.9 m). Esta provisto de una alarma para nivel alto y de un interruptor para bajo nivel, un medidor de nivel y un termowel. El combustible es transferido del tanque de almacenamiento al tanque para diesel del día, etiqueta No. T-1002, mediante la bomba de transferencia del diesel etiqueta No. T-1011. La capacidad de la bomba es de 25 GPM (5.7 m<sup>3</sup>/h). El total de la altura diferencial es de 70 pies (21.3 m). Esta es una bomba Roper modelo No. 2 AM 16, rotativa, de desplazamiento positivo y de engranaje. Está activado por un motor eléctrico TEFC de 1.5 HP. Puede ser arrancada bien sea mediante un interruptor manual o por el nivel bajo en el tanque del día.

Puede detenerse, bien sea, mediante un interruptor manual o a causa del nivel bajo en el tanque de almacenamiento de diesel, o para el diesel del día, es un recipiente cilíndrico, horizontal. Con capacidad de 30 bls. (4.8 m<sup>3</sup>) cuyo diámetro es de 6 pies (1.8 m) con una altura de 6 pies (1.8 m) Esta elevado aproximadamente a 13 pies (4 m) sobre el nivel del suelo, a fin de proveer de una alimentación de diesel para los generadores, etiquetas No. G-1001 y G-1002, así como para los impulsores de diesel de las bombas de la línea troncal, etiquetas No. P-1001, P-1002 y P-1003, y para la bomba del agua contra incendios, etiqueta No. P-1012. Este tanque contiene una alarma a nivel alto, un interruptor de nivel bajo y un medidor de nivel.

**Motor Generador.-** Este generador eléctrico a diesel de la Motores Werke Mannheim esta equipado con un motor V12 tipo TD232. En la estación hay dos unidades, una de ellas de repuesto, etiquetas No. G-1001 y G1002, las mismas que están alineadas para operación en serie. El motor y el generador están acoplados elásticamente y están montados sobre una base común. Cada una de estas unidades se puede describir de la siguiente manera:

1. Motor a diesel, MWM Tipo TD 232 V12. Este es un motor en "V" de 4 ciclos y de 12 cilindros, desarrolla 306 HP a 1800 RPM relativo a 736 mmHg (14.23 Psi) en una temperatura ambiental 22 °C (86 °F) y con humedad relativa del 60%.

Esta información teórica varía con las condiciones de instalación en la siguiente manera, con una temperatura ambiental de 30 °C (86 °F) El radiador requiere de 10 HP reduciendo la capacidad del motor por el consumo de radiador. El arranque eléctrico es un motor de 6 HP, activado por una batería de 24 V, El motor a diesel es enfriado con agua.

2. Generador Sincrónico Trifásico de 245 Kva, 480/227 V, trifásico, 60 Hz y cuatro cables. El generador cumple con los estándares NEMA.

### 3.1.1.2 ESTACIÓN DE BOMBEO QUIJOS

Figura 3.2.2.2: Estación de Bombeo Quijos



Fuente: PETROCOMERCIAL

#### **Generalidades:**

La estación de bombeo consiste de las bombas de la línea troncal, detección de interfases, sistema de alivio, instalación para derivación de escariadores, tubería necesaria y válvulas, edificio de control y demás equipo auxiliar.

**Unidades de Bombeo de la línea Troncal.-** Todas las características de las unidades de bombeo de línea troncal encontramos en la estación Shushufindi, ya que son las mismas.

**Bombas Principales GUINARD:** 1301, 1302, 1303

**Sistema de Alivio.-** El sistema de alivio en esta estación es el mismo que encontramos en Shushufindi la cual ya ha sido explicada anteriormente. El número de etiqueta de este sistema es T-1305.

**Sistema de Fuel Oil.-** Las características de este sistema ya lo explicamos en la estación Shushufindi, ya que el sistema es el mismo.

**Motor Generador.-** Este generador eléctrico a diesel, de la Motores Werke Mannheim está equipado con un motor V8 tipo TD 232 en la estación hay dos unidades, una de ellas de repuesto, etiquetas No. G-1301 y G-1302, las mismas que están alineadas para operación en serie. La diferencia con Shushufindi es la operación automática, ya que este sistema, cuando se queda sin abastecimiento de electricidad, estos se prenden automáticamente. Esta estación posee las siguientes características en su motor y generador:

1. Motor a diesel "MWM", Tipo TD 232 V8. Este es un motor en "V" de 4 ciclos y de 8 cilindros. Desarrolla 197 Hp a 1.800 RPM, a una presión relativa de 736 mmHg (14.23 Psi), en una temperatura ambiente de 20 °C (68 °F) y con una humedad relativa del 60%.

Estos datos teóricos varían con las condiciones de instalación, en la siguiente manera:

Potencia de 180 HP a 1.800 RPM, a una altura de 1.850 m (6.070 pies) sobre el nivel del mar, una temperatura ambiente de 28 °C (82 °F). el radiador requiere de 7 HP con la capacidad reducida por el consumo de radiador. El arranque eléctrico es un motor de 6 HP. El motor a diesel es enfriado con agua.

2. El Generador Sincrónico trifásico de 150 Kva, 480/227 V, 60 Hz.

### 3.1.1.3 ESTACIÓN DE BOMBEO OSAYACU

Figura 3.2.2.3: Estación de Bombeo Osayacu



Fuente: PETROCOMERCIAL

#### Generalidades:

Las Estaciones de Bombeo Osayacu, es una estación intermedia. La estación de bombeo consiste de las bombas de la línea troncal, detección de interfase, sistema de alivio, instalación para derivación de escariadores, tubería necesaria y válvulas, edificio de control y demás equipo auxiliar.

**Unidades de Bombeo de la Línea Troncal.-** Las unidades de bombeo de la línea troncal son tres, dos primarias y una de repuesto, etiquetas No. P-1401, 1402 , 1403, 1404, estas bombas tienen motores a diesel y la última un motor eléctrico.

La unidad de bombeo P-1404 es una bomba centrífuga, horizontal de 10 etapas No. De serie 1H22905530; modelo DVMX349NHH10ST; Guinard, con las siguientes características:

- Dimensión 3x4x9
- Caudal: 500 BPH

- Altura manométrica: 4.450 pies (TDH)
- NPSHr: 17.7 pies
- Velocidad: 3.4000 RPM
- Presión de succión: 50-150 Psi
- Presión descargada: 2.100 Psig.
- Prueba hidráulica: 200 bar.
- Potencia Absorbida: 562.5 HP
- Cojinete radial: 7310
- Tipo: DVMX
- No. Etapas: 10

Esta bomba esta alimentada con un motor eléctrico de las siguientes características:

- Potencia nominal: 205 – 600 HP
- Voltaje: 321-460 V
- Corriente: 330-638 A
- Fases/frecuencia: 3/60 HZ
- Eficiencia: 94.0%
- Velocidad nominal: 2.521-3601 RPM
- Tipo: HXR450LK2
- Rotación: clockwise
- Rodamiento 1: D-6317M/C3
- Rodamiento 2: N-6317M/C3
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Un variador de velocidad PPP-1501MB, número de serie W01046G0691YO, modelo SAMISTAR4901 de la ABB.

Cada bomba tiene una válvula de compuerta operada a motor sobre la línea de succión y una similar sobre las líneas de descarga. Las bombas P-1403 y P-1404 también tienen válvulas check sobre las líneas de descarga.

Estas bombas están alineadas para operación en serie. Las válvulas check están instaladas en la línea troncal entre las líneas de succión y descarga de cada una de las bombas de la línea troncal.

Cada una de estas bombas es una Guinard de 14 etapas, modelo DVMX de 3x4x9 h. Estas bombas de doble cámara con conexiones ANSI 900 de 4" para la succión u de 3" plg para la descarga ANSI 900. se encuentra incluso un impulsor con diámetro diseñado de 8-3/4 de pulgadas (222 mm), mientras que el diámetro máximo es de 9" (229 mm). Los cojinetes o rodamientos son del tipo encamisado en un lado y del tipo de bola de empuje en el otro y requiere de lubricación forzada. Las juntas son del tipo de engranajes con espaciadores. Los sellos mecánicos son del tipo resorte múltiple, de la Flexiblok modelo RRNCB 90 SM BSTFL. Los interruptores de vibración de la Robertshaw modelo 365-A7R.

Cada bomba ha sido diseñada para una capacidad de 165 GPM (37.5 m<sup>3</sup>/h) y la altura diferencial total es de 2.982 pies (909 m) para GLP y 3.038 pies (926 m) para los demás productos. El impulsor de cada bomba es un motor a diesel, de la Motores Werke Mannheim conectados mediante una caja de engranajes de reducción. Este motor a diesel es de 6 cilindros en línea de 217 HP a 1.200 RPM, a una altura de 6070 pies (1.850 m) sobre el nivel del mar y a 55 °F (13 °C).

La circulación forzada del aceite de lubricación y el enfriamiento de los pistones, se logra mediante una bomba impulsada por un eje. Un motor eléctrico de 1.5 HP activa bomba de prelubricación que opera cada hora, durante 5 minutos, cuando el motor está prendido.

El sistema de agua encamisada para enfriamiento, contiene una bomba de circulación impulsada por un eje y un radiador, también impulsada por un eje. El agua es recalentada a través de la bomba de circulación.

El aceite de lubricación de la caja de engranajes circula gracias a una bomba activada por un motor eléctrico de 2 HP. El filtro de entrada de aire de cada una de las bombas, es un Delbag grande, del tipo centrífuga. Este filtro esta montado por encima del nivel del suelo. Un silenciador de escape, con arrestor de chispas reduce el nivel del ruido de los gases de escape.

Los motores diesel son arrancados con aire comprimido. El sistema de aire para el arranque consiste de dos compresores, activados por motores de 15 HP (uno como almacenamiento de aire, montados sobre un armazón. Cada compresor es de dos cilindros, de dos fases y están programados para 31.5 m<sup>3</sup>/h) (18.53 cfm) de capacidad, con una presión máxima de 17.5 atm (275 Psi). Estos compresores están ubicados en la casa de generadores y están dispuestos en paralelo. Los botellones para almacenamiento de aire que contienen capacidad para 500 litros (17.65 ft<sup>3</sup>) están provistos con una válvula de seguridad, carga con resorte. La presión operativa máxima es de 30 Kp/cm<sup>2</sup> (640 Psi). Cada botellón tienen 480 mm (1 pie, 7 plg) de diámetro y 2.645 mm (8 pies, 8 plg) de longitud, estos están ubicados en la casa de bombas.

**Sistema de Alivio.-** El sistema de alivio que la empresa implemento en esta estación es la misma que se puso en Shushufindi, Quijos y Chalpi, y cuya etiqueta es T-1405.

**Sistema de Fuel Oil.-** El sistema de Fuel Oil es el mismo para las estaciones Shushufindi, Quijos y cuyas características ya se ha enunciado en la estación Shushufindi.

**Motor Generador.-** Este sistema a sido instalado en las estaciones Quijos, Osayacu y Chalpi. Las características las encontramos en la estación Quijos.

### 3.1.1.4 ESTACIÓN DE BOMBEO CHALPI

Figura 3.2.2.4: Estación de Bombeo Chalpi



Fuente: PETROCOMERCIAL

#### **Generalidades:**

La estación de bombeo consiste de las bombas de la línea troncal, detección de interfaces, sistema de alivio, instalación para derivación de escariadores, tuberías necesarias y válvulas, edificio de control y demás equipo auxiliar.

**Unidades de Bombeo de la Línea Troncal.-** En esta estación las unidades de bombeo de línea troncal son exactamente iguales a las de la estación Osayacu

**Bombas Principales GUINARD:** 1501, 1502, 1503, 1504

**Sistema de Alivio.-** Todas las características del sistema de Alivio, se los detallo anteriormente en las otras estaciones, ya que son exactamente los mismos, el número de etiqueta es T-1505.

**Sistema de fuel Oil.-** El sistema Fuel Oil instalado en las estaciones Shushufindi, Quijos, Osayacu y Chalpi son los mismos, por lo que no necesitamos citar las características que se explicaron en la estación Shushufindi.

**Motor Generador.-** Este sistema se ha instalado en las estaciones Quijos, Osayacu y Chalpi. Las características las encontramos en la estación Quijos

### 3.1.1.5 ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE EL BEATERIO

Figura 3.2.2.5: Estación de Bombeo de El Beaterio



Fuente: PETROCOMERCIAL

#### **Generalidades:**

Estación de Medición de El Beaterio recibe el producto proveniente de Shushufindi a través del Poliducto de 6 a 4 pulgadas. La estación consiste de lo siguiente: Instalaciones para la recepción de tacos, control de contra-presión y de flujo, sistema alivio, medidor y sistema probador del medidor, edificio de control, válvulas y demás quipo auxiliar.

**Ubicación.-** Suroeste de la ciudad de Quito, a la altura del Km 13+500 de la carretera Panamericana Sur, en la provincia de Pichincha del cantón Quito, barrio de Guamaní, sector el Beaterio.

**Sistema de Detección de Interfaces.-** Los sistemas para la detección de interfaces, están ubicados sobre el poliducto a aproximadamente 0.62 millas (1 Km.) de los límites de la estación y dentro de la estación, entre las válvulas de

control de contra-presión y los medidores de turbina. El sistema colocado sobre el poliducto, consiste de dos probadores no retractables de 4" ANSI 900 con transductores y detectores de interfaces en el poliducto; un transmisor Nusonic modelo 6280 No. DE-1601 A y B, un receptor Nusonic etiqueta No. DT-1601 y una grabadora etiqueta No. DE-1601.

El sistema ubicado en la estación consiste de un probador retractor con transductor de 4", ANSI 300 y un detector de interfaces en el poliducto, transmisor Nusonic modelo 6280, etiqueta No. DE-1602 y un receptor modelo 6204 etiqueta No. DT-1602 y una grabadora etiqueta No. DR-1602. Estos detectores utilizan los cambios de la velocidad del sonido a través de los líquidos a fin de detectar los distintos líquidos. A temperatura y presión constantes, el sonido a través del líquido viajará a una velocidad única y receptiva. Si se cambia la composición del líquido, la velocidad del sonido bien sea se incrementará o disminuirá.

**Válvulas de Control.-** El control de la presión se mantiene mediante una serie de válvulas de control, la contra presión del poliducto se mantiene mediante las válvulas de control PCV-1603 y 1604. Las mismas que están dispuestas en paralelo. Cada una está diseñada para un flujo total. Estas válvulas de dos pulgadas, de tipo globo para reducción de presión con operadores hidroeléctricos a prueba de explosión, son ANSI 900, Fisher, modelo 350-DBQ. La presión se reduce aún más mediante las válvulas de control PCV-1608 y 1609, las mismas que son utilizadas en la línea que va al almacenamiento de gasolina.

Cada una de estas válvulas ha sido diseñada para un flujo total, son del tipo globo para reducir la presión con operadores hidroeléctricos; estas son de una pulgada, ANSI 300 Fisher, modelo No. 350-ES.

## **PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN**

**Estación Shushufindi.-** Esta estación posee procedimientos de operación y pasos previos al arranque, los cuales se mencionan a continuación:

### **Pasos previos al arranque:**

1. Verificar el cronograma de bombeo del producto que va a ser evacuado, su caudal, presiones de la línea y métodos de control de los grupos principales.
2. Coordinación con el CIS el tanque o esfera a evacuar, su volumen y tiempo de evacuación.
3. Determinar si los volúmenes ofrecidos por el CIS cumplen los requerimientos solicitados por la Unidad de Programación.
4. Chequear que el tanque o esfera disponible en el Beaterio tenga la capacidad suficiente para receptor los volúmenes contenidos en la línea.
5. Contactarse con cada estación al menos con 30 minutos de anticipación a la hora programada de arranque, cada estación deberá notificar a Shushufindi acerca de cualquier novedad posible.

### **Pasos para iniciar la operación:**

1. Proceder al venteo de líneas y bombas booster en la línea de entrada a la estación.
2. Abrir la válvula de entrada accionada a motor, de acuerdo al producto a evacuarse.
3. Arrancar la bomba de refuerzo seleccionada.
4. Proceder con los pasos descritos en el procedimiento para estaciones intermedias.

### **Procedimientos para cambio de productos:**

1. Verificar que el certificado de calidad emitido por el laboratorio del CIS, cumpla las especificaciones del producto y transmitir estos datos a Beaterío.
2. Coordinar con el CIS con 15 minutos de anticipación para cambiar de despacho en norma simultanea y evitar paradas innecesarias.
3. Alinear válvulas y seleccionar la booster requerida de acuerdo al producto a bombearse.
4. Realizado el cambio, verificar las características del producto evacuado tomando muestras en caso de existir novedad alguna, reportar en forma inmediata al Supervisor de Estación o de Jefe de Operaciones.
5. Seleccionar en el contador de la micro computadora, el producto en evacuación.
6. Comunicar a las restantes estaciones el cambio efectuado.

### **Estaciones intermedias (Quijos, Osayacu y Chalpi) pasos previos a la operación:**

1. El personal de la estación (Operación) efectuará una inspección visual general de campo en especial de:
  - Condiciones del manifold
  - Condiciones de bridas
  - Condiciones de válvulas (MOV, alivio, etc.)
  - Presiones de línea
  - Condiciones de los grupos de bombeo
  - Condiciones de los demás equipos auxiliares

Si de la observación visual anterior se detectase alguna falla, inmediatamente poner en conocimiento del Jefe de Estación de Turno para su posible solución.

Una vez que se compruebe que el equipo está en condiciones optimas para entrar en servicio, continuar con los pasos siguientes:

#### **Alineación del Sistema:**

- Alineamiento y chequeo de la válvula de entrada a la estación.
- Alineamiento y chequeo de la válvula de salida de la estación.
- La válvula de paso hacia el toma muestra debe mantenerse cerrada.
- Elegir los grupos que van a entrar en operación.
- Las válvulas de succión de los grupos elegidos deberán abrirse.
- Las válvulas de descarga del grupo de reserva deberá estar cerrada.
- Una vez efectuada la purga, verificar que todos los drenajes se encuentren cerrados al igual que todas las válvulas.
- Asegurarse que las válvulas de drenaje al tanque sumidero se encuentren completamente cerradas, al igual las que van al tanque de alivio (bullet-tanque y de productos limpios).
- Las válvulas de paso hacia las válvulas de seguridad deben mantenerse abiertas, no habiendo existir paso de productos.

#### **Verificación de los Grupos Principales:**

- En el motor TD-601 verificar nivel de aceite.
- En el motor TD-232 verificar nivel de aceite.
- En el incrementador de velocidad verificar nivel de aceite.
- En los radiadores verificar nivel de agua.
- En los cojines de las bombas Guinard verificar nivel de aceite.
- En las baterías de generadores y del UPS verificar carga y niveles de agua.

- Verificar el funcionamiento de las bombas de pre lubricación y pre calentamiento de los motores TD-601. La bomba de pre lubricación del motor tiene funcionamiento de 2 minutos por hora cuando el motor no está en servicio; la bomba de pre calentamiento del motor tiene funcionamiento de 45 minutos por hora, cuando el motor no está en servicio.

### **Verificación en Tableros:**

- Si el control de la operación de los grupos se lo va a realizar desde el campo, colocar el selector ubicado en el tablero del grupo elegido en la posición LOCAL.
- Si el control de la operación de los grupos de los va a realizar desde el panel de control principal (SCP), coloque el selector del tablero del grupo en la posición REMOTO.

### **Para control individual:**

- Si el control de la operación de los grupos se lo va a realizar en forma individual, proceda con la secuencia siguiente:
- Seleccionar los controladores individuales TAYLOR que corresponden a los grupos elegidos para la operación.
- Colocar la salida de estos controladores en su mínimo valor.
- En el caso de que los controladores tengan un selector AUTOMÁTICO, colocarlos en posición MANUAL.

### **Para control master:**

- El control de la operación de los grupos se lo va a realizar con el control MASTER, proceder con la secuencia siguiente:
  - \* Colocar la salida de este controlador en su mínimo valor.
  - \* Todos los restantes controladores deberán ser llevados al 100% de su señal de salida.
  - \* En el caso de que los controladores tengan el selector AUTOMÁTICO-MANUAL, colóquelos en posición MANUAL.

### **Operación en tablero principal:**

- Comprobar el encendido de las luces en el tablero principal de operación.
- Accionar el botón de prueba en el BETALARM, observando si todas las luces se encienden, en caso de existir discontinuidad, cambiar los bombillos deteriorados, presione, levante el botón de prueba y observe su funcionamiento total, de esta manera se asegura el registro de la alarma que pudiese presentarse.
- Verificado el punto anterior, compruebe las indicaciones de alarma, ubicadas en el BETALARM, de existir fallas, estudie su causa observándolo en el campo, si no puede detectar su causa comunicar al personal de mantenimiento, previo al reinicio de la operación.
- De existir señal de bloqueo en el BETALARM efectúe la siguiente secuencia:
  - Resetee accionando al pulsador “arrancar bomba”.
  - Pulse el swith “arranque bloqueada”, en este momento la señal de bloqueo debe desaparecer, caso contrario notificar al personal de instrumentación.

- Si existe una señal de alarma en los monitores METRIX, accione el RESET, de persistir la alarma, analice su causa, si no es posible una solución inmediata, comunique al personal de instrumentación para el control respectivo.
- En el tablero principal SCP compruebe que los registradores tengan suficiente cantidad de papel gráfico y tinta, luego procederá la marcación en los registradores de la hora real.
- Sobre el papel gráfico del registrador se deberá anotar:
  - Fecha
  - Hora de inicio y terminación de operación.
  - Número de partida.
  - Producto que se está bombeando
- Cumplidos los pasos indicados anteriormente, previos a la operación de bombeo, notificaría la Estación Shushufindi para que tenga conocimiento para iniciar la operación.

#### **Operación para recepción de rascadores:**

- Cerrada la válvula DANIEL M&J de 6" para el paso de rascador.
- Cerrada la válvula de compuerta DANIEL M&J de 4" de paso al manifold principal.

#### **Operaciones para lanzamiento de rascadores:**

- Cerrada válvula de compuerta M&J de 6".
- Cerrada válvula de compuerta M&J de 4".
- Abierta válvula de compuerta M&J de 4" de salida principal de descarga.
- Para el envío de rascadores abrir y cerrar las válvulas indicadas anteriormente.

### **Estación reductora el beaterio preparación de la operación:**

- Una vez que la Estación Cabecera Shushufindi ha comunicado la reiniciación de la operación y previo el arranque del poliducto, deberá verificarse los siguientes aspectos:
- Inspeccionar el producto a la entrada de la estación y calcular el tiempo aproximado para la recepción de acuerdo al volumen enviado desde Shushufindi, para programar su recepción, así como el de la llegada de la próxima partida.
- Verificar el funcionamiento de los sistemas de medición (manómetros, medidor de caudal, termómetros, etc.) y tomar nota del volumen neto de la microcomputadora.
- El alineamiento de las válvulas respectivas para la recepción, ya sea en las esferas de GLP (MOP 1627) o en el manifold del poliducto Shushufindi – Quito, el alineamiento a tanque respectivo que se va a recibir.
- Comprobar que todas las válvulas de seguridad se hallen abiertas.
- Comprobar el funcionamiento de las válvulas reductoras de presión.

### **Iniciación de operación de recepción:**

Una vez que la Estación CHALPI alcance la presión de descarga adecuada (1.100 para GLP; 1.200 para gasolina y 1.400 para destilado y diesel 2) en la estación reductora se procede de la siguiente manera:

- Abrir válvulas GV1-16 (principal de entrada), GV2-16 (entrada trampa de rascadores), GV4-16 (salida de la trampa de rascadores) con el objeto de receptor cualquier impureza en la trampa de recepción, a su vez la válvula GC3-16 (by-pass de la trampa) deberá permanecer cerrada.
- Finalmente abrirá la MOV 1603.

- Abrir válvulas PCV 1603, PCV 1606, PCV 1607 y MOV 1627 de entradas a esferas de GLP en el caso de recepción de GLP.
- Para la recepción de productos limpios abrir PCV 1609 y la válvula motorizada correspondiente al tanque y producto en el manifold de recepción del Poliducto Shushufindi – Quito.
- Regular la entrada de presión de la estación y la previsión ingreso a los tanques de almacenamiento y a las esferas de GLP mediante las válvulas reductoras de presión de acuerdo a los siguientes valores:

## **RECEPCIÓN DE INTERFASES**

### **Secuencia de Bombeo:**

La secuencia actual en el que se transporta los productos por el poliducto es la siguiente:

Gasolina base, GLP, gasolina base, destilado, diesel 2, destilado, gasolina base, GLP, gasolina base, destilado, jet fuel, destilado, etc.

Como se puede observar la gasolina y el destilado actúan como separadores y son los productos que dentro de cierto límites reciben la mezcla de gasolina-GLP y gasolina-destilada.

### **Recepción de Interfase GLP-Gasolina Base:**

La operación de recepción de los frentes de mezclas que se produce en la interfase GLP-Gasolina se reciben en el tanque de alivio bullet, en donde se dejará reposar este producto al menos 24 horas, para luego una vez verificado sus características se procederá a la evacuación del tanque de alivio atmosférico de productos limpios, en donde el producto permanecerá almacenado por 24 horas.

Durante este producto es necesario considerar que la evacuación de la gasolina se lo efectuará mediante el operativo de agitación (recirculación) con lo que se produciría la desgasificación del propano y butano disueltos en la gasolina base, debiendo para este operativo mantener el tanque de alivio atmosférico de productos limpios con el venteo abierto.

**Tabla 3.3.2.2.2: Límites de Recepción de Interfaces**

Productos Interfaces	Gravedad Específica API	Valores Recepción
GLP-G BASE	0.53-0.73 (g-sp)	GLP 0.53-0.63 BULLET 0.60-0.70 G. BASE > 0.70
G.BASE-DEST 1	40-61 (API)	DEST. 1 < 46 G. BASE > 46
DEST 1 – DIESEL 2	34-44 (API)	DIESEL 2 < 38 DEST. 1 > 38

**Fuente: PETROCOMERCIAL**

### **Finalización operación de Recepción:**

Una vez que la Estación CHALPI informe que ha dejado bombear, la estación educadora. “El Beaterio” deberá aliviar la línea, hasta quedar a una presión aceptable.

- Se procederá a cerrar las válvulas PCV 1603 y 1604.
- A continuación se cierra la MOV 1603.
- Proceder a cerrar las válvulas de la trampa de rascadores.
- En el caso de que se tenga que paralizar el poliducto cuando el tramo La Virgen – Beaterio se halle con diesel 2 se procederá a aliviar en Beaterio la línea hasta obtener una presión que asegure no hay sobrepresiones en ningún punto de la misma.

## **CAPITULO 4**

### **4.1. Determinación del lenguaje de programación**

Visual Estudio.Net

Visual Studio .NET es un entorno de desarrollo integrado que nos ayuda a diseñar, desarrollar, depurar e implantar con rapidez soluciones basadas en el .NET Framework. Podemos acceder a un conjunto común de herramientas, diseñadores y editores desde cualquiera de los lenguajes de programación de Visual Studio .NET. Podemos crear aplicaciones Windows Forms y Web Forms que integren datos y lógica de negocio.

#### **4.1.1. VISUAL BASIC.NET**

**Visual Basic .NET**

Iniciar un nuevo proyecto Visual Basic .NET

1. Abra Visual Studio .NET.
2. En el menú Archivo, seleccione Nuevo y, a continuación, haga clic en Proyecto.
3. En el panel Tipos de proyecto, haga clic en Proyectos de Visual Basic. En el panel Plantillas, haga clic en Aplicación para Windows.
4. En el cuadro Nombre, escriba NuevoProyWindows.
5. Haga clic en Examinar, navegue hasta la carpeta donde quiera crear el nuevo proyecto, y a continuación haga clic en Abrir. Haga clic en Aceptar.

## **Ejecutar el proyecto en el entorno de desarrollo**

1. Haga clic en el botón Iniciar de la barra de herramientas estándar. También puede presionar F5 para ejecutar el proyecto.

Debido a que no ha realizado ningún cambio en el código de inicio para el proyecto, aparecerá un formulario en blanco cuando el proyecto se ejecute.

2. Cierre el formulario en blanco para regresar al entorno de programación.

Generar un archivo ejecutable para el proyecto

En el menú Generar, haga clic en Generar Nuevo ProyWindows. Cuando generamos un proyecto o solución, automáticamente se crea un archivo ejecutable (.exe) en la carpeta del proyecto, en una subcarpeta denominada bin.

## **Ejecutar la aplicación fuera del entorno de desarrollo**

En el menú del sistema operativo Inicio, haga clic en Ejecutar, y navegue hasta el archivo exe. El archivo .exe se encuentra en la carpeta NuevoProyWindows\bin. De la carpeta seleccionada al crear el proyecto. Ejecutando la aplicación fuera del entorno de desarrollo de .NET, podemos realizar una prueba de cómo experimentará la aplicación el usuario.

## **Visualizar los archivos en el Explorador de soluciones**

1. Si el Explorador de soluciones no está abierto, en el menú Ver, haga clic en Explorador de soluciones.

2. Expanda los nodos de archivo para visualizar los archivos.

Fíjese en los archivos de solución, proyecto, AssemblyInfo.vb y Form1.vb. Estos archivos están incluidos en todos los proyectos Windows Forms.

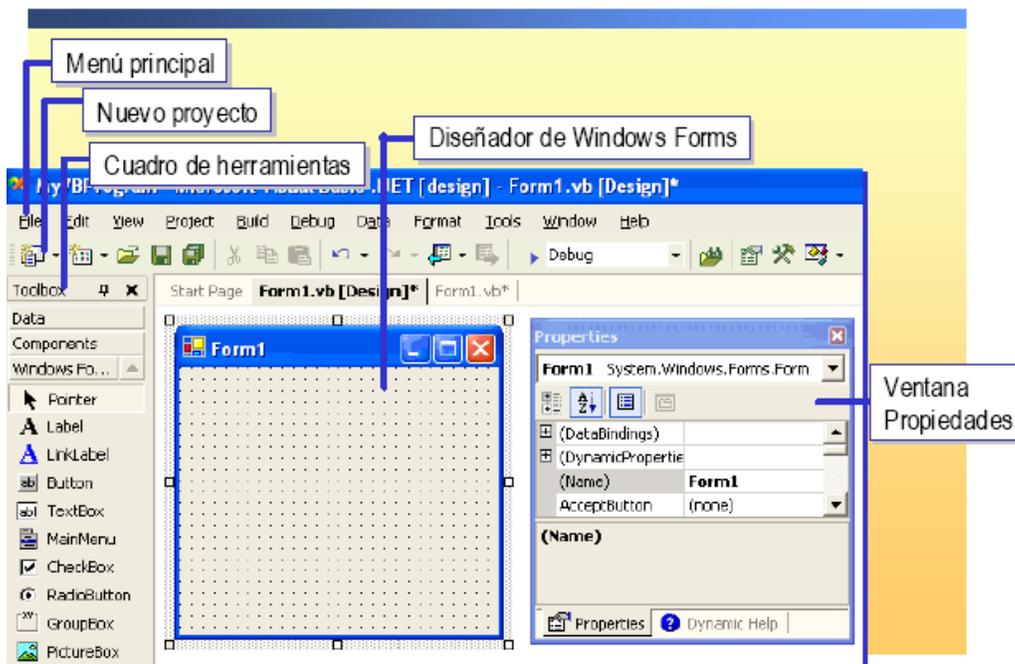
Cierre el proyecto y salga de Visual Studio .NET

1. En el menú Archivo, haga clic en Salir.

2. Si se le pregunta si desea guardar los cambios, haga clic en Sí.

## Entorno de desarrollo

Figura 4.1: Entorno de desarrollo



Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

## Menú principal

Los comandos del menú principal funcionan igual que en todas las aplicaciones basadas en Windows, y podemos acceder a ellos utilizando el teclado o el ratón.

La barra de herramientas estándar proporciona botones que sirven como accesos directos a la mayoría de los comandos más habituales, como Abrir, Guardar, Inicio, Añadir nuevo elemento, Ir hacia atrás e Ir hacia adelante. También contiene botones que abren el Explorador de soluciones, la ventana de propiedades, el Cuadro de herramientas, y otros elementos importantes del entorno de desarrollo.

La barra de herramientas Depurar proporciona accesos directos a las funcionalidades de depuración, como ir paso a paso en el código y establecer puntos de interrupción.

Las barras de herramientas pueden estar acopladas (adjuntas) o desacopladas (flotantes). De forma predeterminada, la mayoría de barras de herramientas están acopladas; sin embargo, podemos desacoplar o acoplar una barra de herramientas en cualquier momento.

### Desacoplar una barra de herramientas

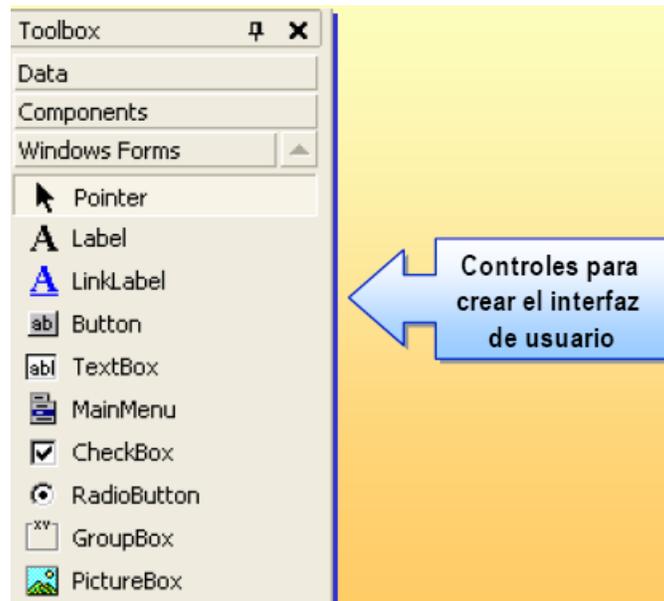
Haga clic en cualquier punto de la barra de herramientas salvo un botón, y arrastre la barra de herramientas fuera de su posición.

### Acoplar una barra de herramientas

Arrastre la barra de herramientas a cualquier borde de la ventana principal.

## Cuadro de herramientas

**Figura 4.2: Cuadro de herramientas**



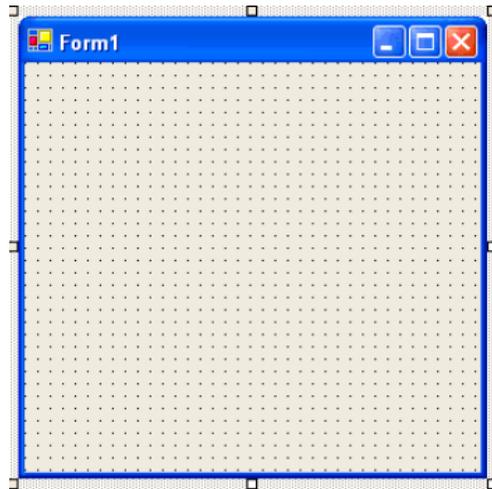
**Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET**

Para crear los objetos del interfaz de usuario de nuestra aplicación, añadimos controles desde el Cuadro de herramientas a un formulario. Inicialmente, el Cuadro de herramientas se encuentra ubicado en el lado izquierdo del entorno de desarrollo. Hay varias pestañas para diferentes categorías de controles, como Windows Forms y Datos.

El Cuadro de herramientas contiene diversos controles que podemos utilizar para añadir ilustraciones, etiquetas, botones, cuadros de lista, barras de desplazamiento, menús y formas geométricas a un interfaz de usuario. Cada control que añadimos a un formulario se convierte en un objeto de interfaz de usuario programable en nuestra aplicación. Estos objetos son visibles para los usuarios cuando la aplicación se ejecuta y funcionan como los objetos estándares de cualquier aplicación basada en Windows.

## Diseñador de Windows Forms

Figura 4.3: Diseñador de Windows Forms



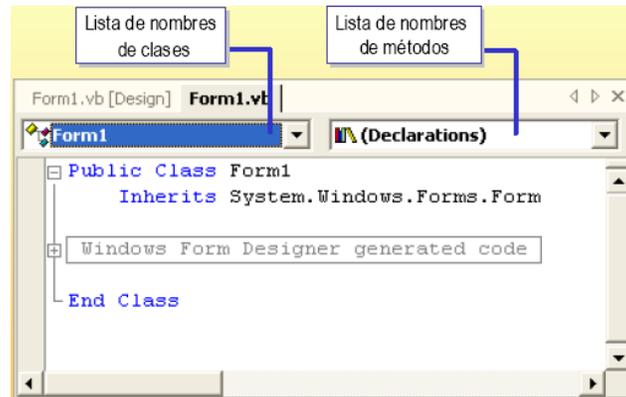
Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

Cuando iniciamos un proyecto en Visual Basic .NET, el Diseñador de Windows Forms se abre en la vista Diseño, mostrando el formulario *Form1* del proyecto. Ubicaremos los controles desde el Cuadro de herramientas en el formulario para crear el interfaz de usuario de una ventana utilizada en nuestra aplicación.

El formulario predeterminado contiene los elementos mínimos utilizados por la mayoría de formularios: una barra de título, un cuadro de control y los botones Minimizar, Maximizar y Cerrar.

## Editor de código

**Figura 4.4: Editor de código**



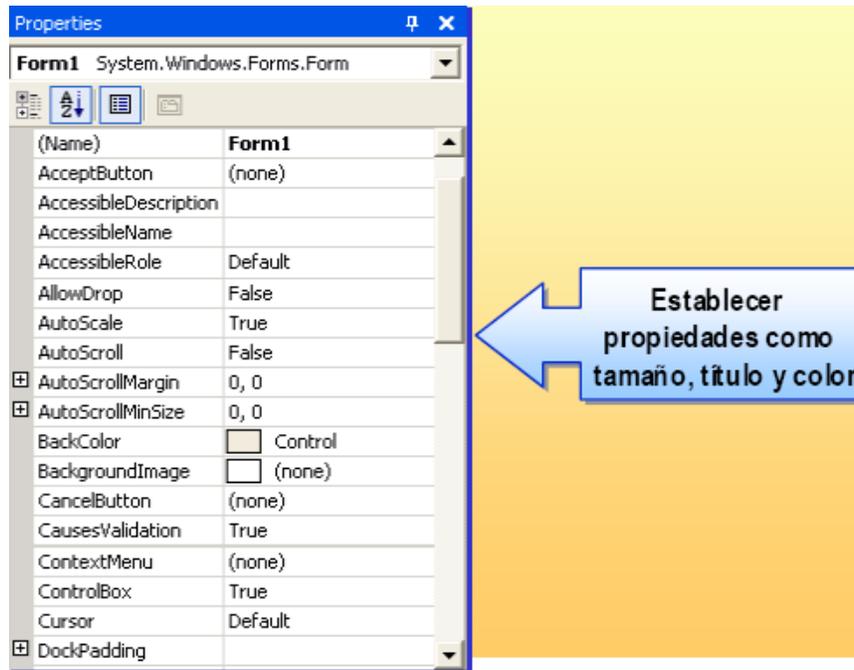
**Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET**

Visual Studio .NET proporciona un Editor de código en el que escribir y mantener el código de nuestro proyecto. Podemos asociar código directamente a un formulario de nuestro proyecto o ubicarlo en otro módulo de código distinto. Se muestra un Editor de código distinto para cada formulario o módulo de nuestro proyecto, facilitando la organización, visualización y desplazamiento por el código.

El Editor de código contiene dos listas desplegables en la parte superior de la ventana: la lista Nombre de Clase a la izquierda y la lista Nombre de método a la derecha. La lista Nombre de Clase muestra todos los controles del formulario asociado. Si hacemos clic en el nombre de un control de la lista, la lista Nombre de método muestra todos los eventos de dicho control (los eventos son acciones que el control puede realizar y que nuestra aplicación puede interpretar). Utilizando las listas Nombre de Clase y Nombre de método conjuntamente, podemos localizar rápidamente y editar el código de nuestra aplicación.

## Ventana Propiedades

Figura 4.5: Ventana Propiedades



Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

La ventana de propiedades (ventana Propiedades) muestra una lista de las propiedades que pueden configurarse para el formulario o control seleccionado y que podemos modificar mientras creamos o editamos la aplicación. Una propiedad describe una característica de un objeto, como el tamaño, título o color.

## **Abrir la ventana Propiedades**

Si la ventana Propiedades no está visible, haga clic en Ventana Propiedades en el menú Ver o pulse la tecla F4.

Algunos controles, documentos y formularios muestran un gran número de propiedades en la ventana Propiedades. Esto puede dificultar la localización de la propiedad que deseamos establecer. La ventana Propiedades nos permite visualizar las propiedades de un formulario o control en una vista ordenada por categorías en lugar de una vista alfabética.

## **Visualizar las propiedades**

1. Para visualizar las propiedades por categorías, haga clic en el botón Por categorías de la ventana Propiedades.

Las propiedades para el formulario o control seleccionado se dividirán en categorías definidas por el control.

2. Para visualizar las propiedades de una categoría, expanda el nodo de la misma. Para ocultar las propiedades de una categoría, cierre el nodo de la misma.
3. Para visualizar las propiedades alfabéticamente, haga clic en el botón Alfabético de la ventana Propiedades.

## Definiciones

Para estudiar el modo de trabajo del ámbito con variables, debemos estar familiarizados con los términos y definiciones de la siguiente tabla:

**TABLA 4.1 : Definiciones**

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Ámbito de la variable	Conjunto de código al que se refiere una variable por su nombre asignado sin cualificadores.
Bloque	Bloque de código que empieza con una condición como If o Whiley termina con una instrucción End, Loop o Next.
Procedimiento	Bloque de código que empieza con una instrucción de declaración como Sub y termina con una instrucción End.
Módulo	Archivo que agrupa procedimientos comunes y datos globales para hacerlos accesibles a su uso en uno o más proyectos.
Ensamblado	Un archivo ejecutable independiente en el que se compilan los diversos archivos cuando genera una solución.
Modificador de acceso	Palabra clave como Public o Friend que utilizamos para especificar el nivel de acceso de una variable o su contenedor (módulo, clase o estructura).

Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

## Variables y estructuras de datos

Tipos de datos

**TABLA 4.2: Tipos de datos**

Tipo Visual Basic .NET	Tamaño de almacenamiento	Rango de valores
Boolean	2 bytes	Verdadero o Falso
Date	8 bytes	0:00:00 del 1 de enero de 0001 a 11:59:59 PM del 31 de diciembre de 9999
Decimal	16 bytes	Hasta 29 dígitos significativos, con valores de hasta $7,9228 \times 10$ (con signo)
Double	8 bytes	-4,94065645841246544E-324 a +1,79769313486231570E+308 (con signo)
Integer	4 bytes	-2.147.483.648 a +2.147.483.647 (con signo)
Single	4 bytes	-3,4028235E+38 a 1,401298E-45 (con signo)
String	Varia	0 a 2.000 millones aproximadamente de caracteres Unicode

Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

### Dim

Utilizamos la instrucción Dim (*dimensión*) para declarar y asignar espacio de almacenamiento para variables en bloques, procedimientos, módulos, estructuras y clases.

### Const

Las constantes almacenan valores que, como su nombre indica, permanecen constantes durante la ejecución de una aplicación. Algunas ventajas de utilizar constantes son: Hacer que el código sea más fácil de leer. □ Utilizan menos memoria que las variables. Hacen que los cambios a nivel de aplicación sean más fáciles de implementar. Para declarar una constante, utilice la instrucción

Const.

Los valores de fecha (**Date**) deben estar encerrados entre almohadillas (##), y los valores de cadena (**String**) deben estar encerrados entre comillas (").

## Declarar Variables De Módulo

**TABLA 4.3: Variables De Módulo**

<b>Modificador de acceso</b>	<b>Ámbito</b>	<b>Descripción</b>
Private	Módulo	Accesible desde cualquier lugar del módulo, clase o estructura en el que se declara. Si declaramos una variable de módulo con la palabra clave Dim, el acceso predeterminado es Private.
Friend	Proyecto	Accesible desde cualquier lugar del proyecto pero no fuera del mismo.
Public	Solución	Accesible desde cualquier lugar de la solución. No hay ninguna restricción en el uso de variables Públicas.

**Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET**

## Funciones subrutinas y procedimientos

### Tipos de procedimientos

Existen tres tipos de procedimientos en Microsoft Visual Basic.NET: procedimientos Sub, procedimientos Function y procedimientos Property.

Los procedimientos Sub realizan acciones pero no devuelven un valor al procedimiento que origina la llamada.

Los controladores de eventos son procedimientos Sub que se ejecutan en

respuesta a un evento.

Los procedimientos Function pueden devolver un valor al procedimiento que origina la llamada. La instrucción `MessageBox.Show` es un ejemplo de función.

Los procedimientos Property devuelven y asignan valores de propiedades de clases, estructuras o módulos.

## Declarar argumentos en procedimientos

TABLA 4.4: Declarar argumentos en procedimientos

<b>Mecanismo de paso</b>	<b>Explicación</b>	<b><i>Implicaciones</i></b>	<b>Ventaja</b>
Por valor Palabra clave: ByVal	El procedimiento invocado recibe una copia de los datos cuando es invocado.	Si el procedimiento invocado modifica la copia, el valor original de la variable permanece intacto. Cuando la ejecución retorna al procedimiento de llamada, la variable contiene el mismo valor que tenía antes de que el valor se pasara.	Protege la variable de ser cambiada por el procedimiento invocado.
Por referencia Palabra clave: ByRef	El procedimiento invocado recibe una referencia a los datos originales (la dirección de los datos en memoria) cuando es invocado.	El procedimiento invocado puede modificar la variable directamente. Cuando la ejecución retorna al procedimiento de llamada, la variable contiene el valor modificado.	El procedimiento invocado puede utilizar el argumento para devolver un nuevo valor al código de llamada.

Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

## Funciones de conversión

Visual Basic ofrece una amplia lista de funciones de conversión, incluyendo las descritas en la siguiente tabla:

TABLA 4.5: Funciones de conversión

Función de conversión	Convierte en tipo de dato	Tipos de datos para conversión permitidos
CStr	String	Cualquier tipo numérico, Boolean, Char, Date, Object
CInt	Integer	Cualquier tipo numérico, Boolean, String, Object
CDbl	Double	Cualquier tipo numérico, Boolean, String, Object
CDate	Date	String, Object
CType	Tipo especificado	El mismo tipo que el permitido para la función de conversión correspondiente

Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

## Instrucciones If...Then...Elseif

Las instrucciones If...Then...Elseif son como las instrucciones If...Then...Else, excepto en que permiten que nuestro programa elija entre más de dos alternativas.

- Se utilizan para anidar instrucciones de decisión
- Cada instrucción If debe tener su correspondiente EndIf
- Las instrucciones Elseif no tienen su propio EndIf
- Las instrucciones Elseif no pueden aparecer después de Else
- Si la condición es True, se ejecutan las instrucciones que siguen a la instrucción If

El siguiente ejemplo didáctico se muestra la manera de utilizar las instrucciones: If, Then, Elself.

### Instrucciones For...Next

Se puede utilizar un bucle For...Next cuando se conoce el número de veces que es necesario que se ejecute un bucle. Una instrucción For...Next repite un conjunto de instrucciones un número específico de veces.

Un bucle For...Next se ejecuta un determinado número de veces fijado por un contador de bucles. El valor del contador de un bucle For...Next puede incrementarse o disminuir dependiendo de si *step* es positivo o negativo

### **Base de Datos SQL SERVER**

SQL Server es un sistema administrador para Bases de Datos relacionales basadas en la arquitectura Cliente / Servidor que usa Transact-SQL para mandar peticiones entre un cliente y el SQL Server.

#### **ARQUITECTURA CLIENTE / SERVIDOR:**

El Cliente es responsable de la parte lógica y de presentar la información al usuario. Generalmente, el cliente corre en una o más computadoras Cliente, aunque también puede correr en una computadora Servidor con SQL Server.

SQL Server administra Bases de Datos y distribuye los recursos disponibles del servidor (tales como memoria, operaciones de disco, etc) entre las múltiples peticiones.

## 4.2. Vista de Codificación

### 4.2.1. Variables de entrada y salida

**TABLA 4.6: Variables de entrada**

Variables de entrada	Significado	Descripción
pto	<b>pto</b> (Es la pérdida total)	Esta variable se utilizo en la función <b>tra_peto</b> (Pérdida de presión) y en la función <b>tra_alpi</b> (altura Piezométrica).
cod1	<b>cod1</b> (identifica el nombre del tramo).	Variable de entrada ingresada en la funciones <b>tra_lon</b> (longitud de tramo), <b>tra_pefr</b> (pérdida de fricción), <b>tra_peto</b> (pérdida total), y <b>tra_alpi</b> (altura piezométrica).
cod2	<b>cod2</b> (identifica la estación elegida).	Es una Variable ingresada en la funciones <b>tra_lon</b> (longitud de tramo), <b>tra_pefr</b> (pérdida de fricción), <b>tra_peto</b> (pérdida total), y <b>tra_alpi</b> (altura Piezométrica).
codti	<b>codti</b> (contiene el valor del código del tipo de válvula tiv_tiv_cod).	Variable utilizada en la función insertaperdidamenor en la cual ingresamos las pérdidas menores.
codtr	<b>codtr</b> (contiene los valor del código del tramo).	Variable utilizada en la función insertaperdidamenor en la cual engrasamos las pérdidas menores.
des	<b>des</b> (contiene el valor de la descripción de la válvula val_des).	Variable utilizada en la función insertaperdidamenor en la cual ingresamos las pérdidas menores.

per	<b>per</b> (contiene el valor de la pérdida de cada válvula vel_per).	Variable utilizada en la función insertaperdidamenor en la cual ingresamos las pérdidas menores.
e	<b>e</b> (es la rugosidad del material).	Variable utilizada en las funciones <b>tra_lon</b> (longitud de tramo), seldatoválvula (devuelve los valores de tipo de válvula).
lon	<b>lon</b> (Es el valor que modifica al anterior, del atributo tra_lon)	Variable de entrada que se utiliza en las funciones <b>tra_lon</b> (longitud de tramo), <b>tra_pefr</b> (pérdida de fricción),
l	<b>l</b> (identifica el tramo en el que calculamos la presión).	Variable de entrada que se utiliza en las funciones <b>tra_lon</b> (longitud de tramo).
ar	<b>ar</b> (identifica el tramo que estamos calculando la presión).	La Variable de entrada de la función conectar (nos devuelve los valores de los tramos en el eje x y en el eje y).
ar1	<b>ar1</b> (identifica la estación elegida).	Variable de entrada de la función conectar (, nos devuelve los valores de los tramos en el eje x y en el eje y).
B	<b>b</b> (almacena datos).	Esta variable nos permite elegir constantes que están almacenadas, como el diámetro, las rugosidades y constantes para válvulas las cuales dependen del diámetro.
G	<b>Gravedad.</b>	Es una variable que ya esta almacenada y es la gravedad.

VI	<b>VI</b> (es la velocidad)	Variable de entrada de la función hddg (que es la pérdidas por dilatación gradual), hscg (pérdidas por contracción gradual), <b>h1</b> (pérdida por fricción), <b>NR</b> (número de Reynolds), y <b>h2</b> (Pérdidas menores). Esta variable en este caso se convierte en variable de entrada
Z1	<b>Z1</b> (Altura inicial).	Variable usadas en las funciones alturapizometrica, <b>P2</b> (presión final).
Z2	<b>Z1</b> (Altura final).	Variables usadas en la función <b>P2</b> (presión final).
P	<b>p</b> (presión en cada tramo).	Variable que ingresamos en la función alturapizometrica.
Ls	<b>Ls</b> (peso específico)	Variable usadas en las funciones alturapizometrica, <b>P2</b> (presión final).
h <sub>L</sub>	<b>h<sub>L</sub></b> (Pérdidas totales).	Variable usada en las funciones <b>P1</b> (presión inicial).
h1	<b>h1</b> (Pérdida por fricción).	Variable que ingresamos en la función <b>h1</b> (Pérdidas totales).
h2	<b>h2</b> (Pérdidas menores).	Variable que ingresamos en la función <b>h1</b> (Pérdidas totales).
Sg	<b>Sg</b> (gravedad específica).	Variable que ingresamos en la función <b>Ls</b> (Peso específico).
GAPI	<b>GAPI</b> (grados API)	Variable que ingresamos en la función <b>sg</b> (gravedad específica).
K1	<b>K1</b> (Coeficiente de resistencia 1).	Variable usadas en la función <b>h1</b> (pérdidas por fricción).
K2	<b>K2</b> (Coeficiente de resistencia 2).	Variable usadas en la función h2 (pérdidas menores).
e	e (rugosidad del material) .	Utilizada en la función fs (factor de fricción).
fs	fs (factor de fricción).	Variable utilizada en la función K1 (Coeficiente de resistencia).

D	<b>D</b> (diámetro).	Variable utilizada en las funciones utilizadas son <b>K1</b> (Coeficiente de resistencia 1), <b>K2</b> (Coeficiente de resistencia 2), <b>fs</b> (factor de fricción), <b>NR</b> (número de REYNOLDS), <b>A</b> (Área).
Lt	<b>Lt</b> (longitud).	Variable utilizada en la función <b>K1</b> (Coeficiente de resistencia).
Le	<b>Le</b> (longitud equivalente).	Variable utilizada en la función <b>K2</b> (Coeficiente de resistencia 2).
NR	<b>NR</b> (número de REYNOLDS).	Variable utilizada en la función <b>fs</b> (factor de fricción).
V	<b>v</b> (viscosidad).	Variable utilizada en la función <b>NR</b> (número de REYNOLDS).
Q	<b>Q</b> (Caudal).	Variable utilizada en la función <b>VI</b> (es la velocidad).
A	<b>A</b> (Área)	Variable utilizada en la función <b>VI</b> (es la velocidad)

Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET

**TABLA 4.7: Variables de salida**

VARIABLES DE SALIDA	OBSERVACIÓN
ar	la variable de salida ar identifica el código de la estación, y nos devuelve un dataset dsTramo
longitud	La variable de salida longitud es de tipo ArrayList que contiene los datos de los datos antes mencionados. La variable de salida, longitud contiene el valor del código de la estación est_cod.

Hp	Altura Piezométrica
P2	Esta variable de salida nos devuelve valores de presiones de salida.
Sg	Esta variable es la gravedad específica
LS	Esta variable devuelve valores del peso específico
hL	Tenemos la variable de salida de Pérdidas totales
h1	Pérdidas por fricción
K1	Coeficiente de resistencia 1
K2	Coeficiente de resistencia 2
fs	Factor de fricción
NR	Número de Reynolds
h2	Pérdidas menores
VI	Velocidad
A	Área
L	Longitud

**Fuente: VISUAL ESTUDIO.NET**

## 4.2.2. Funciones

Rugosidad promedio del material, el cual es acero comercial, la constante fue incrementada ya que la tubería tiene 30 años. El dato puesto a continuación es almacenado para utilizarlo en la ecuación del factor de fricción.

```
Function a(ByVal b As Integer)
Dim e, D, co
If (b = 0) Then

    a = 0.000138
End If
```

Diámetro de la tubería, en las estaciones Shushufindi, Quijos y Osayacu.

```
If (b = 1) Then
    a = 0.1524
End If
```

Factor de fricción, para Pérdidas menores, utilizado en el coeficiente de resistencia 2, según el diámetro de la tubería. Se ingresa en la ecuación Pérdidas menores.

```
If (b = 2) Then
    a = 0.015
End If
```

Diámetro de la tubería 2, localizada entre las estaciones Chalpi- Beaterio y Chalpi-Oyambaro.

```
If (b = 3) Then
```

```
End If
End Function
a = 0.1016
```

### Alturas Piezométricas

```
Public Function alturapizometrica(ByVal z1 As Decimal, ByVal p As Decimal, ByVal
LS As Decimal)
Dim Hp
Hp = z1 + (p / LS)
alturapizometrica = Hp
End Function
```

Ecuación general de la energía, para un sistema de tubería en serie. Las variables utilizadas son P1 (presión inicial), Ls (peso específico), hL (son las Pérdidas totales), Z1 y Z2 (son las alturas inicial y final).

```
Public Function presión(ByVal P1 As Decimal, ByVal LS As Decimal, ByVal Z2 As
Decimal, ByVal Z1 As Decimal, ByVal hL As Decimal) As Decimal
Dim P2
P2 = P1 - (LS * ((Z2 - Z1) + hL))
presión = P2
End Function
```

Gravedad específica, en don de se utiliza la variable grados API.

```
Public Function gravedadespecífica (ByVal GAPI As Decimal) As Decimal
Dim sg
sg = 141.5 / (131.5 + GAPI)
gravedadespecífica = sg
End Function
```

El peso específico, se calcula con la gravedad específica. La variable utilizada es sg (gravedad específica)

**Public Function** pesoespecífico (**ByVal** sg **As Decimal**) **As Decimal**

**Dim** LS

LS = sg \* 9810

Peso específico = LS

**End Function**

La pérdida total, es la suma de las Pérdidas de fricción y las Pérdidas menores. Las variables que se utilizaron son h1 (Pérdidas por fricción), h2 (Pérdidas menores).

**Public Function** pérdida total (**ByVal** h1 **As Decimal**, **ByVal** h2 **As Decimal**) **As Decimal**

**Dim** hL

hL = h1 + h2

pérdida total = hL

**End Function**

Las pérdidas por fricción, dependen del coeficiente de resistencia, la velocidad y el área. Las variables son la v1 (velocidad), K1 (coeficiente de resistencia), y g (gravedad).

**Public Function** pérdida por fricción (**ByVal** K1 **As Decimal**, **ByVal** v1 **As Decimal**, **ByVal** g **As Decimal**) **As Decimal**

**Dim** h1, A1, A2

```
A1 = Math.Pow (vl, 2)
A2 = 2 * g
h1 = K1 * (A1 / A2)
pérdidaporfricción = h1
```

**End Function**

El coeficiente de resistencia, en donde el factor de fricción, la longitud y el diámetro son esenciales para el cálculo de este coeficiente. Las variables usadas en esta formula son fs (factor de fricción), Lt (la longitud de la tubería), y D (diámetro).

**Public Function** coeficientederesistenciaa (ByVal fs As Decimal, ByVal Lt As Decimal, ByVal D As Decimal) As Decimal

**Dim** K1

```
K1 = fs * (Lt / D)
coeficientederesistenciaa = K1
```

**End Function**

El coeficiente de resistencia dos, para las pérdidas de energías menores. Las variables son fva (que depende del diámetro de la tubería), Le/D (son constantes que dependen del tipo de válvulas).

**Public Function** coeficientederesistenciab(ByVal fva As Decimal, ByVal Le As Decimal, ByVal D As Decimal) As Decimal

**Dim** K2

```
K2 = fva * (Le / D)
coeficientederesistenciab = K2
```

**End Function**

El factor de fricción, se tomo para flujo turbulento y esta formula fue desarrollado por PK. Swamen. Las variables que encontramos en esta ecuación son D (diámetro), e (rugosidad del material)este dato esta almacenado al principio, NR (número de Reynolds), el Math.Pow eleva una cantidad a x, en este caso eleva a 0.9

```
Public Function factordefricción(ByVal D As Decimal, ByVal e As Decimal, ByVal NR As Decimal) As Decimal
```

```
Dim fs, LOGA, A1, A2
```

```
A1 = 1 / (3.7 * (D / e))
```

```
A2 = 5.74 / Math.Pow(NR, 0.9)
```

```
LOGA = Math.Log10(A1 + A2)
```

```
fs = 0.25 / Math.Pow(LOGA, 2)
```

```
factordefricción = fs
```

**End Function**

El número de Reynolds, las variables usadas son vl (velocidad), D (diámetro) y v (es la viscosidad). La viscosidad será ingresada manualmente, ya que tenemos diferentes fluidos y por ende diferentes viscosidades

```
Public Function númerodereynold(ByVal vl As Decimal, ByVal D As Decimal, ByVal v As Decimal) As Decimal
```

```
Dim NR
```

```
NR = (vl * D) / v
```

```
númerodereynold = NR
```

**End Function**

Pérdidas menores de energía, en esta sección se deben a la colocación de válvulas en el sistema. Las variables ingresadas son K2 (coeficiente de resistencia 2), vl (velocidad), y g (la gravedad).

```
Public Function pérdidadenergíamenores(ByVal K2 As Decimal, ByVal vl As Decimal, ByVal g As Decimal)
```

```
Dim h2
```

```
h2 = K2 * (Math.Pow(vl, 2) / (2 * g))
```

```
pérdidadenergíamenores = h2
```

```
End Function
```

Velocidad, se obtiene del caudal y el área que están almacenados en la memoria. Las variables ingresadas son Q (caudal), A (área).

```
Public Function velocidad (ByVal Q As Decimal, ByVal A As Decimal) As Decimal
```

```
Dim vl
```

```
vl = Q / A
```

```
velocidad = vl
```

```
End Function
```

El área, en donde el diámetro ya esta almacenado al igual que el valor de PI.

```
Public Function área(ByVal D As Decimal) As Decimal
```

```

Dim A
A = (3.1415922654 * Math.Pow(D, 2)) / 4
área = A
End Function

```

Para el cálculo de la longitud del tramo, se utiliza la fórmula distancia entre dos puntos.

```

Public Function longitudtramo(ByVal x1 As Decimal, ByVal x2 As Decimal, ByVal
y1 As Decimal, ByVal y2 As Decimal) As Decimal

```

```

Dim L
L = Math.Pow((Math.Pow((x2 - x1), 2) + Math.Pow((y2 - y1), 2)), 1 / 2)
longitudtramo = L

End Function

```

A continuación se realizan los cálculos. Y en esta parte lo que se hace es llamar a las variables, que ya son identificadas automáticamente.

```

Public Function dravnf(ByVal valor As Decimal, ByVal caudal As Decimal, ByVal
viscosidad As Decimal) As ArrayList

```

```

Dim diámetrod, rugomatd, áread, velocidadd, númerodereynoldd, factfricd

```

```

Dim arr As New ArrayList
diámetrod = a(valor)

```

```

'RUGOSIDAD DEL MATERIAL

```

```

rugomatd = a(0)

```

```

'ÁREA

```

```

áread = área(diámetrod)

```

### 'VELOCIDAD

velocidad = velocidad(caudal \* 0.0000441, áread)

### 'NÚMERO DE REYNOLDS

númerodereynoldd = númerodereynold(velocidadd, diámetrod, viscosidad \*  
0.000001)

### 'FACTOR DE FRICCIÓN

factfricd = factordefricción(diámetrod, rugomatd, númerodereynoldd)

En esta parte se hace un arreglo de datos, las cuales permite almacenar datos, sin necesidad de utilizar la base de datos SQL SERVER. Los datos que se encuentra en este arreglo es el diámetro, velocidad, factor de fricción, rugosidad, área y número de REYNOLDS.

'I3.Text = factfric

```
arr.Add(diámetrod)
arr.Add(velocidadd)
arr.Add(factfricd)
arr.Add(rugomatd)
arr.Add(áread)
arr.Add(númerodereynoldd)
dravnf = arr
```

### End Function

En esta función se tiene instrucciones de decisión if, que sirve para identificar, con que diámetro trabajara en las estaciones de Chalpi-Beaterio, Chalpi-Oyambaro. Se lo hace mediante un contador, que ayuda a localizar el tramo en donde cambia el diámetro de la tubería de 6 pulg a 4 pulgadas, permitiendo

realizar los cálculos con los distintos diámetros.

```
Public Function determinadiámetro(ByVal cod As String, ByVal l As Integer, ByVal
diámetro1 As Decimal, ByVal diámetro2 As Decimal) As Decimal
    Dim arrpf
    arrpf = tramodato(seleestacion(cod), l)
    If (arrpf.item(0) < 287650) Then
        determinadiámetro = diámetro1
    End If
    If (arrpf.item(0) >= 287650) Then
        determinadiámetro = diámetro2
    End If
End Function
```

La función que a continuación se presenta, devuelve los valores de los tramos en el eje x y en el eje y, para elegir que dato es el que se quiere. Se utiliza las variable de entrada cod (identifica el tramo en el que recalcula la presión) y nom (identifica la estación elegida), La variable de salida ar es de tipo ArrayList que contiene los datos de los tramos en el eje x y y.

```
Public Function tramodato(ByVal cod As String, ByVal nom As String) As ArrayList
    Dim arr As New ArrayList
    Dim conn As New SqlConnection(conexion)
    Dim sql As String = "select * from tra where est_est_cod=" & cod & " and tra_nom =
" & nom & ""
    Dim dsTramo As New DataSet
    Dim drTramo As SqlDataReader
    Dim cmd As SqlCommand
    Dim idl As String
    cmd = New SqlCommand(sql, conn)
    conn.Open()
    drTramo = cmd.ExecuteReader
    If drTramo.Read() Then
```

```

arr.Add(drTramo.Item("tra_x").ToString)
arr.Add(drTramo.Item("tra_x1").ToString)
arr.Add(drTramo.Item("tra_y").ToString)
arr.Add(drTramo.Item("tra_y1").ToString)
arr.Add(drTramo.Item("tra_peto").ToString)
arr.Add(drTramo.Item("TRA_LON").ToString)
arr.Add(drTramo.Item("tra_pefr").ToString)

```

**End If**

```

drTramo.Close()
conn.Close()
cmd.Dispose()
conn.Dispose()
tramodato = arr

```

**End Function**

A continuación esta función permite visualizar cuantos tramos se tiene en cada estación, con un contador Count.

```

Public Function contra(ByVal nom As String)
    Dim longitud As String
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim sql As String = "Select count(est_est_cod) From tra where est_est_cod=" +
nom + ""
        Dim dsLugar As New DataSet
        Dim drLugar As SqlDataReader
        Dim cmd As SqlCommand
        Dim idl As String
        cmd = New SqlCommand(sql, conn)
        conn.Open()
        drLugar = cmd.ExecuteReader
        If drLugar.Read() Then
            longitud = drLugar.Item(0)

```

```

End If
drLugar.Close()
conn.Close()
cmd.Dispose()
conn.Dispose()

Catch err As SqlException
Catch err As Exception
End Try
contra = longitud
End Function

```

Esta función es muy importante porque permite actualizar los datos de la presión, longitud, pérdidas de fricción y alturas Piezométricas, las cuales se almacenarán en la base de datos. Lo que se necesita es una instrucción de decisión If lo cual identifica con que trabajar.

Si se trabaja en **ac = presión**, modificar el valor del atributo **TRA\_PETO** (Presiones en los tramos), las variable de entrada utilizadas son: la variable valor (Es el valor que modifica al anterior, del **atributo tra\_lon**), **nom** (identifica el tramo en el que se calcula la presión), **cod** (identifica la estación elegida).

Si se trabaja en **ac = longitud**, modificar el valor del atributo **tra\_lon** (longitud del tramo), las variable de entrada utilizadas son: la variable valor (Es el valor que modifica al anterior, del atributo **tra\_lon**), **nom** (identifica el tramo en el que se calcula la presión), **cod** (identifica la estación elegida).

De igual manera se hace para el factor de fricción y las alturas Piezométricas.

```

Public Function tramoactualiza(ByVal ac As String, ByVal valor As String, ByVal nom
As String, ByVal cod As String)
Try
Dim conn As New SqlConnection(conexion)
Dim cmd As SqlCommand

```

```

Dim sql As String

If (ac = "presión") Then
    sql = "UPDATE TRA SET TRA_PETO= " & valor & " Where TRA_NOM=" & nom
& " and EST_EST_COD=" & cod & ""
End If

If (ac = "longitud") Then
    sql = "UPDATE TRA SET tRA_LON= " & valor & " Where TRA_NOM=" & nom &
" and EST_EST_COD=" & cod & ""
End If

If (ac = "perdidafricción") Then
    sql = "UPDATE TRA SET tRA_PEFR= " & valor & " Where TRA_NOM=" & nom
& " and EST_EST_COD=" & cod & ""
End If

If (ac = "alturapisometrica") Then
    sql = "UPDATE TRA SET TRA_ALPI= " & valor & " Where TRA_NOM=" & nom
& " and EST_EST_COD=" & cod & ""
End If

conn = New SqlConnection(conexion)
conn.Open()
cmd = New SqlCommand(sql, conn)
cmd.ExecuteNonQuery()
conn.Close()
cmd.Dispose()
conn.Dispose()
Catch err As SqlException
    Throw err
Catch err As SqlException
    Throw err
End Try
End Function

```

La función que a continuación se observa, permite actualizar los valores de los atributos: **tra\_x** (absisa 1), **tra\_x1**(absisa 2), **tra\_y**(ordenada 1), **tra\_y2** (ordenada 2), las variable de entrada utilizadas son: x, x1, y, y1 (coordenadas), nom (identifica el nombre del tramo), **cod** (identifica la estación elegida).

```
Public Function actualizaxy(ByVal op As String, ByVal cod As String, ByVal nom As String, ByVal x As String, ByVal x1 As String, ByVal y As String, ByVal y1 As String)
```

```
Try
    Dim conn As New SqlConnection(conexion)
    Dim cmd As SqlCommand
    Dim sql As String
    If (op = 1) Then
        sql = "UPDATE tra SET tra_x= " & x & ",tra_x1= " & x1 & ",tra_y= " & y &
        ",tra_y1= " & y1 & " Where TRA_NOM=" & nom & " and EST_EST_COD=" & cod & ""
    End If
    If (op = 2) Then
```

Aquí escogemos el tramo que se va a actualizar.

```
        sql = "UPDATE tra SET tra_nom= " & x & " Where TRA_NOM=" & nom & " and
        EST_EST_COD=" & cod & ""
    End If
    conn = New SqlConnection(conexion)
    conn.Open()
    cmd = New SqlCommand(sql, conn)
    cmd.ExecuteNonQuery()
    conn.Close()
    cmd.Dispose()
    conn.Dispose()
Catch err As SqlException
    Throw err
Catch err As SqlException
    Throw err
End Try
End Function
```

La función que a continuación se presenta, permite insertar, valores de los atributos: **tra\_nom** (es el número de tramo), **tra x** (absisa 1), **tra\_x1**(absisa 2), **tra\_y**(ordenada 1), **tra\_y2**(ordenada 2), las variable de entrada utilizadas son:

**x, x1, y, y1** (coordenadas), **nom** (identifica el nombre del tramo), **cod** (identifica la estación elegida).

```
Public Function insertaxy(ByVal code As String, ByVal nom As String, ByVal x As String, ByVal x1 As String, ByVal y As String, ByVal y1 As String)
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim cmd As SqlCommand
        Dim sql As String = "INSERT INTO TRA(EST_EST_COD,tra_nom,tra_x,tra_x1,tra_y,tra_y1) values ('" & code & "','" & nom & "','" & x & "','" & x1 & "','" & y & "','" & y1 & "')"
        conn = New SqlConnection(conexion)
        conn.Open()
        cmd = New SqlCommand(sql, conn)
        cmd.ExecuteNonQuery()
        conn.Close()
        cmd.Dispose()
        conn.Dispose()
    Catch err As SqlException
    Catch err As SqlException
    End Try
End Function
```

La función que a continuación se ve, permite eliminar tramos en **EST\_EST\_COD** (valor de código de la estación), las variable de entrada utilizadas son: **nom** (identifica el nombre del tramo), **cod** (identifica la estación elegida).

```
Public Function Eliminaxy(ByVal cod As String, ByVal nom As String)
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim cmd As SqlCommand
```

```

    Dim sql As String = "DELETE FROM tra Where EST_EST_COD =" & cod & "" and
tra_nom=" & nom & ""
    conn = New SqlConnection(conexion)
    conn.Open()
    cmd = New SqlCommand(sql, conn)
    cmd.ExecuteNonQuery()
    conn.Close()
    cmd.Dispose()
    conn.Dispose()
Catch err As SqlException
    Throw err
Catch err As SqlException
    Throw err
End Try
End Function

```

La función que a continuación se presenta, devuelve los valores de de la tabla tipo de válvula **TIV**, para poder elegir que dato es el que se quiere, utilizamos la variable de entrada **nom** (identifica el tipo de válvula), La variable de salida longitud es de tipo **ArrayList** que contiene los datos de los datos antes mencionados.

```

Public Function seldatoválvula(ByVal nom As String) As ArrayList
    Dim longitud As New ArrayList
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim sql As String = "Select * From TIV AS T WHERE T.TIV_NOM= " & nom & ""
        Dim dsLugar As New DataSet
        Dim drLugar As SqlDataReader
        Dim cmd As SqlCommand
        Dim idl As String
        cmd = New SqlCommand(sql, conn)
        conn.Open()
        drLugar = cmd.ExecuteReader
        If drLugar.Read() Then

```

```

        longitud.Add(drLugar.Item("TIV_COD").ToString)
        longitud.Add(drLugar.Item("TIV_NOM").ToString)
        longitud.Add(drLugar.Item("TIV_VAL").ToString)
    End If
    drLugar.Close()
    conn.Close()
    cmd.Dispose()
    conn.Dispose()
Catch err As SqlException
Catch err As Exception
End Try
seldatoválvula = longitud
End Function

```

La función que a continuación se observa, permite insertar las válvulas que se utilizaran para realizar los cálculos de las perdidas por cada válvula elegida, las variables de entrada **codti** (contiene el valor del código del tipo de válvula **tiv\_tiv\_cod**), **code** (contiene el valor del código de la estación **est\_est\_cod**), **codtr** (contiene los valor del código del tramo), **des** (contiene el valor de la descripción de la válvula **val\_des**), **per** (contiene el valor de la pérdida de cada válvula **vel\_per**)

```

Public Function insertaperdidamenor(ByVal codti As String, ByVal code As String,
ByVal codtr As String, ByVal des As String, ByVal per As String)
Try
    Dim conn As New SqlConnection(conexion)
    Dim cmd As SqlCommand
    Dim sql As String = "INSERT INTO
VAL(TIV_TIV_COD,EST_EST_COD,TRA_COD,VAL_DES,VAL_PER) values ('" & codti &
"', '" & code & "', '" & codtr & "', '" & des & "', '" & per & "'"
    conn = New SqlConnection(conexion)
    conn.Open()
    cmd = New SqlCommand(sql, conn)
    cmd.ExecuteNonQuery()

```

```

    conn.Close()
    cmd.Dispose()
    conn.Dispose()
Catch err As SqlException
Catch err As SqlException
End Try
End Function

```

La función que a continuación se muestra, permite eliminar el valor de la tabla VAL

```

Public Function EliminaVal(ByVal cod As String)
Try
    Dim conn As New SqlConnection(conexion)
    Dim cmd As SqlCommand
    Dim sql As String = "DELETE FROM VAL Where EST_EST_COD =" & cod & ""
    conn = New SqlConnection(conexion)
    conn.Open()
    cmd = New SqlCommand(sql, conn)
    cmd.ExecuteNonQuery()
    conn.Close()
    cmd.Dispose()
    conn.Dispose()
Catch err As SqlException
    Throw err
Catch err As SqlException
    Throw err
End Try
End Function

```

La función que a continuación se presenta, devuelve el valor del código de la estación almacenado en el atributo **est\_cod** (de la tabla **est**), utilizamos la variable de entrada **nom** (identifica el nombre de la estación), La variable de salida, longitud (contiene el valor del código de la estación **est\_cod**).

```

Public Function seleestacion(ByVal nom As String)
    Dim longitud As String
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim sql As String = "Select EST_COD From EST where EST_NOM=" + nom + ""
        Dim dsLugar As New DataSet
        Dim drLugar As SqlDataReader
        Dim cmd As SqlCommand
        Dim idl As String
        cmd = New SqlCommand(sql, conn)
        conn.Open()
        drLugar = cmd.ExecuteReader
        If drLugar.Read() Then
            longitud = drLugar.Item("EST_COD").ToString
        End If
        drLugar.Close()
        conn.Close()
        cmd.Dispose()
        conn.Dispose()
    Catch err As SqlException
    Catch err As Exception
    End Try
    seleestacion = longitud
End Function

```

Esta función permite seleccionar la estación y realizar los cálculos en las mismas.

```

Public Function selenombreestacion(ByVal cod As String)
    Dim longitud As String
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim sql As String = "Select EST_nom From EST where EST_cod=" + cod + ""
        Dim dsLugar As New DataSet
        Dim drLugar As SqlDataReader

```

```

Dim cmd As SqlCommand
Dim idl As String
cmd = New SqlCommand(sql, conn)
conn.Open()
drLugar = cmd.ExecuteReader
If drLugar.Read() Then

    longitud = drLugar.Item("EST_nom").ToString

End If

drLugar.Close()
conn.Close()
cmd.Dispose()
conn.Dispose()
Catch err As SqlException
Catch err As Exception
End Try
selenombreestacion = longitud

End Function

```

Esta función selecciona el nombre del tipo de válvula **tiv\_nom**

```

Public Function armaválvula() As DataSet
Dim vtn As New form1
Dim vtn1 As New ComboBox
Try

Dim conn As New SqlConnection(conexion)
Dim sql As String = "Select TIV_NOM From TIV "
Dim dsVal As New DataSet
Dim AdapterTipo As New SqlDataAdapter(sql, conn)
conn.Open()
AdapterTipo.Fill(dsVal, "Tipo")

```

```

        conn.Close()
        armaválvula = dsVal
    Catch err As SqlException
    Catch err As Exception
    End Try

End Function

```

Selecciona el nombre del tramo **tra\_nom**, la variable de salida **cod** (identifica el código de la estación), y devuelve un dataset **dsTramo**.

```

Public Function armatramo(ByVal cod As String) As DataSet
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim sql As String = "Select T.TRA_NOM From EST AS E, TRA AS T WHERE
E.EST_COD=T.EST_EST_COD AND E.EST_COD='" + cod + "'"
        Dim dsTramo As New DataSet
        Dim AdapterTipo As New SqlDataAdapter(sql, conn)
        conn.Open()
        AdapterTipo.Fill(dsTramo, "Tipo")
        conn.Close()
        armatramo = dsTramo
    Catch err As SqlException
    Catch err As Exception
    End Try

End Function

```

```

Public Function armaestacion() As DataSet
    Dim vtn As New form1
    Dim vtn1 As New ComboBox
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim sql As String = "Select * From EST"
        Dim dsEstación As New DataSet

```

```

Dim AdapterEstación As New SqlDataAdapter(sql, conn)
conn.Open()
AdapterEstación.Fill(dsEstación, "Estación")
conn.Close()
armaestacion = dsEstación

```

```

Catch err As SqlException
Catch err As Exception
End Try

```

```

End Function

```

```

Public Function armatipo(ByVal nom As Object) As DataSet
Dim vtn As New form1
Dim vtn1 As New ComboBox
Try
Dim conn As New SqlConnection(conexion)
Dim sql As String = "Select T.TIE_NOM From EST AS E, TIE AS T, ESTTIE AS ES
WHERE E.EST_NOM = " & nom & " AND T.TIE_COD=ES.TIE_COD AND ES.EST_COD =
E.EST_COD "
Dim dsTipo As New DataSet
Dim AdapterTipo As New SqlDataAdapter(sql, conn)
conn.Open()
AdapterTipo.Fill(dsTipo, "Tipo")
conn.Close()
armatipo = dsTipo
Catch err As SqlException
Catch err As Exception

End Try

End Function

```

Esta función permite escoger las opciones Directorio y teléfono de cada estación.

```

Public Function armalugar(ByVal nom As Object) As ArrayList
    Dim vtn As New form1
    Dim vtn1 As New ComboBox
    Dim arr As New ArrayList
    Try
        Dim conn As New SqlConnection(conexion)
        Dim sql As String = "Select T.TIE_DIR, T.TIE_TEL From TIE AS T WHERE
T.TIE_NOM = " & nom & " "
        Dim dsLugar As New DataSet
        Dim drLugar As SqlDataReader
        Dim cmd As SqlCommand
        Dim idl As String
        cmd = New SqlCommand(sql, conn)
        conn.Open()
        drLugar = cmd.ExecuteReader
        If drLugar.Read() Then
            arr.Add(drLugar.Item("TIE_DIR").ToString)
            arr.Add(drLugar.Item("TIE_TEL").ToString)
        End If
        drLugar.Close()
        conn.Close()
        cmd.Dispose()
        conn.Dispose()
        armalugar = arr
    Catch err As SqlException
    Catch err As Exception
    End Try
End Function

End Class

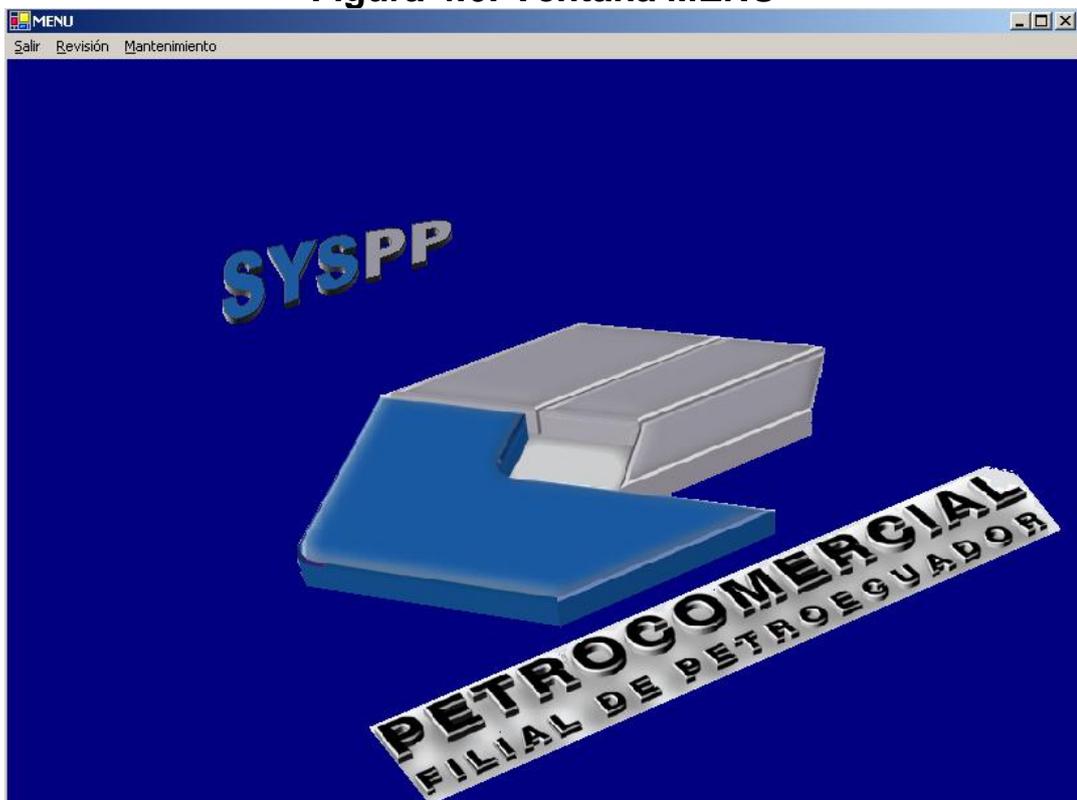
```

### 4.2.3. Clases Formularios

#### 4.2.3.1. Clases de la Ventana MENÚ

En esta ventana se muestra el menú principal en donde la barra de herramientas permite escoger las opciones salir, Revisión y Mantenimiento

**Figura 4.6: Ventana MENÚ**

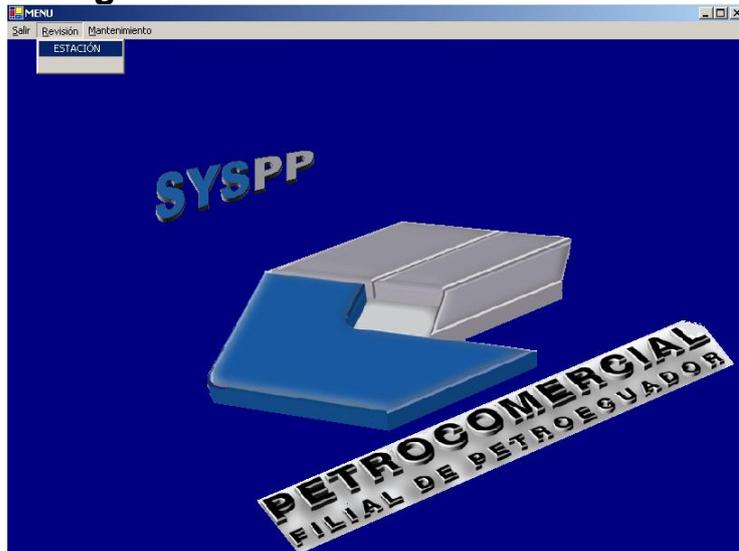


**Fuente: PROGRAMA SYSPP**

La opción SALIR nos permite cancelar el programa.

La opción REVISIÓN permite escoger la opción ESTACIÓN, la cual desplegara una ventana en donde se puede escoger en que estación se van a realizar los cálculos.

**Figura 4.7: Ventana MENÚ-Revisión**

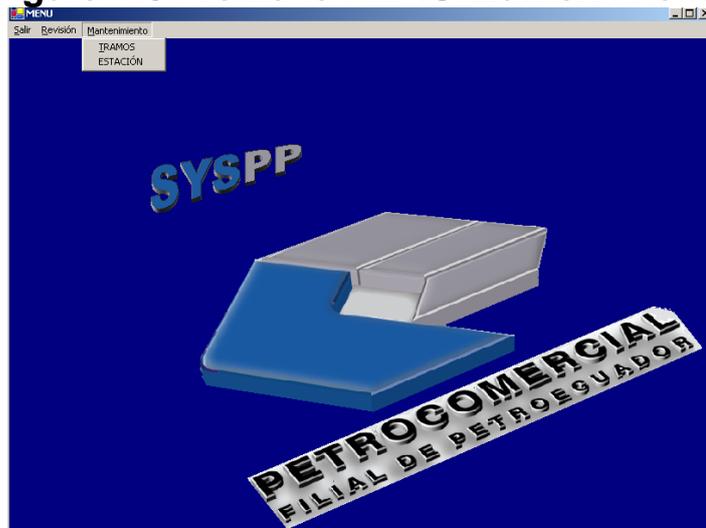


Fuente: PROGRAMA SYSP

La opción MANTENIMIENTO permite escoger las opciones; TRAMOS Y ESTACIÓN.

- La opción TRAMOS permite la actualización de las coordenadas de cada tramo.
- La opción Estación la cual permite actualizar los datos de la ubicación, los teléfonos de cada estación.

**Figura 4.8: Ventana MENÚ-Mantenimiento**



Fuente: PROGRAMA SYSP

## Codificación

```
Public Class Menú
```

```
    Inherits System.Windows.Forms.Form
```

```
Private Sub Menú_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)  
Handles MyBase.Load
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenúItem5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles MenúItem5.Click
```

```
    Dim asd As New trainup  
    asd.Show()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenúItem6_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles MenúItem6.Click
```

```
    Dim asd As New Estación  
    asd.Show()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MenúItem4_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles MenúItem4.Click
```

```
    Dim asd As New tipoesta  
    asd.Show()
```

```
End Sub
```

```
End Class
```

### 4.2.3.2. Clases de la Ventana ESTACIÓN

A continuación en la barra de herramientas se escoge REVISIÓN y se da un clic en ESTACIÓN, en donde despliega una ventana llamada CÁLCULOS que se vera a continuación.

**Figura 4.9: Ventana 1. ESTACIÓN**

The screenshot shows a window titled 'ESTACIÓN' with the subtitle 'ESCOJA ESTACIONES'. On the left, there is a dropdown menu with 'SHUSHUFINDIQUIJOS' selected. Below it is a button labeled 'Cálculo de Datos'. On the right, under the heading 'INFORMACIÓN', there are three text input fields: 'Estación' with 'SHUSHUFINDI QUIJOS', 'Ubicación' with 'AV prensa', and 'Teléfono' with '2420716'.

**Fuente: PROGRAMA SYSPP**

Esta ventana permite hacer lo siguiente:

- Escoger la estación en la que se va a realizar los cálculos

**Figura 4.10: Ventana 2. ESTACIÓN**

The screenshot shows the same 'ESTACIÓN' window. The dropdown menu is open, displaying a list of stations: 'SHUSHUFINDIQUIJOS', 'QUIJOSOSAYACU', 'OSAYACUCHALPI', and 'CHALPIBEATEREO'. The 'Estación' field in the 'INFORMACIÓN' section now shows 'SHUSHUFINDI QUIJOS'. The 'Ubicación' field is empty and has 'Km' next to it. The 'Teléfono' field contains '2563607'. The 'Cálculo de Datos' button is still present.

**Fuente: PROGRAMA SYSPP**

- Escoge la información de cada estación haciendo clic en la Estación.

Figura 4.11: Ventana 3. ESTACIÓN

ESTACIÓN

ESCOJA ESTACIONES

SHUSHUFINDIQUIJOS

Cálculo de Datos

INFORMACIÓN

Estación SHUSHUFINDIQUIJOS

Ubicación 121878 Km

Teléfono 2560977

Fuente: PROGRAMA SYSP

- La ultima opción, es CÁLCULO DE DATOS

### Codificación

```
Imports System.Data.SqlClient
```

```
Public Class Estación
```

```
Inherits System.Windows.Forms.Form
```

```
Private Sub Estación_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
```

```
ArmaEstación()
```

```
End Sub
```

```
Dim vtn As New form1
```

```
Private Sub CboEstación_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CboEstación.SelectedIndexChanged
```

```
If Me.CboEstación.SelectedIndex >= 0 Then
```

```
ArmaTipo((Me.CboEstación.Text.ToString))
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub LstTipo_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles LstTipo.SelectedIndexChanged
```

```
If Me.LstTipo.SelectedIndex >= 0 Then
```

```
        ArmaLugar((Me.LstTipo.Text.ToString))
    End If
End Sub
```

```
Private Sub btnCálculo_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnCálculo.Click
    vtn.I1.Text = Me.CboEstación.Text.ToString()
    vtn.ShowDialog()
End Sub
```

```
Sub ArmaTipo(ByVal c As Object)
    ObjPresión = New Class1
    Dim dsTipo As New DataSet
    dsTipo = ObjPresión.armatipo(c)
    With Me.LstTipo
        .DataSource = dsTipo.Tables("Tipo").DefaultView
        .DisplayMember = "TIE_COD"
        .ValueMember = "TIE_NOM"
    End With
End Sub
```

```
Sub ArmaEstación()
    ObjPresión = New Class1
    Dim dsEstacion As New DataSet
    dsEstacion = ObjPresión.armaestacion()
    With Me.CboEstación
        .DataSource = dsEstacion.Tables("Estación").DefaultView
        .DisplayMember = "EST_NOM"
        .ValueMember = "EST_COD"
    End With
```

```
    With Me.LstTipo
        .SelectedIndex = 0
    End With
End Sub
```

```
Sub ArmaLugar(ByVal e As Object)
    Dim arr
```

```

ObjPresión = New Class1
arr = ObjPresión.armalugar(e)
txtDir.Text = arr.item(0)
txtTel.Text = arr.item(1)

End Sub
End Class

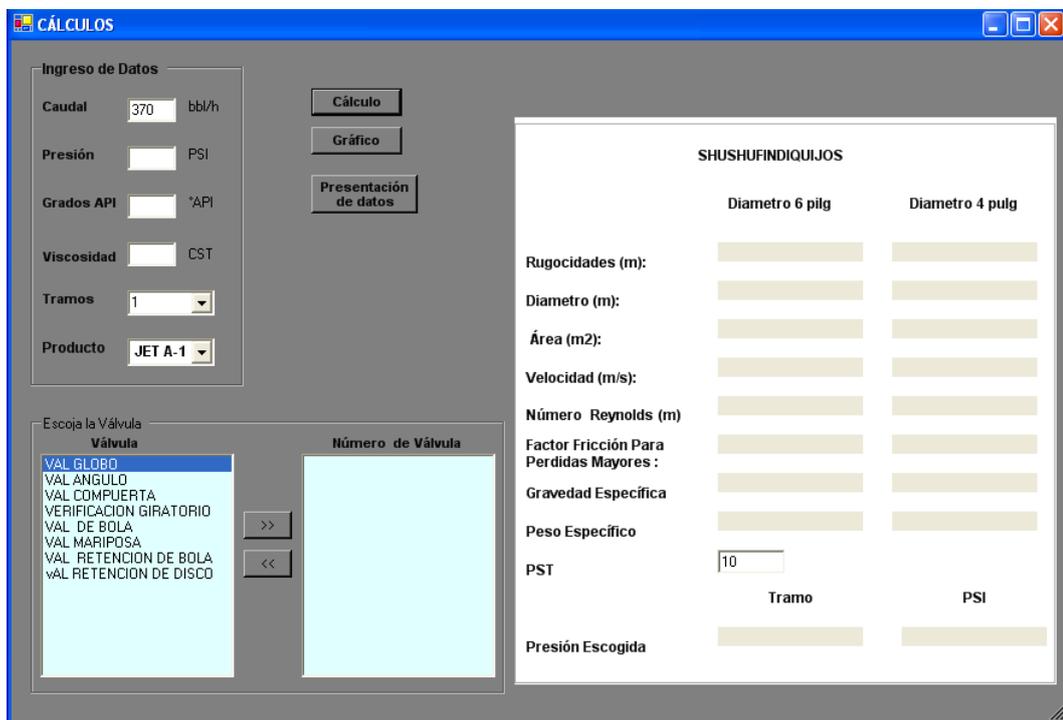
```

### 4.2.3.3. Clases de la ventana CÁLCULOS

A continuación ya al hacer clic en el botón CÁLCULO DE DATOS, se despliega otra ventana la cual permitirá ingresar datos y habrá varias opciones que a continuación se detalla:

- Primero, ingreso de datos, en donde se ingresará el caudal, la presión, los grados API, la viscosidad y se escogerá en que tramo calcular la presión.

Figura 4.12: Ventana 1. CÁLCULOS



Fuente: PROGRAMA SYSP

Figura 4.13: Ventana 2. CÁLCULOS

The screenshot shows the 'CÁLCULOS' software interface. On the left, there is an 'Ingreso de Datos' section with input fields for Caudal (370 bbl/h), Presión (PSI), Grados API (°API), Viscosidad (CST), Tramos (1), and Producto. Below this is a 'Válvula' selection list with options like VAL GLOBO, VAL ANGULO, VAL COMPUERTA, etc. In the center, there are buttons for 'Cálculo', 'Gráfico', and 'Presentación de datos', and a 'Número de Válvula' field. On the right, a table titled 'SHUSHUFINDIQUIJOS' displays calculation results for 'Diametro 6 pilg' and 'Diametro 4 pulg' across various parameters like Rugosidades (m), Diametro (m), Área (m2), Velocidad (m/s), Número Reynolds (m), Factor Fricción Para Perdidas Mayores, Gravedad Especifica, Peso Especifico, PST (10), and Presión Escogida.

Fuente: PROGRAMA SYSP

- La opción Escoja válvulas, en donde se ve las válvulas, las cuales se almacenan, y en la opción Número de válvulas, se almacenan en la ventana lo que se mostrara a continuación.

Figura 4.14: Ventana 3. CÁLCULOS

This screenshot is identical to Figure 4.13, but with specific changes: the 'Producto' field is set to 'JET A-1' and 'VAL RETENCIÓN DE DISCO' is selected in the 'Válvula' list. The 'Número de Válvula' field is also populated with the same list of valve options.

Fuente: PROGRAMA SYSP

- Se puede trabajar con los cinco productos que bombea la estación, con la opción que se ve a continuación.

**Figura 4.15: Ventana 4. CÁLCULOS**

The screenshot shows a software window titled 'CÁLCULOS'. On the left, there is an 'Ingreso de Datos' section with the following fields: Caudal (370 bbl/h), Presión (PSI), Grados API (\*API), Viscosidad (CST), Tramos (12), and Producto (JET A-1). Below these are two lists of valve types: 'Elegir la Válvula' and 'Número de Válvula', both containing options like VAL GLOBO, VAL ANGULO, VAL COMPUERTA, VERIFICACION GIRATORIO, VAL DE BOLA, VAL MARIPOSA, VAL RETENCION DE BOLA, and VAL RETENCION DE DISCO. In the center, there are three buttons: 'Cálculo', 'Gráfico', and 'Presentación de datos'. On the right, a table titled 'SHUSHUFINDIQUIJOS' displays results for 'Diametro 6 pulg' and 'Diametro 4 pulg'. The table includes rows for Rugosidades (m), Diametro (m), Área (m2), Velocidad (m/s), Número Reynolds (m), Factor Fricción Para Perdidas Mayores, Gravedad Específica, Peso Específico, PST (10), and Presión Escogida. The table has columns for 'Tramo' and 'PSI'.

**Fuente: PROGRAMA SYSP**

- Los botones Cálculo, gráficos y presentación de datos se muestra a continuación.

Figura 4.16: Ventana 5. CÁLCULOS

Fuente: PROGRAMA SYSP

## Codificación

`Imports System.Data.SqlClient`

`Public Class form1`

`Inherits System.Windows.Forms.Form`

`Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)`

`Handles MyBase.Load`

`ObjPresión = New Class1`

`ArmaTramo(ObjPresión.seleestacion(I1.Text))`

`ArmaVálvula()`

`CmbProductos.SelectedIndex = 0`

`End Sub`

`Private Sub btnCalcula_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnCalcula.Click`

```

If (valida() = True) Then
    Dim coefiresisten1, perdidaporfricción
    Dim gravedadespecífica, pesoespecífico, coefiresisten2
    Dim pérdidasmenores, presiofinal
    Dim almaperdidamenor, alturaspizometricas
    Dim diámetro
    Dim l = 0
    Dim arr, array, arr2, arr3
    Dim arrd, arrd1, arrl, arrpf
    Dim código
    Dim pst As Decimal
    pst = 0
    almaperdidamenor = 0
    ObjPresión = New Class1
    ObjPresión.Eliminaval(ObjPresión.seleestacion(l1.Text))
    ' función dravnf
    'arrd0 = (diámetro)      arrd1=(velocidad)
    'arrd2=(factor de fricción)  arrd3=(rugomatd)
    'arrd4=(áread)          arrd5=(númerodereynoldd)
    arrd = ObjPresión.dravnf(1, Val(txtCaudal.Text), Val(txtViscosidad.Text))
    arrd1 = ObjPresión.dravnf(3, Val(txtCaudal.Text), Val(txtViscosidad.Text))
    l2.Text = arrd.item(3)
    l3.Text = arrd1.item(3)
    l4.Text = arrd.item(0)
    l5.Text = arrd1.item(0)
    l6.Text = arrd.item(4)
    l7.Text = arrd1.item(4)
    l8.Text = arrd.item(1)
    l9.Text = arrd1.item(1)
    l10.Text = arrd.item(5)
    l11.Text = arrd1.item(5)
    l12.Text = arrd.item(2)
    l13.Text = arrd1.item(2)
    longitud()
    pst = Val(txtps.Text) / ObjPresión.contra(Me.ObjPresión.seleestacion(l1.Text))
    For l = 1 To (CmbNtramo.Text.ToString())
        diámetro = ObjPresión.determinadiámetro(l1.Text, l, arrd.item(0), arrd1.item(0))
    
```

### 'COEFICIENTE DE RESISTENCIAS

!\*\*\*\*\*

```
arrl = ObjPresión.tramodato(ObjPresión.seleestacion(I1.Text), I)
coefiresisten1 = ObjPresión.coeficientederesistenciaa(arrd.item(2), arrl.item(5),
diámetro)
```

!\*\*\*\*\*

### 'PÉRDIDA POR FRICCIÓN

```
perdidaporfricción = ObjPresión.péridaporfricción(coefiresisten1, arrd.item(1), 9.81)
ObjPresión.tramoactualiza("perdidafricción", perdidaporfricción, I,
ObjPresión.seleestacion(I1.Text))
```

Next I

### 'GRAVEDAD ESPECÍFICA

```
gravedadespecífica = ObjPresión.gravedadespecífica(Val(txtGradosapi.Text))
L14.Text = gravedadespecífica
```

### 'PESO ESPECÍFICO

```
pesoespecífico = ObjPresión.pesoespecífico(gravedadespecífica)
L15.Text = pesoespecífico
```

I = 0

While LstValSel.Items.Count > I

```
diámetro = ObjPresión.determinadíámetro(I1.Text, CmbNtramo.Text.ToString(),
arrd.item(0), arrd1.item(0))
```

```
LstValSel.SetSelected(I, True)
```

```
arr = ObjPresión.seldatoválvula(LstValSel.Text.ToString)
```

'k2 coeficiente de resistencia , se le manda el le/d

!\*\*\*\*\*

```
coefiresisten2 = ObjPresión.coeficientederesistenciab(ObjPresión.a(2), arr.Item(2),
diámetro)
```

!\*\*\*\*\*

### 'PERDIDAS MENORES

```
péridasmenores = ObjPresión.péridadenergíamenores(coefiresisten2, arrd.item(1),
9.81)
```

```
ObjPresión.insertaperdidamenor(Convert.ToString(arr.Item(0)),
ObjPresión.seleestacion(I1.Text), CmbNtramo.Text.ToString(), Convert.ToString(arr.Item(1)),
Convert.ToString(péridasmenores))
```

I = I + 1

```
almaperdidamenor = almaperdidamenor + péridasmenores
```

End While

### 'SUMA PÉRDIDAS MENORES

```
For I = 1 To (CmbNtramo.Text.ToString())
    array = ObjPresión.tramodato(ObjPresión.seleestacion(I1.Text), I)
    If (I = 1) Then
        presiofinal = ObjPresión.presión(Val(txtPresión.Text) * 6895, pesospecifico,
array.item(3), array.item(2), array.item(6), pst)
    End If
    If (I > 1 And I < (CmbNtramo.Text.ToString())) Then
        presiofinal = ObjPresión.presión(presiofinal, pesospecifico, array.item(3),
array.item(2), array.item(6), pst)
    End If
    If (I = (CmbNtramo.Text.ToString())) Then
        presiofinal = ObjPresión.presión(presiofinal, pesospecifico, array.item(3),
array.item(2), (array.item(6) + almaperdidamenor), pst)
    End If
    ObjPresión.tramoactualiza("presión", presiofinal, I, ObjPresión.seleestacion(I1.Text))
Next I
```

### 'altura pisometrica

```
For I = 1 To (CmbNtramo.Text.ToString())
    If (I = 1) Then
        arr3 = ObjPresión.tramodato(Convert.ToString(ObjPresión.seleestacion(I1.Text)), I)
        alturaspizometricas = ObjPresión.alturapizometrica(arr3.Item(2),
Val(txtPresión.Text) * 6895, pesospecifico)
    Else
        arr3 = ObjPresión.tramodato(Convert.ToString(ObjPresión.seleestacion(I1.Text)), I)
        arr2 = ObjPresión.tramodato(Convert.ToString(ObjPresión.seleestacion(I1.Text)), I
- 1)
        alturaspizometricas = ObjPresión.alturapizometrica(arr3.Item(2), arr2.Item(4),
pesoespecifico)
    End If
    ObjPresión.tramoactualiza("alturapisometrica", alturaspizometricas, I,
ObjPresión.seleestacion(I1.Text))
Next I
```

### 'presión escogida PSI

```
array = ObjPresión.tramodato(ObjPresión.seleestacion(I1.Text),
```

```

CmbNtramo.Text.ToString()
    L18.Text = (array.item(4) / 6895)
    L19.Text = CmbNtramo.Text.ToString()
End If
End Sub
Private Sub BtnRem_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles BtnRem.Click
    If (Me.LstValSel.SelectedIndex >= 0) Then
        If Me.LstVálvula.SelectedIndex >= 0 Then
            Me.LstValSel.Items.RemoveAt(Me.LstValSel.SelectedIndex)
        End If
    End If
End Sub
Private Sub Btnad_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Btnad.Click
    ' Anadir un VÁLVULA
    If Me.LstValSel.FindString(Convert.ToString(Me.LstVálvula.SelectedItem)) = -1 Then
        Me.LstValSel.Items.Add(Me.LstVálvula.Text.ToString)
    End If
End Sub
Private Sub BtnGráficos_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnGráficos.Click
    Dim vtn As New gráficos
    vtn.ShowDialog()
End Sub
Private Sub BtnPresenta_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnPresenta.Click
    Dim vtn As New presenta
    vtn.ShowDialog()
End Sub
Sub ArmaTramo(ByVal ar As String)
    ObjPresión = New Class1
    Dim dsTramo As New DataSet
    dsTramo = ObjPresión.armatramo(ar)
    With CmbNtramo
        .DataSource = dsTramo.Tables("Tipo").DefaultView
        .DisplayMember = "TRA_COD"
    End With
End Sub

```

```

        .ValueMember = "TRA_NOM"
    End With
End Sub
Sub ArmaVálvula()
    ObjPresión = New Class1
    Dim dsVal As New DataSet
    dsVal = ObjPresión.armaválvula()
    With LstVálvula
        .DataSource = dsVal.Tables("Tipo").DefaultView
        .DisplayMember = "TIV_COD"
        .ValueMember = "TIV_NOM"
        .SelectedIndex = 0
    End With
End Sub
Sub longitud()
    Dim arr
    ObjPresión = New Class1
    For I As Integer = 1 To CmbNtramo.Text.ToString()
        arr = ObjPresión.tramodato(Convert.ToString(ObjPresión.seleestacion(I1.Text)), I)
        Llongitud.Text = ObjPresión.longitudtramo(arr.Item(0), arr.Item(1), arr.Item(2),
arr.Item(3))
        ObjPresión.tramoactualiza("longitud", Llongitud.Text, Convert.ToString(I),
(ObjPresión.seleestacion(I1.Text)))
    Next I
End Sub
Private Function valida() As Boolean
    Dim valCau, valvis, valpre, valgapi, valpro As Boolean
    Erpvalida.Dispose()
    ObjVal = New validar
    valCau = ObjVal.validanum(txtCaudal.Text, 1, 3)
    valpre = ObjVal.validanum(txtPresión.Text, 1, 5)
    valgapi = ObjVal.validanum(txtGradosapi.Text, 1, 5)
    valvis = ObjVal.validanum(txtViscosidad.Text, 1, 5)
    valpro = ObjVal.validanum(txttps.Text, 1, 8)
    If (valCau = True And valpre = True And valgapi = True And valvis = True And valpro =
True) Then
        MsgBox("Los datos son correctos!", MsgBoxStyle.OKOnly, "OK")
    End If
End Function

```

```

        valida = True
Else
    If (valCau = False) Then
        Erpvalida.SetError(txtCaudal, "Caudal Incorrecta")
    End If
    If (valpre = False) Then
        Erpvalida.SetError(txtPresión, "Presión Incorrecta")
    End If
    If (valgapi = False) Then
        Erpvalida.SetError(txtGradosapi, "Grados API Incorrecta")
    End If
    If (valvis = False) Then
        Erpvalida.SetError(txtViscosidad, "Viscosidad Incorrecta")
    End If
    If (valpro = False) Then
        Erpvalida.SetError(txtps, "Ps Incorrecta")
    End If

    MsgBox("Tiene que ingresar todos los datos,no se acepta datos incorrectos",
MsgBoxStyle.Exclamation, "Error")
    valida = False
End If
End Function

Private Sub CmbProductos_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles CmbProductos.SelectedIndexChanged
    ObjPresión = New Class1
    If Me.CmbProductos.SelectedIndex >= 0 Then
        txtps.Text = ObjPresión.seleproducto(CmbProductos.Text.ToString(), l1.Text)
    End If
End Sub
End Class

```

#### 4.2.3.4. Clases de la ventana PRESENTACIÓN DE DATOS

El botón CÁLCULO, hace el cálculo los cuales serán presentados haciendo clic en PRESENTACIÓN DE DATOS.

A continuación, se hace clic en el botón PRESENTACIÓN DE DATOS y se despliega una ventana presentación de datos en el cual se tiene la opción DESPLEGAR, que permite visualizar los datos que se almacenaron como las coordenadas ((X, Y) punto inicial, (X1, X2) punto final), los tramos (LONGITUD, que es la longitud de cada tramo), las Pérdidas de fricción, las presiones de los diferentes puntos y las alturas Piezométricas.

Figura 4.17: Ventana 1. PRESENTACIÓN DE DATOS



Fuente: PROGRAMA SYSPP

Figura 4.18: Ventana 2. PRESENTACIÓN DE DATOS

ESTACIONES

	TRAMO	X	X1	Y	Y1	LONGITUD	PEDIDAS POR FRICCIÓN	PRESIONES
▶	1	0	11500	338	268	11500.21304	68.3895305924111	10854227.65
	2	11500	23960	268	285	12460.01159	74.0972659573034	10283732.53
	3	23960	36700	285	297	12740.00565	75.7623361502578	9739766.161
	4	36700	37400	297	298	700.0007142	4.16276812364713	9852863.969
	5	37400	50577	298	291	13177.00185	78.3610676185303	9439366.633
	6	50577	51268	291	307	691.1852139	4.11034405751372	9433559.258
	7	51268	65000	307	332	13732.02275	81.6616689664138	8739252.214
	8	65000	77334	332	353	12334.01787	73.3480058073211	8142898.066
	9	77334	100200	353	425	22866.11335	135.980329514917	6642619.947
	10	100200	104446	425	429	4246.001884	25.2501475148202	6564107.138
	11	104446	104842	429	429	396	2.35493499266957	6699540.735
	12	104842	121878	429	1016	17046.10996	101.369901135592	1377853.045
*								

Fuente: PROGRAMA SYSP

Figura 4.19: Ventana 3. PRESENTACIÓN DE DATOS

ESTACIONES

	TRAMO	X	X1	Y	Y1	LONGITUD	PEDIDAS POR FRICCIÓN	PRESIONES
▶	1	0	11500	338	268	11500.21304	68.3895305924111	10854227.65
	2	11500	23960	268	285	12460.01159	74.0972659573034	10283732.53
	3	23960	36700	285	297	12740.00565	75.7623361502578	9739766.161
	4	36700	37400	297	298	700.0007142	4.16276812364713	9852863.969
	5	37400	50577	298	291	13177.00185	78.3610676185303	9439366.633
	6	50577	51268	291	307	691.1852139	4.11034405751372	9433559.258
	7	51268	65000	307	332	13732.02275	81.6616689664138	8739252.214
	8	65000	77334	332	353	12334.01787	73.3480058073211	8142898.066
	9	77334	100200	353	425	22866.11335	135.980329514917	6642619.947
	10	100200	104446	425	429	4246.001884	25.2501475148202	6564107.138
	11	104446	104842	429	429	396	2.35493499266957	6699540.735
	12	104842	121878	429	1016	17046.10996	101.369901135592	1377853.045
*								

CAMBIA A LA ULTIMA ESTACION

CAMBIA A LA OTRA ESTACION

Fuente: PROGRAMA SYSP

## Codificación

Public Class presenta

Inherits System.Windows.Forms.Form

Private Sub btnCancel\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").CancelCurrentEdit()

Me.objdsestramo\_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnDelete\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

If (Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Count > 0) Then

Me.BindingContext(objdsestramo,  
"EST").RemoveAt(Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Position)

Me.objdsestramo\_PositionChanged()

End If

End Sub

Private Sub btnAdd\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

Try

'Clear out the current edits

Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").EndCurrentEdit()

Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").AddNew()

Catch eEndEdit As System.Exception

System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eEndEdit.Message)

End Try

Me.objdsestramo\_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnUpdate\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

Try

'Attempt to update the datasource.

Me.UpdateDataSet()

Catch eUpdate As System.Exception

'Add your error handling code here.

'Display error message, if any.

System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eUpdate.Message)

End Try

```

        Me.objdsestramo_PositionChanged()

    End Sub

    Private Sub btnLoad_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnLoad.Click
        'Me.editEST_NOM.Text = Me.T1.Text
    Try
        'Attempt to load the dataset.
        Me.LoadDataSet()
    Catch eLoad As System.Exception
        'Add your error handling code here.
        'Display error message, if any.
        System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eLoad.Message)
    End Try
    'Me.objdsestramo_PositionChanged()

    End Sub

    Private Sub btnNavFirst_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavFirst.Click
        Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Position = 0
        Me.objdsestramo_PositionChanged()

    End Sub

    Private Sub btnLast_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnLast.Click
        Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Position =
(Me.objdsestramo.Tables("EST").Rows.Count - 1)
        Me.objdsestramo_PositionChanged()

    End Sub

    Private Sub btnNavPrev_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavPrev.Click
        Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Position = (Me.BindingContext(objdsestramo,
"EST").Position - 1)
        Me.objdsestramo_PositionChanged()

    End Sub

```

```

Private Sub btnNavNext_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavNext.Click
    Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Position = (Me.BindingContext(objdsestramo,
"EST").Position + 1)
    Me.objdsestramo_PositionChanged()

End Sub
Private Sub objdsestramo_PositionChanged()
    Me.lblNavLocation.Text = (((Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Position +
1).ToString + " of ") _
    + Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").Count.ToString)

End Sub
Private Sub btnCancelAll_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs)
    Me.objdsestramo.RejectChanges()

End Sub
Public Sub UpdateDataSet()
    'Create a new dataset to hold the changes that have been made to the main dataset.
    Dim objDataSetChanges As SYSPP.dsestramo = New SYSPP.dsestramo
    'Stop any current edits.
    Me.BindingContext(objdsestramo, "EST").EndCurrentEdit()
    Me.BindingContext(objdsestramo, "TRA").EndCurrentEdit()
    'Get the changes that have been made to the main dataset.
    objDataSetChanges = CType(objdsestramo.GetChanges, SYSPP.dsestramo)
    'Check to see if any changes have been made.
    If (Not (objDataSetChanges) Is Nothing) Then
        Try
            'There are changes that need to be made, so attempt to update the datasource by
            'calling the update method and passing the dataset and any parameters.
            Me.UpdateDataSource(objDataSetChanges)
            objdsestramo.Merge(objDataSetChanges)
            objdsestramo.AcceptChanges()
        Catch eUpdate As System.Exception
            'Add your error handling code here.
            Throw eUpdate
        End Try
    End If
End Sub

```

```

    End Try
    'Add your code to check the returned dataset for any errors that may have been
    'pushed into the row object's error.
End If

End Sub

Public Sub LoadDataSet()
    'Create a new dataset to hold the records returned from the call to FillDataSet.
    'A temporary dataset is used because filling the existing dataset would
    'require the databindings to be rebound.
    Dim objDataSetTemp As SYSPP.dsestramo
    objDataSetTemp = New SYSPP.dsestramo
    Try
        'Attempt to fill the temporary dataset.
        Me.FillDataSet(objDataSetTemp)
    Catch eFillDataSet As System.Exception
        'Add your error handling code here.
        Throw eFillDataSet
    End Try
    Try
        grdTRA.DataSource = Nothing
        'Empty the old records from the dataset.
        objdsestramo.Clear()
        'Merge the records into the main dataset.
        objdsestramo.Merge(objDataSetTemp)
        grdTRA.SetDataBinding(objdsestramo, "EST.esttr")
    Catch eLoadMerge As System.Exception
        'Add your error handling code here.
        Throw eLoadMerge
    End Try

End Sub

Public Sub UpdateDataSource(ByVal ChangedRows As SYSPP.dsestramo)
    Try
        'The data source only needs to be updated if there are changes pending.
        If (Not (ChangedRows) Is Nothing) Then
            'Open the connection.

```

```

        Me.OleDbConnection1.Open()
        'Attempt to update the data source.
        OleDbDataAdapter1.Update(ChangedRows)
        OleDbDataAdapter2.Update(ChangedRows)
    End If
Catch updateException As System.Exception
    'Add your error handling code here.
    Throw updateException
Finally
    'Close the connection whether or not the exception was thrown.
    Me.OleDbConnection1.Close()
End Try

End Sub

Public Sub FillDataSet(ByVal dataSet As SYSP.dsettramo)
    'Turn off constraint checking before the dataset is filled.
    'This allows the adapters to fill the dataset without concern
    'for dependencies between the tables.
    dataSet.EnforceConstraints = False

    Try
        'Open the connection.
        Me.OleDbConnection1.Open()
        'Attempt to fill the dataset through the OleDbDataAdapter1.
        Me.OleDbDataAdapter1.Fill(dataSet)
        Me.OleDbDataAdapter2.Fill(dataSet)
    Catch fillException As System.Exception
        'Add your error handling code here.
        Throw fillException

    Finally
        'Turn constraint checking back on.
        dataSet.EnforceConstraints = True
        'Close the connection whether or not the exception was thrown.
        Me.OleDbConnection1.Close()
    End Try

```

End Sub

Private Sub presenta\_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)  
Handles MyBase.Load

End Sub

Private Sub Button1\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

End Sub

Private Sub grdTRA\_Navigate(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.NavigateEventArgs) Handles grdTRA.Navigate

End Sub

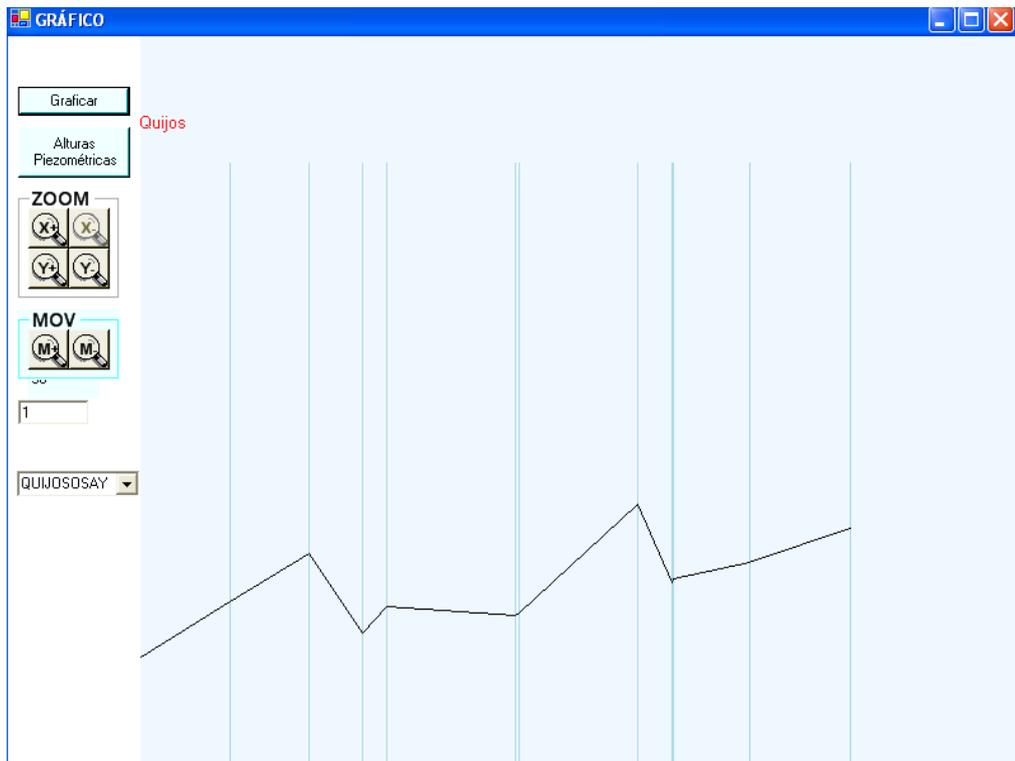
End Class

#### 4.2.3.5. Clases de la ventana GRÁFICO

Otra opción que tiene la ventana CÁLCULO es el botón GRÁFICA, en donde despliega una ventana la cual tiene las siguientes opciones.

- La opción Graficar, la cual permite graficar el tramo en la ESTACIÓN que se está trabajando.
- La opción Alturas Piezométricas, la cual grafica las alturas hidráulicas en el tramo que se escoge.
- Otra opción, son los botones ZOOM, los cuales permiten aumentar o disminuir la escala del gráfico en X, o Y.
- La opción MOV, el cual permite mover a la derecha o a la izquierda para visualizar la grafica en máximo ZOOM.

Figura 4.20: Ventana GRÁFICO



Fuente: PROGRAMA SYSP

## Codificación

**Public Class** gráficos

**Inherits** System.Windows.Forms.Form

**Private Sub** BtnGráficos\_Click(**ByVal** sender **As** System.Object, **ByVal** e **As** System.EventArgs)

**Handles** BtnGráficos.Click

contener = 50

contenery = 1

mover = 0

ban = 1

ban2 = 1

**Me**.Controls.Remove(pictureBox1)

pictureBox1.Dock = DockStyle.Fill

pictureBox1.BackColor = Color.AliceBlue

```

    AddHandler pictureBox1.Paint, AddressOf Me.pictureBox1_Paint
    Me.Controls.Add(pictureBox1)
End Sub

Private Sub Btxma_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Btxma.Click
    If (contener = -90) Then
        Btxma.Enabled = False
    Else
        Me.Controls.Remove(pictureBox1)
        pictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
        pictureBox1.BackColor = Color.AliceBlue
        AddHandler pictureBox1.Paint, AddressOf Me.pictureBox1_Paint
        contener = contener - 10
        If (ban < 12) Then
            ban = ban + 1
        End If
        Lp.Text = contener
        Me.Controls.Add(pictureBox1)
        Btxmi.Enabled = True
    End If
End Sub

Private Sub Btxmi_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Btxmi.Click
    If (contener = 90) Then
        Btxmi.Enabled = False
    Else
        Me.Controls.Remove(pictureBox1)
        pictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
        pictureBox1.BackColor = Color.AliceBlue
        AddHandler pictureBox1.Paint, AddressOf Me.pictureBox1_Paint
        contener = contener + 10
        If (ban > 1) Then
            Me.ban = ban - 1
        End If
        Lp.Text = contener
        Me.Controls.Add(pictureBox1)
    End If
End Sub

```

```
Btxma.Enabled = True
End If
End Sub
```

```
Private Sub Btyma_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Btyma.Click
If (contenery = -5) Then
    Btyma.Enabled = False
Else
    Me.Controls.Remove(pictureBox1)
    pictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
    pictureBox1.BackColor = Color.AliceBlue
    AddHandler pictureBox1.Paint, AddressOf Me.pictureBox1_Paint
    contenery = contenery - 1
    Lp.Text = contenery
    Me.Controls.Add(pictureBox1)
    Btymi.Enabled = True
End If
End Sub
```

```
Private Sub Btymi_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Btymi.Click
If (contenery = 5) Then
    Btymi.Enabled = False
Else
    Me.Controls.Remove(pictureBox1)
    pictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
    pictureBox1.BackColor = Color.AliceBlue
    AddHandler pictureBox1.Paint, AddressOf Me.pictureBox1_Paint
    contenery = contenery + 1
    Lp.Text = contenery
    Me.Controls.Add(pictureBox1)
    Btyma.Enabled = True
End If
End Sub
```

```

Private Sub BtnMovxmas_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnMovxmas.Click
    Me.Controls.Remove(pictureBox1)
    pictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
    pictureBox1.BackColor = Color.AliceBlue
    AddHandler pictureBox1.Paint, AddressOf Me.pictureBox1_Paint
    mover = mover + 50 * contenery
    Lp.Text = contenery
    Me.Controls.Add(pictureBox1)
    Btyma.Enabled = True

End Sub

```

```

Private Sub BtnMovxmi_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles BtnMovxmi.Click
    Me.Controls.Remove(pictureBox1)
    pictureBox1.Dock = DockStyle.Fill
    pictureBox1.BackColor = Color.AliceBlue
    AddHandler pictureBox1.Paint, AddressOf Me.pictureBox1_Paint
    mover = mover - 50 * contenery
    Lp.Text = contenery
    Me.Controls.Add(pictureBox1)
    Btyma.Enabled = True

End Sub

```

```

Private Sub pictureBox1_Paint(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PaintEventArgs)
    Dim g As Graphics = e.Graphics
    Dim a1, a2, a3, a4, a5, a6, n, n1, n2, n3, tramo, dato, ax, ia As Integer

    Dim ti As String
    Dim arr
    ObjPresión = New Class1
    ia = 1
    arr =

```

```

ObjPresión.tramodato(Me.ObjPresión.seleestacion(Me.CboEstación.Text.ToString), 1)
    n = 100
    n3 = arr.item(0) / (n + contener)
    n2 = 6 + contenery
    n1 = 500 + (arr.item(2)) / n2
    tramo =

Val(ObjPresión.contra(Me.ObjPresión.seleestacion(Me.CboEstación.Text.ToString)))
    For I As Integer = 1 To tramo

        arr =

ObjPresión.tramodato(Me.ObjPresión.seleestacion(Me.CboEstación.Text.ToString), I)
    If (I <> 1) Then
        arr2 =

ObjPresión.tramodato(Me.ObjPresión.seleestacion(Me.CboEstación.Text.ToString), I - 1)
        a6 = arr2.Item(4) / 10
    End If

        If (I = 1) Then
            a6 = 255
        End If
        a1 = arr.Item(0) / (n + contener) 'x1
        a2 = arr.Item(1) / (n + contener) 'x2
        a3 = arr.Item(2) / n2 'y1
        a4 = arr.Item(3) / n2 'y2
        a5 = arr.Item(4) / 10

        ax = arr.Item(0)
        g.DrawLine(System.Drawing.Pens.LightBlue, a2 - n3 + 90 + mover, 650, a2 - n3 + 90 +
mover, 100)
        'gráficos
        g.DrawLine(System.Drawing.Pens.Black, a1 - n3 + 90 + mover, -a3 + n1, a2 - n3 + 90 +
mover, -a4 + n1)
        'planocarte
        g.DrawLine(System.Drawing.Pens.Black, 90, 650, 90, 0)

```

```

g.DrawLine(System.Drawing.Pens.Black, 90, 650, 1200, 650)
If ((ia Mod 2) = 0) Then
    g.DrawString(ax, New Font("Arial", ban), Brushes.Red,

New PointF(a1 - n3 + 90 + mover, 670.0F - 5))
    Else
        g.DrawString(ax, New Font("Arial", ban), Brushes.Red,

New PointF(a1 - n3 + 90 + mover, 670.0F + 12))
    End If
    ia = ia + 1
    l1.Text = contener
Next l
g.DrawString("Shushufindi-Quijos", New Font("Arial", 10), Brushes.Red, New
PointF(30.0F, 60.0F))
End Sub 'pictureBox1_Paint

Sub ArmaEstación()
    ObjPresión = New Class1
    Dim dsEstacion As New DataSet
    dsEstacion = ObjPresión.armaestacion()
    With Me.CboEstación

        .DataSource = dsEstacion.Tables("Estación").DefaultView
        .DisplayMember = "EST_NOM"
        .ValueMember = "EST_COD"

    End With
    'With Me.LstTipo
    ' .SelectedIndex = 0
    'End With
End Sub

Private Sub gráficos_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load
    ArmaEstación()
End Sub

```

```

Private Sub CboEstación_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles CboEstación.SelectedIndexChanged
    If Me.CboEstación.SelectedIndex >= 0 Then
        End If
    End Sub
End Class

```

#### 4.2.3.6. Clases de la ventana ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS

A continuación, se muestra otras opciones que están en el menú principal. En el menú principal, se tiene la opción de MANTENIMIENTO en donde se muestra las opciones, TRAMOS y ESTACIÓN los cuales realizan tareas de actualización de datos, en el primero de coordenadas y el segundo ubicación.

Al hacer clic en la opción TRAMOS de MANTENIMIENTO, se despliega una ventana ACTUALIZACIÓN DE DATOS que permite cambiar los datos de los tramos, las opciones que encontramos son las siguientes:

**Figura 4.21: Ventana 1. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS**

The screenshot shows a window titled 'ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS' from the 'trainup' application. It features several input fields and buttons. The 'Nombre' field is at the top left. Below it are fields for 'X' and 'Y', and further down, 'X1' and 'Y1'. To the right of these fields are three buttons: 'Actualizar', 'Insertar', and 'Eliminar'. Below the coordinate fields is an 'ESTACIONES' field with a 'Desplegar' button. At the bottom of the window is a table with the following structure:

	TRA_NDM	TRA_X	TRA_X1	TRA_Y	TRA_Y1
▶	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)

**Fuente: PROGRAMA SYSPP**

- El botón desplegar permite visualizar los datos que están almacenado en nuestra base de datos SQL.

**Figura 4.22: Ventana 2. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS**

	TRA_NOM	TRA_X	TRA_X1	TRA_Y	TRA_Y1
▶	1	0	11500	338	268
	2	11500	23960	268	285
	3	23960	36700	285	297
	4	36700	37400	297	298
	5	37400	50577	298	291
	6	50577	51268	291	307
	7	51268	65000	307	332
	8	65000	77334	332	353
	9	77334	100200	353	425
	10	100200	104446	425	429
	11	104446	104842	429	429
	12	104842	121878	429	1016
*					

**Fuente: PROGRAMA SYSPP**

Para poder ingresar los datos se debe hacer clic en una de las opciones de la ventana. Se puede actualizar los datos, eliminar o agregar uno nuevo.

Para actualizar los datos, colocamos en Nombre, el número que encontramos en la columna TRA\_NOM, y llenamos los datos en X y Y y. Se hace clic en actualizar, para después visualizar el dato haciendo clic en desplegar.

**Figura 4.23: Ventana ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS-Actualizar Tramo**

**ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS**

Nombre

X  Y

X1  Y1

ESTACIONES

	TRA_NOM	TRA_X	TRA_X1	TRA_Y	TRA_Y1
▶	1	0	11500	338	268
	2	11500	23960	268	285
	3	23960	36700	285	297
	4	36700	37400	297	298
	5	37400	50577	298	291
	6	50577	51268	291	307
	7	51268	65000	307	332
	8	65000	77334	332	353
	9	77334	100200	353	425
	10	100200	104446	425	429
	11	104446	104842	429	429
	12	104842	121878	429	1016
*					

<< < 1 of 5 > >>

**Fuente: PROGRAMA SYSP**

Para insertar un dato nuevo hacemos clic en insertar, luego se llenan los datos Nombre y las coordenadas y se hace otra vez clic en inserta y se despliega de nuevo la ventana.

**Figura 4.24: Ventana 4. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS-Insertar Nuevo Tramo**

**ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS**

Nombre

X  Y

X1  Y1

ESTACIONES

	TRA_NOM	TRA_X	TRA_X1	TRA_Y	TRA_Y1
▶	1	0	11500	338	268
	2	11500	23960	268	285
	3	23960	36700	285	297
	4	36700	37400	297	298
	5	37400	50577	298	291
	6	50577	51268	291	307
	7	51268	65000	307	332
	8	65000	77334	332	353
	9	77334	100200	353	425
	10	100200	104446	425	429
	11	104446	104842	429	429
	12	104842	121878	429	1016
*					

<< < 1 of 5 > >>

**Fuente: PROGRAMA SYSPP**

Y al final para eliminar un dato se hace clic en desplegar, a continuación se activa el botón de eliminar, a continuación colocamos el número del tramos que se quiere eliminar, ese número se encuentra en la columna TRA\_NOM. Esta opción permite eliminar tramos que no se quiere utilizar.

Gracias a todas las opciones que nos ofrece esta ventana, el usuario puede actualizar los datos de los tramos, permitiendo aumentar, actualizar y eliminar tramos.

Figura 4.25: Ventana 5. ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS-Eliminar Tramo

	TRA_NOM	TRA_X	TRA_X1	TRA_Y	TRA_Y1
▶	1	0	11500	338	268
	2	11500	23960	268	285
	3	23960	36700	285	297
	4	36700	37400	297	298
	5	37400	50577	298	291
	6	50577	51268	291	307
	7	51268	65000	307	332
	8	65000	77334	332	353
	9	77334	100200	353	425
	10	100200	104446	425	429
	11	104446	104842	429	429
	12	104842	121878	429	1016
*					

Fuente: PROGRAMA SYSP

## Codificación

```
Public Class trainup
    Inherits System.Windows.Forms.Form
```

```
Private Sub btnCancel_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
    Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").CancelCurrentEdit()
    Me.objdstraupin_PositionChanged()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub btnDelete_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
    If (Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").Count > 0) Then
```

```

        Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").RemoveAt(Me.BindingContext(objdstraupin,
"EST").Position)
        Me.objdstraupin_PositionChanged()
    End If

End Sub

Private Sub btnAdd_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
    Try
        'Clear out the current edits
        Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").EndCurrentEdit()
        Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").AddNew()
    Catch eEndEdit As System.Exception
        System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eEndEdit.Message)
    End Try
    Me.objdstraupin_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnUpdate_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs)
    Try
        'Attempt to update the datasource.
        Me.UpdateDataSet()
    Catch eUpdate As System.Exception
        'Add your error handling code here.
        'Display error message, if any.
        System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eUpdate.Message)
    End Try
    Me.objdstraupin_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnLoad_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnLoad.Click
    activar(0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1)
    ban = 0
    BtnAct.Text = "Actualizar"
    BtnIn.Text = "Insertar"
    BtnEl.Text = "Eliminar"

```

```

BtnAct.Enabled = True
BtnEl.Enabled = True
BtnIn.Enabled = True

Try
    'Attempt to load the dataset.
    Me.LoadDataSet()
Catch eLoad As System.Exception
    'Add your error handling code here.
    'Display error message, if any.
    System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eLoad.Message)
End Try

Me.objdstraupin_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnNavFirst_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavFirst.Click
    Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").Position = 0
    Me.objdstraupin_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnLast_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnLast.Click
    Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").Position =
(Me.objdstraupin.Tables("EST").Rows.Count - 1)
    Me.objdstraupin_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnNavPrev_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavPrev.Click
    Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").Position = (Me.BindingContext(objdstraupin,
"EST").Position - 1)
    Me.objdstraupin_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnNavNext_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavNext.Click
    Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").Position = (Me.BindingContext(objdstraupin,

```

```

"EST").Position + 1)
    Me.objdstraupin_PositionChanged()

End Sub

Private Sub objdstraupin_PositionChanged()
    Me.IblNavLocation.Text = (((Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").Position + 1).ToString
+ " of ") _
        + Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").Count.ToString)

End Sub

Public Sub UpdateDataSet()
    'Create a new dataset to hold the changes that have been made to the main dataset.
    Dim objDataSetChanges As SYSPP.dstraupin = New SYSPP.dstraupin
    'Stop any current edits.
    Me.BindingContext(objdstraupin, "EST").EndCurrentEdit()
    Me.BindingContext(objdstraupin, "TRA").EndCurrentEdit()
    'Get the changes that have been made to the main dataset.
    objDataSetChanges = CType(objdstraupin.GetChanges, SYSPP.dstraupin)
    'Check to see if any changes have been made.
    If (Not (objDataSetChanges) Is Nothing) Then
        Try
            'There are changes that need to be made, so attempt to update the datasource by
            'calling the update method and passing the dataset and any parameters.
            Me.UpdateDataSource(objDataSetChanges)
            objdstraupin.Merge(objDataSetChanges)
            objdstraupin.AcceptChanges()
        Catch eUpdate As System.Exception
            'Add your error handling code here.
            Throw eUpdate
        End Try
        'Add your code to check the returned dataset for any errors that may have been
        'pushed into the row object's error.
    End If

End Sub

Public Sub LoadDataSet()
    'Create a new dataset to hold the records returned from the call to FillDataSet.

```

```

'A temporary dataset is used because filling the existing dataset would
require the databindings to be rebound.
Dim objDataSetTemp As SYSPP.dstraupin
objDataSetTemp = New SYSPP.dstraupin
Try
    'Attempt to fill the temporary dataset.
    Me.FillDataSet(objDataSetTemp)
Catch eFillDataSet As System.Exception
    'Add your error handling code here.
    Throw eFillDataSet
End Try
Try
    grdTRA.DataSource = Nothing
    'Empty the old records from the dataset.
    objdstraupin.Clear()
    'Merge the records into the main dataset.
    objdstraupin.Merge(objDataSetTemp)
    grdTRA.SetDataBinding(objdstraupin, "EST.traesinup")
Catch eLoadMerge As System.Exception
    'Add your error handling code here.
    Throw eLoadMerge
End Try

End Sub
Public Sub UpdateDataSource(ByVal ChangedRows As SYSPP.dstraupin)
    Try
        'The data source only needs to be updated if there are changes pending.
        If (Not (ChangedRows) Is Nothing) Then
            'Open the connection.
            Me.OleDbConnection1.Open()
            'Attempt to update the data source.
            OleDbDataAdapter1.Update(ChangedRows)
            OleDbDataAdapter2.Update(ChangedRows)
        End If
    Catch updateException As System.Exception
        'Add your error handling code here.
        Throw updateException
    End Try
End Sub

```

```

Finally
    'Close the connection whether or not the exception was thrown.
    Me.OleDbConnection1.Close()
End Try

End Sub

Public Sub FillDataSet(ByVal dataSet As SYSPP.dstraupin)
    'Turn off constraint checking before the dataset is filled.
    'This allows the adapters to fill the dataset without concern
    'for dependencies between the tables.
    dataSet.EnforceConstraints = False
    Try
        'Open the connection.
        Me.OleDbConnection1.Open()
        'Attempt to fill the dataset through the OleDbDataAdapter1.
        Me.OleDbDataAdapter1.Fill(dataSet)
        Me.OleDbDataAdapter2.Fill(dataSet)
    Catch fillException As System.Exception
        'Add your error handling code here.
        Throw fillException
    Finally
        'Turn constraint checking back on.
        dataSet.EnforceConstraints = True
        'Close the connection whether or not the exception was thrown.
        Me.OleDbConnection1.Close()
    End Try

End Sub

Private Sub BtnIn_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles BtnIn.Click
    If (ban = 0) Then
        activar(1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0)
        BtnIn.Text = "Insertar ahora"
        ban = 1
    Else
        If (ban = 1) Then

```

```

sum = 1
If (valida(1) = True) Then
    ObjPresión = New Class1
    Dim a
    a = Val(ObjPresión.contra(ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text)))

    While Val(txtNom.Text) <= a
        ObjPresión.actualizaxy(2, ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text), a, a +
1, 0, 0, 0)

        a = a - 1
    End While
    ObjPresión.insertaxy(ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text),
Val(txtNom.Text), txtX.Text, txtX1.Text, txtY.Text, txtY1.Text)
    ban = 0
    BtnIn.Text = "Insertar"
    activar(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
    borra("", "", "", "", "")
End If
End If
End If
End Sub

```

```

Private Sub BtnAct_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles BtnAct.Click
    If (ban = 0) Then
        activar(1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0)
        BtnAct.Text = "Actualizar ahora"
        ban = 1
    Else
        If (ban = 1) Then
            sum = 0
            If (valida(1) = True) Then
                ObjPresión = New Class1
                ObjPresión.actualizaxy(1, ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text),
Val(txtNom.Text), txtX.Text, txtX1.Text, txtY.Text, txtY1.Text)
                ban = 0
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

```

        BtnAct.Text = "Actualizar"
        activar(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
        borra("", "", "", "", "")
    End If
End If
End If
End Sub

Private Sub BtnEI_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles BtnEI.Click
    Dim a
    If (ban = 0) Then
        activar(1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)
        BtnEI.Text = "Eliminar ahora"
        ban = 1
    Else
        If (ban = 1) Then
            sum = 0
            If (valida(2) = True) Then
                ObjPresión = New Class1
                a = Val(txtNom.Text)
                ObjPresión.Eliminaxy(ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text),
Val(txtNom.Text))
                While Val(ObjPresión.contra(ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text))) >= a -
1
                    ObjPresión.actualizaxy(2, ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text), a, a - 1,
0, 0, 0)

                    a = a + 1
                End While
                ban = 0
                BtnEI.Text = "Eliminar"
                activar(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
                borra("", "", "", "", "")
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

```

        End Sub
    Dim ObjVal As validar
    Private Sub trainup_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load
        activar(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
    End Sub
    Private Function valida(ByVal sel As Integer) As Boolean
        Dim valnom, valnom1, valx, valx1, valy, valy1 As Boolean
        ObjPresión = New Class1
        Dim a
        a = Val(ObjPresión.contra(ObjPresión.seleestacion(editEST_NOM.Text)))
        Erptra.Dispose()
        ObjVal = New validar
        If (sel = 1) Then
            valnom = ObjVal.validanum(txtNom.Text, 1, 5) And (Val(txtNom.Text) > 0) And
(Val(txtNom.Text) <= a + sum)
            valx = ObjVal.validanum(txtX.Text, 1, 10)
            valx1 = ObjVal.validanum(txtX1.Text, 1, 10)
            valy = ObjVal.validanum(txtY.Text, 1, 10)
            valy1 = ObjVal.validanum(txtY1.Text, 1, 10)
            If (valnom = True And valx = True And valx1 = True And valy = True And valy1 = True)
Then
                MsgBox("Los datos son correctos!", MsgBoxStyle.OKOnly, "OK")
                valida = True
            Else
                If (valnom = False) Then
                    Erptra.SetError(txtNom, "Nombre del tramo Incorrecta")
                End If
                If (valx = False) Then
                    Erptra.SetError(txtX, "Tramo x Incorrecta")
                End If
                If (valx1 = False) Then
                    Erptra.SetError(txtX1, "Tramo x1 Incorrecta")
                End If
                If (valy = False) Then
                    Erptra.SetError(txtY, "Tramo y Incorrecta")
                End If
            End If
        End If
    End Function

```

```

    If (valy1 = False) Then
        Erprtra.SetError(txtY1, "Tramo y1 Incorrecta")
    End If

    MsgBox("Tiene que ingresar todos los datos,no se acepta datos incorrectos",
MsgBoxStyle.Exclamation, "Error")
    valida = False
End If
End If
If (sel = 2) Then
    valnom = ObjVal.validanum(txtNom.Text, 1, 5) And (Val(txtNom.Text) > 0) And
(Val(txtNom.Text) <= a + sum)
    If (valnom = True) Then
        MsgBox("Los datos son correctos!", MsgBoxStyle.OKOnly, "OK")
        valida = True
    Else
        If (valnom = False) Then
            Erprtra.SetError(txtNom, "Nombre del tramo Incorrecta")
        End If
    End If

    MsgBox("Tiene que ingresar todos los datos,no se acepta datos incorrectos",
MsgBoxStyle.Exclamation, "Error")
    valida = False
End If
End If
End Function

Private Function activar(ByVal no As Boolean, ByVal x As Boolean, ByVal x1 As Boolean,
ByVal y As Boolean, ByVal y1 As Boolean, ByVal i As Boolean, ByVal a As Boolean, ByVal e
As Boolean)
    txtNom.Enabled = no
    txtX.Enabled = x
    txtX1.Enabled = x1
    txtY.Enabled = y
    txtY1.Enabled = y1
    BtnIn.Enabled = i
    BtnAct.Enabled = a
    BtnEl.Enabled = e

```

End Function

Private Function borra(ByVal no As String, ByVal x As String, ByVal x1 As String, ByVal y As String, ByVal y1 As String)

txtNom.Text = no

txtX.Text = x

txtX1.Text = x1

txtY.Text = y

txtY1.Text = y1

End Function

End Class

#### 4.2.3.7. Clases de la ventana ACTUALIZACIÓN DE ESTACIONES

Otra opción de la barra de herramientas, MANTENIMIENTO es ESTACIÓN en donde se puede cambiar los datos de las ESTACIONES. Lo que se hace es desplegar los datos, haciendo clic en esa opción, donde se coloca la ubicación correcta, teléfono, para luego actualizar.

Figura 4.26: Ventana ACTUALIZACIÓN DE ESTACIONES

The screenshot shows a Windows application window titled 'tipoesta'. The main content area is titled 'ACTUALIZACIÓN DE ESTACIONES'. It contains three data entry fields: 'NOMBRE' (containing 'BEATEREO'), 'TELEFONO' (containing '2466740'), and 'UBICACION' (containing 'Quito'). At the bottom of the window, there is a navigation bar with buttons for '<<', '<', '5 of 6', '>', '>>', 'Desplegar', and 'Actualizar'.

Fuente: PROGRAMA SYSPP

## Codificación

Public Class tipoesta

Inherits System.Windows.Forms.Form

Private Sub btnUpdate\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

Handles btnUpdate.Click

!\*

If (valida() = True) Then

Try

Me.UpdateDataSet()

Catch eUpdate As System.Exception

System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eUpdate.Message)

End Try

Me.objdstiest\_PositionChanged()

End If

End Sub

Private Sub btnLoad\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

Handles btnLoad.Click

!\*

Try

'Attempt to load the dataset.

Me.LoadDataSet()

Catch eLoad As System.Exception

'Add your error handling code here.

'Display error message, if any.

System.Windows.Forms.MessageBox.Show(eLoad.Message)

End Try

Me.objdstiest\_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnNavFirst\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnNavFirst.Click

!\*

Me.BindingContext(objdstiest, "TIE").Position = 0

```

    Me.objdstiest_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnLast_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnLast.Click
    !*
    Me.BindingContext(objdstiest, "TIE").Position = (Me.objdstiest.Tables("TIE").Rows.Count -
1)
    Me.objdstiest_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnNavPrev_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavPrev.Click
    !*
    Me.BindingContext(objdstiest, "TIE").Position = (Me.BindingContext(objdstiest,
"TIE").Position - 1)
    Me.objdstiest_PositionChanged()

End Sub

Private Sub btnNavNext_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnNavNext.Click
    !*
    Me.BindingContext(objdstiest, "TIE").Position = (Me.BindingContext(objdstiest,
"TIE").Position + 1)
    Me.objdstiest_PositionChanged()

End Sub

Private Sub objdstiest_PositionChanged()
    Me.lblNavLocation.Text = (((Me.BindingContext(objdstiest, "TIE").Position + 1).ToString + "
of ") _
    + Me.BindingContext(objdstiest, "TIE").Count.ToString)

End Sub

```

```

Public Sub UpdateDataSet()
    !*
    Dim objDataSetChanges As SYSPP.dstiest = New SYSPP.dstiest
    Me.BindingContext(objdstiest, "TIE").EndCurrentEdit()
    objDataSetChanges = CType(objdstiest.GetChanges, SYSPP.dstiest)
    If (Not (objDataSetChanges) Is Nothing) Then
        Try
            Me.UpdateDataSource(objDataSetChanges)
            objdstiest.Merge(objDataSetChanges)
            objdstiest.AcceptChanges()
        Catch eUpdate As System.Exception
            Throw eUpdate
        End Try
    End If

End Sub

```

```

Public Sub LoadDataSet()
    !*
    Dim objDataSetTemp As SYSPP.dstiest
    objDataSetTemp = New SYSPP.dstiest
    Try
        Me.FillDataSet(objDataSetTemp)
    Catch eFillDataSet As System.Exception
        Throw eFillDataSet
    End Try
    Try
        objdstiest.Clear()
        objdstiest.Merge(objDataSetTemp)
    Catch eLoadMerge As System.Exception
        Throw eLoadMerge
    End Try

End Sub

```

```

Public Sub UpdateDataSource(ByVal ChangedRows As SYSPP.dstiest)

```

```

Try
  If (Not (ChangedRows) Is Nothing) Then
    Me.OleDbConnection1.Open()
    OleDbDataAdapter1.Update(ChangedRows)
  End If
Catch updateException As System.Exception
  Throw updateException
Finally
  Me.OleDbConnection1.Close()
End Try
End Sub

Public Sub FillDataSet(ByVal dataSet As SYSPP.dstiect)
  dataSet.EnforceConstraints = False
  Try
    Me.OleDbConnection1.Open()
    Me.OleDbDataAdapter1.Fill(dataSet)
  Catch fillException As System.Exception
    Throw fillException
  Finally
    dataSet.EnforceConstraints = True
    Me.OleDbConnection1.Close()
  End Try
End Sub

Private Function valida() As Boolean
  Dim valtcl, valubi As Boolean
  Erpest.Dispose()
  ObjVal = New validar
  valtcl = ObjVal.validanum(editTIE_TEL.Text, 1, 10)
  valubi = ObjVal.validarStringYNum(editTIE_DIR.Text)
  If (valtcl = True And valubi = True) Then
    MsgBox("Los datos son correctos!", MsgBoxStyle.OKOnly, "OK")
    valida = True
  Else

```

```
    If (valtel = False) Then
        Erpest.SetError(editTIE_TEL, "Telefono Incorrecta")
    End If
    If (valubi = False) Then
        Erpest.SetError(editTIE_DIR, "Ubicación Incorrecta")
    End If
    MsgBox("Tiene que ingresar todos los datos,no se acepta datos incorrectos",
MsgBoxStyle.Exclamation, "Error")
    valida = False
End If

End Function

Private Sub tipoesta_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load

End Sub
End Class
```

#### 4.2.3.8 Ejemplos de cálculos

### HOJA DE CÁLCULO PARA EL DIESEL 2

#### DATOS:

$$Z_1 = 338 \text{ m}$$

Altura de la Estación Shushufindi

$$Z_2 = 1016 \text{ m}$$

Altura de la Estación Quijos

$$P_1 = 1410 \text{ Psi} = 9.722 \times 10^6 \text{ Pa} \quad \text{Presión de descarga de Shushufindi}$$

Factor de conversión utilizado :  $1 \text{ Psi (lb/plg}^2) = 6895 \text{ Pa ( N/m}^2)$

$$P_{\text{adicional}} = 4.34 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Presión adicional.

Esta presión se la obtuvo estadísticamente, porque no hay registro de esta, y se necesita para que el fluido llegue a la estación.

$$D = 6 \text{ plg} = 0.1524 \text{ m}$$

Diámetro interno de la tubería

Factores de conversión utilizados :  $1 \text{ plg} = 25.4 \text{ mm}$ ,  $1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$

$$L = 1.219 \times 10^5 \text{ m}$$

Longitud de la tubería

$$E_{\text{final}} = 1.38 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Rugosidad final de la pared de la tubería

Operación realizada:

$E_{\text{inicial}} = 4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$ , para Acero comercial.

Se triplica la rugosidad inicial porque el sistema tiene mas de 27 años de operación.

Según la teoría de Joseph B. Franzini.

$$Q = 379 \text{ bbl/h} = 0.017 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal del fluido

Factores de conversión utilizados:  $1 \text{ bbl} = 1.5876 \times 10^{-1} \text{ m}^3$ ,  $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$

$$\nu = 3.94 \text{ CTS} = 3.94 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Viscosidad cinemática del fluido

Factor de conversión utilizado:  $1 \text{ CTS} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

API = 35.1

Grados API (adimensional)

### DESARROLLO:

A continuación se muestra todas las fórmulas en el que se reemplazaron los datos anteriormente descritos, para obtener la presión final con la que llega el fluido a la siguiente estación, también para obtener las pérdidas de presión y las pérdidas económicas que sufre el sistema:

Área de la sección transversal del fluido:

$$A = \pi(D^2/4)$$
$$A = 0.0182 \text{ m}^2$$

Velocidad promedio de flujo:

$$V = Q/A$$
$$V = 0.916 \text{ m/s}$$

Número de Reynolds:

$$N_R = \frac{VD\rho}{\mu} = \frac{VD}{\nu}$$
$$N_R = 3.544 \times 10^4 \text{ (adimensional)}$$

Gravedad específica:

$$S_g = 141.5 / (131.5 + \text{API})$$
$$S_g = 0.849 \text{ (adimensional)}$$

Peso específico:

$$\gamma_s = S_g \cdot \gamma_{w4^\circ\text{C}}, \text{ donde: } \gamma_{w4^\circ\text{C}} = 9.81 \text{ kN/m}^3 = 9810 \text{ N/m}^3$$
$$\gamma_s = 8.332 \times 10^3 \text{ N/m}^3$$

Factor de fricción (ecuación experimental utilizada para rugosidades relativas comprendidos entre 1000 y  $1 \times 10^6$ , y números de Reynolds entre  $5 \times 10^3$  y

$1 \times 10^8$ , esta ecuación arroja valores con  $\pm 1\%$  de error):

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left[ \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right] \right]^2}$$

$$f = 0.025 \text{ (adimensional)}$$

Pérdidas de energía en el sistema debido a la fricción:

$$h_L = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

$$h_L = 861.822 \text{ m}$$

La Presión final se obtiene despejando  $P_2$  de la ecuación general de la energía:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

De la ecuación anterior se eliminan las cabezas de velocidades ( $v^2/2g$ ) porque la velocidad del fluido se asume constante ( $V_1=V_2$ ), y  $h_A = h_R = 0$  porque no hay un dispositivo mecánico entre las secciones de interés. Además, en la ecuación se aumenta una presión denominada presión adicional ( $P_{\text{adicional}}$ ) que se obtuvo estadísticamente. Resultando la siguiente ecuación:

$$P_{2 \text{ TEORICA}} = P_1 - [\gamma(Z_2 - Z_1) + h_L] + P_{\text{adicional}}$$

$$P_{2 \text{ TEORICA}} = 1.232 \times 10^6 \text{ Pa} = 178.697 \text{ Psi}$$

La presión final práctica se la obtiene de las presiones registradas en las hojas de control del poliducto:

$$P_{2 \text{ PRACTICA}} = 170 \text{ Psi}$$

Porcentaje de Error entre las presiones obtenidas:

$$\% \varepsilon = [ (P_{2 \text{ TEORICA}} - P_{2 \text{ PRACTICA}}) / P_{2 \text{ TEORICA}} ] \cdot 100$$

$$\% \varepsilon = 4.867 \%$$

Energía perdida en el sistema (Kw):

$$E_{\text{PERDIDA}} = Q \cdot \gamma \cdot h_L$$

$$E_{\text{PERDIDA}} = 122071.915 \text{ N.m/s,}$$

donde: N.m/s = J/s = watts

$$E_{\text{PERDIDA}} = 122071.915 \text{ watts}$$

$$E_{\text{PERDIDA}} = 122.072 \text{ Kw}$$

Tiempo de distribución anual (h):

$$H_{\text{DIARIAS}} = 24 \text{ horas (Número de horas por día)}$$

$$N_{\text{DIAS}} = 28 \text{ días (Número de días de distribución por mes)}$$

$$N_{\text{MESES}} = 12 \text{ meses (Número de meses de distribución por año)}$$

$$T_{\text{DISTRIBUCIÓN}} = H_{\text{DIARIAS}} \times N_{\text{DIAS}} \times N_{\text{MESES}}$$

$$T_{\text{DISTRIBUCIÓN}} = 8064 \text{ h}$$

Perdidas anuales en el sistema (\$ dólares):

$$\text{Costo Kw-h} = 8.76 \text{ ctvs.} = \$ 0.0876 \text{ dólares}$$

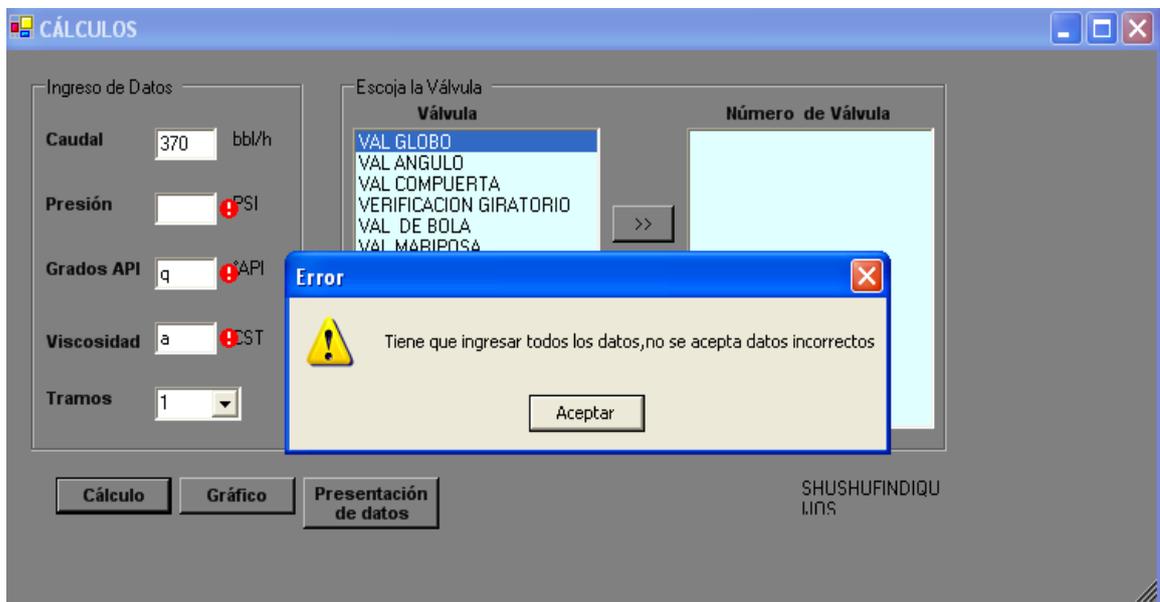
$$\$_{\text{PERDIDO}} = (\text{Costo Kw-h}) \cdot (T_{\text{DISTRIBUCIÓN}}) \cdot (E_{\text{PERDIDA}})$$

$$\$_{\text{PERDIDO}} = 86232.442 \text{ dólares}$$

#### 4.2.4. Validación

En la validación del programa SYSP, los datos que se ingresen, deben ser numéricos y el ingreso debe ser correcto, a continuación se mostrara, ejemplos de la validación del programa. El programa no permite el ingreso de letras y deben estar ingresados todos los datos.

**Figura 4.27: Validación ventana Cálculo**

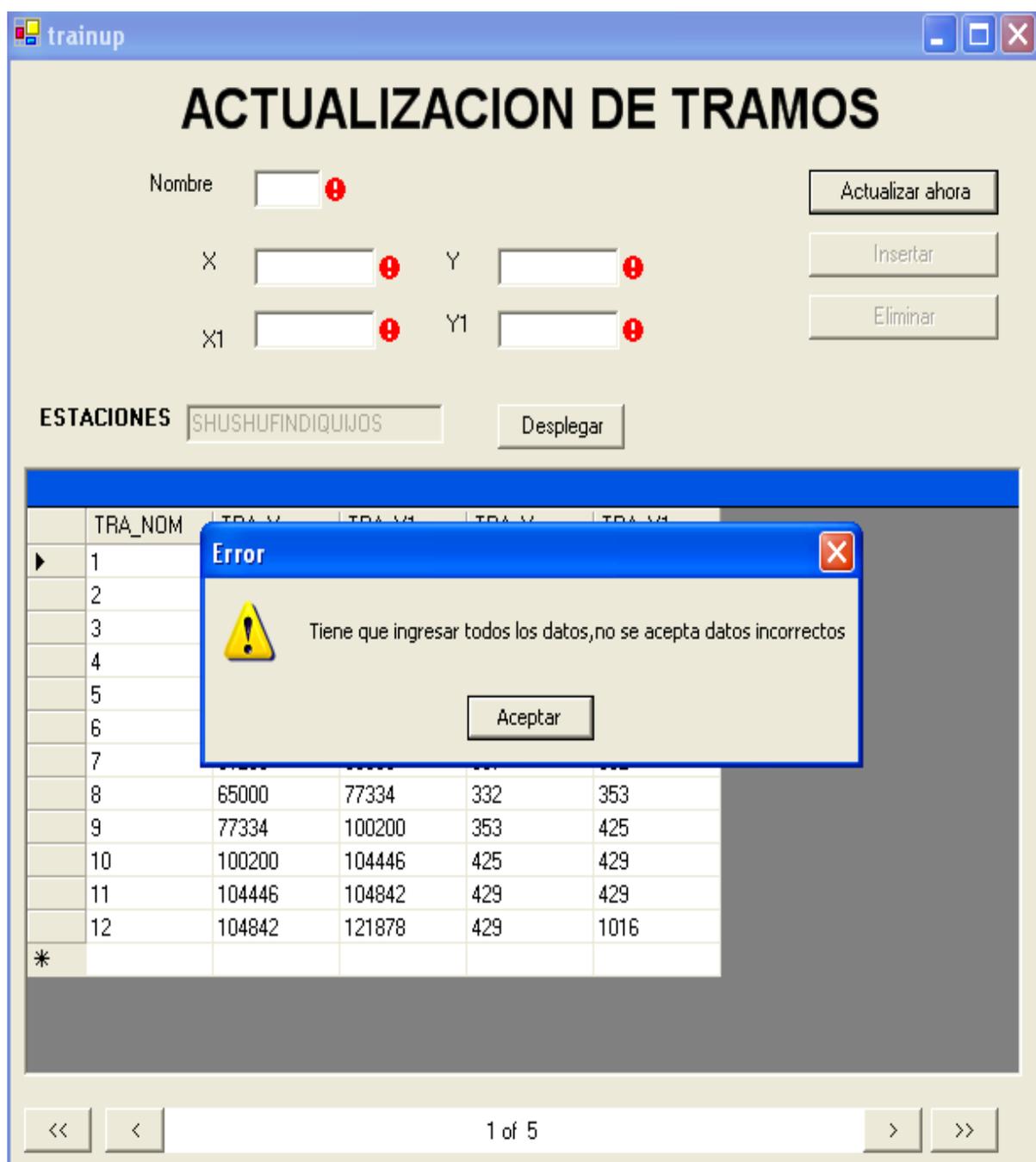


**Fuente: PROGRAMA SYSP**

A continuación en la ventana ACTUALIZACIÓN DE TRAMOS, hacemos clic en el botón actualizar ahora y se debe ingresar los datos, que serán los correctos.

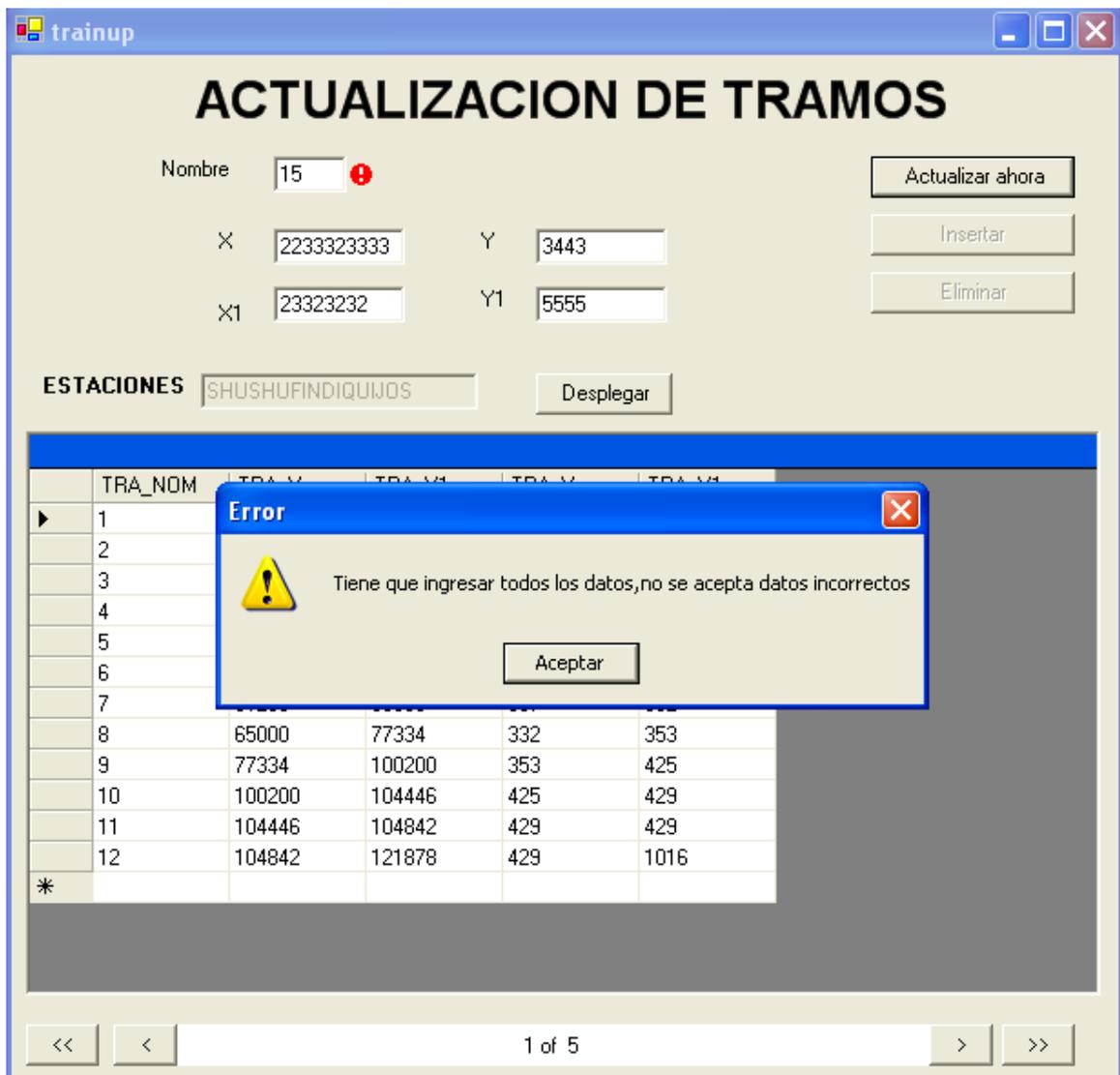
El dato que se ingresa en Nombre, no debe ser mayor que el dato máximo de la columna TRA\_NOM, y tampoco debe ser menor que cero en esa misma columna.

Figura 4.28: Validación ventana 1. Actualización de Tramos



Fuente: PROGRAMA SYSP

Figura 4.29: Validación ventana 2. Actualización de Tramos-Actualizar



Fuente: PROGRAMA SYSPP

El objetivo de la validación es, evitar errores que se dan al ingreso y al cálculo de datos en el programa.

## Codificación

Public Class validar

Public Function validarString(ByVal str As String) As Boolean

Dim valido As Boolean

valido = True

Try

If (str.Length <= 1) Then

valido = False

```

Else
    Dim i As Integer
    Dim c As Char
    For i = 0 To str.Length - 1
        c = str.Substring(i, 1)
        If (c.IsDigit(c) = True And c.IsWhiteSpace(c) = False) Then
            valido = False
        Exit For
    End If
Catch
    MsgBox("Error en el metodo Validar.validarString", MsgBoxStyle.Critical, "Error")
    valido = False
End Try
'MsgBox(str & "=" & valido)
Return valido
End Function
Public Function validarStringYNum(ByVal str As String) As Boolean
    Dim valido As Boolean
    valido = True
    Try
        If (str.Length <= 1) Then
            valido = False
        Else
            Dim i As Integer
            Dim c As Char
            For i = 0 To str.Length - 1
                c = str.Substring(i, 1)
                If (c.IsLetterOrDigit(c) = False And c.IsWhiteSpace(c) = False) Then
                    valido = False
                Exit For
            End If
        Next
    End If
Catch
    MsgBox("Error en el metodo Validar.validarStringYNum", MsgBoxStyle.Critical, "Error")
    valido = False
End Try

```

```

'MsgBox(str & "=" & valido)
Return valido
End Function
Public Function validanum(ByVal str As String, ByVal min As Integer, ByVal ma As Integer)
As Boolean
Dim res
res = (IsNumeric(str) And str.Length >= min And str.Length <= ma)
validanum = res
End Function
Dim Objval As Form1
Public Function valimensaje(ByVal valcau As String, ByVal valpre As String, ByVal valgapi
As String, ByVal valvis As String) As Boolean
Objval = New Form1
Objval.Erpvalida.Dispose()
If (valcau = True And valpre = True And valgapi = True And valvis = True) Then
MsgBox("Los datos son correctos!", MsgBoxStyle.OKOnly, "OK")
'valimensaje = True
Else
If (valcau = False) Then
Objval.Erpvalida.SetError(Objval.txtCaudal, "Caudal Incorrecta")
End If
If (valpre = False) Then
Objval.Erpvalida.SetError(Objval.txtPresión, "Presión Incorrecta")
End If
If (valgapi = False) Then
Objval.Erpvalida.SetError(Objval.txtGradosapi, "Grados API Incorrecta")
End If
If (valvis = False) Then
Objval.Erpvalida.SetError(Objval.txtViscosidad, "Viscosidad Incorrecta")
End If
MsgBox("Tiene que ingresar todos los datos,no se acepta datos incorrectos",
MsgBoxStyle.Exclamation, "Error")
' valimensaje = False
End If
End Function
End Class

```

#### **4.3. Requerimientos de Hardware y de software**

##### **REQUERIMIENTOS DE HARDWARE**

###### **SERVIDOR DE BASE DE DATOS**

- Pentium III 500 Mhz. o más
- 128 Mb de RAM
- Floppy Drive 3 ½
- CDROM 24x o superior
- Tarjeta de Red
- Hard Disk de 4.1 Gb. mínimo
- Capacidad de disco 400 MB

###### **CLIENTE**

- Pentium III 450 MHZ o más
- 64 Mb de Ram
- Floppy Drive 3 ½
- CDROM 24x o superior
- Tarjeta de Red
- Hard Disk de 4.1 Gb. mínimo
- Capacidad de disco 40 MB

##### **REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE**

###### **SERVIDOR DE BASE DE DATOS**

- Windows 2003 Server
- SQL Server 2000

###### **CLIENTE**

- Windows 95/98
- Windows Me/2000/XP

## **CAPITULO 5**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1 Cuantificación y análisis de pérdidas de presión**

Para la cuantificación de las pérdidas de presión del poliducto, se empleó la metodología del programa diseñado, y para la comprobación de los resultados obtenidos, se realizó comparaciones con los datos que se registran en los indicadores y medidores de presión de las estaciones de bombeo del sistema (datos de campo). El análisis que se realizó, estará en función solamente de los resultados obtenidos en el programa y la información obtenida en el campo.

#### **5.2 Comparación de parámetros, entre los datos campo y los resultados del programa**

En las diferentes estaciones del poliducto, se conoce que para que exista la debida presión y el caudal necesarios para que el producto llegue a su destino final, se emplea un sistema de bombeo en los tanques de almacenamiento de Shushufindi para la distribución de los productos a los siguientes estaciones de paso que se encuentran en línea, hasta llegar a la estación reductora ubicada al sur de la ciudad de Quito ( Estación reductora El Beaterio ), donde todos los datos de presión de carga y descarga, temperatura y tiempo en que son bombeados los diferentes productos están registrados en el siguiente ejemplo de una hoja de control:

**TABLA 5.2.1: Datos de Campo de la Estación de Shushufindi**

SHUSHUFINDI (ESTACIÓN 15 )								
HORA	VOLUMEN ACUMULADO	CAUDAL ( BPH )	PRODUCTO	PARTIDA	SUCCIÓN	DESCARGA	R.P.M.	R.P.M.
7	83	379	D2	83	305	1410	1035	1060
8	467	330	D2	83	209	1187	1035	1080
9	800	333	D2	83	208	1169	866	972
10	1119	326	D2	83	230	1167	866	973
11	1450	341	D2	83	347	1244	906	972
12	1833	380	D2	83	345	1388	955	1040
13	2228	395	D2	83	325	1377	958	1038
14	2630	402	D2	83	335	1379	955	1042
15	3052	402	D2	83	323	1385	988	1041
16	3425	393	D2	83	340	1403	988	1044
17	3805	380	D2	83	344	1420	988	1046
18	188	383	K	84	338	1488	990	1050
19	236	371	B	85	309	1426	1056	1119
20	445	359	B	85	316	1447	1063	1120
21	801	356	B	85	307	1484	1102	1132
22	1168	367	B	85	305	1479	1103	1136
23	1532	364	B	85	313	1506	1102	1136
24	1897	365	B	85	308	1482	1102	1136
1	2267	370	B	85	308	1490	1102	1136
2	2634	365	B	85	309	1492	1102	1135
3	3000	366	B	85	311	1495	1102	1135
4	3365	365	B	85	308	1491	1102	1135
5	3734	369	B	85	305	1483	1102	1135
6	4105	371	B	85	305	1484	1102	1135

FUENTE: PETROCOMERCIAL

**TABLA 5.2.2: Datos de Campo de la Estación Quijos**

QUIJOS ( ESTACIÓN 16 )						
HORA	PRODUCTO	PARTIDA	SUCCIÓN	DESCARGA	R.P.M.	R.P.M.
07	B	71				
08						
09	B	71	160	1330	1000	1090
10	B	71	190	1370	1030	1090
11	K	72	160	330	990	1030
12	K	72	170	1360	990	1030
13	D	73	170	1400	990	1030
14	D	73	170	1400	980	1030
15	D	73	160	1300	940	910
16	D	73	210	1440	980	1020
17	D	73	240	1460	980	1020
18	D	73	260	1470	980	1030
19	D	73	220	1480	990	1040
20	D	73	260	1520	980	1040
21	D	73	210	1450	980	1040
22	D	73	210	1470	1010	1050
23	D	73	250	110	1010	1050
24	K	74	250	1520	1010	1060
01	K	74	230	1480	1050	1100
02	B	75	230	1500	1050	1100
03	B	75	200	1440	1030	1130
04	B	75	220	1460	1030	1140
05	B	75	220	1460	1030	1140
06	B	75	220	1460	1030	1140

FUENTE: PETROCOMERCIAL

**TABLA 5.2.3: Datos de Campo de la Estación de Osayacu**

OSAYACU ( ESTACIÓN 17 )						
HORA	PRODUCTO	PARTIDA	SUCCIÓN	DESCARGA	R.P.M.	R.P.M.
07	G	70				
08						
09	G	70	180	1100	1170	1240
10	G	70	190	1090	1160	1240
11	G	70	140	1100	2280	—
12	B	71	140	1100	1280	—
13	B	71	100	1100	2890	—
14	B	71	90	1090	2870	—
15	B	71	110	1050	2750	—
16	B	71	160	1130	3020	—
17	B	71	180	1170	2830	—
18	B	71	170	1180	2860	—
19	B	71	160	1210	2950	—
20	B	71	180	1290	3000	—
21	B	71	130	1300	3110	—
22	B	71	150	1320	3110	—
23	B	71	180	1390	3160	—
24	B	71	180	1430	3200	—
01	B	71	160	1420	3200	—
02	B	71	180	1460	3250	—
03	B	71	120	1410	3250	—
04	B	71	150	1440	3250	—
05	B	71	100	1440	3310	—
06	B	71	110	1440	3300	—

FUENTE: PETROCOMERCIAL

**TABLA 5.2.4: Datos de Campo de la Estación de Chalpi**

CHALPI ( ESTACIÓN 18 )						
HORA	PRODUCTO	PARTIDA	SUCCIÓN	DESCARGA	R.P.M.	R.P.M.
07	G	70				
08						
09	G	70	180	1030	1050	1100
10	G	70	190	1040	1060	1030
11	G	70	190	1050	1040	1100
12	G	70	190	1050	1040	1100
13	G	70	190	1070	1070	1100
14	G	70	180	1020	1020	1100
15	G	70	180	1030	1100	1060
16	G	70	220	1040	1010	1070
17	G	70	220	1030	1010	1070
18	G	70	210	1030	1010	1080
19	G	70	210	1040	1010	1080
20	G	70	230	1040	1010	1060
21	G	70	210	1050	1020	1090
22	G	70	210	1050	1020	1080
23	G	70	210	1050	1010	1080
24	G	70	220	1060	1040	1080
01	B	71	190	1050	1020	1060
02	B	71	210	1120	1020	1040
03	B	71	180	1200	1010	1070
04	B	71	200	1270	1020	1000
05	B	71	200	1360	1040	1100
06	B	71				

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

**Figura 5.2.5. Datos de Campo de la Estación del Beaterio**

HORA	PRODUCTO	PARTIDA	SUCCIÓN	DESCARGA	CAUDAL ( BPH )	ACUMULADO
07	B	69				
08						
09	B	69	230	30	230	7450
10	B	69	230	30	350	7800
11	G	70	1030	90	300	165
12	G	70	920	30	300	465
13	G	70	1090	94	375	850
14	G	70	1090	90	380	1230
15	G	70	1020	102	370	1600
16	G	70	950	105	375	1975
17	G	70	950	105	365	2370
18	G	70	950	104	365	2705
19	G	70	910	100	370	3065
20	G	70	905	101	365	3430
21	G	70	930	101	355	3785
22	G	70	930	103	368	4153
23	G	70	930	103	370	4523
24	G	70	930	104	372	4895
01	G	70	930	100	375	5270
02	G	70	930	102	375	5645
03	G	70	945	103	375	6020
04	G	70	955	104	372	6342
05	G	70	960	106	370	6762
06	G	70	940	108	370	7132

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

Entre los datos de mayor importancia que se obtuvo de los registros de las condiciones de operación del poliducto, son las presiones de succión y de descarga de las bombas de cada una de las estaciones, y que se ha considerado solo el valor promedio de la presión de succión de cada producto que se distribuye, para ingresarlos en el programa como datos de entrada, y que son necesarios en el cálculo de las presiones de cada tramo del poliducto. Entre los datos que se muestran a continuación en las siguientes tablas de presión, son datos obtenidos de los registros de los días 14, 15, 16, 17, 18, 19:

**Figura 5.2.6 Datos Presiones Calculadas por el Programa**

<b>TRAMO 1: SHUSHUFINDI – QUIJOS</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN SHUSHUFINDI</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN QUIJOS</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	338	200
Diesel 2	325	200
GLP	280	190
Jet 1	342	220
Gasolina	306	230

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

**Figura 5.2.7 Presiones Calculadas por el Programa**

<b>TRAMO 2: QUIJOS – OSAYACU</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN QUIJOS</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN OSAYACU</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	200	190
Diesel 2	200	190
GLP	190	230
Jet 1	220	190
Gasolina	230	180

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

**Figura 5.2.8 Presiones Calculadas por el Programa**

<b>TRAMO 2: OSAYACU – CHALPI</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN OSAYACU</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN CHALPI</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	190	200
Diesel 2	190	220
GLP	230	230
Jet 1	190	210
Gasolina	180	210

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

**Figura 5.2.9 Presiones Calculadas por el Programa**

<b>TRAMO 2: CHALPI – BEATERIO</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN CHALPI</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN BEATERIO</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	200	190
Diesel 2	220	200
Jet 1	210	200
Gasolina	210	200

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

**Figura 5.2.10 Presiones Calculadas por el Programa**

<b>TRAMO 2: CHALPI – OYAMBARO</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN CHALPI</b>	<b>PRESIONES DE SUCCIÓN DE LA ESTACIÓN OYAMBARO</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
<b>GLP</b>	<b>230</b>	<b>1070</b>

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

Para tener una mejor visión de las diferencias y el porcentaje de error que existe entre los datos de campo y los que ofrece el programa, se realizó una tabla en donde se puede observar todos los valores de presión que se obtuvo para cada tramo del poliducto. Como se muestran en las siguientes tablas:

**Figura 5.2.11. Tabla de Datos Comparativos**

<b>ESTACIÓN QUIJOS</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA</b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	210	200
Diesel 2	209	200
GLP	199	190
Jet 1	210	220
Gasolina	224	230

**FUENTE: PROGRAMA**

**Figura 5.2.12. Tabla de Datos Comparativos**

<b>ESTACIÓN OSAYACU</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA</b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	210	200
Diesel 2	209	200
GLP	199	190
Jet 1	210	220
Gasolina	228	230

**FUENTE: PROGRAMA**

**Figura 5.2.13. Tabla de Datos Comparativos**

<b>ESTACIÓN CHALPI</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA</b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	205	200
Diesel 2	225	220
GLP	221	230
Jet 1	207	210
Gasolina	217	210

**FUENTE: PROGRAMA**

**Figura 5.2.14. Tabla de Datos Comparativos**

<b>ESTACIÓN BEATERIO</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA</b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
Diesel 1	194	190
Diesel 2	206	200
Jet 1	209	200
Gasolina	212	200

**FUENTE: PROGRAMA**

**Figura 5.2.15 Tabla de Datos Comparativos**

<b>CHALPI – OYAMBARO</b>		
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA</b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES</b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>
GLP	1050	1070

**FUENTE: PETROCOMERCIAL**

Una vez observado las tablas de datos comparativos, se procede a calcular los errores que existen entre los valores teóricos y los de campo, para luego realizar un análisis de los resultados obtenidos.

Figura 5.2.16. Tabla de Errores

ESTACIÓN QUIJOS			
PRODUCTOS	PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA $P_{CP}$	PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES $P_{RM}$	ERRORES RELATIVOS $\epsilon_R$
	( Psi )	( Psi )	( % )
Diesel 1	210	200	4.76190476
Diesel 2	209	200	4.3062201
GLP	199	190	4.52261307
Jet 1	210	220	4.76190476
<b>Gasolina</b>	224	230	2.67857143

FUENTE: PROGRAMA

Figura 5.2.17. Tabla de Errores

ESTACIÓN OSAYACU			
PRODUCTOS	PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA $P_{CP}$	PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES $P_{RM}$	ERRORES RELATIVOS $\epsilon_R$
	( Psi )	( Psi )	( % )
Diesel 1	210	200	4.76190476
Diesel 2	209	200	4.3062201
GLP	199	190	4.52261307
Jet 1	210	220	4.76190476
Gasolina	228	230	3.6036036

FUENTE: PROGRAMA

Figura 5.2.18. Tabla de Errores

<b>ESTACIÓN CHALPI</b>			
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA</b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES</b>	<b>ERRORES RELATIVOS</b>
	<b><math>P_{CP}</math></b>	<b><math>P_{RM}</math></b>	<b><math>\epsilon_R</math></b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>	<b>( % )</b>
Diesel 1	205	200	2.43902439
Diesel 2	225	220	2.22222222
GLP	221	230	4.07239819
Jet 1	207	210	1.44927536
Gasolina	217	210	3.22580645

FUENTE: PROGRAMA

Figura 5.2.19. Tabla de Errores

<b>ESTACIÓN BEATERIO</b>			
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA</b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES</b>	<b>ERRORES RELATIVOS</b>
	<b><math>P_{CP}</math></b>	<b><math>P_{RM}</math></b>	<b><math>\epsilon_R</math></b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>	<b>( % )</b>
Diesel 1	194	190	2.06185567
Diesel 2	206	200	2.91262136
Jet 1	209	200	4.3062201
Gasolina	212	200	3.84615385

FUENTE: PROGRAMA

**Figura 5.2.20. Tabla de Errores**

<b>ESTACIÓN OYAMBARO</b>			
<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESIONES CALCULADOS POR EL PROGRAMA <math>P_{CP}</math></b>	<b>PRESIONES REGISTRADOS EN LOS MEDIDORES <math>P_{RM}</math></b>	<b>ERRORES RELATIVOS <math>\epsilon_R</math></b>
	<b>( Psi )</b>	<b>( Psi )</b>	<b>( % )</b>
GLP	1050	1070	1.9047619

**FUENTE: PROGRAMA**

### **5.3 Análisis de Errores**

En esta parte del proyecto se analiza ¿por qué existen errores relativos en las presiones calculadas por el programa (valores teóricos)?, ó ¿por qué las presiones calculadas difieren con las presiones registradas en el campo (valores reales)?.

Para aclarar tales interrogantes, hay que tener muy en claro que un dato que posea un porcentaje de error pequeño, y por muy insignificante que sea este, al ser empleado en diferentes cálculos, el porcentaje va incrementándose en función del número de veces que se lo aplique en operaciones de secuencia.

Es decir que, si a un valor se le adhiere inicialmente un error, y se lo utiliza en una fórmula, y este resultado se lo vuelve a emplear en otra operación, el resultado final que se obtiene, sufre un aumento considerable en el porcentaje de error dependiendo del número de veces que se lo vaya aplicando.

Una vez entendido lo anteriormente dicho, cabe resaltar que las diferentes constantes y factores de fricción (valores experimentales) que intervienen dentro

de la codificación, influyen en las operaciones realizadas por el programa, y que son causantes de errores relativamente pequeños en el resultado final.

Otro de los puntos que hay que tomar en cuenta y que afecta directamente en los cálculos de las presiones, son los años de funcionamiento que posee el poliducto (27 años de servicio aproximadamente), puesto que la distribución y eficiencia de todo el sistema depende también de este parámetro, lo cual hace que se incrementen notablemente las pérdidas de presión y disminuya la producción del poliducto.

Dentro de la programación se consideró fórmulas que demostraron que la mayor parte de las pérdidas de presión que sufre el poliducto, son producidas por la fricción (contacto entre la superficie interna de la tubería y el fluido ) y que existe una pequeña cantidad de pérdidas provocados por la utilización de elementos mecánicos ( pérdidas menores ).

Lo que hace indispensable recalcar, que para obtener resultados finales valederos, es necesario que se ingresen en el programa datos reales de los diámetros, longitudes, tipo de material, trayectoria y altitudes de las tuberías, además de las ubicaciones con sus respectivas alturas de todos los elementos que se encuentran dentro del sistema.

Todos los datos referentes a las tuberías, propiedades de los fluidos, condiciones de operación ó funcionamiento fueron adquiridos de los archivos de la empresa, y las ubicaciones y alturas de las principales válvulas fueron medidas mediante un instrumento conocido como G.P.S. (Geographics Position Satelital), el cual permite conocer la distancia entre dos puntos de interés, la altitud y coordenadas de un punto cualquiera.

Hay que reconocer que cualquiera que sea el medio o método que se haya empleado para realizar una medición, siempre se obtendrá un valor aproximado,

porque por muy sofisticado ó actualizado que sea el instrumento, nunca nos ofrecerá un valor “exacto” ó ”real”, porque todo instrumento posee una apreciación nominal que hace que siempre nos brinde una medida aproximada junto con un pequeño porcentaje de error.

A pesar de haber trabajado con datos que originalmente poseen adheridos un porcentaje de error, los resultados que brinda finalmente el programa se encuentran dentro de un rango admisible.

Según lo observado anteriormente en las tablas de errores calculados entre las presiones de interés, se garantiza a la empresa, que el programa realiza cálculos y obtiene resultados confiables, puesto que un 5% de error, es un porcentaje aceptable para cualquier utilidad que se le quiera dar a los datos obtenidos por el programa, porque el error es relativamente pequeño para estos tipos de cálculos y evaluaciones en sistemas hidráulicos de esta índole.

## **EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROGRAMA**

**Costos y Gastos del Proyecto:** Los costos y gastos de este proyecto fueron financiados en su totalidad por PETROCOMERCIAL, filial de PETROECUADOR.

En el proceso de recopilación de datos importantes para la elaboración de este proyecto, se tuvieron que realizar visitas y permanencias durante varios días en las diferentes estaciones de bombeo del poliducto, principalmente Osayacu (estación central), con la finalidad de obtener información real y actualizada de la producción y funcionamiento del sistema de distribución de los productos de interés. Los cálculos y desarrollo del programa fueron realizados en su totalidad en las instalaciones de la ESPE.

Las mediciones y comprobaciones de los resultados arrojados por el programa, se realizaron en las diferentes estaciones del poliducto, basándonos de los

registros existentes en las hojas de control del sistema, y en los conocimientos y experiencias de los encargados de cada estación.

Los gastos que afrontó la empresa para el desarrollo y culminación de este Proyecto se presentan en la siguiente tabla, detallándose los gastos de material logístico y utilización de oficinas:

**Tabla 5.3.1: Gastos en las oficinas de PETROECUADOR**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR (\$)</b>
Material logístico (papel, copias, CDs, impresiones, etc.)	15
Utilización de oficinas, computadoras, fax e Internet	15
<b>VALOR TOTAL (\$)</b>	<b>30</b>

**Fuente: PETROCOMERCIAL**

Para la recopilación de información y verificación de los resultados obtenidos en el programa, se realizaron 5 visitas de campo.

Los viajes al oriente que se efectuaron, sumaron una permanencia total de 45 días en las diferentes estaciones, en el que se nos brindó hospedaje, comida, lavandería, utensilios para el aseo personal, material logístico y movilización. Los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 5.3.2: Gastos de viajes y permanencias en las estaciones**

No.	DESCRIPCIÓN	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
12	Viaje en bus Quito-Osayacu	4	48
12	Viaje en bus Osayacu-Quito	4	48
90	Hospedaje	8	720
90	Comida (Desayuno, Almuerzo, Merienda)	6	360
5	Material logístico (papel, copias, etc.)	3	15
2	Utilización de oficinas, computadoras, Internet y fax	2	4
4	Viaje en camioneta Osayacu-Quijos	3	12
4	Viaje en camioneta Quijos-Shushufindi	4	16
2	Viaje en camioneta Shushufindi-Quijos	3	6
2	Viaje en camioneta Quijos-Osayacu	3	6
2	Viaje en camioneta Osayacu-Chalpi	2	4
2	Viaje en camioneta Chalpi-Beaterio	2	4
2	Viaje en camioneta al Beaterio	2	4
VALOR TOTAL (\$)			1.247,00

**Fuente: PETROCOMERCIAL**

El valor total de gastos del proyecto es la suma entre los gastos que se realizó en las oficinas de PETROCOMERCIAL y las Estaciones del Poliducto, los cuales dieron un total de \$ 1277.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES

- En los ensayos, comprobaciones y análisis de los resultados obtenidos por el programa, se determinó que la mayor parte de las pérdidas de presión por fricción del poliducto son producidas en el tramo Chalpi- Beaterio, y las menores pérdidas ocurren en el tramo Shushufindi - Quijos, como se detallan en las siguientes tablas:

<b>Pérdidas por fricción del tramo Chalpi-Beaterio</b>	
<b>PRODUCTOS</b>	<b>(m)</b>
Diesel 1	1061.66
Diesel 2	1111.81
Jet 1	1189.01
Gasolina	867.91

<b>Pérdidas por fricción del tramo Shushufindi-Quijos</b>	
<b>PRODUCTOS</b>	<b>(m)</b>
Diesel 1	752.928
Diesel 2	861.822
GLP	595.216
Jet 1	850.721
Gasolina	673.847

Este fenómeno se produce porque en el tramo Chalpi - Beaterio la geografía es irregular, lo que hace que en este tramo exista una mayor longitud de tubería instalada.

- Las pérdidas de presión producidas por fricción representan pérdidas económicas para la empresa, sumando las pérdidas generadas por cada uno de los productos que se distribuye en el poliducto durante un año, se obtiene una cantidad considerable, y sabiendo que 1 Kw-h cuesta 8.76 centavos, las pérdidas económicas se presentan a continuación:

<b>Perdidas Económicas producidas por fricción</b>	
Tramo Shushufindi Quijos	
JET A-1	78430\$
GLP	35570\$
GASOLINA	56020\$
DIESEL1	70600\$
DIESEL2	84781\$
<b>TOTAL</b>	<b>325401\$</b>

- Los años de funcionamiento que posee el poliducto es uno de los factores de mayor importancia y que aporta notablemente en el aumento de las pérdidas de presión, puesto que el poliducto tiene más de 27 años de servicio, lo que hace que la rugosidad de la tubería se triplique de  $4.6 \times 10^{-5}$  a  $1.38 \times 10^{-4}$  (Este criterio es aplicado en función a la teoría de Joseph B. Franzini y E. John Finnemore).
- Los errores relativos que existen entre las presiones calculadas por el programa y los registrados en el campo, se encuentran dentro del rango admisible de un  $\pm 5\%$  de error. En nuestro caso el programa arroja datos que poseen un promedio de error del 3.57139%, por lo que se concluye que el programa diseñado nos ofrece resultados confiables en los cálculos de pérdidas de presión del poliducto.

- Para el correcto cálculo de las caídas de presión se tuvo que determinar una presión adicional, las cuales se calcularon por medio de un método de muestreo en el que se realizó el cálculo de una media de cinco datos; a este resultado se le llamo  $P_{\text{adicional}}$ , el cual fue sumado en la ecuación general de la energía, y se comprobó que estas presiones son diferentes dependiendo con que producto se trabaje. En la siguiente tabla se muestra los valores de las presiones obtenidas para la estación de Shushufindi, en el cual se observó que dicha presión en este punto sobrepasa el 10 % de la presión de descarga.

Esto se debe a que en esta estación existen problemas con los medidores ó datos incorrectos al registrarlos en las hojas de control de la estación.

<b>Presiones de Succión</b>	
<b>Tramo Shushufindi Quijos</b>	
<b>Productos</b>	<b>Psi</b>
JET A-1	2600000
GLP	-1100000
GASOLINA	1520000
DIESEL1	2090000
DIESEL2	4340000

En la tabla mostrada anteriormente, se observa que el único valor negativo de presión, corresponde al GLP. El cual se debe a la succión que produce los productos pesados, mermando energía.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un cambio total de las tuberías que llevan más de 20 años de servicio, con la finalidad de evitar que se triplique la rugosidad de la tubería y disminuir las pérdidas en el sistema, puesto que en el poliducto solo se han realizado reemplazos parciales de las tuberías en algunos puntos de la línea, solo con el propósito de mantener la distribución y cumplir con la demanda.
- Generar un plano general y actualizado del poliducto, en el que consten todas las estaciones, los diferentes dispositivos y elementos pertenecientes al sistema de distribución y en donde se exponga las coordenadas y elevaciones de los puntos de mayor importancia del sistema, con la única finalidad de actualizar los datos que se ingresaron en el programa, y obtener resultados de pérdidas de presión más exactos y similares a los datos de campo.
- Se debería verificar que los datos de Cauda, viscosidad y Grados API, sean ingresados correctamente para evitar errores relativamente altos en el cálculo de pérdidas.
- El programa SYSPP calcula las presiones, en cualquiera de los tramos que se desea trabajar, por ejemplo en las estaciones Shushufindi-Quijos, encontramos 12 tramos, el programa nos arroja estos valores, los cuales se deberán comprobar a futuro con medidores de presión inalámbricos y conectados a un PLC, para observar las caídas de presión que se producen por el robo de combustible en esta estacione, que esla mas conflictivas por la presencia de traficantes en la zona de Lago Agrio.