



TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL POLIDUCTO SISOR

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
De la Cerda V.Andrés
García C. Alberto
Para optar por el título de
Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2001

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL POLIDUCTO SISOR

Tutor Académico: Prof. Juan Ruilova

Tutor Industrial: Ing. Ivan Bethencourt

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Bachilleres:

De la Cerda V. Andrés

García C. Alberto

Para optar por el título de

Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2001

DEDICATORIA

A mi madre que se merece todos mis logros,
A mi padre que siempre ha sido el mejor amigo,
A Monike la mujer más bella de todas,
A mi hermano Oscar y mi hermana Agui,
Y a toda mi familia que siempre me ha apoyado incondicionalmente,
A mis amigos y compañeros de estudio que siempre serán recordados.

Andrés de la Cerda.

A mis padres Angel y Miriam,
a mis hermanos Carla, Miguelángel y Juan Carlos,
a mis abuelos Inés, Emilio y Amelia,
a mi novia Irlenn,
a toda mi familia y amigos en general,
este logro se lo debo a ustedes.

Alberto García.

AGRADECIMIENTOS

A PDVSA, su presidencia y junta directiva por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto en las instalaciones de PDVSA Puerto La Cruz.

Al Ing. Iván Bethencourt por su constante apoyo, orientación y guía, constancia y preocupación durante el desarrollo de este trabajo especial de grado.

Al equipo de Ingeniería y Proyectos de PDVSA Puerto La Cruz.

Al Ing. Juan Ruilova por ser amigo más que tutor.

Al Ing. Dennys Peña por su paciencia y ayuda a lo largo del proyecto.

Al Ing. Padre y amigo Angel García, por su preocupación y esfuerzos demostrados a lo largo del trabajo.

A Graciela Duva, Juan Carlos Sulvarán, Jesús Martin, Raul Peñuela y a todas aquellas personas que de una u otra manera nos brindaron su incondicional apoyo a lo largo de este proyecto.

A nuestros padres, hermanos y familia en general, por su apoyo, comprensión y afecto.

A nuestros amigos, por su apoyo, comprensión en todo momento.

RESUMEN**De la Cerda V. Andrés y García C. Alberto****ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL POLIDUCTO SISOR****Tutor Académico: Prof. Juan Ruilova. Tutor Industrial: Ing. Ivan Bethencourt. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería Mecánica 2001. 131 pág.**

Palabras claves: Poliducto, Sisor, Interfase, Combustible, Oriente

El Sisor es una de las redes de distribución de combustibles mas importantes que tiene Venezuela. Este sistema funciona desde 1988 y ha sido capaz de suplir todos los requerimientos de demanda de combustibles en la zona Oriente y Sur del país. Consiste en cuatro (4) tuberías que son capaces de transportar diferentes fluidos (diesel, gasolina, jet a1) uno detrás del otro, en régimen de flujo turbulento. Sisor ha venido presentando insuficiencias en su capacidad para abastecer la demanda operando continuamente durante cinco días a la semana, obligando a los operadores a prolongar el ciclo operativo a seis días por semana y a solicitar un estudio que permita determinar las causas y soluciones de este problema. El presente trabajo logró determinar una insuficiencia en el ramal del Sisor que abastece la ciudad de Maturín, determina el momento en el que el sistema será incapaz de satisfacer su demanda operando a su máxima capacidad, evalúa opciones capaces de solucionar esta insuficiencia, y recomienda la mejor opción desde el punto de vista técnico y económico para lograr abastecer la demanda pronosticada por PDVSA hasta el año 2021. También se logra evaluar la operación del sistema y proponer las mejores opciones para el manejo de productos a través de él, logrando determinar la forma aprovechar al máximo los productos enviados a cada planta y la forma de obtener la menor cantidad de productos contaminados como consecuencia de la operación. El presente trabajo establece las bases para la elaboración de una ingeniería conceptual que defina la instalación de las infraestructuras recomendadas en el mismo.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN.....	IV
INDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
SIMBOLOS Y ABREVIATURAS	XII
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	4
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
CAPITULO 2: DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	7
2.1 ANTECEDENTES.....	7
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.3 OBJETIVOS Y ALCANCES	8
2.3.1 Objetivo General	8
2.3.2 Objetivos Específicos	9
2.3.3 Alcances	9
CAPÍTULO 3: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	10
3.1 CONCEPTOS BASICOS.....	10
3.2 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.....	12
3.3 DEFINICIONES HIDRÁULICAS.....	14
CAPITULO 4- DESCRIPCION DEL SITOR	21
4.1 DESCRIPCION GENERAL.	21
4.1.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA SUMINISTRO ORIENTE.....	21
4.2 PLANTA PUERTO LA CRUZ.....	32
4.2.1 Recibo de Productos por Tanqueros.	33
4.2.2 Almacenamiento de Productos.	34
4.2.3 Sistema de Tuberías a la Estación Principal de Bombeo del Poliducto.	34
4.2.4 Estación de Medición y Bombeo al Poliducto.	35
4.3 PLANTA SAN TOME.....	37
4.3.1 Estación de Recepción del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé.....	40
4.3.1.1 Suministro a San Tomé.	41
4.3.1.2 Suministro a Poliducto San Tomé - Maturín.	42
4.3.1.3 Suministro a Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz.....	42
4.3.2 Almacenamiento de Productos.	42

4.3.3	Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenaderos.	45
4.3.4	Estación de Bombas Principales.	46
4.4	PLANTA MATURÍN	48
4.4.1	Estación de Recepción del Poliducto San Tomé - Maturín.	50
4.4.2	Almacenamiento de Productos	52
4.4.3	Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas a Llenaderos.	54
4.4.4	Llenaderos de Productos.	56
4.5	PLANTA PUERTO ORDAZ. (Ver Figura 4)	57
4.5.1	Estación de Recepción del Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz.	59
4.5.2	Almacenamiento de Productos.	62
4.5.3	Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenaderos.	65
4.6	PLANTA Y MUELLE CIUDAD BOLIVAR.	68
4.6.1	Estación de Recepción del Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar.	70
4.6.2	Almacenamiento de Productos.	72
4.6.3	Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenaderos.	74
4.6.4	Estación de Bombas a Llenaderos y Muelle.	75
4.6.5	Llenaderos de Productos	76
4.6.6	Sistema de Medición de Productos al Muelle.	77
4.7	PLANTA Y MUELLE PUERTO AYACUCHO	78
4.7.1	Muelle y Estación de Bombas en el Muelle	80
4.7.2	Estación de Recepción de la Planta Puerto Ayacucho	80
4.7.3	Almacenamiento de Productos	81
4.7.4	Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenaderos.	83
4.7.5	Estación de Bombas a Llenaderos.	83
4.7.6	Llenaderos de Productos.	84
	CAPITULO V.- ANALISIS HIDRAULICO	85
5.1	EVALUACIÓN HIDRAULICA	85
5.1.1	METODOLOGÍA EMPLEADA	85
5.1.1.1	CONFIGURACIÓN GENERAL DEL SISTEMA	86
5.1.1.2	DETERMINACION DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA	87
5.1.1.3	CALCULO DEL ALMACENAMIENTO MÍNIMO REQUERIDO	89
5.1.2	RESULTADOS.	90
5.1.2.1	CAUDALES MAXIMOS	90
5.1.2.2	ALMACENAMIENTO MÍNIMO NECESARIO	90
5.2	FILOSOFÍA DE OPERACIÓN	92
5.2.1	CALCULO DE LOS CAUDALES OPERACIONALES MINIMOS REQUERIDOS PARA SATISFACER LA DEMANDA.	93
5.2.2	RESULTADOS	94
5.2.2.1	Operación Actual (5 días/semana)	94
5.2.2.2	Operación durante 6 días/semana	97

5.2.2.3	Operación durante 7días/semana.....	101
5.2.2.4	TABLA COMPARATIVA	105
5.3	Tamaño del lote de productos.....	106
5.3.1	METODOLOGÍA EMPLEADA.....	106
5.3.1.1	PORCENTAJES DE CONTAMINACIÓN.....	107
5.3.2	SECUENCIA DE PRODUCTOS EN EL LOTE	108
5.3.3	GENERACION DE INTERFASE EN CADA UNO DE LOS POLIDUCTOS....	109
5.3.4	DETERMINACION DEL TAMAÑO DEL LOTE DE PRODUCTOS	110
	CAPITULO VI.- EVALUACIÓN DE LAS OPCIONES	115
6.1	METODOLOGÍA EMPLEADA.....	115
6.1.1	EVALUACIÓN TECNICA	116
6.1.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	117
6.2	OPCION 1 Instalación de una estación de rebombeo intermedio en los tramos de PLC-STM y STM-MAT	117
6.2.1	Evaluación Técnica:	117
6.3	OPCION 2 Instalación de dos tuberías paralelas a las existentes en los tramos PLC-STM y STM-MAT.....	120
6.3.1	Evaluación Técnica:	120
6.3.2	Evaluación Económica:	121
6.4	OPCION 3 Envío de los productos excedentes a la planta de distribución Maturín a través de camiones cisternas.....	122
6.4.1	Evaluación Económica:	122
6.5	OPCION 4 Instalación de una nueva tubería a través de los corredores de crudo que van directamente desde PLC hacia MAT	123
6.5.1	Evaluación Técnica	123
6.6	COMPARACIÓN ECONOMICA DE LAS OPCIONES.....	125
6.7	ANALISIS DE RESULTADOS	126
	CONCLUSIONES	127
	RECOMENDACIONES.....	128
	BIBLIOGRAFÍA	129
	ANEXOS.....	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Propiedades de los fluidos manejados por SISO	23
Tabla 2	Porcentajes de Contaminación Permisibles de Productos	24
Tabla 3	Capacidad de Almacenamiento Planta Puerto la Cruz	26
Tabla 4	Capacidad de Almacenamiento Planta San Tomé	27
Tabla 5	Capacidad de Almacenamiento Planta Maturín	28
Tabla 6	Capacidad de Almacenamiento Planta Puerto Ordaz	29
Tabla 7	Capacidad de Almacenamiento Planta Ciudad Bolívar	30
Tabla 8	Capacidad de Almacenamiento Planta Puerto Ayacucho	30
Tabla 9	Condiciones ambientales y sísmicas	31
Tabla 10	Tubería de Recibo de Productos por Tanqueros	33
Tabla 11	Tuberías de Productos a Tanques de Almacenamiento	33
Tabla 12	Tasas de Flujo de Poliductos	40
Tabla 13	Características principales Tanques Gasolina Optima	43
Tabla 14	Características principales Tanques Gasolina Popular	43
Tabla 15	Características principales Tanques Diesel	44
Tabla 16	Características principales Tanques Gasolina Sin Plomo	44
Tabla 17	Características principales Tanques Reserva	45
Tabla 18	Características principales Tanques Gasolina Optima	52
Tabla 19	Características principales Tanques Gasolina Popular	53
Tabla 20	Características principales Tanques Diesel	53
Tabla 21	Características principales Tanques Gasolina Sin Plomo	54
Tabla 22	Características principales Tanque Reserva	54
Tabla 23	Tasas de Flujo de Poliductos	59
Tabla 24	Características principales Tanques Gasolina Optima	63
Tabla 25	Características principales Tanques Gasolina Popular	63
Tabla 26	Características principales Tanques Gasolina Sin Plomo	64
Tabla 27	Características principales Tanques Diesel	64
Tabla 28	Características principales Tanques Jet-A1	65
Tabla 29	Características principales Tanque Reserva	65
Tabla 30	Características principales Tanques Gasolina Optima	72

Tabla 31	Características principales Tanques Gasolina Popular.....	73
Tabla 32	Características principales Tanques Diesel	73
Tabla 33	Características principales Tanque Gasolina Sin Plomo.....	74
Tabla 34	Características principales Tanque Reserva.....	74
Tabla 35	Características principales Tanques Gasolina Optima.....	81
Tabla 36	Características principales Tanques Gasolina Popular.....	81
Tabla 37	Características principales Tanques Diesel	82
Tabla 38	Características principales Tanque Reserva.....	82
Tabla 39	Caudales máximos.....	90
Tabla 40	Almacenamiento mínimo necesario [MBD]	91
Tabla 41	Almacenamiento mínimo necesario [m ³].....	92
Tabla 42	Caudales operacionales PLC-STM 5 días/semana	94
Tabla 43	PLC-STM Demanda vs. Límite max. 5 días/sem.	95
Tabla 44	Caudales operacionales STM-MAT 5 días/semana	95
Tabla 45	Caudales operacionales STM-POZ 5 días/semana	96
Tabla 46	Caudales operacionales STM-CDB 5 días/semana	97
Tabla 47	Caudales operacionales PLC-STM 6 días/semana	98
Tabla 48	Caudales operacionales STM-MAT 6 días/semana	98
Tabla 49	Caudales operacionales STM-POZ 6 días/semana	99
Tabla 50	Caudales operacionales STM-CDB 6 días/semana.....	100
Tabla 51	Caudales operacionales PLC-STM 7 días/semana	101
Tabla 52	Caudales operacionales STM-MAT 7 días/semana	102
Tabla 53	Caudales operacionales STM-POZ 7 días/semana	103
Tabla 54	Caudales operacionales STM-CDB 7 días/semana	104
Tabla 55	Tabla comparativa [BPH]	105
Tabla 56	Tabla comparativa [m ³ /s]	105
Tabla 57	Porcentajes de contaminación permisibles	107
Tabla 58	Generación de interfase [BBL]	109
Tabla 59	Generación de interfase [m ³]	110
Tabla 60	Tabla comparativa [BBL].....	111
Tabla 61	Tabla comparativa [m ³]	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-Sistema nacional de distribucion de productos.....	2
Figura 2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA.....	6
Figura 3 Ilustración de la Interfase.....	23
Figura 4 Diagrama de flujo de procesos planta San Tomé.....	38
Figura 5 Configuración del Poliducto PLC-STM.....	40
Figura 6 Diagrama de flujo de procesos planta Maturín.....	49
Figura 7 Configuración del poliducto STM-MAT.....	50
Figura 8 Diagrama de flujo de procesos planta Puerto Ordaz.....	58
Figura 9 Configuración Poliducto STM-POZ.....	59
Figura 10 Diagrama de flujo de Procesos planta Ciudad Bolívar.....	69
Figura 11 Diagrama de Flujo de procesos planta Puerto Ayacucho.....	79
Figura 12 Configuración general del sistema.....	87
Figura 13 Tramo PLC-STM.....	88
Figura 14 Tramo STM-MAT.....	88
Figura 15 Tramo STM-POZ.....	89
Figura 16 Tramo STM-CDB.....	89
Figura 17 STM-MAT Demanda vs. Limite 5 días/sem.....	96
Figura 18 STM-POZ Demanda vs. Limite 5 días/sem.....	96
Figura 19 STM-CDB Demanda vs. Limite 5 días/sem.....	97
Figura 20 PLC-STM Demanda vs. Limite 6 días/sem.....	98
Figura 21 STM-MAT Demanda vs. Limite 6 días/sem.....	99
Figura 22 STM-POZ Demanda vs. Limite 6 días/sem.....	100
Figura 23 STM-CDB Demanda vs. Limite 6 días/sem.....	101
Figura 24 PLC-STM Demanda vs. Limite 7 días/sem.....	102
Figura 25 STM-MAT Demanda vs. Limite 7 días/sem.....	103
Figura 26 STM-POZ Demanda vs. Limite 7 días/sem.....	104
Figura 27 STM-CDB Demanda vs. Limite 7 días/sem.....	104
Figura 28 STM-MAT Demanda vs. Limite Cuadro Comparativo.....	105
Figura 29 PLC-STM Demanda vs. Limite Cuadro Comparativo.....	106

Figura 30 Simulacion PLC-STM con rebombeo.....	118
Figura 31 Perfil de presiones PLC-STM (actual).....	118
Figura 32 Perfil de presiones PLC-STM (con rebombeo)	119
Figura 33 Simulación STM-MAT con rebombeo	119
Figura 34 Simulaciones PLC-STM y STM-MAT tubería paralela.....	121
Figura 35 Simulación PLC-MAT.....	124
Figura 36 Inversión vs. Tiempo Grafica Comparativa	125
Figura 37 V.P.N. Grafica Comparativa.....	126

SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

- ρ : Densidad.
- γ : Peso específico.
- 0x-B-xxx: Designación empleada y destinada a los equipos de bombeo.
- 0x-TE-0x: Designación destinada a la trampa de envío de raspatubos.
- ANSI: Instituto Nacional Americano Standard.
- BBL/día: Unidad de flujo en barriles por día.
- BBL: Unidad de volumen en barriles.
- BHP: Potencia al freno en caballos. (Brake horse power)
- BPH: Unidad de flujo en barriles por hora.
- CCM: Centro de control de mando.
- CDB: Ciudad Bolívar.
- cm: Unidad de longitud en centímetros.
- cP: Centipoise.
- cs: Centistoke
- d/año: Días por año.
- D: Diámetro en metros.
- DIE: Combustible Diesel o Gasoil.

- f: Factor de fricción de Darcy.
- ft: Unidad de longitud en pies.
- g: Gravedad.
- GOP: Gasolina Optima de 95 octanos.
- GPOP: Gasolina Popular de 87 octanos.
- GSP: Gasolina sin plomo de 95 octanos.
- h: Unidad de tiempo en horas.
- hf: Pérdidas de carga debido al fluido.
- hfg: Pérdidas en accesorios y tuberías.
- HP: Potencia en caballos.
- Intevep: Instituto tecnológico Venezolano de Petróleo.
- JET-A1: Gasolina para turbinas.
- K: Coeficiente de resistencia en tuberías.
- Kg: Unidad de masa en kilogramos.
- Km: Unidad de longitud en kilómetros.
- Kw: Potencia en kilowatios.
- L: Longitud de la tubería en metros.
- lb: Unidad de masa en libras.
- m: Unidad de longitud en metros.

- m³/s: Unidad de flujo en metros cúbicos por segundo.
- m³: Unidad de volumen en metros cúbicos.
- MAT: Maturín.
- MAWP: Presión de trabajo máxima permisible.
- MBD: Unidad de flujo en miles de barriles diarios.
- MM\$: Millones de dólares.
- mm: Unidad de longitud en milímetros.
- NPSH: Carga neta positiva de succión (Net Positive Suction Head)
- °C: Unidad de temperatura (grados Celsius).
- ODV: Organización de distribución Venezuela.
- °F: Unidad de temperatura (grados Fahrenheit).
- P: Presión.
- PAY: Puerto Ayacucho.
- PDVSA: Petróleos de Venezuela S.A.
- PLC: Puerto la Cruz.
- POZ: Puerto Ordaz.
- psi: Unidad de presión en libras por pulgada cuadrada.
- pulg: Unidad de longitud en pulgadas.
- Qop: Caudales operacionales del sistema.

- Re: Número de Reynolds.
- s: Unidad de tiempo en segundos.
- SCADA: Sistema de control Supervisorio y adquisición de datos.
- SI: Sistema de unidades internacional.
- SIDOR: Siderurgica del Orinoco.
- SISOR: Sistema de suministro de Oriente.
- STM: San Tomé.
- v: Velocidad del fluido dentro de la tubería en m/s
- V: Velocidad media de flujo.
- VHF: Onda de alta frecuencia.
- VPN: Valor presente neto.
- Z: Elevación ó altura potencial.

INTRODUCCION

El petróleo representa la mayor fuente de energía que posee y utiliza Venezuela, este producto y sus derivados están a cargo de la empresa Petróleos de Venezuela (PDVSA) que se encarga de extraer, procesar, y comercializar los mismos.

Los productos derivados del petróleo son utilizados a todo lo ancho y largo de nuestra geografía Venezolana para diferentes procesos que mueven la economía del país, en esto radica la importancia que tiene una buena red de distribución de hidrocarburos. Un gran numero de ciudades venezolanas, desde Punto Fijo hasta Puerto Ayacucho y desde El Vigía hasta Margarita están unidas por un complejo sistema de distribución de productos que día a día maneja PDVSA

Con una red combinada de tanques de almacenamiento y Poliductos, este engranaje hace posible que los productos que mueven a nuestro país lleguen a todos los lugares donde son requeridos. Cuatro grandes sistemas intervienen en la distribución de productos en Venezuela: el Sumandes (en Occidente), el Sisco-Yagua (en el Centro), el Metropolitano (en Caracas y las zonas adyacentes), y el Sisor (en Oriente y Guayana). Estos sistemas, que integran 20 plantas de distribución, tienen la capacidad para almacenar hasta casi nueve millones de barriles de productos, mediante la operación de 213 tanques, además de una red de Poliductos que cubre una superficie de 1.162 kilómetros a todo lo largo y ancho del país. De este grupo de plantas, 16 están dotadas de modernos sistemas automatizados de autodespacho, lo cual les permite operar las 24 horas del día, los 365 días del año. El producto más vendido en Venezuela es la gasolina, calculándose que durante este año las colocaciones alcancen los 212 mil barriles diarios. El diesel es el que en segundo lugar se vende más, esperándose ventas por 91 mil barriles diarios para este año, y en tercer lugar está el fuel oil, estimando que se venderán para finales del año 28 mil barriles diarios. El principal usuario de los productos que suministra PDVSA es el sector automotor, el cual consumió durante el año 2000 un total de 244 mil barriles diarios de los diferentes derivados de hidrocarburos, seguido por los sectores de comercio e industria, eléctrico y aviación. Lograr que el inmenso engranaje del sistema de distribución en Venezuela funcione correctamente requiere de una gran coordinación. Mucha planificación, horas hombre de dedicación y una buena gerencia buscan que este sistema sea manejado con óptima rentabilidad, máxima seguridad, logrando la satisfacción total del cliente y la garantía de suministro a las que los venezolanos estamos acostumbrados. Garantizar el movimiento de un país no es una tarea fácil.



Figura 1-Sistema nacional de distribución de productos

De los cuatro grandes sistemas de distribución el Sisor en la zona Oriental es el mas extenso con 588 Km de Poliductos y 77 tanques de almacenamiento, este sistema garantiza el suministro de combustibles a las ciudades de Puerto La Cruz, San Tomé, Puerto Ordaz, Ciudad Bolívar y Puerto Ayacucho, además de todas las ciudades cercanas a estos centros de población.

Para garantizar el suministro continuo a través de este sistema es necesario realizar proyecciones del crecimiento en la demanda de cada ciudad, y cada región, de manera de disponer siempre de la capacidad de transporte necesaria para suplir la demanda de productos, estas proyecciones generalmente son basadas en datos estadísticos que permiten predecir el comportamiento de la demanda y así prever con antelación el desarrollo de nuevas infraestructuras necesarias para la distribución optima de combustibles. Estas proyecciones a pesar de ser muy confiables pueden presentar fallas debido a variables imposibles de predecir en el crecimiento poblacional de una zona especifica. En el sistema Sisor se viene presentando un problema de este tipo, debido al crecimiento desmesurado de una de las ciudades que este abastece, Maturín ha tenido un crecimiento

impredecible en los últimos años, lo que ha obligado a los operadores del sistema a solicitar los servicios del departamento de Ingeniería y Proyectos para realizar un trabajo de Ingeniería conceptual que permita el desarrollo de las infraestructuras necesarias para seguir garantizando el suministro hacia todo el Oriente del País. Como primera fase de esta Ingeniería el departamento de Ingeniería y proyectos solicito la realización de un estudio técnico económico que permita establecer las premisas necesarias para la Ingeniería Conceptual. El trabajo que se presenta a continuación es el resultado de esta solicitud y pretende establecer alcances para la próxima fase de investigación y una buena aproximación de los objetivos a los que se debe enfocar la misma.

CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Desde su creación en 1976, Petróleos de Venezuela, S.A. se ha convertido en una de las corporaciones energéticas más importantes a nivel mundial. PDVSA es la casa matriz de la corporación, propiedad de la República Bolivariana de Venezuela, que se encarga del desarrollo de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera además de planificar, coordinar, supervisar y controlar las actividades operativas de sus divisiones, tanto en Venezuela como en el exterior.

A finales de 1997, la corporación energética venezolana creó la empresa PDVSA petróleo y gas, la cual esta constituida por tres grandes divisiones, dedicadas a las actividades medulares del negocio: PDVSA Exploración y Producción, PDVSA Manufactura y Mercadeo y PDVSA Servicios.

La División de PDVSA Centros de Excelencias, es responsable del suministro de servicios integrados, especializados y competitivos a toda la corporación. Su área de gestión incluye una amplia gama de especialidades, entre las cuales se destacan: suministro de bienes y materiales, servicios técnicos, consultoría y asesoría profesional, informática e ingeniería, entre otras. Esta organización esta compuesta por: Barivén, Cibernética, Intevep, Ingeniería y Proyectos, Análisis de Procesos y los Centros de Conocimiento.

Ingeniería y Proyectos, catalogado como un Centro de Excelencia dentro del organigrama funcional de PDVSA tiene como objetivo ser la organización líder en el desarrollo y optimización de infraestructura. Reconocido por sus competencias en el manejo de recursos técnicos y financieros, tiene por misión proveer la infraestructura industrial y no industrial requerida por las actividades operacionales de la corporación, optimar la confiabilidad y mantenibilidad de sus instalaciones y equipos, así como proveer la asistencia y evaluaciones técnicas en ingeniería y proyectos propiamente dicho. Estas actividades son ejecutadas oportunamente, aplicando las mejores prácticas, innovación y estándares de ingeniería, seguridad y preservación del ambiente; obteniendo la mejor relación costo - beneficio.

Repartida casi a lo largo de toda la geografía nacional, PDVSA ha dividido sus acciones en Regiones Operativas, a su vez, Ingeniería y Proyectos ha establecido Oficinas en las regiones más importantes del país como son: Occidente, **Centro – Oriente**, Centro Occidente y Oriente, además de la oficina principal ubicada en Caracas.

Estas oficinas cuentan con diversas gerencias, entre ellas: Gerencia de Apoyo Técnico, Gerencia de Proyectos de Ingeniería General, Gerencia de Proyectos Mayores, y **Gerencia de Definición y Desarrollo**, siendo esta última la encargada de desarrollar la visualización y conceptualización de los proyectos. En esta gerencia también se desarrollan proyectos a nivel de ingeniería básica si el cliente (PDVSA Gas, PDVSA Exploración y Producción, etc.) así lo requiere.

Para ubicarnos dentro del contexto de la estructura organizativa de la empresa, se debe señalar que el desarrollo de este trabajo especial de grado se llevó a cabo en Ingeniería y Proyectos, específicamente en la Gerencia de Apoyo Técnico, en las instalaciones del edificio Sede de PDVSA en Puerto La Cruz, estado Anzoátegui, uno de los principales centros de actividad petrolera del estado.

Figura 2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA



CAPITULO 2: DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.1 ANTECEDENTES

En el año 1988, se dio inicio a la operación del Sistema de Suministro de Oriente (SISOR), con el propósito de optimar el transporte, almacenaje y distribución de combustibles para los centros de consumo del oriente y sur del país.

Tal sistema lo conforma un Poliducto de aproximadamente 600 Km de longitud, interconectado a cinco plantas de almacenaje y distribución, situadas en las localidades que dan origen a sus nombres: Puerto La Cruz, San Tomé, Maturín, Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar. Por vía fluvial se envía combustible a una sexta planta del sistema ubicada en Puerto Ayacucho.

El incremento de la actividad comercial e industrial de la región oriental del país, ocasiono un aumento en el consumo de combustibles que saturó la capacidad del sistema, lo cual hizo necesario revisar las instalaciones y adecuarlas para satisfacer el consumo de combustibles. Por esta razón Intevep realizó en el año 1997 un proyecto denominado "Adecuación SISOR año 2010", sin embargo no logró predecir el explosivo aumento de la demanda de combustible en la ciudad de Maturín, además de que no se tomo en cuenta la Gasolina Sin Plomo que actualmente es enviada a través del Poliducto.

En el caso particular de la ciudad de Maturín ocurrió un aumento explosivo del consumo de combustible a raíz del aumento de la población debido al desarrollo de la explotación de hidrocarburos, este aumento no pudo ser pronosticado para el momento de la implantación de SISOR. Es por esta razón que hoy debemos basarnos en nuevos pronósticos y adecuar los requerimientos que se pueden presentar a la nueva realidad de esta importante ciudad y zona del país.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Anteriormente a la puesta en operación del Sistema de Suministro de Oriente (SISOR), el abastecimiento de combustibles al mercado interno de la región oriental y sur-oriental del país dependía, en su mayoría, del transporte marítimo desde las refinerías en la península de Paraguaná, con un prolongado ciclo de viaje de tanquero que fluctuaba entre diez y catorce días, y también del transporte terrestre, con largos sobreacarreos. El sistema

SISOR tuvo como objetivo fundamental desarrollar un sistema de Plantas, Muelles y Poliductos ubicados cerca de los centros de consumo, el cual garantizara en forma confiable y eficiente el suministro de combustible a los centros del oriente y sur del país hasta mas allá del 2010.

Este sistema permite satisfacer la demanda de combustibles en el Oriente y Sur del país a través de cuatro Poliductos de 600 kilómetros de extensión total, seis plantas de recepción de combustible y tanques de almacenamiento y despacho, permitiendo el manejo efectivo de aproximadamente 8 millones de litros por día de combustibles y con capacidad para ampliarse o extenderse a otros centros de consumo.

Hoy en día la demanda de combustible de las ciudades del Oriente del país han sobrepasado todos los pronósticos realizados al momento de la concepción del proyecto Sisor, por esta razón, el presente trabajo especial de grado tiene como principal objetivo realizar una evaluación que nos permita elaborar un plan para llevar una mayor cantidad de combustible a estas ciudades para satisfacer la demanda actual y de los próximos años.

Para lograr estos objetivos es necesario modelar y simular el Poliductos de Sisor aplicando los conceptos básicos de reingeniería para obtener los valores óptimos de operación del mismo. Luego se debe hacer un estudio minucioso de los valores operacionales del Poliducto para ajustarlos a los obtenidos en el proceso de optimización, si este procedimiento no lograra satisfacer la demanda planteada, se deberán realizar propuestas alternativas con sus respectivos estudios económicos que a gran escala nos permitirán ofrecer la mejor solución al problema planteado.

Los nuevos pronósticos de demanda serán las nuevas bases para el estudio a realizarse en el Poliducto y de acuerdo a estos se deberá analizar hasta que punto Sisor está en capacidad de satisfacer y cuando serán necesarias nuevas inversiones de infraestructura, así como cual tipo de infraestructura es la más adecuada para invertir.

2.3 OBJETIVOS Y ALCANCES

2.3.1 Objetivo General

Evaluar la capacidad de transporte actual del sistema Sisor, detectar insuficiencias, buscar soluciones y emitir las recomendaciones necesarias para el adecuado funcionamiento del sistema hasta el año 2010.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar simulaciones hidráulicas del SISOOR para estimar la disponibilidad operacional del sistema con las instalaciones existentes.
- Determinar la capacidad requerida para satisfacer la demanda proyectada por el plan de negocios de PDVSA hasta el año 2010.
- Evaluar la filosofía de operación actual del SISOOR y determinar la filosofía futura que se debe implementar, para satisfacer la demanda pronosticada o bien corregir la actual filosofía.
- Determinar el tamaño del lote ideal de cada uno de los productos que debe ser enviado a través del sistema.
- Determinar y recomendar los equipos necesarios para el adecuado funcionamiento del sistema hasta el año 2010.

2.3.3 Alcances

- Determinar la capacidad máxima de operación del SISOOR.
- Determinar la capacidad de transporte necesaria para satisfacer la demanda pronosticada hasta el año 2010.
- Comparar la capacidad de almacenamiento actual con la necesaria para el debido funcionamiento del sistema.
- Evaluar las ventajas y desventajas que se originarían con un cambio en la filosofía de operación.
- Revisar el tamaño de los lotes enviados actualmente y determinar el tamaño óptimo para la dosificación de la interfase.
- Plantear las opciones más viables que permitan el mejoramiento en la capacidad de transporte del SISOOR
- Evaluar y simular cada una de las opciones planteadas desde el punto de vista técnico y descartar las que no satisfagan los requerimientos.
- Hacer un análisis económico de cada una de las opciones planteadas.
- Buscar soluciones.
- Recomendar la mejor solución a considerar en la ingeniería conceptual.

CAPÍTULO 3: FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 CONCEPTOS BASICOS

NORMA ANSI B31.4:

Presenta los requerimientos de ingeniería considerados como necesarios para un diseño y una construcción seguros. El código B31 está basado en el concepto del "Diseño por reglas"; es decir si se siguen las reglas, entonces se tendrá un sistema de tuberías que operará con seguridad. La norma ANSI B31.4 es aplicada en campos donde se involucren los sistemas de transporte líquido para hidrocarburos, gases del petróleo, anhídridos de amonio y alcoholes.

Corredor de Tuberías:

Franja o extensión de terreno destinada y preparada para el paso de una o varias tuberías.

Gabarra

Embarcación mayor que la lancha, con árbol y mastelero y generalmente con cubierta. Suele ir remolcada; si no, se maneja con vela y remo; se usa en las costas para transportes. Barco pequeño y chato destinado a la carga y descarga en los puertos.

Golpe de Ariete:

Serie de choques , cuyo sonido es semejante al de los golpes de un martillo, producidos por la repentina reducción del flujo de un fluido en un tubo.

Lote:

Cada una de las partes en que se divide un todo que se ha de distribuir entre varias personas. Lo que le toca a cada uno en la lotería o en otros juegos, en que se sortean sumas desiguales.

Poliducto:

Sistema de una o varias tuberías que pueden transportar cada una, varios tipos de fluidos, bien sean líquidos o gases.

Presión de Trabajo Máxima Permisible(MAWP):

Es la máxima presión manométrica permisible en el tope de un recipiente colocado en su posición de operación, a una temperatura establecida. Esta presión se basa en cálculos que usan el espesor nominal, excluyendo la tolerancia por corrosión y excluyendo el espesor requerido para satisfacer cargas diferentes a las de presión para cada elemento de un recipiente. La MAWP no se determina normalmente para recipientes nuevos, pero se usa en recipientes que van a ser redimensionados o en otros estudios.

Premisa:

Cada una de las dos primeras proposiciones del silogismo, de donde se infiere y saca conclusión. Señal, indicio o especie por donde se infiere una cosa o se viene en conocimiento de ella.

Silogismo:

Tipo de argumento formal tal que, de dos proposiciones, se puede deducir una tercera (conclusión) que está implicada lógicamente en las dos anteriores.

Sistemas de Tuberías:

Son sistemas que constan de tubos, bridas, pernos, empacaduras, válvulas, accesorios, juntas de expansión, tensores, juntas giratorias, elementos para soportar tuberías, y aparatos que sirven para mezclar, separar, amortiguar, distribuir, medir y controlar el flujo.

Temperatura de Diseño:

Es la temperatura del metal que representa las condiciones coincidentes más severas de presión y temperatura. Esta temperatura es utilizada para el diseño mecánico de equipos y tuberías. Esta temperatura de diseño debe ser superior a la temperatura de operación y a la temperatura de operación máxima/mínima.

3.2 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

Fluido Newtoniano:

Si el esfuerzo cortante de un fluido es directamente proporcional al gradiente de velocidad, se dice que el fluido es newtoniano. Muchos de los fluidos comunes, como el aire, el agua, el petróleo y sus derivados, son newtonianos. Los fluidos no newtonianos suelen tener una composición molecular compleja.

Flujo Turbulento:

Se dice que ocurre un flujo turbulento en una tubería siempre que el número de Reynolds (Re) excede 4000; entre 2000 y 4000 el flujo oscila aleatoriamente entre laminar y turbulento. Consideremos por ejemplo, agua a 20°C que fluye en un tubo pequeño de 5mm de diámetro; la velocidad media solo tiene que ser de 0.8 m/s para que haya flujo turbulento. En tuberías de mayor diámetro la velocidad media es lo bastante grande como para que se produzca un flujo turbulento en la mayor parte de las situaciones de ingeniería. En el flujo turbulento las tres componentes de la velocidad son distintas de cero.

Viscosidad:

En los líquidos que fluyen es preciso tomar en cuenta la existencia de fricción interna o la resistencia interna al movimiento relativo de las partículas de fluido. Esta resistencia se denomina viscosidad. Por lo común la viscosidad disminuye al elevarse la temperatura. Los líquidos viscosos tienden a incrementar la potencia que se requiere en la bomba, reducir la eficiencia de esta última, su carga y su capacidad, y a hacer aumentar la fricción en las líneas de tuberías. La viscosidad es la resistencia que presenta un fluido al movimiento provocado por una fuerza cortante ; es su fricción interna. Esta resistencia se debe a dos fenómenos: 1) la cohesión de las moléculas y 2) la transferencia molecular de una capa a la otra, lo que establece un esfuerzo tangencial o cortante. En los líquidos, predomina la cohesión, y como ésta disminuye al aumentar la temperatura, del mismo modo disminuye la viscosidad de estos líquidos. En los gases, la cohesión es relativamente débil; como consecuencia, la mayor actividad molecular que se produce al aumentar la temperatura provoca un incremento en la transferencia molecular, con un aumento consecuente de la viscosidad. Se puede pensar en la viscosidad como la “pegajosidad” interna del fluido, es una de las propiedades que controla la cantidad de fluido que puede transportarse por una tubería durante un período específico, y explica las pérdidas de energía asociadas al transporte de fluidos en ductos, canales y tubos. Además la

viscosidad desempeña un papel preponderante en la generación de turbulencia.

Viscosidad Dinámica:

La viscosidad dinámica de un fluido es la relación del esfuerzo cortante a la razón de la deformación. La viscosidad dinámica del agua a 68°F (20°C) es aproximadamente 1 centipoise.

Viscosidad Cinemática:

La viscosidad cinemática de un fluido es su viscosidad dinámica dividida entre su densidad. La viscosidad cinemática del agua a 68°F (20°C) es aproximadamente 1 centistoke.

Densidad:

La densidad de una sustancia es definida como la relación de la masa entre volumen. La unidad de densidad en el SI es el kilogramo por metro cúbico y se denota por ρ (Rho).

Peso Específico:

Se define como el peso del fluido entre su volumen. El peso específico se relaciona con la densidad por $\gamma = \rho g$ en donde g es la aceleración de gravedad.

Volumen Específico:

Es su volumen por unidad de masa. El volumen específico está relacionado con su densidad.

Gravedad Específica:

La gravedad específica de una sustancia es una relación adimensional de la densidad de un fluido a la de un fluido de referencia. Para los sólidos y los líquidos, se usa el agua como fluido de referencia y para los gases se usa el aire. Como la densidad de los líquidos cambia con la temperatura, para dar una definición precisa de la gravedad específica, es necesario enunciar las temperaturas del fluido y del fluido de referencia, por ejemplo 60/60°F, en donde la temperatura superior pertenece al líquido y la inferior, al agua. Si no se dan las temperaturas, se hace referencia al agua a su densidad máxima, la cual se presenta a 3.98°C y a la presión atmosférica.

Presión de Vapor:

Cuando una cantidad pequeña de líquido se coloca en un recipiente cerrado, cierta fracción del líquido se vaporiza. La vaporización cesa cuando se alcanza un equilibrio entre los estados líquido y gaseoso de la sustancia contenida en el recipiente o, en otras palabras, cuando el número de moléculas que escapan de la superficie del líquido es igual al número de moléculas que regresan. La presión causada por las moléculas que están en el estado gaseoso es la presión de vapor. La presión de vapor varía de un líquido a otro y depende mucho de la presión y de la temperatura; aumenta significativamente al aumentar la temperatura.

3.3 DEFINICIONES HIDRÁULICAS**Teorema de Bernoulli**

El teorema de Bernoulli es una expresión de la aplicación de la ley de conservación de la energía de flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual a la suma de:

Energía potencial debida a la posición con respecto a un plano de referencia (Z)

Energía de presión que lleva el fluido ($P/\rho g$).

Energía cinética debido al movimiento del fluido ($v^2/2g$).

El balance de energía para dos puntos es

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + Z_1 + \frac{(V_1^2)}{2g} = \frac{P_2}{\rho_2 g} + Z_2 + \frac{(V_2^2)}{2g} = cte$$

Donde :

P_1, P_2 = Presión manométrica [Kg/cm^2]

ρ_1, ρ_2 = Densidad del fluido a la temperatura del mismo.

Z_1, Z_2 = altura o elevación potencial en los puntos 1 y 2 con respecto a un punto de referencia. [m]

V = velocidad media de flujo [m/s^2]

g = aceleración de la gravedad [$9,81 \text{ m}/\text{s}^2$]

En realidad existen pérdidas por fricción, estas son las que convierten parte de la energía en calor, la cual se transmite al fluido, mientras que todo el trabajo que realiza el fluido no es transmitido por el mismo a los alrededores.

Entonces :

$$\sum \text{energía}(1) < \sum \text{energía}(2)$$

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + Z_1 + \frac{(V_1^2)}{2g} = \frac{P_2}{\rho_2 g} + Z_2 + \frac{(V_2^2)}{2g} + hf$$

Donde:

hf = pérdidas de carga debida al flujo del fluido, [m].

Pérdidas de presión debidas a válvulas y accesorios

Las válvulas y accesorios en una línea de tuberías alteran la configuración del flujo, produciendo una pérdida de presión adicional. La pérdida consiste en:

- Pérdida de presión dentro de la válvula.
- Pérdida en la tubería de entrada la cual es mayor de la que se produce normalmente si no existiesen válvulas en la línea, sin embargo este efecto es pequeño.
- Pérdidas de presión en la tubería de salida, la cual es superior a la que se produce normalmente si no hubiese válvula en la línea. Este efecto puede ser muy grande.

Coeficiente de resistencia:

El coeficiente de resistencia K es una constante para todas las medidas de un cierto diseño o línea

de válvulas y accesorios, si todas las medidas fueran geoméricamente similares. Sin embargo, esta similitud es muy difícil que ocurra; si lo fuera, es porque el diseño de los mismos se rige por costo de fabricación, normas de resistencia estructural y otras consideraciones.

Pérdidas de presión en el sistema de tuberías:

Estas pérdidas se deben a varias características del sistema, las cuales pueden clasificarse como sigue

- Rozamiento en las paredes de la tubería, que es función de la rugosidad de la superficie interior de la misma, del diámetro interior de la tubería de la velocidad, la densidad y la viscosidad del fluido.
- Cambios en la dirección del flujo.
- Obstrucciones en el paso del flujo
- Cambios repentinos o graduales en la superficie y contorno del paso del flujo.

Consiste en determinar las pérdidas (h_{fg}) en accesorios y en tubería, para luego sumarlos y obtener las pérdidas totales en el sistema.

La pérdida para una sección de tubería recta y sin accesorios se expresa por la ecuación de Darcy

$$h_{fg} = \left(\frac{fL}{D} \right) * \frac{V^2}{2g}$$

Donde :

$$K = \frac{fL}{D}$$

Siendo:

K= coeficiente de resistencia en tuberías

f= factor de fricción de Darcy

L= longitud de tubería (m)

D= diámetro interno de la tubería (m)

V= velocidad del fluido dentro de la tubería (m/s)

Las pérdidas producidas por cada uno accesorios vienen expresadas en función del coeficiente de resistencia (K), el cual es característico del tipo de accesorio. Estas pérdidas se obtienen por medio de la siguiente ecuación:

$$h_f = \frac{KV^2}{2g}$$

BOMBAS

Son equipos que sirven para mover o transferir un líquido, venciendo efectos opuestos a este movimiento, como lo son:

- La gravedad
- La contra presión de un recipiente
- La fricción en tuberías, accesorios y equipos
- Inercia del fluido.

Bombas de desplazamiento positivo:

Tienen como principal característica, la entrega de una cantidad definida de líquido por cada carrera de pistón o revolución de la pieza movable, y solo el tamaño de la bomba, su diseño y las condiciones de succión influirán en la cantidad de fluido que entrega.

Bombas centrífugas:

Son las comúnmente utilizadas en la industria química, petrolera y petroquímica. En este tipo de bombas la generación de presión se logra con la conversión del cabezal de velocidad en velocidad estática, mediante el movimiento rotativo de uno o más impulsores que comunican energía al fluido; en forma de un incremento de velocidad que se convierte en presión en la sección de difusión del cuerpo. Una bomba que opere a una velocidad fija desarrollará la misma altura en pies de fluido bombeado, independientemente de su densidad, sin embargo la presión correspondiente a la altura desarrollada si dependerá de la densidad del fluido bombeado.

Presión de Succión:

Es la presión que tiene el fluido en la brida de succión de la bomba.

Presión de Descarga:

Es la presión que tiene el fluido en la brida de descarga de la bomba.

Presión Máxima de Succión:

Es la presión de succión más alta a la cual la bomba es sometida durante la operación. Este valor se obtiene sumando la presión de ajuste de la válvula de seguridad (si existe alguna) del recipiente desde el cual succiona la bomba, la caída de presión desde la válvula de seguridad al punto donde se

mantiene el nivel del líquido y el máximo cabezal estático en la succión para máxima condición de nivel de líquido.

Presión Máxima de Descarga:

Es la máxima presión de succión posible a ser encontrada, más la presión diferencial máxima que la bomba es capaz de desarrollar cuando se opera a la condición especificada de velocidad, gravedad específica, y temperatura de bombeo con el impulsor suministrado.

Altura Diferencial:

Es la diferencial de presión que existe entre la presión de descarga y la presión de succión, expresada en términos de altura de líquido.

Altura neta de succión positiva disponible (NPSHd):

Es el valor de NPSH que se tiene en el sistema para la condición más crítica de operación.

En general es la diferencia de la altura total de succión absoluta en la entrada del primer impulsor de la bomba, menos la presión de vapor absoluta del líquido manejado, a la temperatura de operación. El NPSHd en un sistema se calcula mediante la siguiente relación:

$$\text{NPSHd} = H_o - H_{vpa} \pm Z_s - h_{fs}$$

Donde:

H_o = Presión absoluta (altura de líquido) que existe sobre la superficie del líquido en el recipiente de succión. [m]

H_{vpa} = Altura de líquido correspondiente a la presión de vapor del líquido manejado, a la temperatura de operación[m]

h_{fs} = Pérdidas por fricción en la tubería y accesorios[m]

NPSH Requerido:

Es el valor de NPSH mínimo que requiere la bomba para evitar el fenómeno de cavitación. El valor de NPSH requerido es el determinado por el fabricante de la bomba.

Eficiencia:

Es el término empleado para expresar la relación que existe entre la potencia que entrega el fluido (potencia hidráulica) y la potencia al freno que entrega la bomba.

Potencia al freno (BHP):

Representa la potencia disponible en el eje de la bomba tomando en cuenta las pérdidas hidráulicas, volumétricas y mecánicas. Es la potencia proporcionada al impulsor. Por lo general la potencia al freno para bombas se puede determinar por la ecuación:

$$bhp = Q_d \times \frac{P_d - P_s}{1714 \times \eta_p}$$

donde

Q_d : es la descarga en galones

P_s y P_d : son las presiones de succión y descarga de la bomba en kPa

η : Eficiencia

Potencia del Motor (HP):

Es la potencia nominal, que puede entregar el accionador al equipo que acciona.

Cavitación:

Cuando la bomba opera con una elevación excesiva, se desarrolla una presión de succión baja en la entrada de la bomba, la presión disminuye hasta que puede crearse un vacío y el líquido se convierte en vapor si la presión del tubo es más baja que la presión del vapor del líquido.

El flujo de líquido de la bomba desaparece, esto se conoce como punto de corte debido a que se ha alcanzado el límite de la capacidad de la bomba con esta presión de entrada. La bomba se acerca a condiciones de operación que pueden causar daño.

Cuando la presión de entrada está a punto de alcanzar el punto de vaporización, las bolsas de vapor forman burbujas en el lado posterior del alabe del impulsor, cerca de su base.

Conforme una burbuja se mueve del área de baja presión en la admisión en el área de alta presión cerca del extremo del alabe, la burbuja desaparece. Se deshace tan rápidamente que el líquido golpea el alabe con fuerza extrema, a veces lo bastante fuerte para descascarar pequeñas partículas del impulsor.

Colador:

Este término se aplica a una pieza especial que se incorpora en ciertos casos a las tuberías de succión o aspiración de las bombas, para impedir el ingreso de cuerpos extraños al sistema de conducción.

CAPITULO 4- DESCRIPCION DEL SITOR

4.1 DESCRIPCION GENERAL.

4.1.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA SUMINISTRO ORIENTE.

El Sistema SITOR tiene como objetivo fundamental desarrollar un sistema de Plantas, Muelles y Poliductos ubicados cerca de los centros de consumo, el cual garantice en forma confiable y eficiente el suministro de combustible a los centros de consumo del oriente y sur del país hasta más allá del año 2010, en vista del continuo crecimiento y expansión de esta región.

Debido a su ubicación y número de Plantas del Sistema, proporciona una distribución más estratégica del almacenamiento, desconcentrando las operaciones y descongestionando las instalaciones existentes.

El Sistema SITOR también contribuye a la autosuficiencia estratégica de suministro del mercado nacional.

El Sistema SITOR está compuesto por las siguientes Plantas de Almacenamiento, Muelle, y Poliductos asociados:

- Planta Puerto La Cruz
- Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé
- Planta San Tomé
- Poliducto San Tomé - Maturín
- Planta Maturín
- Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar

- Planta Puerto Ordaz
- Planta y Muelle Ciudad Bolívar
- Planta y Muelle Puerto Ayacucho

El Sistema se basa en la distribución de los siguientes combustibles, desde la Refinería de Puerto La Cruz, hasta las Plantas de Almacenamiento y Distribución ubicadas en los Centros de Consumo de San Tomé, Maturín, Puerto Ordaz, Ciudad Bolívar y Puerto Ayacucho.

- Gasolina de Optima de 95 octanos (GOP)
- Gasolina Popular de 87 octanos (GPOP)
- Gasoil ó Diesel (DIE)
- Gasolina Jet-A1 para turbinas (JET-A1)
- Gasolina Sin Plomo de 95 octanos (GSP)

El ciclo de envío de estos productos en un período de siete (7) días es como sigue:

GPOP - DIE - JET-AI - DIE - GPOP - GOP - GSP

Suministrándose Jet A-1 cada dos (2) ciclos.

Como resultado de la secuencia anterior, se producen interfases. Las interfases constan de una mezcla de 50% de cada uno de los productos en contacto, dichas interfases se nombran a continuación:

- GPOP/DIE
- JET-A1/DIE
- GPOP/GOP
- GOP/GSP
- GSP/GPOP

Estas interfases se detectan a la entrada y salida de Plantas, así como en el múltiple de recibo de Planta, mediante transmisores de densidad.



Figura 3 Ilustración de la Interfase

Las características típicas de estos productos se señalan en la tabla 1.

Los porcentajes de contaminación permisibles de productos a transportarse, se incluye en la tabla 2.

Tabla 1 Propiedades de los fluidos manejados por SISOR

Propiedades	GSP	GOP	GPOP	DIE	JET-A1
Gravedad Especifica	0.7389	0.7351	0.7201	0.8708	0.775
Punto de Inflamación °C	-39	-39	-43	60	37.8
Viscosidad Dinámica cP	0.4917	0.43	0.42	2.86	2.814
Densidad (lbm/ft3)	44.98	45	45	53.19	50.19
Presión de Vapor psi	9	9	9	0.014	0.018

Tabla 2 **Porcentajes de Contaminación Permisibles de Productos**

Producto	Popular	Optima	Diesel	Jet-A1
Popular	-	100	1.5	2
Optima	1	-	0.2	0.3
Diesel	0.3	0.3	-	-
GSP	1.3	-	-	-
Jet-A1	1.5	1.5	2	-

Para proporcionar flexibilidad operacional, todas las Plantas poseen tanques de reserva cuya capacidad, como medida preventiva, es suficiente para cubrir la demanda de su entorno e inclusive enviar productos a las plantas existentes aguas abajo, durante siete días de operación.

Todas las Plantas poseen instalaciones amplias y flexibles para el llenado de camiones por arriba y por el fondo en islas separadas, con sistema de drenaje de camiones y seguridad necesarios. El camión cisterna posee dispositivos de llenado por el fondo del camión y por el tope del mismo. La operación y control de los llenaderos es automatizada en todas las Plantas a excepción de Puerto Ayacucho, mediante un sistema computarizado de la facturación, despacho y control, contable por producto y por cliente. Este sistema permite la operación semiautomática o manual, de acuerdo a las necesidades de operación de cada Planta. En Puerto Ayacucho el control es llevado localmente.

Las Plantas están enlazadas por un sistema de control centralizado en Puerto La Cruz, a través de una estación maestra y estaciones submaestras en cada Planta, comunicadas a través de sistema de radio. La operación conjunta del Poliducto es definida por la estación maestra, la cual da los puntos de ajuste para el variador de frecuencia de las bombas principales de

Puerto La Cruz y San Tomé, en base a los programas de envío de producto y la manera como debe repartirse el producto entre las Plantas.

En caso de falla del sistema de radio, el operador de cada Planta pasa a tomar el control total de la Planta, utilizando el sistema de radio móvil operacional para mantener la comunicación entre Puerto La Cruz y su Planta.

Este sistema de control centralizado mantiene supervisión de presión y temperatura en el Poliducto en veintitrés (23) puntos a través de las estaciones de válvulas teleoperadas, a la vez de permitir seccionamiento de algún tramo del Poliducto en caso de requerimientos operativos o de seguridad.

La red de Poliductos es enterrada, revestida en forma adecuada y dotada de un sistema de protección catódica para reducir el deterioro y la corrosión.

La Planta Puerto La Cruz no es autónoma, ya que sus servicios generales e infraestructura están interconectados a los existentes en la Refinería.

El sistema recibe los cinco (5) diferentes tipos de combustible líquido desde las líneas que los transportan desde los muelles hasta la estación de bombas de transferencia de la Refinería, luego hasta los tanques existentes destinados a cada uno de los productos, cuyas capacidades se indican en la tabla 3. Desde estos tanques se supe a la estación principal de bombeo del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé.

Tabla 3 **Capacidad de Almacenamiento Planta Puerto la Cruz**

Tipo de Combustible	Capacidad	
	BBL	m³
Gasolina Optima	215000	34182
Gasolina Popular	216000	34341
Diesel	360000	57235
Jet-A1	161000	25597
GSP	161000	25597
Drenaje de Productos	70	10.6

La función primordial de la Planta Puerto la Cruz es el bombeo de productos a las diferentes plantas; en ella también se encuentra ubicado el Centro de Control principal del Sistema.

La estación principal de bombeo del Poliducto Puerto la Cruz - San Tomé permite transportar el combustible hasta San Tomé a un caudal máximo de 4150 BPH (0.1844 m³/s).

El Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé consiste de una tubería de 16 pulg. (400 mm) de diámetro nominal y de 162 Km de longitud. Está provisto de válvulas de cierre automatizado y manual dado por requerimientos de operación y mantenimiento.

La Planta San Tomé recibe y almacena los volúmenes de demanda para distribución de las necesidades del mercado a su zona tributaria y a la vez sirve de bifurcación del Poliducto hacia Maturín y Puerto Ordaz. En la tabla 4 se presentan las capacidades de los tanques ubicados en esta Planta.

Tabla 4 Capacidad de Almacenamiento Planta San Tomé		
Tipo de Combustible	Capacidad	
	BBL	m³
Gasolina Optima	117880	18741
Gasolina Popular	126000	20032
Diesel	128400	20413
GSP	28000	4452
Reserva	63000	10016
Contaminado	2100	334
Drenaje de Productos	140	22.2

La estación principal de bombeo del Poliducto San Tomé - Maturín permite transportar el combustible hasta Maturín a un caudal máximo de 940 BPH (0.0417 m³/s).

La estación de rebombeo del Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar permite transportar el combustible hasta Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar a un caudal máximo 1992 BPH (0.0885 m³/s) para Puerto Ordaz y después de abastecer a Puerto Ordaz continúa a Ciudad Bolívar a un caudal máximo de 1090 BPH (0.0484 m³/s).

El Poliducto San Tomé - Maturín consiste de una (1) tubería de diámetro nominal de 8 pulg. (200 mm) y de 168 Km de longitud. Idénticamente al Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé, está provisto de válvulas de cierre automatizado y manual dado por requerimientos de operación y mantenimiento.

El Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz consiste de una tubería de diámetro nominal de 12 pulg. (300 mm) y de 200 Km de longitud al igual que los otros

Poliductos; está provisto de válvulas de cierre automatizado y manual dado por requerimientos de operación y mantenimiento.

La Planta Maturín recibe y almacena los, volúmenes de demanda para distribución de las necesidades del mercado a su zona tributaria. En la tabla 5 se presentan las capacidades de los tanques ubicados en esta Planta.

Tipo de Combustible	Capacidad	
	BBL	m³
Gasolina Optima	112000	17807
Gasolina Popular	54880	8725
Diesel	112000	17806
GSP	40300	6407
Contaminado	2100	34
Drenaje de Productos	140	22.2

La Planta Puerto Ordaz recibe y almacena los volúmenes de demanda para distribución de las necesidades del mercado a su zona tributaria. En la tabla 6 se presentan las capacidades de los tanques ubicados en esta Planta.

Tabla 6 **Capacidad de Almacenamiento Planta Puerto Ordaz**

Tipo de Combustible	Capacidad	
	BBL	m³
Gasolina Optima	90500	14388
Gasolina Popular	161000	21597
Diesel	113000	17966
Jet-A1	47590	7566
GSP	80500	12798
Reserva	45250	7194
Contaminado	2100	334
Drenaje de Productos	140	22.2

El Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar consiste de una tubería de diámetro nominal de 8 pulg. (200 mm) y 70 Km. Al igual que los otros Poliductos, está provisto de válvulas de cierre automatizado y manual dado por requerimientos de operación y mantenimiento.

La Planta Ciudad Bolívar recibe y almacena los volúmenes de demanda para distribución de las necesidades del mercado a su zona tributaria y también consta de un muelle de carga de gabarras para el envío de productos a Puerto Ayacucho. En la tabla 7 se presentan las capacidades de los tanques ubicados en esta Planta.

Tabla 7 Capacidad de Almacenamiento Planta Ciudad Bolívar		
Tipo de Combustible	Capacidad	
	BBL	m³
Gasolina Optima	40300	6407
Gasolina Popular	81000	12878
Diesel	71500	11368
Reserva	17900	2846
Contaminado	2100	334
Drenaje de Productos	140	22.2

La Planta Puerto Ayacucho recibe los productos transportados por gabarras desde la planta Ciudad Bolívar mediante su muelle de carga, y almacena los volúmenes de demanda para distribución de las necesidades del mercado a su zona tributaria. En la tabla 8 se presentan las capacidades de los tanques ubicados en esa Planta.

Tabla 8 Capacidad de Almacenamiento Planta Puerto Ayacucho		
Tipo de Combustible	Capacidad	
	BBL	m³
Gasolina Optima	6040	960
Gasolina Popular	43900	6980
Diesel	64350	10231
Reserva	32175	5116
Contaminado	2100	334

Condiciones Ambientales y Sísmicas de la región Oriental.

Los equipos utilizados en el proyecto han sido diseñados tropicalizados, a fin de protegerlos contra la acción de hongos, parásitos, salitre y polvos corrosivos.

Las condiciones ambientales del sitio se describen en la tabla 9:

Temperatura ambiente promedio	28.3 °C (83 °F)
Humedad relativa máxima	100 %
Altitud	Menos de 1000 m (3281 pies)
Aceleración horizontal	0.3 g
Aceleración vertical	0.2 g
Velocidad	40 cm s
Desplazamiento	30 cm

4.2 PLANTA PUERTO LA CRUZ.

La Planta Puerto La Cruz se encuentra ubicada dentro del área de la Refinería Puerto La Cruz y ocupa una extensión de aproximadamente 14,83 acres (6 hectáreas).

En el aspecto operacional la función primordial de esta Planta es bombear productos a San Tomé, Maturín, Puerto Ordaz, Ciudad Bolívar y alimentar a Puerto Ayacucho mediante gabarras, por lo cual es de gran importancia la ubicación dentro de ella de la estación de bombeo del Poliducto, la cual es la encargada de hacer posible lo antes descrito.

En esta Planta se han tomado las provisiones para la descarga de tanqueros con Jet-A1 desde la etapa inicial y con los otros productos en el futuro. Se han diseñado las tuberías e instalaciones automatizadas necesarias para suplir a la estación principal de bombeo del Poliducto desde los tanques de Gasolina y Diesel existentes y desde los nuevos tanques de Jet-A1 y GSP.

La Planta está compuesta por los patios de tanques de almacenamiento, la estación de bombeo del Poliducto, el edificio de sala de control, sub-estación eléctrica, centro de control de motores y generador de emergencia, además, de los servicios auxiliares correspondientes, los cuales están vinculados a las redes respectivas existentes en el área de la Refinería. En tal sentido se han previsto las interconexiones de la vialidad de la Planta con la existente en la Refinería.

La estación de bombeo en esta Planta es el centro de control operacional del sistema. Ha sido diseñada para manejar Gasolina Optima, Gasolina Popular, Diesel y Jet-A1; y recientemente adecuada para GSP. La estación consta de un múltiple de distribución, un grupo de bombas de refuerzo, equipos de medición y calibración de contadores, un grupo de bombas principales y un sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA).

Se hayan instaladas dos (3) unidades principales de bombeo de 1000 HP (745,7 kW), dos en operación y una (1) en reserva, con motores de velocidad variable que permiten ajustar la capacidad de bombeo a las necesidades del mercado.

A continuación se detallan las instalaciones principales de la Planta:

- Recibo de productos por tanqueros.
- Almacenamiento de productos.
- Sistema de tuberías a la estación principal de bombeo del Poliducto.
- Estación de medición y bombeo al Poliducto.

4.2.1 Recibo de Productos por Tanqueros.

La descarga de buques tanque se realiza usando las instalaciones del muelle de carga de la Refinería. Dicha operación cuenta además con las tuberías actualmente instaladas entre el muelle de carga y la estación de bombas de transferencia de la Refinería, tal como se indica en la tabla 10.

Producto	Diámetro Nominal	
	Pulg	mm
Gasolina Optima	10	250
Gasolina Popular	10	250
Diesel	16	400
Jet-A1	12/6	300/150

De estas instalaciones existentes que terminan en la estación de bombas de transferencia de la Refinería, se hacen derivaciones para guiar el flujo por medio de nuevas tuberías hacia los tanques de almacenamiento, tal como se indica en la tabla 11. Algunos de los tanques tienen una válvula motorizada a la entrada para su operación remota; en el caso de los de Jet-A1 adicionalmente tienen una válvula de alivio conectada en paralelo a la válvula motorizada, en caso de sobrepresión desde el muelle de carga.

Producto	Diámetro Nominal	
	Pulg	mm
GOP/GPOP	20	500
DIE	20	500
JET-A1	12	300

La línea de alimentación de producto a los tanques de almacenamiento de Jet-A1 está provista de un transmisor de flujo, el cual envía señal de medición a un indicador de flujo ubicado en la sala de control existente y también para el Sistema SISOR.

4.2.2 Almacenamiento de Productos.

El almacenamiento de los productos a manejar es discriminado de la siguiente manera:

Para Gasolina y Diesel se utilizan tanques verticales existentes en la Refinería. Estas instalaciones tienen capacidad suficiente para la operación del sistema. Estos tanques tienen elemento sensor de temperatura combinado con un indicador transmisor de nivel, el cual envía señal remota de indicación, alarma por alto y bajo nivel y entrada analógica al sistema. También tienen válvula de drenaje de fondo.

Para Jet-A1 existen dos (2) tanques verticales. Cada tanque está provisto de indicador de temperatura, interruptores de muy alto y muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, elemento sensor de temperatura con indicador - transmisor de nivel con señalización remota de indicación y alarma por alto o bajo nivel con entrada analógica al sistema, y detector de interfase tipo capacitivo, con señalización remota de alarma de alto nivel y entrada digital al sistema. También tiene válvula de drenaje de fondo.

4.2.3 Sistema de Tuberías a la Estación Principal de Bombeo del Poliducto.

Para el transporte de los productos Gasolina Optima y Gasolina Popular desde los tanques existentes hasta la estación de bombas principales del Poliducto se utilizan las tuberías existentes de salida de los mismos (diámetros nominales de 16 pulg. (400 mm) y 20 pulg. (500 mm) respectivamente, hasta una conexión con tuberías de diámetro nominal de 16. pulg. (400 mm) clase ANSI 150, una (1) para cada producto, las cuales llegan al cabezal de succión de las bombas de refuerzo en el área de medición y bombeo al Poliducto. En el caso de DIE se usa una línea de 16 pulg. (400 mm).

En los puntos de conexión con las tuberías de salida de los tanques de Gasolina y Diesel, las tuberías llevan una válvula convencional de compuerta de accionamiento manual con posición de operación trabada con seguro, a fin de poder bloquear el flujo de productos al sistema SISOR cuando sea necesario realizar una operación de transferencia de productos, empleando las bombas de la Refinería destinadas a tal fin.

Las válvulas de salida de los tanques existentes situadas adyacentes a los diques contra fuego se han motorizado para su operación remota.

Para el transporte de Jet-A1 desde los tanques hasta la estación de bombas principales del Poliducto se utiliza una (1) tubería de diámetro nominal de 16 pulg. (400 mm) de salida desde cada tanque hasta una conexión con una (1) tubería de diámetro nominal de 16 pulg. (400 mm) clase ANSI 150, la cual llega al cabezal de succión de las bombas de refuerzo en el área de medición y bombeo al Poliducto.

La válvula de descarga de cada tanque de Jet-A1 a la tubería que alimenta el cabezal de la estación de bombas de refuerzo es también motorizada para su operación remota.

4.2.4 Estación de Medición y Bombeo al Poliducto.

El bombeo de los productos desde la Refinería de Puerto La Cruz hasta las Plantas San Tomé, Maturín, Puerto Ordaz, Ciudad Bolívar y Puerto Ayacucho se efectúa desde una (1) estación de bombas ubicada en Puerto la Cruz. Los productos a bombearse son Gasolina optima, Gasolina popular, Gasolina Sin Plomo, Diesel y Jet-A1.

El sistema consta básicamente de dos (2) bombas de refuerzo para Gasolina, Diesel y Jet-A1 (01-B-201 y 01-B-202), de dos (2) bombas principales para el Poliducto (01-B-204 y 01-B-205), de múltiples de distribución y de un sistema de medición y calibración de medidores.

Cada línea de alimentación de producto al cabezal de succión de las bombas de refuerzo tiene una (1) válvula de tapón de doble bloqueo y purga motorizada para control remoto. El cabezal está provisto a su vez de una válvula de alivio.

La línea de succión de cada bomba tiene una válvula de compuerta motorizada, colador e indicador de presión. Cada bomba de refuerzo está dotada de indicador de presión, interruptores de vibración, bajo o alto nivel, y alta presión, los cuales envían señal remota de alarma con entrada digital al sistema; también tiene botoneras en campo para arranque y parada local.

La línea de descarga de cada bomba está provista de válvula de compuerta motorizada, indicador de presión e interruptor de bajo flujo con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema.

Las bombas de refuerzo son del tipo centrífugas horizontales de 2400 BPH ($0.1061 \text{ m}^3/\text{s}$) de caudal nominal y 125 HP (93,2 kW) cada una, accionadas por motores eléctricos de velocidad constante. Durante el comienzo de operaciones del Sistema se operó con una (1) de las bombas hasta aproximadamente el año 1996, cuando se instaló una tercera bomba que permite la operación con dos (2) bombas en paralelo.

El objetivo de las bombas de refuerzo es de incrementar el NPSH disponible de las bombas principales del Poliducto y así evitar cavitación.

Las líneas de descarga de las bombas de refuerzo llegan al cabezal que alimenta el sistema de medición y calibración. Este cabezal está provisto de válvula de alivio.

El sistema de medición está ubicado entre las bombas de refuerzo y las bombas principales. Consta de dos (2) ramales de medición. Uno opera mientras el otro está de reserva. La señal. de los transmisores de flujo, temperatura y presión de cada ramal llegan a un computador de flujo, uno (1) por cada ramal.

Este computador recibe también señal de presión de succión y descarga de las bombas principales, y dependiendo de la señal más crítica en relación a los requerimientos en la Planta San Tomé, ajusta la frecuencia del motor de las bombas principales del Poliducto y su velocidad por consiguiente, varía presión y caudal.

El sistema de control del Sistema SISOR fija el punto de ajuste de frecuencia de la bomba que está oscilando. En caso de falla, el flujo es controlado mediante la operación manual del variador de frecuencia, o en su defecto mediante la válvula reguladora de flujo a la descarga de las bombas principales.

Desde la descarga de la estación de calibración y medición se continúa en una línea de 12 pulg. (300 mm) de diámetro nominal, hacia la succión de las bombas principales del Poliducto.

Las bombas principales del Poliducto (01-B-204 y 01-B-205) operan en serie y existe una tercera bomba (01-B-208) en reserva. Cada unidad tiene una capacidad de 3693 BPH (0.163 m³/s) de caudal nominal y está accionada por un motor eléctrico de inducción de 1000 HP (745,7 kW). Cada motor está conectado a un variador de frecuencia para ajustar el flujo de bombeo.

Mientras el sistema de control centralizado del Poliducto esté operativo, se operará una (1), o dos (2) bombas, una de ellas controlada por el variador de frecuencia (01-B-205). En caso de falla de este control maestro y/o del variador de frecuencia, el operador de la Planta puede operar las bombas principales a velocidad fija, controlando flujo con la válvula reguladora corriente abajo de las mismas.

Las bombas principales tienen pre - disparo y disparo por temperatura en cojinetes de la bomba y del motor, presión de aceite, vibración, temperatura en arrollado del motor, fuga en los sellos de la bomba y alta velocidad. Hay alarma por temperatura de la carcasa de la bomba. Cada bomba tiene una botonera en campo para arranque y parada local.

En el área asignada a la estación de bombeo del Poliducto existe una trampa de envío de raspatubos (01-TE-01) hacia San Tomé. Está instalada después del múltiple de descarga de 1as bombas principales y conectada por válvulas de cierre manual para desviar o pasar el flujo por dicho dispositivo.

4.3 PLANTA SAN TOME.

La Planta San Tomé se encuentra ubicada en el Distrito Freites del Estado Anzoátegui, en la intersección de la carretera principal Anaco - San Tomé con la vía que conduce al Patio de Tanques de Oficina, a 7,5 Km, y ocupa una extensión de aproximadamente 259 acres (105 hectáreas).

Esta Planta tiene como función recibir, almacenar y distribuir las necesidades del mercado a su zona tributaria y además sirve de bifurcación del Poliducto hacia Maturín, Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar.

En la Figura 2 se presenta el Diagrama de Flujo de Procesos de la planta San Tomé para el producto Diesel.

Sus características generales son similares a las de las Plantas Maturín, Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar, con la adición de dos (2) Estaciones de Rebombeo, una (1) para Maturín y otra para Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar. Estas estaciones tienen componentes similares a los de la estación principal en Puerto La Cruz, pero con unidades de bombeo más pequeñas.

Para poder dividir los flujos entre los ramales de Maturín, Puerto Ordaz, y el que entra a la Planta, existe un control de relación que mantiene una proporción constante entre los ramales. Esto es muy importante, ya que si no se cumplen las proporciones puede haber problemas con los tiempos de llenado de la Plantas y con los cambios de producto.

La Planta está compuesta por los patios de tanques de almacenamiento de productos, la estación de recepción del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé y estaciones de rebombeo correspondientes a los tramos de San Tomé - Maturín y San Tomé - Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar, estaciones de bombas de productos y servicios auxiliares, además de los llenaderos de camiones, instalaciones para el estacionamiento de gandolas y taller de mantenimiento para las mismas.

Las edificaciones se han ubicado y diseñado de acuerdo a sus funciones principales: depósito, administración, control de operaciones y servicios auxiliares, equipos contra incendio, sanitarios y descanso, vigilancia y guardia nacional.

Figura 4 Diagrama de flujo de procesos planta San Tomé

El llenado de camiones es la función principal de la Planta, instalándose en una etapa inicial, dos (2) islas convencionales de llenado por arriba y dos (2) islas de llenado por debajo. En el diseño se han tomado las previsiones para permitir la expansión futura del llenadero.

La operación, supervisión y control de los llenaderos es automatizada mediante un (1) sistema computarizado de la facturación, despacho y de la contabilidad por producto y por cliente. Este sistema permite la operación semiautomática o manual de acuerdo a las necesidades de la Planta.

La definición de la implantación general contempla el diseño de los servicios auxiliares: red de agua potable y de servicio, red de agua de riego, red de agua y espuma del sistema contra incendios, red de drenaje de aguas de lluvia, red de recolección y disposición de aguas negras, red de drenaje de aguas contaminadas con hidrocarburos que incluye la laguna de tratamiento de afluentes, el sistema de tratamiento de afluentes contaminados con hidrocarburos a través de un (1) sistema compacto, red de canalizaciones eléctricas exteriores y protección catódica, y todas las redes de tuberías pertenecientes al sistema de manejo de productos de la Planta.

Adicionalmente la Planta incluye la Sub-estación eléctrica, patio de ampliación futura, área de drenaje de camiones, torre de telecomunicaciones, helipuerto y estacionamientos para empleados y visitantes.

En la Estación de Rebombeo a Maturín se han instalado inicialmente dos (2) unidades de bombeo de 300 HP (224 kW) cada una (1), ambas operando para cubrir la demanda de Maturín.

En la Estación de Rebombeo a Puerto Ordaz se han instalado inicialmente dos (2) unidades de bombeo de 500 HP (373 kW), ambas operando para cubrir la demanda de Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar.

A continuación se detallan las instalaciones principales de la Planta:

- Estación de recepción del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé.
- Almacenamiento de productos.
- Sistema de tuberías a la estación de bombas a llenaderos.
- Estación de bombas a llenaderos.
- Estación de bombas principales.

4.3.1 Estación de Recepción del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé.

A la estación de recepción llega una línea del Poliducto de diámetro nominal de 16 pulg. (400 mm), antes de llegar a la estación de control de flujo, dicho caudal se reparte en tres (3) corrientes: una (1) que entra hacia la Planta San Tomé, y las otras dos (2) que se desvían hacia la estación de bombas principales, en donde una (1) es rebombada hacia Maturín y la otra hacia Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar. Las tasas de flujo se muestran en la tabla 12.

Figura 5 Configuración del Poliducto PLC-STM

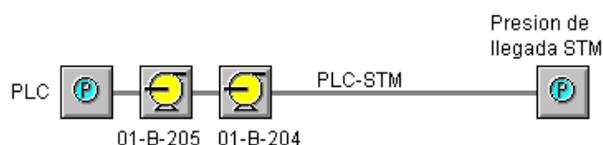


Tabla 12 Tasas de Flujo de Poliductos

Poliducto	Diámetro Nominal		Caudal Promedio 2001	
	Pulg	mm	BPH	m ³ /s
PLC-STM	16	400	1944	0.0858
STM-MAT	8	200	647	0.0285
STM-POZ	12	300	818	0.0361
POZ-CDB	8	200	238	0.0105

Los caudales de diseño fueron basados en las demandas de productos para el año 2010, con un factor de utilización máximo de 95%.

El máximo flujo por Planta se obtuvo introduciendo volúmenes de cada producto requerido para el año 2010 en un ciclo de demanda de siete (7) días, manteniendo una descarga constante en cada una (1) de las estaciones de bombeo, y seleccionando el mayor caudal calculado en ese período.

El Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé entra a la Planta San Tomé a través de una (1) tubería de diámetro nominal de 16 pulg. (400 mm). Esta línea de entrada a la Planta consta de una (1) trampa de recibo de raspatabos, la cual está colocada en paralelo a la línea para permitir operación de la línea o de la trampa. La trampa está dotada de un (1) detector electrovisual de paso del raspatabo con señalización remota de indicación, válvula de alivio e indicador de presión.

Esta línea de entrada a la Planta se bifurca en tres (3) ramales principales desde un cabezal múltiple, los cuales se describen a continuación. El cabezal múltiple está provisto de válvula de alivio por sobrepresión.

- Suministro a San Tomé.
- Suministro a Poliducto San Tomé - Maturín.
- Suministro a Poliducto San Tome – Puerto Ordaz.

4.3.1.1 Suministro a San Tomé.

Una línea de diámetro nominal de 6 pulg. (150 mm) sirve de suministro al sistema de medición y calibración, al sistema de alivio de golpe de ariete y al sistema de distribución de productos para almacenamiento.

El sistema de medición y calibración empieza en una línea de diámetro nominal de 3 pulg. (76 mm), la cual tiene válvula de alivio en caso de sobrepresión.

La medición se realiza en un tren doble, uno (1) operando normalmente y el otro en reserva.

Los transmisores de presión, temperatura y flujo ubicados en el tren de medición envían señal a un computador de flujo. La interfase entre estos dos (2) computadores envía señalización al variador de frecuencia de las bombas principales del Poliducto vía un calculador de flujo, de manera de regular su velocidad, y por consiguiente, su caudal presión de operación de acuerdo a las necesidades de consumo en las Plantas Maturín, Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar, así como regular las bombas principales de Puerto La Cruz y mantener el equilibrio del sistema.

La señal de interfase de los computadores de flujo es enviada a un indicador remoto. Otra función del computador de flujo ubicado en el tren de medición es de señalar a un controlador - indicador de flujo que regula la válvula reguladora de flujo de entrada del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé a la Planta San Tomé.

Anterior al múltiple de distribución a los tanques de almacenamiento de productos, la línea de alimentación que viene del sistema de medición y calibración está dotada de una válvula de control de presión. Esta válvula regula la presión requerida del producto para su ingreso al tanque de almacenamiento correspondiente.

Finalmente, se encuentra el múltiple de suministro a los tanques de almacenamiento provisto de válvula de alivio por sobrepresión. Desde este múltiple se despacha a los tanques de almacenamiento de productos y reserva.

Adicionalmente, existen válvulas manuales de compuerta de doble bloqueo y purga para transferencia de productos entre tanques de almacenamiento conectadas a cada línea de producto y reserva, incluyendo el suministro a las líneas que alimentan las bombas principales de los Poliductos a Maturín y Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar, ya que la bomba de transferencia de productos puede ser utilizada también para refuerzo de la succión de las bombas principales. Se incorpora una (1) válvula de alivio por sobrepresión aguas arriba de estas válvulas.

El sistema de alivio de golpe de ariete de productos de la línea de alimentación del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé consiste de un tren paralelo provisto de válvula de alivio ajustada para que al observar una sobrepresión abra el paso del flujo hacia el tanque de producto contaminado. Una vez que la válvula de alivio de golpe de ariete se dispara, el flujo es detectado por un (1) interruptor, el cual envía señalización remota de alarma.

4.3.1.2 Suministro a Poliducto San Tomé - Maturín.

Una (1) línea de 8 pulg. (200 mm) de diámetro nominal sale del cabezal múltiple de recepción del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé, la cual se provee de una (1) válvula de bola motorizada. Esta línea se interconecta al sistema de transferencia de productos de la Planta.

4.3.1.3 Suministro a Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz.

Una (1) línea de 12 pulg. (300 mm) de diámetro nominal sale del cabezal múltiple de recepción del Poliducto Puerto La Cruz - San Tomé, la cual también se provee de una (1) válvula motorizada de bola. Esta línea también se interconecta al sistema de transferencia de producto de la Planta.

4.3.2 Almacenamiento de Productos.

El almacenamiento de los productos a manejar es discriminado de la siguiente manera:

Para Gasolina Optima se utilizan tres (3) tanques del tipo de techo flotante, alimentados individualmente desde un cabezal por líneas de 6 pulg. (150 mm) de diámetro nominal con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión aguas arriba de la válvula motorizada, transmisor - indicador de nivel conectado a un elemento de temperatura con señalización remota para indicación y alarmas por alto, o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto y muy bajo nivel con señalización remota de alarma, indicador de temperatura, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y drenaje de fondo. En la tabla 13 se dan las características de estos tanques.

Tabla 13 Características principales Tanques Gasolina Optima

N° Tanque	Capacidad	Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL m3		Pies	m	Pies	m	
02-TK-01	27440 4363	GOP	40	12.1	70	21.3	Flotante
02-TK-02	27440 4363	GOP	40	12.1	70	21.3	Flotante

Para Gasolina Popular se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo flotante alimentados individualmente desde un cabezal por líneas de 6 pulg. (150 mm) de diámetro nominal, con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión aguas arriba de la válvula motorizada, transmisor - indicador de nivel conectado a un elemento de temperatura con señalización remota para indicación y alarmas de alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o bajo nivel con señalización remota de alarma, indicador de temperatura, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota para alarma por alto nivel y drenaje de fondo. En la tabla 14 se dan las características de estos tanques.

Tabla 14 Características principales Tanques Gasolina Popular

N° Tanque	Capacidad	Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL m3		Pies	m	Pies	m	
02-TK-03	63000 10016	GPOP	40	12.1	106	32.3	Flotante
02-TK-04	63000 10016	GPOP	40	12.1	106	32.3	Flotante

Para Diesel se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo cónico alimentados individualmente desde un cabezal por líneas de 6 pulg. (150 mm) de diámetro nominal, con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión aguas arriba de la válvula motorizada, transmisor - indicador a nivel conectado a un elemento de temperatura con señalización remota para

indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o bajo nivel con señalización remota de alarma, indicador de temperatura, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel, drenaje de fondo y venteo con arrestador de llama. En la tabla 15 se dan las características de estos tanques.

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
02-TK-05	42800	6805	DIE	40	12.1	87	26.5	Cónico
02-TK-06	42800	6805	DIE	40	12.1	87	26.5	Cónico

Para Gasolina Sin Plomo se utilizan dos (2) tanques de tipo de techo flotante alimentados individualmente desde un cabezal por líneas de 6 pulg. (150 mm) de diámetro nominal, con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión aguas arriba de la válvula motorizada, indicador - transmisor de nivel conectado a un elemento de temperatura con señalización remota para indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o bajo nivel con señalización remota de alarma, indicador de temperatura, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota para alarma por alto nivel, drenaje de fondo y venteo con arrestador de llama. En la tabla 16 se dan las características principales de estos tanques.

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
02-TK-07	14000	2226	GSP	40	12.1	50	15.3	Flotante
02-TK-08	14000	2226	GSP	40	12.1	50	15.3	Flotante

Para reserva se utilizan dos (2) tanques en lugar de uno (1) como en las demás Plantas, los cuales están provistos de línea de alimentación de 6 pulg. (150 mm) de diámetro nominal independiente con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión aguas arriba de la válvula motorizada, indicador - transmisor de nivel conectado a un elemento de temperatura con señalización remota para indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o bajo nivel con señalización remota de alarma, indicador de temperatura, detector de interfase tipo

capacitivo con señalización remota para alarma por alto nivel, drenaje de fondo, y adicionalmente para el tanque de techo cónico, venteo con arrestador de llama.

El tanque de techo flotante se utiliza para almacenar Gasolinas y el techo cónico para Diesel. En la tabla 17 se dan las características principales de estos tanques.

Tabla 17 Características principales Tanques Reserva

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
02-TK-09	63000	10016	GOP	40	12.1	106	32.3	Flotante
02-TK-10	42800	6805	DIE	40	12.1	87	26.5	Cónico

4.3.3 Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenaderos.

Los tanques de almacenamiento de Gasolina descargan a sus cabezales de diámetro nominal de 16 pulg. (400 mm) para GOP y de 20 pulg. (500 mm) para GPOP a través de tuberías del mismo tamaño, las cuales están provistas de válvulas motorizadas. Adicionalmente cada tanque puede descargar a un (1) cabezal común de 10 pulg. (250 mm) de diámetro nominal para alimentar el sistema de transferencia de productos entre los tanques de almacenamiento, a través de una (1) válvula manual.

Los tanques de almacenamiento de Diesel descargan a un (1) cabezal común de 12 pulg. (300 mm) de diámetro nominal a través de tuberías del mismo diámetro, las cuales están provistas de válvulas motorizadas.

Adicionalmente cada tanque puede descargar a un (1) cabezal común de 10 pulg. (250 mm) para alimentar el sistema de transferencia de productos entre los tanques de almacenamiento, a través de una (1) válvula manual, los tanques de almacenamiento de Jet-A1 descargan a un (1) cabezal común de diámetro nominal de 6 pulg. (150 mm), a través de tuberías del mismo diámetro provistas de válvula motorizadas. Adicionalmente cada tanque descarga por un (1) línea de 8 pulg. (200 mm) de diámetro nominal a un (1) cabezal de 8 pulg. (200 mm) de diámetro nominal mediante válvulas manuales para alimentar al sistema de transferencia. Los tanques de reserva descargan cada uno a su línea de diámetro nominal de 20 pulg. (500 mm) para Gasolina y de 12 pulg. (300 mm) para Diesel y Jet-A1, mediante válvulas motorizadas. Ambas líneas de transporte de productos pueden

surtir a las bombas de llenaderos y al sistema de transferencia de productos entre tanques de almacenamiento.

4.3.4 Estación de Bombas Principales.

El flujo de los productos que sigue hacia Maturín, Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar es distribuido en un (1) múltiple para cada Poliducto y rebombado mediante bombas centrífugas multietapa a sus sitios de destino, a través de los respectivos ramales del Poliducto.

Las bombas de transferencia de productos pueden ser utilizadas como bombas de refuerzo para las bombas principales en el caso que los parámetros de bombeo lo requieran.

La estación presenta dos (2) grupos de bombas: una (1) para envío a Maturín y la otra para envío a Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar; para cada grupo en una se ha previsto tres (3) bombas, dos (2) bombas principales en operación y la otra en reserva.

Las bombas de cada grupo están conectadas en serie. Cada bomba es accionada por un (1) motor eléctrico de inducción, el cual se conecta a un (1) variador de frecuencia para ajustar el flujo de bombeo mediante variación de velocidad.

La línea que alimenta las bombas de Maturín es de diámetro nominal 8 pulg. (200 mm) y la de Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar es de 12 pulg. (300 mm).

Cada línea está provista de válvula de alivio por sobrepresión, indicador de presión y transmisor de presión con señalización remota de indicación y control, y entrada analógica al sistema.

Paralelamente a la línea de suministro al Poliducto se incluye una trampa para envío de raspatabos, la cual está provista de válvula de alivio, indicador de presión, drenaje y venteo.

A la salida de la trampa se ubica un detector electrovisual de paso al raspatabos, con señalización remota de indicación y entrada digital al sistema.

Cada bomba está provista de las siguientes protecciones: alarma por temperatura en la carcasa de la bomba y pre-disparo y disparo por temperatura en cojinetes de la bomba y del motor, presión de aceite, vibración, temperatura en arrollado del motor y fuga de los sellos de la bomba. Estas alarmas aparecen en un panel local para cada bomba ubicado en campo. De estos paneles se toma una señal de pre-disparo y una de disparo para cada bomba, hacia la sala de control.

El sistema de variación de frecuencia opera con un selector de señales, el cual recibe tres (3) señales: presión de succión y descarga de las bombas principales y caudal de uno de los Poliductos o caudal medido en la estación de medición y calibración. Un interruptor manual recibe señales de flujo de ambos Poliductos y de la estación de medición y calibración, pero tiene dos (2) posiciones:

Posición 1: Flujo de estación de calibración/flujo a Poliducto a Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar.

Posición 2: Flujo de estación de calibración/flujo a Poliducto a Maturín.

Un control de relación para cada grupo de bombas principales recibe una de las dos (2) señales y en base a ello ajusta el variador de frecuencia.

La señal de control para el selector de señales es decidida por el operador.

Cada grupo de bombas puede operar cuatro (4) modos de configuración, de acuerdo a los requerimientos del Sistema:

- i) Una sola bomba con o sin variador de frecuencia.
- ii) Dos bombas a la vez, una con o sin variador de frecuencia y la otra a velocidad constante.

Este control de relación es muy importante, ya que si no se cumplen las proporciones de flujos en los ramales de Maturín, Puerto Ordaz y el que entra a la Planta, puede haber problemas con los tiempos de llenado de las Plantas y con los cambios de producto.

4.4 PLANTA MATURÍN

La Planta Maturín se encuentra ubicada en la Urbanización Industrial de Maturín, en la vía La Cruz de La Paloma - San Jaime, a 11 Km aproximadamente al Oeste de Maturín, y ocupa una extensión de aproximadamente 173 acres (70 hectáreas).

Esta Planta tiene como función recibir, almacenar y distribuir las necesidades del mercado a su zona tributaria. No posee instalaciones específicas que la diferencien de las otras Plantas.

En la Figura 3 se presenta el Diagrama de Flujo de Procesos de la planta Maturín para el producto Diesel.

La Planta está compuesta por los patios de tanques de almacenamiento de productos, la estación de recepción del Poliducto San Tomé - Maturín y las estaciones de bombas de productos y servicios auxiliares, además de los llenaderos de camiones, instalaciones para el estacionamiento de gandolas y taller de mantenimiento de las mismas.

Las edificaciones se han ubicado y diseñado de acuerdo a sus funciones principales: depósito, administración, control de operaciones y servicios auxiliares, equipos contra incendio, sanitarios y descanso, vigilancia y guardia nacional.

El llenado de camiones es la función primordial de la Planta, instalándose en una etapa inicial dos (2) islas convencionales de llenado por arriba y dos (2) islas de llenado por debajo. En el diseño se han tomado las previsiones para permitir la expansión futura del llenadero.

La operación, supervisión y control de los llenaderos es automatizada mediante un sistema computarizado de facturación, despacho y de la contabilidad por producto y por cliente. Este sistema permite la operación semiautomática o manual, de acuerdo a las necesidades de la Planta.

La definición de la implantación general contempla el diseño de los servicios auxiliares: red de agua potable y de servicio, red de agua de riego, red de agua y espuma del sistema contra incendios, red de drenajes de aguas de lluvia, red de recolección y disposición de aguas negras, red de aguas contaminadas con hidrocarburos que incluyen la laguna de tratamiento de afluentes, el sistema de tratamiento de afluentes contaminados con hidrocarburos a través de un sistema compacto, red de canalizaciones eléctricas y protección catódica, y todas las redes de tuberías pertenecientes al sistema de manejo de productos en la Planta.

Figura 6 Diagrama de flujo de procesos planta Maturín

Adicionalmente la Planta incluye la sub-estación eléctrica, patio de ampliación futura, área de drenaje de camiones, prácticas de incendio, torre y caseta de equipos de telecomunicaciones, helipuerto y estacionamientos para empleados y visitantes.

A continuación se detallan las instalaciones principales de la Planta:

- Estación de recepción del Poliducto San Tomé - Maturín.
- Almacenamiento de productos.
- Sistema de tuberías a la estación de bombas a llenaderos.
- Estación de bombas a llenaderos.

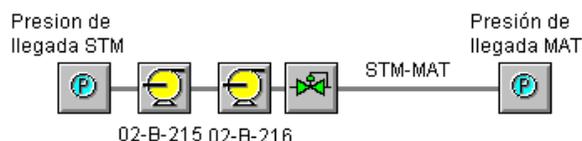
4.4.1 Estación de Recepción del Poliducto San Tomé - Maturín.

Los caudales de diseño están basados en los pronósticos de demanda de productos para el año 2010, en el año del diseño, con un factor de utilización máximo de 95%.

El máximo flujo de la Planta se diseñó introduciendo volúmenes de cada producto requerido para el año 2010 en un ciclo de demanda de siete (7) días, manteniendo una descarga constante en cada una (1) de las estaciones de bombeo, y seleccionando el mayor caudal calculado en ese período.

El Poliducto San Tomé - Maturín entra a la Planta Maturín a través de una (1) tubería de diámetro nominal de 8 pulg (200 mm), instalada en paralelo a esta tubería se encuentra una (1) trampa de recibo de raspatubos, de forma de existir la alternativa de manejar el fluido a través de la trampa o la tubería. Esta trampa está provista de un (1) detector electrovisual de paso del raspatubo con señalización remota de indicación y entrada digital al sistema, válvula de alivio por sobrepresión, indicador de presión y venteo a la atmósfera.

Figura 7 Configuración del poliducto STM-MAT



Sobre la línea de entrada a la trampa se coloca un (1) detector electrovisual de paso del raspatabos con señalización remota de indicación y entrada digital al sistema

Antes de pasar a la estación de medición calibración, la línea se reduce a un diámetro nominal de 6 pulg (11,4 mm) y se provee de un detector de interfase con señalización remota de indicación y registro y entrada analógica al sistema y de una (1) válvula de control de flujo electro-hidráulicamente actuada con válvula de desvío. Esta válvula de control es regulada por un selector de señales a través de un interruptor manual, el cual recibe señalización de presión de descarga de la estación de medición y calibración y flujo a través de la misma estación. En base a la señal seleccionada la válvula es automáticamente operada.

Luego de pasar el producto por la válvula de control de flujo descrita, entra a la estación de medición y calibración de la Planta.

La sección de medición está formada por dos trenes idénticos, uno en operación y el otro en reserva.

Las señales de presión, temperatura y flujo en la sección de medición de cada tren son enviadas a un computador de flujo.

Ambos computadores de la zona de medición envían señalización a un calculador de flujo, y éste a su vez señala al indicador controlador de la estación de medición.

Desde el calculador de flujo se envía señalización remota de registro de flujo, así como entrada analógica al sistema. Este indicador - controlador de flujo recibe adicionalmente una salida analógica y a su vez envía señal al selector de señales de la válvula de control de flujo ubicada sobre la línea de productos anterior a la estación de medición y calibración.

Conectada en forma paralela a la zona de calibración se encuentra una válvula manual de tapón de doble bloqueo y purga.

A la salida de la estación de medición y calibración la línea de 6 pulg (150 mm) de diámetro nominal se incorpora una (1) válvula controladora de presión actuada electro-hidráulicamente provista de indicadores y transmisores de presión corrientes arriba y abajo de la misma

Las señales de flujo a través de la estación de medición y calibración, y de presión de descarga de la misma estación llegan a un selector de señales ya descrito, el cual opera la válvula controladora de flujo a la estación de medición y calibración.

Desde la descarga de la estación controladora de presión de salida de la estación de medición y calibración se suministra a un cabezal múltiple, desde donde se envía por líneas independientes del mismo diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) cada producto (GOP, GPOP, DIE y GSP), incluyendo una (1)

de reserva, hasta los tanques de almacenamiento. Cada línea de distribución está provista de válvula motorizada. El cabezal múltiple está dotado de válvula de alivio por sobrepresión.

Una línea de diámetro nominal 6 pulg (150 mm) que viene desde la bomba de transferencia de productos se conecta en forma distribuida mediante válvula manual de compuerta de doble bloqueo y purga a cada línea de producto a los tanques de almacenamiento. Esta línea de transferencia también dispone de válvula de alivio por sobrepresión.

El sistema de alivio de golpe de ariete de productos de la línea de alimentación del Poliducto San Tomé - Maturín consiste de un tren paralelo provisto de válvula de alivio ajustada para que al observar una sobrepresión abra el paso del flujo hacia el tanque de producto contaminado. Una vez que la válvula de alivio de golpe de ariete se dispara, el flujo es detectado por un (1) interruptor, el cual envía señalización remota de alarma.

4.4.2 Almacenamiento de Productos

A continuación se detallan los tanques de almacenamiento que se encuentran en la Planta Maturín:

Dos tanques de almacenamiento de Gasolina Optima provistos cada uno de una (1) línea de alimentación de diámetro nominal 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada indicador - transmisor de temperatura con elemento de temperatura que da señalización remota de indicación y alarmas por alto o bajo nivel con entrada analógica al sistema, indicador de temperatura, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, y drenaje de fondo. En la tabla 18 se dan las características de estos tanques.

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
03-TK-01	56000	8904	GOP	40	12.1	100	30.5	Flotante
03-TK-02	56000	8904	GOP	40	12.1	100	30.5	Flotante

Dos tanques de almacenamiento de Gasolina Popular provistos cada uno (1) de una (1) línea de alimentación de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento de temperatura que origina señal remota de indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, indicador de temperatura, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema y drenaje de fondo. En la tabla 19 se muestran las características de estos tanques.

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
03-TK-03	27440	4363	GPOP	40	12.1	70	21.3	Flotante
03-TK-04	27440	4363	GPOP	40	12.1	70	21.3	Flotante

Dos tanques de almacenamiento de Diesel provistos cada uno (1) de una (1) línea de alimentación de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento de temperatura que da señal remota de indicación y alarma de alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, indicador de temperatura, detector de interfase capacitivo con señalización remota de indicación y alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, venteo con arrestador de llama, y drenaje de fondo. En la tabla 20 se dan las características de estos tanques

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
03-TK-05	56000	8903	DIE	40	12.1	100	30.4	Cónico
03-TK-06	56000	8903	DIE	40	12.1	100	30.4	Cónico

Dos tanques de almacenamiento de GSP provistos cada uno (1) de una (1) línea de succión de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula

motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento de temperatura que da señal remota de indicación y alarma por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, indicador de temperatura, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, venteo con arrestador de llama y drenaje de fondo. En la tabla 21 se dan las características de estos tanques.

Tabla 21 **Características principales Tanques Gasolina Sin Plomo**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
03-TK-07	20150	3204	GSP	40	12.1	60	18.3	Cónico
03-TK-08	20150	3204	GSP	40	12.1	60	18.3	Cónico

Un tanque de almacenamiento de reserva para productos provisto de una (1) línea de alimentación de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento para señalización remota de indicación y alarma por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma, detector de interfase con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. En la tabla 22 se dan las características de este tanque.

Tabla 22 **Características principales Tanque Reserva**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
03-TK-10	56000	8903	Reserva	40	12.1	100	30.4	Flotante

4.4.3 Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas a Llenaderos.

Los tanques de GOP descargan a un (1) cabezal común de diámetro nominal de 16 pulg (400 mm) vía línea del mismo tamaño para cada tanque. Estas líneas están provistas de válvula motorizada.

Idénticamente los tanques de GPOP descargan a un (1) cabezal común de diámetro nominal de 20 pulg (500 mm) vía línea del mismo tamaño para cada tanque. Estas líneas también están provistas de válvula motorizada.

Los tanques de DIE descargan a un cabezal común de diámetro nominal de 20 pulg (500 mm) vía línea del mismo tamaño para cada tanque, provistas de válvula motorizada.

En forma similar los tanques de almacenamiento de GSP descargan a un cabezal común de diámetro nominal de 10 pulg (250 mm) vía línea de mismo tamaño provista de válvula motorizada.

Finalmente el tanque de reserva supe al sistema de transferencia de productos y las bombas de llenaderos mediante línea de diámetro nominal de 20 pulg (500 mm) provista de válvula motorizada.

Estación de Bombas de Llenaderos.

Cada bomba está provista en su línea de succión de colador e indicador de presión; sobre su carcasa indicador de presión e interruptor de alta presión con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, y finalmente en su línea de descarga de interruptor de bajo flujo con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, e indicador de presión.

Adicionalmente las bombas tienen una (1) botonera para arranque y parada local en la estación de bombas y otra para operación remota desde la isla de llenado.

La línea de suministro desde el cabezal de descarga de cada grupo de bombas dispone de una línea de recirculación a la línea de alimentación al cabezal de succión con válvula de control de presión para proteger las bombas por bajo flujo. Sobre esta línea de recirculación también se dispone de placa orificio para restricción de flujo e interruptor de alta temperatura con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema.

Estos transmisores de flujo dan señalización remota de indicación y alarma por alto o bajo flujo, con entrada analógica al sistema.

Las líneas de suministro desde cada cabezal de descarga de bombas tienen válvula de emergencia actuada por el circuito de emergencia de los llenaderos.

El circuito de emergencia de los llenaderos produce cierre automático de las válvulas de emergencia para corte de suministro a los llenaderos, a la vez que produce un accionamiento de la válvula de recirculación de cada grupo de bombas para protegerlas por bajo flujo, y desenergiza también en forma automática el grupo de bombas en forma escalonada.

La línea de reserva de diámetro nominal de 10 pulg (500 mm) surte por líneas individuales a cada tubería de alimentación de los cabezales de succión de las bombas, con el mismo diámetro de éstas, y provistas cada una de válvula motorizada. Desde esta línea de reserva se continúa hasta el cabezal de succión de la bomba de transferencia de productos vía línea de diámetro nominal de 10 pulg (250 mm) con válvula manual de doble bloqueo y purga, y válvula de alivio corrientes arriba de la válvula manual.

Idénticamente tres (3) líneas diferentes abastecen al cabezal de succión de la bomba de transferencia de producto con diámetro nominal de 10 pulg (250 mm) para GOP/GPOP, 10 pulg (250 mm) para DIE y 8 pulg (200 mm) para GSP, todas con válvula manual de doble bloqueo y purga, y válvula de alivio.

La bomba de transferencia de productos tiene la particularidad que opera a diferentes condiciones según el tipo de producto.

Las bombas de llenaderos tienen una (1) botonera para arranque y parada local en la estación de bombas y otra para operación remota desde la isla de llenado.

4.4.4 Llenaderos de Productos.

Existen cuatro (4) islas de llenado en la Planta Maturín. Dos (2) de éstas son para llenado por arriba (N°1 y N°2) y las otras dos (2) para llenado por debajo (N°3 y N°4). Existe previsión para instalar una (1) isla adicional para llenado por debajo.

4.5 PLANTA PUERTO ORDAZ. (Ver Figura 4)

La Planta Puerto Ordaz se encuentra ubicada en la zona industrial al Oeste de la ciudad de Matanzas, en un terreno adyacente al lindero Oeste del Plan IV de SIDOR, y ocupa una extensión de aproximadamente 222 acres (90 hectáreas).

Esta Planta tiene como función recibir, almacenar y distribuir las necesidades del mercado a su zona tributario, así como servir de bifurcación del Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz hacia la Planta Ciudad Bolívar.

En la Figura 4 se presenta el Diagrama de Flujo de Procesos de la planta Puerto Ordaz para el producto Diesel.

Sus características generales son similares a las de las Plantas San Tomé, Maturín y Ciudad Bolívar.

La Planta está compuesta por los patios de tanques de almacenamiento de productos, la estación de recepción del Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz, y las estaciones de bombas de productos y servicios auxiliares, además, de los llenaderos de camiones, instalaciones para el estacionamiento de gandolas y taller de mantenimiento de las mismas.

Las edificaciones se han ubicado y diseñado de acuerdo a sus funciones principales: depósito, administración, control de operaciones y servicios auxiliares, equipos contra incendios, sanitarios y descanso, vigilancia y guardia nacional.

El llenado de camiones es la función primordial de la Planta, instalándose en una etapa inicial dos (2) islas convencionales de llenado por arriba y dos (2) islas de llenado por debajo. En el diseño se han tomado las previsiones para permitir la expansión futura del llenadero.

La operación, supervisión y control de los llenaderos es automatizada mediante un sistema computarizado de la facturación, despacho y de la contabilidad por producto y por cliente. Este sistema permite la operación semiautomática o manual, de acuerdo a las necesidades de la Planta.

La definición de la implantación general contempla el diseño de los servicios auxiliares: red de agua potable y de servicio, red de agua de riego, red de agua y espuma del sistema contra incendios, red de drenaje de aguas de lluvia, red de recolección y disposición de aguas negras, red de drenaje de aguas contaminadas con hidrocarburos que incluye la laguna de tratamiento de afluentes, el sistema de tratamiento de afluentes contaminados con hidrocarburos a través de un sistema compacto, red de canalizaciones eléctricas exteriores y protección catódica, y todas las redes de tuberías pertenecientes al sistema de manejo de productos en la Planta.

Figura 8 Diagrama de flujo de procesos planta Puerto Ordaz

Adicionalmente la Planta incluye la Sub-estación eléctrica, área de drenaje de camiones, prácticas de incendios, torre y caseta de equipos de telecomunicaciones, helipuerto y estacionamientos para empleados y visitantes.

A continuación se detallan las instalaciones principales de la Planta:

- Estación de recepción del Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz.
- Almacenamiento de productos.
- Sistema de tuberías a la estación de bombas a llenaderos.
- Estación de bombas a llenaderos.

4.5.1 Estación de Recepción del Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz.

A la estación de recepción llega el Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz de diámetro nominal de 12 pulg (300 mm), antes de llegar a la estación de control de flujo, dicho caudal se reparte en dos (2) corrientes: una (1) que entra hacia la Planta Puerto Ordaz, y la otra que desvía su rumbo hacia la Planta Ciudad Bolívar.

Las tasas de flujo se muestran en la tabla 23.

Figura 9 Configuración Poliducto STM-POZ

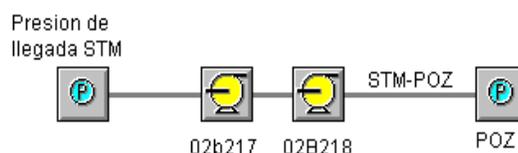


Tabla 23 Tasas de Flujo de Poliductos

Poliducto	Diámetro Nominal		Caudal Promedio 2001	
	Pulg	mm	BPH	m ³ /s
San Tomé - Puerto Ordaz	12	300	818	0.0361
Interno Puerto Ordaz	6	152	700	0.0309
Puerto Ordaz - Ciudad B.	8	200	238	0.0105

Los caudales de diseño están basados en los pronósticos de demanda de productos para el año 2010, en el año del diseño, con un factor de utilización máximo de 95%.

El máximo flujo por Planta se obtuvo introduciendo volúmenes de cada producto requerido para el año 2010 en un ciclo de demanda de siete (7) días, manteniendo una descarga constante en cada una (1) de las estaciones de bombeo, y seleccionando el mayor caudal calculado en ese período.

El Poliducto San Tomé - Puerto Ordaz entra a la Planta Puerto Ordaz a través de una (1) tubería de diámetro nominal de 12 pulg (300 mm).

Esta línea está provista de indicador de presión, transmisor de presión con señalización remota de indicación y entrada analógica al sistema, detector de interfase con señalización remota de indicación y registro, y entrada analógica al sistema, detector electrovisual de paso del raspatubo con señalización remota de indicación y entrada digital al sistema, junta aislante, válvula motorizada, indicador de temperatura y transmisor de temperatura con señalización remota de indicación y entrada analógica al sistema.

Colocada en paralelo a la línea descrita se ubica una (1) trampa de recibo de raspatubos, para permitir operación de la línea o de la trampa. La trampa está dotada también de detector electrovisual de paso del raspatubo con señalización remota de indicación y entrada digital al sistema, válvula de alivio por sobrepresión, indicador de presión, venteo a la atmósfera y drenaje.

Esta línea de entrada a la Planta se bifurca en dos (2) ramales principales desde un (1) cabezal múltiple, los cuales se describen a continuación. El cabezal múltiple está provisto de válvula de alivio por sobrepresión.

Suministro a Puerto Ordaz.

Comienza desde el cabezal múltiple a través de una (1) línea de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) provista de un detector de interfase con señalización remota de indicación y registro y entrada analógica al sistema, válvula motorizada y estación de control de flujo.

La válvula de control de flujo tiene válvula de desvío e indicador de presión. La regulación de la válvula se realiza desde un (1) selector de señales vía un (1) interruptor manual, el cual recibe señales de flujo y presión desde la estación de medición y calibración de la Planta, así como de flujo al Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar. En base a la señal más crítica se selecciona y regula la válvula de control descrita.

Desde la estación de control de flujo se pasa a la estación de medición y calibración.

La zona de medición de la estación consta de dos trenes idénticos, uno (1) en operación y el otro en reserva.

Desde la zona de medición se pasa a la zona de calibración, la cual consta de válvulas manuales a la entrada y salida de la misma, indicadores de presión y temperatura y transmisores de presión y temperatura con señalización remota y entrada analógica al sistema. Conectada en paralelo a esta zona de calibración se ubica una (1) válvula manual de tapón de doble bloqueo y purga para desvío de flujo.

A la salida de la estación de medición y calibración se encuentra una (1) válvula actuada electro-hidráulicamente para control de presión hacia los tanques de almacenamiento.

Señales de ambos indicadores - controladores pasan a un (1) selector de señales, el cual según la señal seleccionada acciona la válvula de control de presión a través de un (1) interruptor manual.

La estación de medición y calibración tiene un (1) computador de flujo para cada ramal de medición y para la zona de calibración zona. Los computadores de flujo de la zona de medición reciben señales de los transmisores de flujo, temperatura y presión colocados en la misma, a la vez que el computador de flujo de la zona de calibración recibe señales de transmisores de presión y temperatura. Desde este computador se envía señalización remota de indicación y se continúa hacia el computador de flujo de la zona de medición.

Desde la línea de descarga a la estación de medición y calibración se llega a un (1) cabezal múltiple con válvula de alivio por sobrepresión, desde donde se distribuye el producto conducido a los tanques de almacenamiento. Cada línea de distribución está provista de válvula motorizada.

Como un sistema de protección se localiza al sistema de alivio de golpe de ariete del Poliducto, el cual está conformado por doble válvula de emergencia operada por pistón y retorno por resorte, descargando al tanque de almacenamiento de productos contaminados vía línea de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm). Esta línea está conectada mediante válvula motorizada al cabezal múltiple de distribución de productos y tiene interruptor de flujo con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema.

Finalmente el sistema de transferencia de productos se conecta en forma independiente de cada línea de distribución de productos vía válvula manual de tapón de doble bloqueo y purga. Este sistema está provisto de una válvula de alivio por sobrepresión.

Suministro a Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar.

Desde el cabezal múltiple de entrada a la Planta sale una (1) línea de diámetro nominal de 8 pulg (200 mm), la cual está provista de válvula motorizada, y transmisor de flujo con señalización remota de indicación y entrada a un (1) controlador de relación para el control de flujo a la estación de medición y calibración de la Planta.

Luego se continúa con indicador de temperatura, transmisor de temperatura con señalización remota de indicación entrada analógica al sistema, válvula motorizada, detector de interfase con señalización remota de indicación y entrada analógica al sistema, interruptor de alta presión con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, y junta de aislamiento.

Desde allí se continúa hacia el Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar.

La línea también tiene una (1) trampa de envío de raspatubo colocada en forma paralela para operación a través de la trampa o de la línea. La trampa está provista de un detector electrovisual. del paso del raspatubo con señalización remota de indicación y para entrada digital al sistema, indicador de presión, válvula de alivio por sobrepresión, venteo a la atmósfera y drenaje.

4.5.2 Almacenamiento de Productos.

El almacenamiento de los productos manejados es discriminado de la siguiente manera:

Para Gasolina Optima se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo flotante alimentados individualmente desde un (1) cabezal por líneas de diámetro nominal 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento de temperatura para señalización remota de indicación y alarma por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase del tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. En la tabla 24 se dan las características principales de estos tanques.

Tabla 24 **Características principales Tanques Gasolina Optima**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
04-TK-01	45250	7194	GOP	40	12.1	90	27.4	Flotante
04-TK-02	45250	7194	GOP	40	12.1	90	27.4	Flotante

Para Gasolina Popular se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo flotante alimentados individualmente desde un (1) cabezal por líneas de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura y elementos de temperatura con señalización remota de indicación y alarma por alto o bajo nivel con entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase del tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. En la tabla 25 se dan las características principales de estos tanques.

Tabla 25 **Características principales Tanques Gasolina Popular**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
04-TK-03	80500	12799	GPOP	40	12.1	120	36.6	Flotante
04-TK-04	80500	12799	GPOP	40	12.1	120	36.6	Flotante

Para Gasolina Sin Plomo se utilizan un (1) tanques del tipo de techo flotante alimentados individualmente desde un (1) cabezal por líneas de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura y elementos de temperatura con señalización remota de indicación y alarma por alto o bajo nivel con entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase del tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. En la tabla 26 se dan las características principales de este tanque.

Tabla 26 Características principales Tanques Gasolina Sin Plomo								
N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
04-TK-05	80500	12799	GSP	40	12.1	120	36.6	Flotante

Para Diesel se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo cónico alimentados individualmente desde un (1) cabezal por líneas de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento de temperatura para señalización remota de indicación y alarmas de alto o bajo nivel con entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema detector de interfase del tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura, venteo con arrestador de llama y drenaje de fondo. En la tabla 27 se dan las características principales de estos tanques.

Tabla 27 Características principales Tanques Diesel								
N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
04-TK-06	67750	10772	DIE	40	12.1	110	33.5	Cónico
04-TK-07	45250	7194	DIE	40	12.1	90	27.4	Cónico

Para Jet-A1 se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo cónico alimentados individualmente desde un (1) cabezal por líneas de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura y elemento de temperatura con señalización remota para indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota y entrada digital al sistema, detector de interfase del tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel entrada digital al sistema, indicador de temperatura, venteo con arrestador de llama y drenaje de fondo. En la tabla 28 se dan las características principales de estos tanques.

Tabla 28 **Características principales Tanques Jet-A1**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
04-TK-08	27440	4393	JET-A1	40	12.1	70	21.3	Cónico
04-TK-09	20150	3204	JET-A1	40	12.1	60	18.3	Cónico

Para reserva de productos se utiliza un (1) tanque del tipo techo flotante alimentado desde una (1) línea de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura y elemento de temperatura con señalización remota de indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase del tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. En la tabla 29 se dan las características principales de este tanque.

Tabla 29 **Características principales Tanque Reserva**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
04-TK-10	80500	12799	Reserva	40	12.1	120	36.6	Flotante

4.5.3 Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenadores.

Los tanques de almacenamiento de Gasolina descargan a sus cabezales de diámetro nominal de 16 pulg (400 mm) para GOP y de 20 pulg (500 mm) para GPOP a través de tuberías del mismo diámetro, las cuales están provistas de válvulas motorizadas. Adicionalmente, cada tanque puede descargar a un (1) cabezal, común de 10 pulg (250 mm) de diámetro nominal para alimentar el sistema de transferencia de productos entre los tanques de almacenamiento, a través de una (1) válvula manual.

Los tanques de almacenamiento de Diesel descargan a un cabezal común de 16 pulg (400 mm) de diámetro nominal a través de tuberías del mismo diámetro, las cuales están provistas de válvulas motorizadas. Adicionalmente cada tanque puede descargar a un (1) cabezal común de 8 pulg (200 mm) para alimentar el sistema de transferencia de productos entre los tanques de almacenamiento a través de una (1) válvula manual.

Los tanques de almacenamiento de Jet-A1 descargan a un (1) cabezal común de diámetro nominal de 12 pulg (300 mm), a través de tuberías del mismo, diámetro provistas de válvulas motorizadas. Adicionalmente cada tanque descarga por una (1) línea de 8 pulg (200 mm) de diámetro nominal a un (1) cabezal del mismo tamaño mediante válvulas manuales para alimentar el sistema de transferencia de productos entre los tanques de almacenamiento.

Estación de Bombas a Llenaderos.

La estación de bombas a llenaderos consiste de 17 bombas y 2 de reserva.

Cada una (1) de estas bombas está provista de colador e indicador de presión en la línea de succión; de interruptor de bajo flujo con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema indicador de presión en la línea de descarga; y de indicador de alta presión con señalización remota de alarma sobre la carcasa de la bomba; botonera para arranque y parada local en la estación de bombas y otra botonera para operación remota desde las islas de llenado.

Las bombas son alimentadas según el producto que manejan a través de una (1) línea independiente que termina en un (1) cabezal común para cada grupo, las cuales vienen desde los tanques de almacenamiento. Algunos cabezales de succión tienen una (1) válvula de alivio por sobrepresión.

Paralelo a las líneas de alimentación y descarga de los cabezales de succión y descarga de cada grupo de bombas se ubica una (1) línea de alivio con válvula de recirculación, esta válvula evita que se opere a un caudal por debajo del mínimo de las bombas que están funcionando. En esta línea de alivio o recirculación se ubican también una (1) placa orificio para restricción de flujo y un (1) interruptor de alta temperatura con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema.

Algunos cabezales de descarga de los grupos de bombas también están provistos de válvulas de alivio por sobrepresión.

Las líneas de salida de los cabezales de descarga de las bombas de Gasolina y Diesel hacia los llenaderos están provistas de válvulas motorizada, la cual es accionada en forma remota desde el circuito de emergencia de llenaderos.

La línea de salida del cabezal de descarga de las bombas de Jet-A1 está provista de tres (3) filtros en paralelo, dispuestos de válvula controladora de nivel, indicador de presión diferencial y válvula de alivio.

De los filtros sigue la línea de salida de Jet-A1 hacia los llenaderos, y también se provee de válvula motorizada, la cual es accionada remotamente desde el circuito de emergencia en los llenaderos.

La línea de reserva de diámetro nominal de 20 pulg (500 mm) se bifurca hacia dos (2) direcciones. Una (1) va a conectarse individualmente con válvula motorizada a cada línea de alimentación del cabezal de succión de las bombas a llenaderos y la otra se reduce a un diámetro nominal de 10 pulg (250 mm), la cual alimenta la bomba de transferencia de productos.

Idénticamente las demás líneas que vienen de los tanques de almacenamiento, de diámetro nominal de 10 pulg (250 mm) para GOP/GPOP, 8 pulg (200 mm) para DIE y 8 pulg (200 mm) para Jet-A1, alimentan a la línea de succión de la bomba de transferencia de productos. Todas estas líneas de productos tienen válvula manual de tapón de doble bloqueo y purga, y válvula de alivio corrientes arriba de la válvula manual.

La bomba presenta colador e indicador de presión en la línea de succión; interruptor de bajo flujo con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, indicador presión e indicador de flujo en la línea de descarga, así como botonera de arranque y parada local en la estación de bombas y botoneras para operación remota desde las Islas de llenado.

La bomba de transferencia de producto tiene la particularidad de que opera a diferentes condiciones, según el producto que maneje.

Llenaderos de Productos.

Existen cuatro (4) islas de llenado N°1, N°2, N°3 y N°4. Dos (2) de éstas son para llenado por arriba (N°1 y N°2) y dos (2) más para llenado por debajo (N°3 y N°4).

De las cuatro (4) líneas de suministro de productos de diámetro nominal de 12 pulg (300 mm) para GOP, 16 pulg (400 mm) para GPOP, 12 pulg (300 mm) para DIE y 10 pulg (250 mm) para Jet-A1 se ramifican líneas para cada brazo de llenado. Cada ramal tiene indicador de presión.

4.6 PLANTA Y MUELLE CIUDAD BOLIVAR.

La Planta Ciudad Bolívar se encuentra ubicada en un terreno adyacente a la Carretera Nacional entre Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar cercano al Fundo Candelaria, y ocupa una extensión de aproximadamente 148,3 acres (60 hectáreas).

Esta Planta tiene como función recibir, almacenar y distribuir las necesidades del mercado a su zona tributario, así como suministrar el combustible requerido a ser transportado en gabarras por el Río Orinoco hasta la Planta Puerto Ayacucho, vía un (1) Muelle cercano a la misma.

En la Figura 5 se presenta el Diagrama de Flujo de Procesos de la planta Ciudad Bolívar para el producto Diesel.

Sus características generales son similares a las de las Plantas San Tomé, Maturín y Puerto Ordaz.

La Planta está compuesta por los patios de tanques de almacenamiento de productos, la estación de recepción del Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar, estaciones de bombas de productos y servicios auxiliares, además, de los llenaderos de camiones, instalaciones para el estacionamiento de gandolas y taller mantenimiento para las mismas.

Las edificaciones se han ubicado y diseñado de acuerdo a sus funciones principales: depósito, administración, control de operaciones y servicios auxiliares, equipos contra incendio, sanitarios y descanso, vigilancia y guardia nacional.

El llenado de camiones es la función principal de la Planta, instalándose en una etapa inicial una (1) isla convencional de llenado por arriba y una (1) isla de llenado por debajo.

La operación, supervisión y control de los llenaderos es automatizada mediante un (1) sistema computarizado de la facturación, despacho y de la contabilidad por producto y por cliente. Este sistema permite la operación semiautomática o manual, de acuerdo a las necesidades de la Planta.

Figura 10 Diagrama de flujo de Procesos planta Ciudad Bolívar

La definición de la implantación general contempla el diseño de los servicios auxiliares: red de agua potable y de servicio, red de agua de riego, red de agua y espuma del sistema contra incendios, red de drenaje de aguas de lluvia, red de recolección y disposición de aguas negras, red de drenaje de aguas contaminadas con hidrocarburos que incluye la laguna de tratamiento de afluentes, el sistema de tratamiento de afluentes contaminados con hidrocarburos a través de un (1) sistema compacto, red de canalizaciones eléctricas exteriores y protección catódica, y todas las redes de tuberías pertenecientes al sistema de manejo de productos de la Planta.

Adicionalmente, la Planta incluye la Sub-estación eléctrica, patios de ampliación futura, área de drenaje de camiones, torre y caseta de equipos de telecomunicaciones, helipuerto y estacionamiento para empleados y visitantes.

Desde la estación de bombas a llenaderos y muelles se envían los diferentes productos al muelle, vía un sistema de medición.

En el muelle se ubican las conexiones con mangueras para descarga directa a las gabarras.

A continuación se detallan las instalaciones principales de la Planta y muelle:

- Estación de recepción del Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar.
- Almacenamiento de productos.
- Sistema de tuberías a la estación de bombas a llenaderos y Muelle.
- Estación de bombas a llenaderos y Muelle.
- Sistema de medición de productos al Muelle y Muelle.

4.6.1 Estación de Recepción del Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar.

Los caudales de diseño están basados en los pronósticos demandas de productos para el año 2010, con un factor de utilización máximo de 95%.

El máximo flujo se obtuvo introduciendo volúmenes de cada producto requerido para el año 2010, en un ciclo de demanda de siete (7) días, manteniendo una descarga constante en cada una (1) de las estaciones de bombeo, y seleccionando el mayor caudal calculado en ese período.

El Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar entra a la Planta Ciudad Bolívar a través de una (1) tubería de diámetro nominal de 8 pulg (200 mm). Esta línea de entrada a la Planta también consta de una (1) trampa de recibo de

raspatubos, la cual está colocada en paralelo a la línea para permitir operación de la línea o de la trampa. La trampa está dotada de detector electrovisual de paso del raspatubo con señalización remota de indicación y entrada digital al sistema, válvula de alivio por sobrepresión, indicador de presión, venteo y drenaje.

Anteriormente, entre la zona de ubicación de la trampa y la estación de medición y calibración la línea se provee de detector de interfase con señalización remota de indicación y registro y entrada analógica al sistema, válvula controlador de flujo electro - hidráulicamente actuada con válvula de desvío de flujo, indicador de presión y válvula de alivio por sobrepresión. Esta válvula de control es actuada por señales de presión a la salida de la estación de medición y calibración, y de flujo a través de esta misma estación, las cuales pasan a través de un (1) selector de señales. Una vez seleccionada la señal más crítica, ésta pasa a regular la válvula a través de un interruptor manual.

La estación de medición y calibración se encuentra integrada por dos (2) trenes de medición y un (1) tren de calibración.

La sección de calibración está provista de válvulas manuales a la entrada y salida de la misma, interruptores ópticos con señalización remota y entrada digital al sistema, indicadores de presión y temperatura, transmisores de presión y temperatura con señalización remota y entrada analógica al sistema, válvula motorizada de desvío de flujo.

A la salida de la estación de medición y calibración se ubica una estación reguladora de presión de suministro a los tanques de almacenamiento.

Se incluyen tres (3) computadores de flujo de la estación de medición y calibración. Dos (2) reciben las señales desde los transmisores de flujo, temperatura y presión de ambos trenes de medición y el tercero las señales desde los interruptores ópticos, y transmisores de presión y temperatura del tren de calibración. Estos computadores señalizan al calculador de flujo incluyendo señalización remota de indicación.

Desde la estación de control de presión hacia los tanques de almacenamiento continúa la línea hacia un (1) cabezal múltiple de distribución. Una (1) línea independiente de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) por cada producto y también una (1) de reserva alimentan a cada grupo de tanques de almacenamiento correspondientes. Estas líneas tienen cada una (1), una (1) válvula motorizada.

El cabezal múltiple de distribución está también provisto de válvula de alivio por sobrepresión.

Finalmente la estación de recibo se provee de un (1) sistema de alivio de golpe de ariete del Poliducto Puerto Ordaz - Ciudad Bolívar, a través de una (1) línea de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) y doble válvula automática

con actuador de pistón y muelle de retorno, la cual descarga al tanque de almacenamiento de producto contaminado.

El sistema de transferencia de producto vía línea de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) se conecta a cada línea de alimentación a los tanques de almacenamiento vía válvula manual de tapón de doble bloque y purga.

Una (1) línea de recirculación desde los tanques horizontales de interfases llega a la salida de la estación de medición y calibración.

4.6.2 Almacenamiento de Productos.

El almacenamiento de los productos a manejar es discriminado de la siguiente manera:

Para Gasolina Optima se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo flotante, alimentados individualmente desde un (1) cabezal de 6 pulg (150 mm) de diámetro nominal con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento de temperatura para señalización remota de indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. En la tabla 30 se dan las características principales de estos tanques.

Tabla 30 **Características principales Tanques Gasolina Optima**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
05-TK-01	20150	3204	GOP	40	12.1	60	18.3	Flotante
05-TK-02	20150	3204	GOP	40	12.1	60	18.3	Flotante

Para Gasolina Popular se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo flotante, alimentados individualmente desde un (1) cabezal de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura y elemento de temperatura con señalización remota para indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma

y entrada digital al sistema, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. En la tabla 31 se incluyen las características principales de estos tanques.

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
05-TK-03	45250	7194	GPOP	40	12.1	90	27.4	Flotante
05-TK-04	35750	5684	GPOP	40	12.1	80	24.4	Flotante

Para el Diesel se utilizan dos (2) tanques del tipo techo cónico, alimentados individualmente desde un (1) cabezal de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura y elemento de temperatura con señalización remota de indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura, venteo con arrestador de llama y drenaje de fondo. En la tabla 32 se incluyen las características principales de estos tanques.

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
05-TK-05	35750	5684	DIE	40	12.1	80	24.4	Cónico
05-TK-06	35750	5684	DIE	40	12.1	80	24.4	Cónico

Para GSP se utilizan un (1) tanques del tipo de techo flotante alimentado individualmente desde un (1) cabezal de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador- transmisor de temperatura y elemento de temperatura con señalización remota de indicación y alarmas por alto o bajo nivel y entrada analógica al sistema, interruptor de detector de interfase tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura, venteo con arrestador de llama y drenaje de fondo. Las características principales de este tanque se incluyen en la tabla 33.

Tabla 33 **Características principales Tanque Gasolina Sin Plomo**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
05-TK-07	45250	7194	GSP	40	12.1	90	27.4	Flotante

Para reserva se utiliza un (1) tanque del tipo de techo flotante, alimentado por una (1) línea de 6 pulg (152,4 mm) de diámetro nominal con válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada, indicador-transmisor de temperatura con elemento de temperatura para señalización remota de indicación y entrada analógica al sistema, interruptores de muy alto o muy bajo nivel con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, detector de interfase del tipo capacitivo con señalización remota de alarma por alto nivel y entrada digital al sistema, indicador de temperatura y drenaje de fondo. Las características principales de este tanque se incluyen en la tabla 34.

Tabla 34 **Características principales Tanque Reserva**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
05-TK-10	17900	2846	Reserva	40	12.1	50	15.3	Flotante

4.6.3 Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenaderos.

Los tanques de almacenamiento de Gasolinas descargan a sus cabezales de diámetro nominal de 16 pulg (400 mm) a través de tuberías del mismo tamaño, las cuales están provistas de válvulas motorizadas.

Adicionalmente cada tanque puede descargar a un (1) cabezal común de 10 pulg (250 mm) de diámetro nominal, para alimentar el sistema de transferencia de productos entre los tanques de almacenamiento, a través de una (1) válvula manual.

Los tanques de almacenamiento de Diesel descargan a un (1) cabezal común de 12 pulg (300 mm) de diámetro nominal a través de tuberías del mismo diámetro, las cuales están provistas de válvulas motorizadas.

Adicionalmente cada tanque puede descargar a un (1) cabezal común de 8 pulg (200 mm) de diámetro nominal, para alimentar el sistema de transferencia de productos.

Los tanques de almacenamiento de GSP descargan a un (1) cabezal común de diámetro nominal de 8 pulg (200 mm), a través de tuberías del mismo tamaño provistas de válvulas motorizadas.

Adicionalmente, cada tanque descarga por una (1) línea de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) a un cabezal del mismo tamaño vía válvula manual, para también alimentar el sistema de transferencia de productos.

El tanque de reserva descarga a su línea diámetro nominal de 16 pulg (400 mm) mediante válvula motorizada, para surtir a las bombas de llenaderos y al sistema de transferencia de productos.

4.6.4 Estación de Bombas a Llenaderos y Muelle.

La estación está provista de 15 bombas y dos en reserva. Cada una (1) de estas bombas está provista de colador e indicador de presión en la línea de succión; interruptor de flujo con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema e indicador de presión en la línea de descarga; y de indicador de presión e interruptor de alta presión con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, colocados sobre la propia bomba, y botonera para arranque y parada local, y otra para operación remota desde la isla de llenado.

Las bombas son alimentadas según el producto que manejan a través de una (1) línea independiente que termina en un (1) cabezal común para cada grupo, las cuales vienen desde los tanques de almacenamiento. Algunos cabezales de succión tienen una (1) válvula de alivio por sobrepresión.

Paralelo a las líneas de alimentación y salida de los cabezales de succión y descarga de cada grupo se ubica una (1) línea de alivio con válvula de recirculación, la cual evita que se opere a un caudal por debajo del mínimo de las bombas que están funcionando. En esta línea de alivio o recirculación se ubican también una (1) placa orificio para restricción de flujo y un (1) interruptor de alta temperatura con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema.

Las bombas al Muelle descargan en líneas independientes que no llegan al cabezal de descarga de las bombas de llenaderos. Las líneas de succión y descarga de las bombas de GOP y GPOP están interconectadas mediante válvulas manuales de compuerta de doble bloqueo y purga, así como para las bombas de DIE y GSP.

Las líneas de salida de los cabezales de descarga de las bombas de Gasolinas y Diesel a los llenaderos están provistas de válvula motorizada con válvula de desvío de flujo, la cual es accionada desde el circuito de emergencia en llenaderos.

La línea de diámetro nominal de 16 pulg (400 mm) de reserva, se bifurca en dos (2) ramales: uno (1) del mismo tamaño para alimentar el cabezal múltiple de distribución a las líneas de succión de bombas de llenaderos y Muelle, mediante válvulas motorizadas y el otro de 10 pulg (250 mm) de diámetro nominal para alimentar el cabezal de succión de la bomba de transferencia de productos.

Finalmente se ubica la bomba de transferencia de productos, la cual está provista de colador e indicador de presión en la línea de succión; interruptor de bajo flujo con señalización remota de alarma y entrada digital al sistema, indicador de presión e indicador de flujo en la línea de descarga; y botonera de arranque y parada local y remotamente desde la isla de llenado.

La bomba de transferencia de productos tiene la particularidad de que opera a diferentes condiciones, según el tipo de producto que maneje.

El cabezal de succión de la bomba de transferencia de productos recibe el suministro de productos a través de cuatro (4) líneas de alimentación con los siguientes diámetros nominales: 10 pulg (250 mm) para GOP/GPOP, 8 pulg (200 mm) para DIE, 6 pulg (150 mm) para GSP y 10 pulg (250 mm) para reserva. Cada línea dispone de una (1) válvula motorizada y válvula de alivio por sobrepresión corrientes arriba de la válvula motorizada.

El circuito de emergencia de llenaderos produce enclavamiento de las válvulas motorizadas de las líneas de alimentación de productos a los llenaderos, desenergiza el sistema de bombas de llenaderos, y a la vez controla la recirculación de productos desde la descarga a la succión de bombas de llenaderos.

4.6.5 Llenaderos de Productos

Existen dos (2) islas de llenado: N°1 y N°2. Una (1) de éstas es para llenado por arriba (N°1) y la otra para llenado por debajo (N°2).

De las cuatro (4) líneas de suministro de productos: diámetro nominal de 10 pulg (250 mm) para GOP, 12 pulg (300 mm) para GPOP, 10 pulg (250 mm) para DIE y 6 pulg (150 mm) para GSP, se ramifican líneas para cada brazo de llenado descrito. Cada ramal tiene un (1) indicador de presión.

4.6.6 Sistema de Medición de Productos al Muelle.

Cada línea de producto que viene de su correspondiente bomba del Muelle pasa por una (1) estación de medición individual. Sin embargo, las estaciones para GOP y GPOP están interconectadas por una (1) válvula manual de compuerta de doble bloqueo y purga en la entrada y salida de las mismas, al igual que para DIE y GSP. Esto permite flexibilidad del sistema.

Desde aquí se continúa al Muelle, también en forma individual por producto, consistiendo cada línea de una (1) válvula de emergencia operada por pistón y retorno por resorte, válvulas manuales y mangueras flexibles con acoples rápidos para conectarse y descarnar a las gabarras.

El Muelle consta de caseta de transformación, caseta de vigilancia, carretera y plataforma de acceso y estructura flotante para acomodarse a las variaciones de nivel del Río Orinoco.

4.7 PLANTA Y MUELLE PUERTO AYACUCHO

La Planta Puerto Ayacucho se encuentra ubicada a 3 Km de Puerto Ayacucho, en la vía que va hacia El Burro.

Esta Planta tiene como función recibir, almacenar y distribuir las necesidades del mercado a su zona tributario. El recibo de productos se realiza desde gabarras en un (1) Muelle ubicado sobre el Río Orinoco cercano a la Planta.

En la Figura 6 se presenta el Diagrama de Flujo de Procesos de la planta Puerto Ayacucho para el producto Diesel.

Sus características generales son similares a las de las Plantas San Tomé, Maturín, Puerto Ordaz y Ciudad Bolívar.

La Planta está compuesta por los patios de tanques de almacenamiento de productos, la estación de recepción del Muelle desde las gabarras que transportan el combustible bombeado desde la Planta Ciudad Bolívar, estaciones de bombas de productos y servicios auxiliares, además de los llenaderos de camiones, instalaciones para el estacionamiento de gandolas y taller de mantenimiento para las mismas.

Las edificaciones se han ubicado y diseñado de acuerdo a sus funciones principales: depósito, administración, equipos contra incendio, sanitarios y descanso, vigilancia y guardia nacional.

El llenado de camiones es la función principal de la planta, instalándose en una etapa inicial una (1) sola isla de llenado de camiones por arriba y por debajo.

La operación, supervisión y control de los llenaderos es, a diferencia de las demás plantas, local.

La definición de la implantación general contempla el diseño de los servicios auxiliares: red de agua potable y de servicio, red de agua de riego, red de agua y espuma del sistema contra incendios, red de drenajes de aguas de lluvia, red de recolección y disposición de aguas negras, red de drenaje de aguas contaminadas con hidrocarburos que incluye la laguna de tratamiento de afluentes, el sistema de tratamiento de afluentes contaminados con hidrocarburos a través de un (1) sistema compacto, red de canalizaciones eléctricas exteriores y protección catódica, y todas las redes de tuberías pertenecientes al sistema de manejo de productos de la Planta.

Adicionalmente la Planta incluye la Sub-estación eléctrica, caseta de control y baterías, generador de emergencia, caseta de transformación, helipuerto, prácticas de incendios y estacionamientos para empleados y visitantes.

Figura 11 Diagrama de Flujo de procesos planta Puerto Ayacucho

En el Muelle se ubica una (1) línea de succión de gabarra para cada producto con su bomba consiguiente y mangueras flexibles.

A continuación se detallan las instalaciones principales del Muelle y Planta:

- Muelle y estación de bombas en el Muelle.
- Estación de recepción de la Planta.
- Almacenamiento de productos.
- Sistema de tuberías a la estación de bombas a llenaderos.
- Estación de bombas a llenaderos.
- Llenaderos de Productos.

4.7.1 Muelle y Estación de Bombas en el Muelle

El Muelle consta de caseta de transformación, caseta de vigilancia, carretera y plataforma de acceso y estructura flotante para acomodarse a las variaciones de nivel del río Orinoco.

Existen cuatro (4) líneas de succión de gabarras, una (1) para cada producto, acopladas directamente a sus bombas ubicadas en el Muelle.

Cada línea está provista de bomba de descarga y bomba de transferencia con indicadores de presión en la succión y descarga de cada bomba, filtro, válvulas de alivio por sobrepresión, y mangueras flexibles con conectores de acople rápido venteo y drenajes.

La descarga de las bombas de GOP, GPOP y DIE están interconectadas con válvulas para dar mayor flexibilidad al sistema.

4.7.2 Estación de Recepción de la Planta Puerto Ayacucho

Todas las líneas de producto llegan individualmente a cada grupo de tanques correspondientes.

Finalmente la línea del sistema de transferencia de productos, que también es del mismo tamaño, se conecta por válvulas manuales a cada una (1) de las líneas de distribución a los tanques de almacenamiento.

4.7.3 Almacenamiento de Productos

El almacenamiento de los productos a manejar es discriminado de la siguiente manera:

Para Gasolina Optima se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo flotante, alimentados individualmente desde un (1) cabezal de 4 pulg (100 mm) de diámetro nominal con válvula de emergencia operada por pistón y retorno por resorte, la cual es a su vez también operada por un (1) solenoide que se actúa desde un (1) interruptor manual y también desde otro interruptor que es accionado automáticamente por alto nivel en el tanque, indicador de nivel, interruptor de alto nivel que envía señalización remota para cerrar la válvula de ingreso de producto al tanque e indicador de temperatura. En la tabla 35 se indican las características principales de estos tanques.

Tabla 35 **Características principales Tanques Gasolina Optima**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
08-TK-01	3020	480	GOP	30	9.1	24	7.3	Flotante
08-TK-02	3020	480	GOP	30	9.1	24	7.3	Flotante

Para Gasolina Popular se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo flotante, alimentados individualmente desde un (1) cabezal de 4 pulg (100 mm) de diámetro nominal con válvula de emergencia operada por pistón y retorno por resorte, la cual es a su vez también operada por un (1) solenoide que se actúa desde un (1) interruptor manual y también desde otro interruptor que es accionado automáticamente o en forma manual por alto nivel en el tanque, indicador de nivel, interruptor de alto nivel que envía señalización remota para cerrar la válvula de ingreso de producto al tanque e indicador de temperatura. En la tabla 36 se indican las características principales de estos tanques.

Tabla 36 **Características principales Tanques Gasolina Popular**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
08-TK-03	21950	3490	GPOP	70	21.3	32	9.8	Flotante
08-TK-04	21950	3490	GPOP	70	21.3	32	9.8	Flotante

Para Diesel se utilizan dos (2) tanques del tipo de techo cónico, alimentados desde un (1) cabezal de 4 pulg, (100 mm) de diámetro nominal con válvula de emergencia operada por pistón y retorno por resorte, la cual es a su vez también operada por un (1) solenoide que se actúa desde un (1) interruptor manual y también desde otro interruptor que es accionado automáticamente o en forma manual por alto nivel en el tanque, indicador de nivel, interruptor de alto nivel que envía señalización remota para cerrar la válvula de ingreso de producto al tanque, indicador de temperatura y venteo con arrestador de llama. En la tabla 37 se indican las características principales de estos tanques.

Tabla 37 **Características principales Tanques Diesel**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
08-TK-07	32175	5116	DIE	70	21.3	48	14.6	Cónico
08-TK-08	32175	5116	DIE	70	21.3	48	14.6	Cónico

Para reserva de productos se utiliza un (1) tanque del tipo de techo flotante, alimentado desde un (1) cabezal de 4 pulg (100 mm) de diámetro nominal con válvula de emergencia operada por pistón y retorno por resorte, la cual a su vez es también operada por un (1) comando de apertura o cierre, manual o automático por alto nivel en el tanque, indicador de nivel, interruptor de alto nivel que envía señalización remota para cerrar la válvula de ingreso de producto al tanque e indicador de temperatura. En la tabla 38 se indican las características principales de este tanque.

Tabla 38 **Características principales Tanque Reserva**

N° Tanque	Capacidad		Producto	Altura		Diámetro		Techo
	BBL	m3		Pies	m	Pies	m	
08-TK-10	32175	5115	Reserva	70	21.3	48	14.6	Flotante

4.7.4 Sistema de Tuberías a la Estación de Bombas de Llenaderos.

Los tanques de almacenamiento de Gasolinas descargan a sus cabezales de 8 pulg (200 mm) de diámetro nominal a través de tuberías del mismo tamaño.

Adicionalmente cada tanque puede descargar a un (1) cabezal común de 6 pulg (150 mm) de diámetro nominal, para alimentar el sistema de transferencia de productos entre los tanques de almacenamiento.

Los tanques de almacenamiento de Diesel descargan a un (1) cabezal común de 8 pulg (200 mm) de diámetro nominal a través de tuberías del mismo tamaño.

Adicionalmente cada tanque descarga a un (1) cabezal común de 6 pulg (150 mm) de diámetro nominal, para alimentar el sistema de transferencia de productos.

El tanque de reserva descarga a su línea de 8 pulg (200 mm) de diámetro nominal para surtir al sistema de transferencia de productos y a las bombas de llenaderos.

Desde la línea de reserva se llevan líneas individuales a cada línea de productos con válvulas manuales de compuerta de doble bloqueo y purga. Esta línea o cabezal de reserva está provisto de válvula de alivio por sobrepresión.

La bomba de transferencia de productos está provista de un (1) cabezal de succión, al cual llegan las líneas de diámetro nominal de 6 pulg (150 mm) para GOP/GPOP, DIE y reserva. Cada línea tiene su válvula de alivio por sobrepresión. El cabezal de succión también tiene colador e indicador de presión.

La bomba de transferencia de productos tiene la particularidad de operar a diferentes condiciones, según el tipo de producto que maneje.

La línea de descarga de la bomba tiene indicador de presión e indicador de flujo.

La bomba tiene botonera local de arranque y parada.

4.7.5 Estación de Bombas a Llenaderos.

La estación de bombas a llenaderos consiste de 15 bombas y 2 de reserva. Cada una (1) de estas bombas está provista de colador e indicador de presión en la línea de succión; interruptor de bajo flujo con señalización remota a un (1) comando de arranque o parada de la bomba y también para producir enclavamiento para cerrar la válvula de emergencia actuada por

pistón y retorno por resorte que se encuentra ubicada en la línea que sale del cabezal de descarga de las bombas y en las válvulas de control de flujo de llenaderos. Este enclavamiento también se puede producir remotamente desde un (1) tablero ubicado en el C.C.M., desde la sala de administración, desde la sala de bombas y desde la caja de botoneras luminosas de llenaderos. La bomba en sí tiene incorporado un (1) interruptor de alta presión e indicador de presión.

Las bombas son alimentadas según el producto que manejan a través de una (1) línea independiente que termina en un (1) cabezal común para cada grupo, las cuales vienen desde los tanques de almacenamiento. Sin embargo, las líneas de GOP y GPOP llegan al mismo cabezal de succión que supe a las tres (3) bombas de estos productos. Como características adicionales a este manejo de Gasolinas, ambos cabezales de succión están provistos de válvulas manuales de compuerta de doble bloqueo y purga para aislar cada bomba entre ellas y también para dar mayor flexibilidad al sistema. En la línea de succión de cada una de estas bombas se ubican válvulas de alivio por sobrepresión.

De los cabezales de descarga de cada grupo de bombas sale una (1) línea que está provista de la válvula de emergencia anteriormente citada, la cual es accionada por solenoide por enclavamiento y manualmente con un (1) interruptor.

4.7.6 Llenaderos de Productos.

Existe una (1) sola isla de llenado. Cada brazo de llenado está provisto de indicador de presión, válvula mariposa, filtro con indicador de presión diferencial, transmisor de flujo con señalización remota, válvula manual de tapón de doble bloqueo y purga con conexiones rápido - seco antes y después de la válvula, transmisor de temperatura con señalización remota, y válvula de control de flujo de dos (2) posiciones (lento y rápido).

CAPITULO V.- ANALISIS HIDRAULICO

5.1 EVALUACIÓN HIDRAULICA

El estudio de la Hidráulica actual contempla la determinación de las capacidades de transporte máximas del SISOR, tomando como volúmenes de control cada una de las principales tuberías del sistema, estos volúmenes serán simulados en un paquete computacional denominado AFT FATHOM 4.0 (1999.12.16) que permite hallar capacidades de presión y caudal máximo en la tubería.

5.1.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

Para la evaluación se dividió el sistema en los diferentes tramos, ya que estos permitirán obtener valores del caudal máximo al que pueden operar cada uno de los Poliductos y así determinar, de acuerdo a la demanda pronosticada el año en el que el tramo del Poliducto llegará a su máxima capacidad, quedando inhabilitado para satisfacer la demanda.

Para la metodología de calculo es necesario fijar premisas, estas premisas permiten basar los cálculos bajo ciertos parámetros que serán constantes a lo largo del estudio con lo cual se garantiza resultados comparables en las mismas condiciones de operación.

En el cálculo hidráulico del Sistema se fijaron las siguientes premisas:

- Se establece un régimen isotérmico (83°F aproximadamente)
- Se establece un factor de utilización de 95%.
- Se supone fluido newtoniano en régimen permanente.
- Las presiones mínimas de llegada a la planta según diseño son:
 - San Tomé: 96 psig.
 - Maturín: 118 psig.
 - Puerto Ordaz: 155 psig.
 - Ciudad Bolívar: 120 psig.

- La presión de succión de las Bombas en Puerto la Cruz es de 6 psig.
- Las curvas de las bombas son parametrizaciones de valores reales de operación tomados en campo para estudios anteriores.
- Las válvulas de las estaciones de válvulas se suponen abiertas al 100%, con factor de pérdida igual a cero.
- Las presiones máximas permisibles de operación en las tuberías según diseño son:
 - PLC-STM: 1462 psig
 - PLC-MAT: 1461 psig
 - STM-POZ: 1482 psig
 - POZ-CDB: 1461 psig
- En tramos en que la tubería tiene varios espesores de pared, será evaluada el que proporcione un valor menor del diámetro interno.
- Se estudiarán los siguientes tramos como sistemas independientes:
 - PLC-STM
 - STM- MAT
 - STM-POZ
 - STM-CDB
- Para las simulaciones se utiliza el paquete AFT Fathom 4.0 (1999.12.16)

5.1.1.1 CONFIGURACIÓN GENERAL DEL SISTEMA

A continuación se muestra el esquema que representa la configuración del sistema bajo el cual se determinaron los requerimientos hidráulicos actuales.

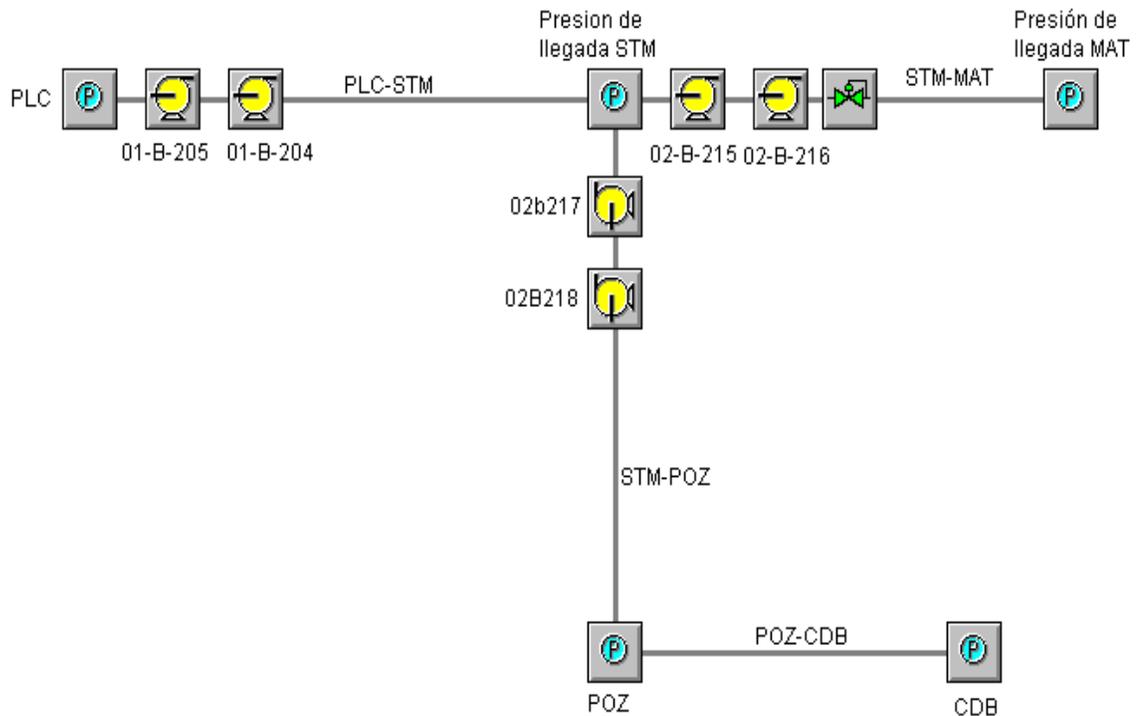


Figura 12 Configuración general del sistema

5.1.1.2 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DEL SISTEMA

Para determinar la capacidad máxima del sistema, este fue simulado con DIESEL, que es el fluido que representa la mayor resistencia al flujo, ya que la variación en los caudales obtenidos cuando se compara con GASOLINA OPTIMA, que es fluido que presenta menor resistencia al flujo es inferior al 5%, esto permitirá simplificar las simulaciones y no representa un error considerable para nuestro objetivo.

5.1.1.2.1 TRAMO PLC-STM

El tramo desde Puerto la Cruz hacia San Tomé consta de una tubería de 16 pulgadas de diámetro nominal y 162 Km de longitud, en este funcionan dos bombas de refuerzo que se encargan de suministrar el NPSH requerido de las bombas principales; en la siguiente figura se muestra la configuración del tramo.

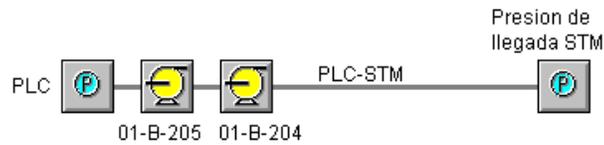


Figura 13 Tramo PLC-STM

5.1.1.2.2 TRAMO STM-MAT

El tramo desde San Tomé hacia Maturín consta de una tubería de 8 pulgadas de diámetro nominal, con una longitud de 168 Km que conecta las plantas de San Tomé y Maturín, tiene dos bombas principales dispuestas en la siguiente configuración:

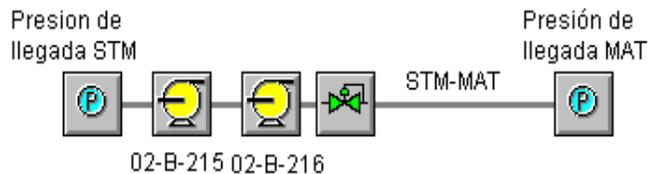


Figura 14 Tramo STM-MAT

Para efectos de las simulaciones en este tramo fue necesario suponer una válvula controladora de presión ya que el SOFTWARE solo tiene una aproximación de las curvas de las bombas, pero desconoce el límite de operación de las mismas, solo con la utilización de esta válvula es posible limitar el funcionamiento de la bomba al intervalo real de operación.

5.1.1.2.3 TRAMO STM-POZ

El tramo desde San Tomé hacia Puerto Ordaz consta de una tubería de 12 pulgadas de diámetro nominal, con una longitud de 200 Km que conecta a las plantas de San Tomé y Puerto Ordaz, tiene dos bombas principales dispuestas en la siguiente configuración:

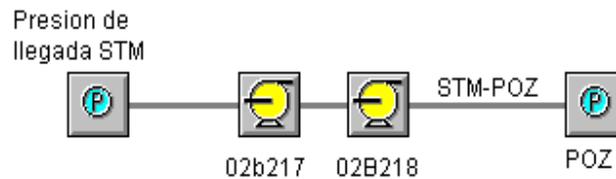


Figura 15 Tramo STM-POZ

5.1.1.2.4 TRAMO STM-CDB

Este tramo utiliza las mismas instalaciones que el tramo STM-POZ y en este estudio es considerado como un solo tramo hasta Ciudad Bolívar ya que no existe rebombero intermedio, en Puerto Ordaz existe un cambio de diámetro a 8 pulgadas, el tramo desde Puerto Ordaz hacia Ciudad Bolívar tiene una longitud de 70 Km lo cual en total, da un tramo de 270 Km. Estas instalaciones están dispuestas de la siguiente manera:

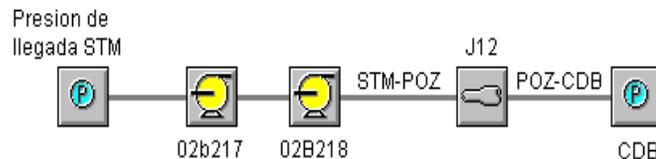


Figura 16 Tramo STM-CDB

5.1.1.3 CALCULO DEL ALMACENAMIENTO MÍNIMO REQUERIDO.

Basado en la política de inventario suministrada y en el almacenamiento disponible por planta se evaluaron las capacidades de almacenamiento para cada producto comparándola con los volúmenes que se deberán almacenar para satisfacer la demanda pronosticada en los próximos años, de esta manera se logra evaluar si la capacidad de almacenamiento disponible es suficiente o será necesaria la implantación de nuevos tanques en el futuro. El almacenamiento necesario fue calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V_{alm.nec.} [BBL] = V_{dem_diaria} [BBL / dia] \times Dias_{inventario} [dia]$$

5.1.2 RESULTADOS.

5.1.2.1 CAUDALES MAXIMOS

Los resultados obtenidos de la simulación de flujo de los casos antes mencionados se muestran recopilados en la siguiente tabla:

Tramo	Longitud	Qmax	
	[Km]	BPH	m ³ /s
PLC-STM	162	4150	0.1833
STM-MAT	168	940.1	0.0415
STM-POZ	200	1992	0.0879
STM-CDB	270	1090	0.0481

En el Anexo I se encuentran los reportes de las simulaciones realizadas.

5.1.2.2 ALMACENAMIENTO MÍNIMO NECESARIO

Los resultados de los cálculos de la capacidad de almacenamiento necesaria de cada una de las plantas de Sisor arrojan la necesidad de almacenamiento para el producto GSP en la planta de STM a partir del año 2009.

En la tabla 40 se muestran los resultados en MDB.

En la tabla 41 se muestran los resultados en m³.

Tabla 40 Almacenamiento mínimo necesario [MBD]

		CAPACIDAD	ALMACENAMIENTO NECESARIO									
			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		DISP. [MB]										
STM	OPTIMA	117.88	14.06	16.68	19.22	21.81	24.43	27.06	29.69	32.31	34.94	37.57
	POPULAR	189.00	11.15	13.45	15.60	17.61	19.61	21.62	23.62	25.63	27.63	29.64
	GSP	20.00	2.88	5.12	7.35	9.51	11.67	13.83	15.99	18.14	20.30	22.46
	DIESEL	128.40	14.44	16.93	19.84	22.42	25.05	27.55	30.30	32.93	35.56	38.18
MAT	OPTIMA	112.00	42.77	44.16	45.77	47.32	48.87	50.42	51.97	53.52	55.07	56.62
	POPULAR	54.88	26.52	26.08	25.63	25.18	24.73	24.28	23.84	23.39	22.94	22.49
	GSP	20.00	0.87	1.52	2.17	2.75	3.32	3.90	4.48	5.06	5.63	6.21
	DIESEL	112.00	25.19	28.13	30.65	32.31	33.09	34.75	35.97	37.78	39.51	41.00
POZ	OPTIMA	125.00	39.36	40.78	42.19	43.60	45.01	46.42	47.83	49.24	50.85	52.06
	POPULAR	161.00	26.74	23.45	20.12	19.13	18.14	17.16	16.17	15.18	14.19	13.20
	GSP	45.00	1.32	2.22	3.11	4.01	4.90	5.79	6.68	7.57	8.46	9.36
	DIESEL	113.00	38.79	39.98	40.04	40.38	40.72	41.91	43.10	44.29	45.48	46.67
CDB	OPTIMA	85.55	19.68	20.94	22.19	23.45	24.71	25.75	27.22	28.48	29.73	30.98
	POPULAR	81.00	16.48	15.12	13.77	12.41	11.06	9.70	8.35	6.99	5.64	4.28
	DIESEL	71.50	11.42	10.87	9.80	9.47	9.13	8.79	8.46	7.90	7.78	7.45

Tabla 41 Almacenamiento mínimo necesario [m³]

		CAPACIDAD	ALMACENAMIENTO NECESARIO									
			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		DISP. [MB]										
STM	OPTIMA	18741.4	2235.5	2651.6	3056.0	3466.8	3884.4	4302.1	4719.7	5137.4	5555.1	5972.7
	POPULAR	30048.6	1772.5	2138.5	2480.5	2799.3	3118.1	3437.0	3755.8	4074.6	4393.5	4712.3
	GSP	3179.7	458.3	813.3	1168.8	1512.0	1855.2	2198.3	2541.4	2884.6	3227.7	3570.9
	DIESEL	20414.0	2295.2	2690.9	3154.0	3564.8	3982.5	4380.5	4817.8	5235.5	5653.1	6070.8
MAT	OPTIMA	17806.6	6800.4	7020.9	7277.6	7523.9	7769.1	8016.4	8262.6	8508.8	8755.1	9001.3
	POPULAR	8725.2	4216.9	4145.7	4074.5	4003.3	3932.0	3860.8	3789.6	3718.4	3647.1	3575.9
	GSP	3179.7	138.9	242.2	344.7	436.5	528.3	620.1	711.9	803.7	895.5	987.3
	DIESEL	17806.6	4005.3	4472.5	4872.7	5136.8	5260.9	5525.0	5719.1	6007.1	6282.3	6518.4
POZ	OPTIMA	27186.8	6258.4	6482.7	6707.1	6931.4	7155.7	7380.1	7604.4	7828.7	8084.7	8277.4
	POPULAR	25597.0	4251.2	3728.4	3199.2	3041.8	2884.7	2727.5	2570.4	2413.2	2256.1	2099.0
	GSP	0.0	210.5	353.3	495.1	636.9	778.7	920.4	1062.2	1204.0	1345.7	1487.5
	DIESEL	17965.6	6167.3	6356.5	6365.5	6419.6	6473.6	6662.8	6852.0	7041.2	7230.4	7419.6
CDB	OPTIMA	13601.4	3128.8	3328.6	3528.4	3728.2	3928.0	4093.9	4327.5	4527.3	4727.1	4925.3
	POPULAR	12878.0	2619.8	2404.3	2188.8	1973.4	1757.9	1542.4	1326.9	1111.4	895.9	680.5
	DIESEL	11367.6	1816.1	1728.4	1558.4	1504.9	1451.4	1397.9	1344.4	1255.5	1237.5	1184.0

5.2 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

La filosofía de operación del Sisor estipula cada uno de los parámetros necesarios para la operación del sistema. Actualmente, esta filosofía contempla entre otros factores, el tiempo de bombeo, horarios de trabajo, personal necesario, labores de cada trabajador, distribución de las actividades, etc. De todos los factores que esta involucra se debe tomar especial atención en uno que es capaz de alterar las capacidades de

transporte del sistema, como lo es el tiempo de operación. Actualmente SISOOR funciona durante 24 horas al día y 5 días a la semana

Se tomarán escenarios de operación de 5 días/semana, 6 días/semana y 7 días/semana para luego compararlos y definir con cual filosofía de operación se aprovecha al máximo el uso de las instalaciones existentes.

5.2.1 CALCULO DE LOS CAUDALES OPERACIONALES MINIMOS REQUERIDOS PARA SATISFACER LA DEMANDA.

Basándose en los pronósticos de demanda suministrados se puede calcular el caudal operacional en el que debe operar el sistema cada año para satisfacer la demanda. Esto se logra obteniendo los volúmenes que se deben suministrar a cada planta año tras año y tomando en cuenta un modo de operación continuo de 261 días al año (5 días por semana); los caudales son calculados de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q_{Operacional} = \frac{Q_{Demanda} \times 365(d / año)}{261(d / año)}$$

Este caudal operacional fue calculado por planta y comparado con los caudales máximos del sistema lo cual permite realizar una aproximación del tiempo operacional en que puede continuar el sistema, bajo el modo de operación en estudio, cumpliendo con los requerimientos de la demanda pronosticada.

Luego se procede análogamente a calcular los caudales operacionales suponiendo una filosofía de operación de 6 días/semana y de 7 días/semana para lo que se sustituye el valor del denominador en la ecuación del Q_{op} . por 313 días, y 365 días respectivamente.

5.2.2 RESULTADOS

El límite del Poliducto fue calculado en base a la presión máxima permisible de trabajo de cada Poliducto.

Los caudales operacionales obtenidos reflejan una insuficiencia del sistema para transportar la capacidad requerida bajo la operación de 5 días/semana, razón por la cual, se calcularon caudales operacionales suponiendo una filosofía de operación que contemple el bombeo durante 6 y 7 días/semana.

Los cálculos resultantes de este estudio se muestran a continuación.

Las hojas de calculo que respaldan estos resultados se encuentran en el Anexo II.

5.2.2.1 Operación Actual (5 días/semana)

A continuación se muestran los caudales operacionales obtenidos bajo una filosofía de operación de 5 días a la semana.

5.2.2.1.1 TRAMO PLC-STM

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.1200	0.1321	0.1438	0.1558	0.1674	0.1796	0.1918	0.2039	0.2161	0.2282
Q_{op} [BPH]	2718.3	2990.8	3257.1	3526.7	3790.8	4065.8	4342.1	4617.5	4894.2	5166.3

Al comparar estos valores obtenidos con los del caudal máximo del Poliducto, tomando en cuenta el factor de utilización (95%) se observa que para el año 2006 ya es insuficiente la capacidad del Poliducto para satisfacer la demanda pronosticada en este tramo. En la gráfica que se presenta a continuación se observa claramente el resultado.

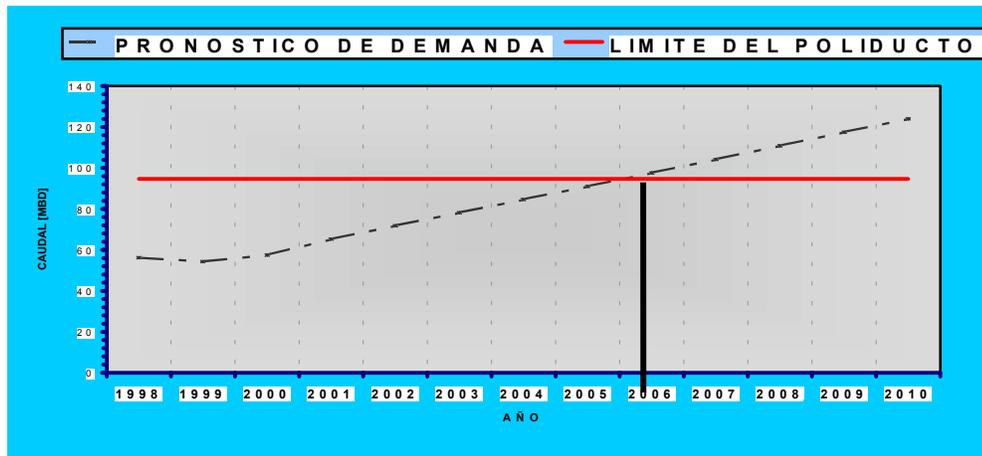


Tabla 43 PLC-STM Demanda vs. Límite max. 5 días/sem.

5.2.2.1.2 TRAMO STM-MAT

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0399	0.0431	0.0462	0.0488	0.0510	0.0536	0.0560	0.0587	0.0613	0.0638
Q_{op} [BPH]	904.2	976.6	1047.0	1105.4	1155.9	1214.2	1268.7	1328.3	1387.3	1444.1

En este tramo se observa que en la actualidad ya demuestra problemas por lo que ha sido necesario adecuar la filosofía de operación a un modo de operación continuo de 6 días/semana para cubrir los requerimientos de dicho tramo del Poliducto. Los resultados que respaldan lo anteriormente dicho se muestran más adelante en el estudio de operación de 6 días/semana.

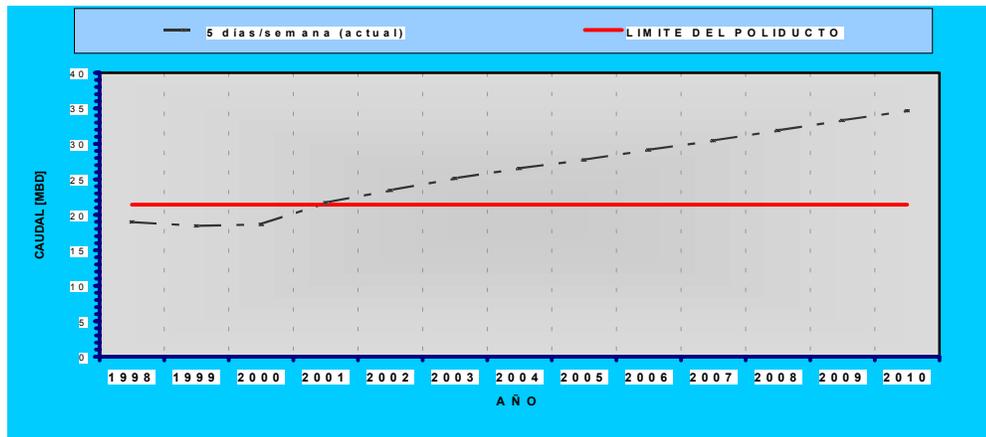


Figura 17 STM-MAT Demanda vs. Limite 5 días/sem.

5.2.2.1.3 TRAMO STM-POZ

Tabla 45 Caudales operacionales STM-POZ 5 días/semana

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0505	0.0527	0.0545	0.0573	0.0602	0.0633	0.0665	0.0694	0.0725	0.0755
Q_{op} [BPH]	1144.3	1192.6	1233.4	1297.7	1363.3	1433.4	1505.0	1572.1	1641.9	1708.7

El caso de STM-POZ no reporta ningún problema como se observa en la gráfica a continuación, el caudal operacional no intercepta el límite del Poliducto.

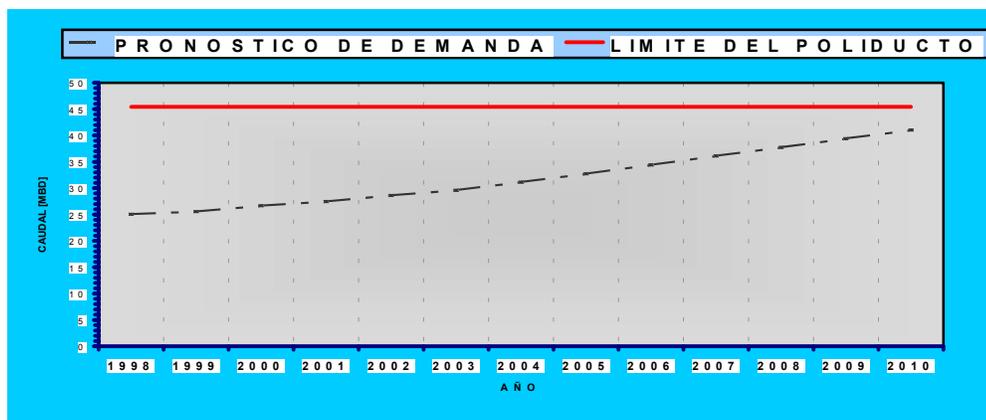


Figura 18 STM-POZ Demanda vs. Limite 5 días/sem

5.2.2.1.4 TRAMO STM-CDB

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0147	0.0149	0.0149	0.0153	0.0157	0.0160	0.0163	0.0165	0.0168	0.0171
Q_{op} [BPH]	332.1	336.4	338.2	346.4	354.6	361.5	370.0	374.0	381.5	386.5

Al igual que en el caso anterior el tramo STM-CDB no reporta ningún problema ya que el caudal operacional no intercepta al límite del Poliducto.

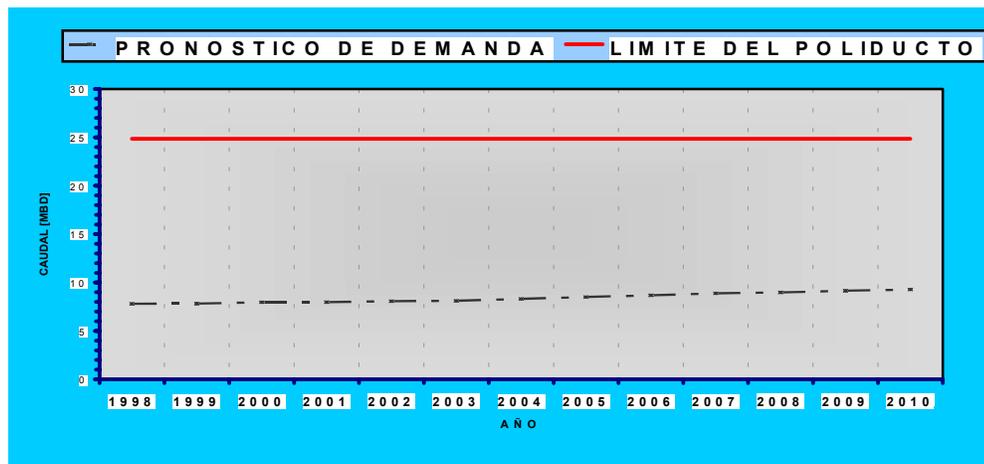


Figura 19 STM-CDB Demanda vs. Limite 5 días/sem.

5.2.2.2 Operación durante 6 días/semana

Suponiendo una operación continua del sistema durante 6 días a la semana (313 día/año) se realizan los cálculos análogos al punto anterior y se observa que el Poliducto PLC-STM es capaz de satisfacer la demanda hasta el año 2008, sin embargo el Poliducto STM-MAT presenta insuficiencias a partir del año 2004 por lo que esta operación podría representar una solución temporal.

5.2.2.2.1 TRAMO PLC-STM

Tabla 47 Caudales operacionales PLC-STM 6 días/semana										
AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{OP} [m ³ /s]	0.1001	0.1101	0.1199	0.1299	0.1396	0.1497	0.1599	0.1700	0.1802	0.1903
Q_{OP} [BPH]	2266.7	2494.0	2715.9	2940.8	3161.2	3390.4	3620.8	3850.2	4081.2	4307.9

Para este tramo, bajo esta filosofía de operación, se observa una intersección de la demanda con el sistema para el año 2008 lo cual daría un poco de holgura para resolver el problema inmediato. Es una solución temporal del problema presentado.

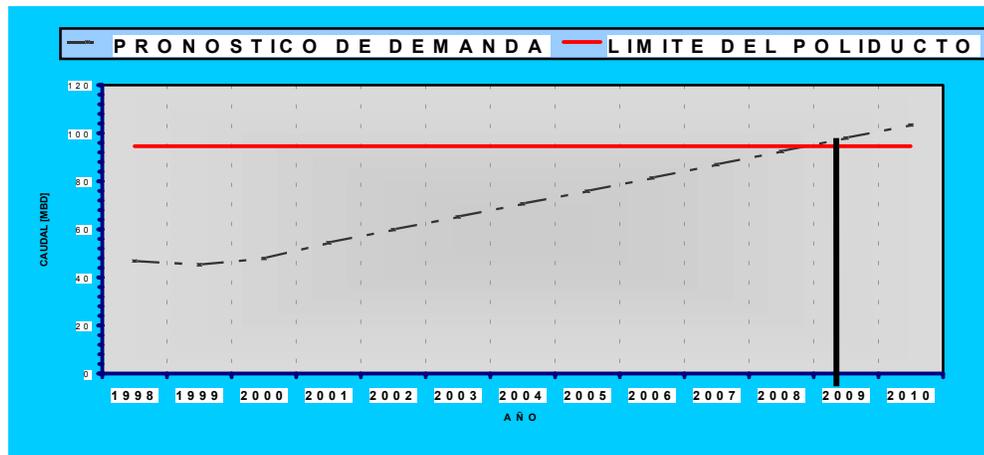


Figura 20 PLC-STM Demanda vs. Limite 6 días/sem

5.2.2.2.2 TRAMO STM-MAT

Tabla 48 Caudales operacionales STM-MAT 6 días/semana										
AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{OP} [m ³ /s]	0.0333	0.0360	0.0386	0.0407	0.0426	0.0447	0.0467	0.0489	0.0511	0.0532
Q_{OP} [BPH]	754.0	814.4	873.1	921.7	963.8	1012.5	1057.9	1107.7	1156.8	1204.1

Se observa que con esta filosofía se obtiene una holgura para resolver el problema inmediato. Al igual que en el caso anterior representa una alternativa como solución temporal al problema.

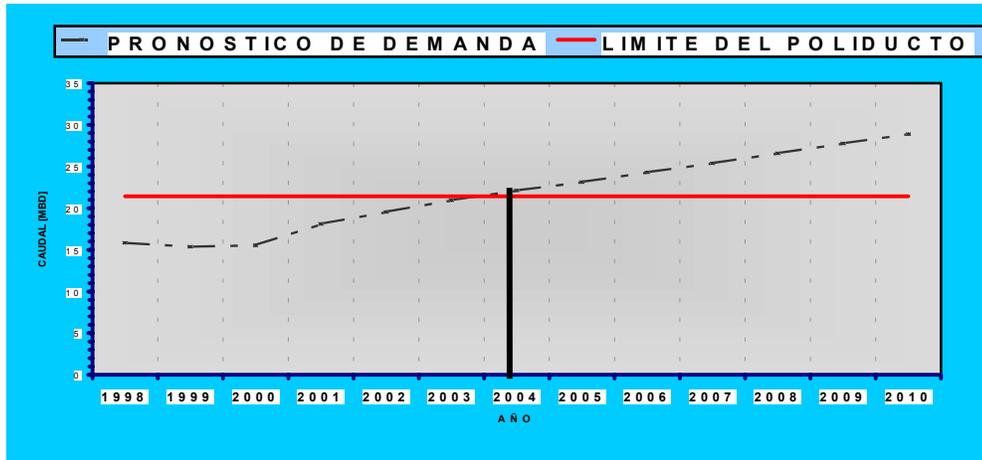


Figura 21 STM-MAT Demanda vs. Limite 6 días/sem

5.2.2.2.3 TRAMO STM-POZ

Tabla 49 Caudales operacionales STM-POZ 6 días/semana

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{OP} [m ³ /s]	0.0421	0.0439	0.0454	0.0478	0.0502	0.0528	0.0554	0.0579	0.0605	0.0629
Q_{OP} [BPH]	954.2	994.5	1028.5	1082.1	1136.8	1195.3	1255.0	1310.9	1369.1	1424.8

Se observa que los caudales operacionales obtenidos bajo este modo de operación no producen una intersección con el límite del Poliducto.

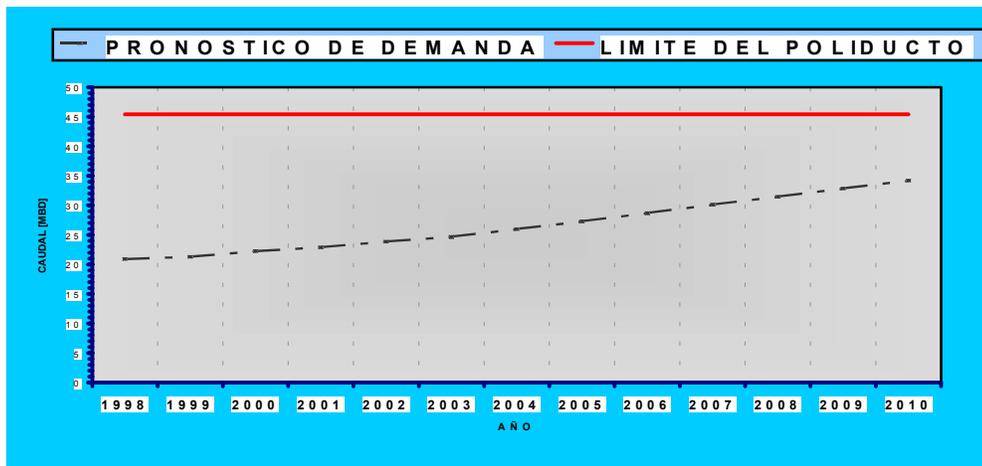


Figura 22 STM-POZ Demanda vs. Limite 6 días/sem.

5.2.2.2.4 TRAMO STM-CDB

Tabla 50 Caudales operacionales STM-CDB 6 días/semana										
AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0122	0.0124	0.0125	0.0128	0.0131	0.0133	0.0136	0.0138	0.0140	0.0142
Q_{op} [BPH]	277.0	280.5	282.0	288.8	295.7	301.5	308.6	311.8	318.1	322.3

Al igual que en el caso anterior se observa que los caudales operacionales no interceptan el límite del Poliducto.

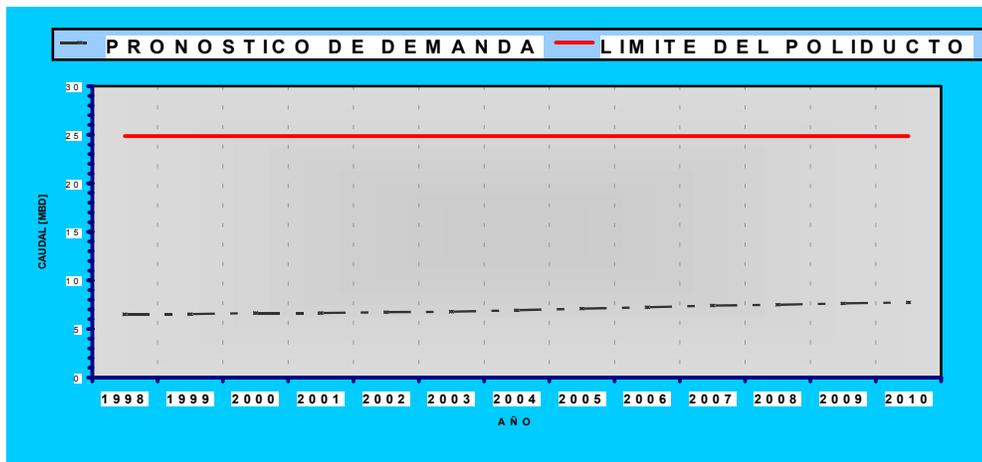


Figura 23 STM-CDB Demanda vs. Limite 6 días/sem

5.2.2.3 Operación durante 7 días/semana

5.2.2.3.1 TRAMO PLC-STM

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0858	0.0945	0.1029	0.1114	0.1197	0.1284	0.1371	0.1458	0.1546	0.1631
Q_{op} [BPH]	1943.8	2138.7	2329.0	2521.8	2710.8	2907.4	3105.0	3301.7	3499.8	3694.2

Se observa que los caudales operacionales no interceptan el límite del Poliducto.

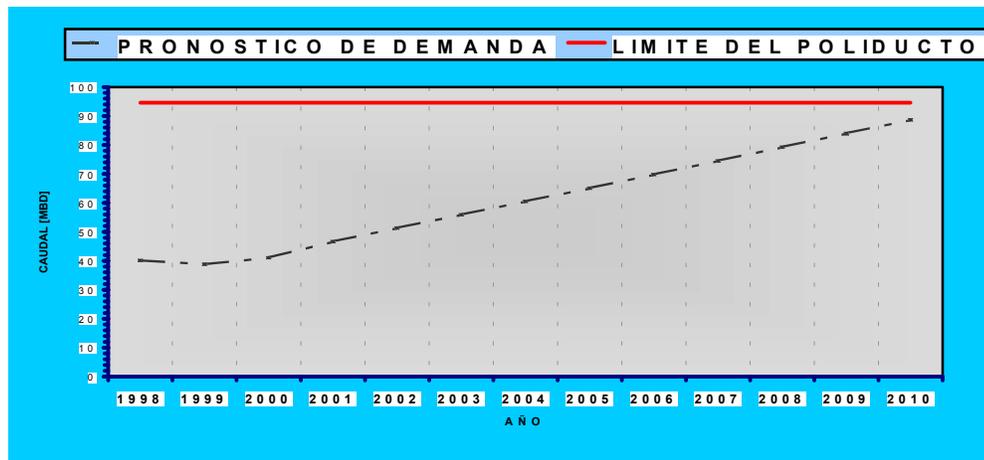


Figura 24 PLC-STM Demanda vs. Limite 7 días/sem

5.2.2.3.2 TRAMO STM-MAT

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0286	0.0308	0.0331	0.0349	0.0365	0.0383	0.0401	0.0420	0.0438	0.0456
Q_{op} [BPH]	646.6	698.3	748.7	790.4	826.5	868.3	907.2	949.9	992.0	1032.6

Con esta filosofía de operación se obtiene una holgura hasta el año 2006 lo que representa una solución para el problema a corto plazo en el sistema, dicha filosofía deberá ser implantada en el momento en que la operación de 6 días/semana sea insuficiente.

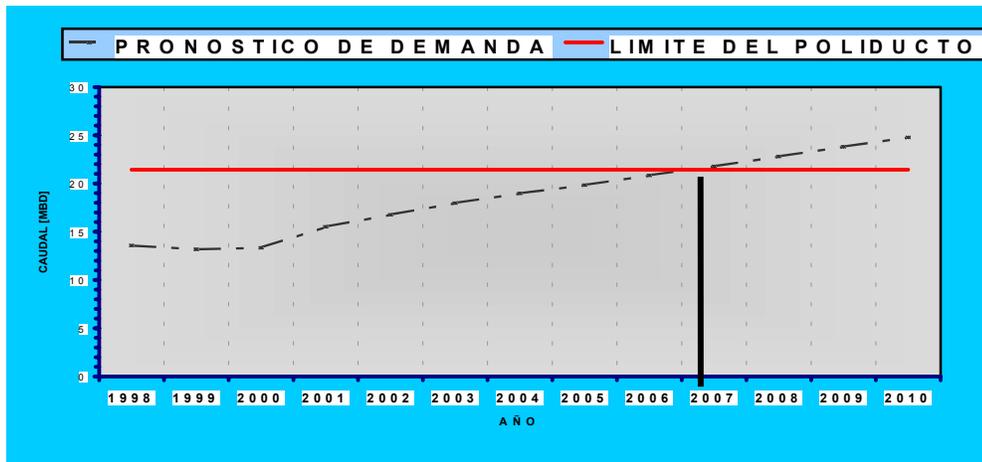


Figura 25 STM-MAT Demanda vs. Limite 7 días/sem.

5.2.2.3.3 TRAMO STM-POZ

Tabla 53 **Caudales operacionales STM-POZ 7 días/semana**

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0361	0.0377	0.0390	0.0410	0.0431	0.0453	0.0475	0.0496	0.0518	0.0540
Q_{op} [BPH]	818.3	852.8	882.0	928.0	974.8	1025.0	1076.2	1124.2	1174.0	1221.8

Se observa que bajo esta filosofía de operación no se produce una intersección entre los caudales operacionales del Poliducto y el límite de operación del mismo.

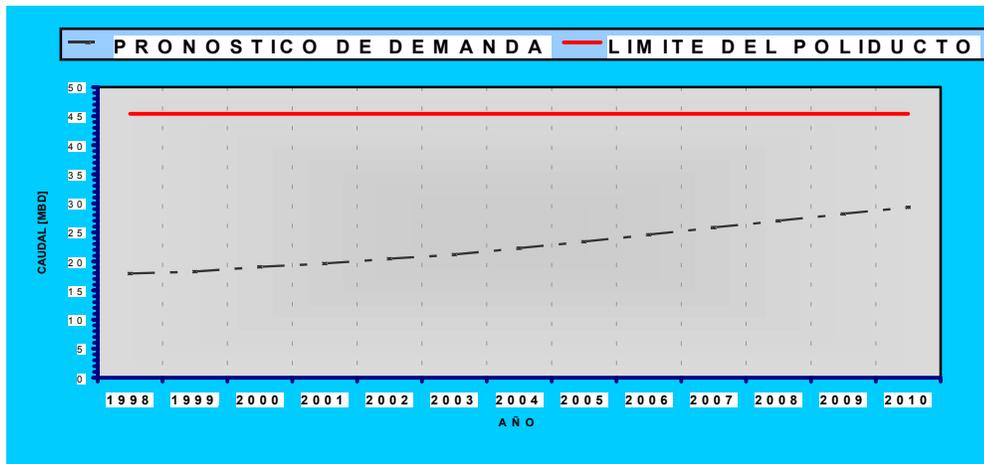


Figura 26 STM-POZ Demanda vs. Limite 7 días/sem.

5.2.2.3.4 TRAMO STM-CDB

Tabla 54 Caudales operacionales STM-CDB 7 días/semana

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Q_{op} [m ³ /s]	0.0105	0.0106	0.0107	0.0109	0.0112	0.0114	0.0117	0.0118	0.0120	0.0122
Q_{op} [BPH]	237.5	240.5	241.9	247.7	253.5	258.5	264.6	267.4	272.8	276.4

Al igual que en el caso anterior los caudales operacionales no interceptan el límite del Poliducto.

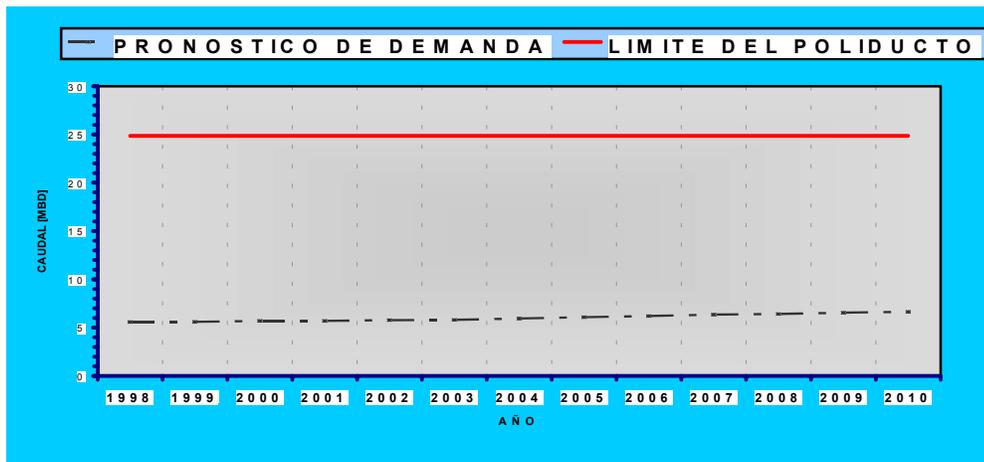


Figura 27 STM-CDB Demanda vs. Limite 7 días/sem

5.2.2.4 TABLA COMPARATIVA

Tabla 55 Tabla comparativa [BPH]

Tramo	Longitud [Km]	Qmax [BPH]	Q. Operacional necesario 2010 [BPH]	
			5 días/semana	7 días/semana
PLC-STM	162	4150	5166.3	3694.2
STM-MAT	168	940.1	1444.1	1032.5
STM-POZ	200	1992	1708.3	1221.7
STM-CDB	270	1090	386.5	276.25

Tabla 56 Tabla comparativa [m³/s]

Tramo	Longitud [Km]	Qmax [m ³ /s]	Q. Operacional necesario 2010 [m ³ /s]	
			5 días/semana	7 días/semana
PLC-STM	162	0.1832	0.2282	0.1631
STM-MAT	168	0.0415	0.0638	0.0456
STM-POZ	200	0.0879	0.0755	0.0540
STM-CDB	270	0.0481	0.0171	0.0122

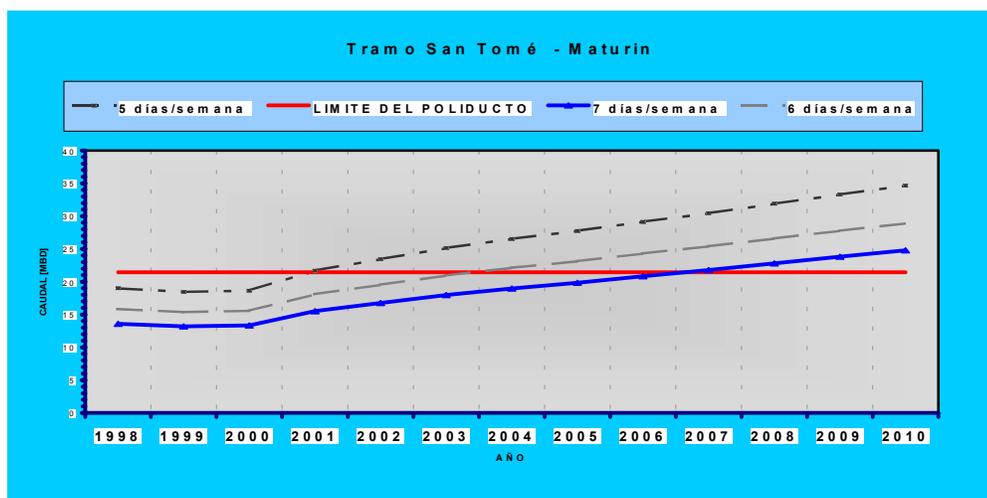


Figura 28 STM-MAT Demanda vs. Limite Cuadro Comparativo

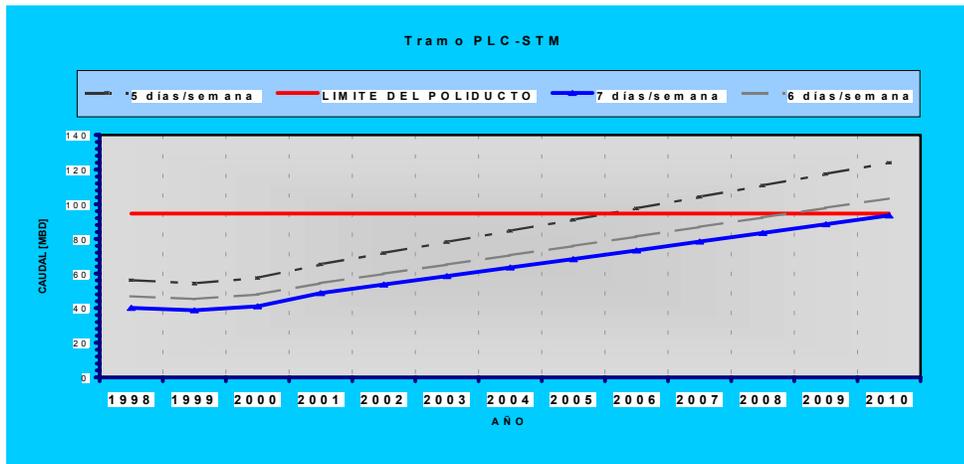


Figura 29 PLC-STM Demanda vs. Limite Cuadro Comparativo

5.3 Tamaño del lote de productos

5.3.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

La determinación del tamaño del lote de cada uno de los productos, establece los siguientes requerimientos:

- Determinar los porcentajes de contaminación permisibles de la interfase en cada uno de los productos.
- Establecer la secuencia de productos en el lote que implique la menor generación de interfase.
- Calcular la interfase generada en cada uno de los Poliductos, por el bombeo de los caudales operacionales resultantes de la demanda proyectada hasta el año 2010.

5.3.1.1 PORCENTAJES DE CONTAMINACIÓN

El porcentaje de contaminación permisible en los productos es indicativo de la tolerancia ó compatibilidad entre ellos. El producto base, es aquel donde se dosificará el producto o contenido de la interfase. Cuanto menor es el porcentaje permisible de interfase en el producto base, mayor será el tamaño del lote del producto base requerido para su dosificación.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de contaminación permisibles del producto contenido en la interfase, en el producto base, según diseño:

	Popular	Optima	Diesel	Jet-A1
Popular	-	100	1.5	2
Optima	1	-	0.2	0.3
Diesel	0.3	0.3	-	3
GSP	1.3	1.3	-	-
Jet-A1	1.5	1.5	2	-

De la tabla anterior, se concluye que las interfase que más conviene generar, son las que poseen mayor porcentaje permisible de dosificación en los productos bases, por requerir un menor tamaño de lote del producto.

La interfase generada entre GSP – G. Popular puede ser dosificada en un 1.3% en la G. Popular. Esta interfase no representa un problema para el sistema ya que los tamaños de lote de G. Popular son mucho mayores que los de GSP, por lo tanto no hay restricciones en cuanto al tamaño de lote de GSP.

La interfase generada entre G. Popular - G. Optima, puede ser dosificada en un 100% en la G. Popular, por lo tanto no hay restricciones en el tamaño del lote de G. Popular.

En el caso del diesel, la interfase más conveniente es G. Popular - Diesel, por tener un porcentaje de contaminación permisible del 1.5% en G. Popular, a diferencia de la interfase G. Optima- Diesel, cuyo porcentaje es solamente de 0.2% en G. Optima, por lo tanto el tamaño del lote requerido de G. Optima que permita dosificar esta interfase es 7.5 veces mayor.

La interfase generada entre Jet-A1-Diesel, será dosificada en el Diesel, que es el producto base que presenta mayor porcentaje de contaminación permisible. Además, los tamaños de lote del Diesel son mucho mayores que los del Jet-A1, lo cual elimina los problemas en la dosificación de esta interfase, sin embargo, los pronósticos de demandas reflejan una tendencia a la desaparición de la demanda de Jet A1 en las plantas del SISOOR por lo que se dejaría de generar esta interfase.

5.3.2 SECUENCIA DE PRODUCTOS EN EL LOTE

Basados en los porcentajes de contaminación permisibles analizados en el punto anterior, las interfases que se deben producir son:

G. Popular- G. Optima, G. Popular- Diesel, Diesel- Jet-A1, GSP - G. Popular

Para ello, la secuencia de productos en el lote debe ser:

G. Optima - GSP – G. Popular - Diesel- Jet-A1- Diesel - G. Popular- GSP - G. Optima

Este arreglo permitiría obtener las interfases que tienen los mayores porcentajes de dosificación en el producto base.

Para fines del estudio, se consideró que la interfase generada entre G. Optima- G. Popular, no tiene problemas ya que será dosificada en un 100% en G. Popular. En el caso de la interfase generada entre Diesel- Jet-A1, tampoco se considera problemática, debido a la gran diferencia entre los tamaños de lote de ambos productos, ésta se podrá dosificar en un 100% en el Diesel. La interfase generada entre GSP y G. Popular tampoco será considerada problemática debido a la gran diferencia entre los tamaños de lote de ambos productos, esta podrá ser dosificada en un 100% en G.

Popular. La interfase generada entre G. Optima y GSP también sera dosificada en G. Popular en un 100%.

Por lo tanto el único caso de estudio, es la interfase generada entre G. Popular- Diesel, el cual será desarrollado a continuación.

5.3.3 GENERACION DE INTERFASE EN CADA UNO DE LOS POLIDUCTOS

La interfase estudiada, es la generada por el bombeo consecutivo de los productos G. Popular- Diesel en cada uno de los Poliductos. Fue calculada para el modo de operación discontinuo. La data involucrada en el cálculo de la interfase es: el caudal de bombeo, el diámetro y la longitud del tubo y la viscosidad de los productos que la conforman, como se puede apreciar, la única variable es el caudal de bombeo, ya que los demás datos permanecen constantes.

A continuación se encuentran los resultados obtenidos en el cálculo de la interfase generada para cada año, en cada uno de los tramos del Poliducto.

En la tabla 57 el valor de la interfase esta dado en barriles.

En la tabla 58 el valor de la interfase esta dado en m³.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PLC-STM	611	606	600	596	591	587	583	580	577	573
STM-MAT	144	143	142	141	140	140	139	139	138	137
STM-POZ	415	413	412	410	408	406	404	402	400	399
POZ-CDB	96	96	96	96	95	95	95	95	95	95
TOTAL	1266	1258	1250	1243	1234	1228	1221	1216	1210	1204

Tabla 59 **Generación de interfase [m³]**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PLC-STM	97.14	96.35	95.39	94.76	93.96	93.33	92.69	92.21	91.74	91.10
STM-MAT	22.89	22.74	22.58	22.42	22.26	22.26	22.10	22.10	21.94	21.78
STM-POZ	65.98	65.66	65.50	65.18	64.87	64.55	64.23	63.91	63.59	63.44
POZ-CDB	15.26	15.26	15.26	15.26	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10
TOTAL	201	200	199	198	196	195	194	193	192	191

Como se puede observar el volumen de la interfase generada disminuye paulatinamente con los años, aunque no de manera apreciable, a medida que aumenta el caudal de bombeo de los productos.

La razón de estos cálculos y de allí su importancia, es determinar el tamaño del lote que permite dosificar el volumen total de la interfase generada.

5.3.4 DETERMINACION DEL TAMAÑO DEL LOTE DE PRODUCTOS

El tamaño óptimo del lote de productos, es aquel que permite dosificar totalmente las interfases generadas en los Poliductos, en el producto base. El caso a estudiar es la interfase generada correspondiente a G. Popular - Diesel, la cual será dosificada en la G. Popular, con un porcentaje de contaminación permisible de 1.5%.

Para efectos del estudio, se tomará como base la dosificación de la interfase generada en el año 2001, que es el caso más desfavorable.

Para el año 2001, la demanda de G. Popular en cada una de las plantas es la siguiente:

STM = 3010 BPD (478.55 m³)

MAT = 4140 BPD (658.21 m³)

POZ = 3180 BPD (505.58 m³)

CDB = 1540 BPD (244.84 m³)

Considerando un tamaño de lote de siete (7) días se tiene:

$$\text{STM} = 3010 \text{ BPD} \times 7 = 21070 \text{ BBL} \quad (3349.86 \text{ m}^3)$$

$$\text{MAT} = 4140 \text{ BPD} \times 7 = 28980 \text{ BBL} \quad (4607.45 \text{ m}^3)$$

$$\text{POZ} = 3180 \text{ BPD} \times 7 = 22260 \text{ BBL} \quad (3539.06 \text{ m}^3)$$

$$\text{CDB} = 1540 \text{ BPD} \times 7 = 10780 \text{ BBL} \quad (1713.88 \text{ m}^3)$$

Para un porcentaje de contaminación permisible de 1.5% se observa que los volúmenes de interfase que se pueden dosificar en este tamaño de lote corresponden a:

$$\text{STM} = 21070 \text{ BBL} \times 1.5 \times 2/100 = 632 \text{ BBL} \quad (100.48 \text{ m}^3)$$

$$\text{MAT} = 28980 \text{ BBL} \times 1.5 \times 2/100 = 869 \text{ BBL} \quad (138.16 \text{ m}^3)$$

$$\text{POZ} = 22260 \text{ BBL} \times 1.5 \times 2/100 = 668 \text{ BBL} \quad (106.20 \text{ m}^3)$$

$$\text{CDB} = 10780 \text{ BBL} \times 1.5 \times 2/100 = 323 \text{ BBL} \quad (51.35 \text{ m}^3)$$

Como la interfase es una mezcla de 50% de los dos productos, la contaminación es la mitad del porcentaje permitido, es por eso que se multiplica por dos (2).

Comparando el volumen de interfase generada, con el volumen que permite dosificar el lote de siete (7) días, se encuentra que el volumen generado es menor que el volumen dosificable, por lo tanto se concluye que el tamaño de lote óptimo es de siete (7) días, correspondiendo al menor tamaño de lote.

Tabla 60 **Tabla comparativa [BBL]**

Poliducto	Interfase generada	Interfase dosificable
PLC-STM	611	632
STM-MAT	144	869
STM-POZ	415	668
POZ-CDB	96	323
TOTAL	1266	2492

Tabla 61 **Tabla comparativa [m³]**

Poliducto	Interfase generada	Interfase dosificable
PLC-STM	97.14	100.48
STM-MAT	22.89	138.16
STM-POZ	65.98	106.20
POZ-CDB	15.26	51.35
TOTAL	201	396.19

Se observa que la interfase generada en cada uno de los tramos del Poliducto puede ser dosificada en cada una de las plantas correspondientes, se puede concluir que si cada planta dosifica la porción de interfase que le corresponde el sistema no tendrá problemas de excedentes de interfase hasta el año 2010.

De esta manera, la interfase producida quedará 100% dosificada. Esta distribución se debe mantener a lo largo de todos los años.

Para hacer posible lo antes descrito se debe tener presente que se debe enviar un volumen mínimo para que esta interfase pueda ser dosificada en un volumen existente de los productos, para esto el tamaño del lote debe ser de:

$$\text{Tamaño del lote mínimo} = \frac{\text{Volumen Interfase}}{\% \text{Contaminación}}$$

$$\text{Tamaño del lote mínimo} = \frac{611.440645}{0.015} = 40762.70 \text{ Bbls.}$$

Tamaño del lote mínimo es de 40762.70 BBL

Tamaño del lote mínimo es de 6480.75 m³.

Las demandas totales diarias de los productos por planta es la siguiente:

STM = 11490 BBL	(1826.76 m ³)
MAT= 15510 BBL	(2465.89 m ³)
POZ = 13920 BBL	(2213.10 m ³)
CBD = 4560 BBL	(724.98 m ³)
PAY = 1140 BBL	(181.25 m ³)
TOTAL = 46620 BBL/Día	(7411.99 m ³ /día)

Para un total anual de:

$$\text{Total anual} = 46620 \text{ BBL/Día} \times 365 \text{ días/año} = 17016300 \text{ BBL/Año}$$

$$\text{Total anual} = 7411.99 \text{ m}^3/\text{día} \times 365 \text{ días/año} = 2705375 \text{ m}^3/\text{año}$$

Con este total anual y el tamaño del lote mínimo necesario se puede determinar el número de lotes anuales que debe ser enviado a través del Poliducto a cada una de las plantas de la siguiente manera:

$$\# \text{.Lotes} = \frac{\text{Total.Anual}}{\text{LoteMínimo}}$$

$$\# \text{ Lotes} = \frac{17016300}{40762.70} = 417.45 \text{ Lotes}$$

Este número de lotes corresponde al número de lotes de todos los productos. Este número será dividido entre cuatro que es el número de productos que son enviado a través del Poliducto con mayor frecuencia. Del producto de dicha división se obtendrá el número de lotes (bach) que será enviado a través del Poliducto.

$$\# \text{ Lote.por.Pr oducto} = \frac{417.45}{4} = 104 \text{ Lotes / Anuales}$$

Se considera que un año tiene 52 semana de trabajo lo cual daría un total de 2 lotes por semana; aproximadamente un lote cada 2 días.

Los cálculos que respaldan los resultados arriba expuestos se muestran en el Anexo III

CAPITULO VI.- Evaluación de las Opciones

6.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación hidráulica es necesario el desarrollo de nuevas infraestructuras para aumentar la capacidad de transporte del SISO. Las mejores opciones para resolver el problema presentado, considerando factores económicos y el criterio de ingeniería se sintetizan a continuación:

- Instalación de una estación de bombeo intermedio en los tramos de PLC-STM y STM-MAT
- Instalación de una tubería paralela a la existente en los tramos PLC-STM y STM-MAT
- Envío de los productos excedentes a la planta de distribución Maturín a través de camiones cisternas.
- Instalación de una nueva tubería a través de los corredores de crudo que van directamente desde PLC hacia MAT.

Para lograr una comparación objetiva es necesario:

- Determinar la cantidad de productos que es capaz de transportar cada una de las opciones, a su máxima capacidad, a cada una de las plantas del Poliducto SISO.
- Comparar las cantidades calculadas con la demanda pronosticada de productos, y en caso de no cumplir con la demanda por lo menos hasta el año 2010, desechar la Opción.
- En caso de que una opción sea capaz de satisfacer la demanda pronosticada mas allá del 2010, se debe determinar hasta que año es capaz de satisfacer, extrapolando los pronósticos de demanda mediante un factor de crecimiento lineal similar a la suministrada por la gerencia de ODV (Organización de Distribución Venezuela).

- Determinar la inversión inicial necesaria para el desarrollo de cada una de las opciones.
- Determinar los costos asociados a la operación, mantenimiento y potencia consumida por cada una de las opciones.
- Graficar año a año todos estos costos asociados para establecer comparaciones en el tiempo.
- Evaluar el valor presente neto de cada una de las opciones y seleccionar la más económica.

6.1.1 EVALUACIÓN TÉCNICA

La evaluación técnica de cada una de las opciones fue llevada a cabo simulando en el paquete AFT FATHOM las diferentes infraestructuras recomendadas en cada una de las opciones, tomando como premisas:

- Presión máxima de trabajo de las tuberías: 1462psi (10080.16 kPa.) (según ANSI B31.4).
- Topografía del terreno en los corredores de tuberías existentes.
- Altura sobre el nivel del mar en cada una de las plantas estudiadas: PLC 35,6 pies (10,85 m); STM 922 pies (281 m); MAT 315 pies (96 m).
- Pronósticos de demanda año a año.
- Temperatura promedio de los fluidos: 83 F (28.3°C).

Los caudales que deben satisfacer cada una de las opciones planteadas en este capítulo fueron calculados en la evaluación hidráulica hasta el año 2010, sin embargo, estos caudales debieron ser extrapolados linealmente de acuerdo a los comportamientos en los años 2002-2010 hasta el año 2021, ya que inversiones de las magnitudes que se mencionaran en la evaluación económica deben ser hechas por lo menos para una vida útil de 20 años. Por esta razón fue necesario realizar un cambio en los alcances del presente trabajo especial que permitirá estimar soluciones reales para el problema planteado.

Todos los respaldos de las simulaciones realizadas se muestran en el Anexo IV.

6.1.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica de las opciones fue realizada de acuerdo a la siguiente metodología:

- Cálculo de la inversión inicial para la instalación de la infraestructura planteada.
- Cálculo de la potencia consumida por los equipos de bombeo necesarios para la operación de cada una de las opciones.
- Cálculo de los costos de operación y mantenimiento (menor y mayor) en cada una de las opciones.
- Cálculo del valor presente neto que representa cada una de las inversiones año a año con un interés fijo (10%) para cada una de las opciones. Este valor será calculado año a año a través de la siguiente ecuación:

$$VPN = \sum_{i=1}^n \frac{\text{valores}}{(1 + \text{tasa})^i}$$

donde los *valores* son las inversiones realizadas año a año y la tasa es del 10% fijo.

6.2 **OPCION 1 Instalación de una estación de rebombeo intermedio en los tramos de PLC-STM y STM-MAT**

6.2.1 Evaluación Técnica:

La instalación de una estación de rebombeo en los tramos antes expuestos será simulada tramo a tramo como un Poliducto independiente para cada uno, evaluando por separado la capacidad de transporte de cada una de las simulaciones.

Para el tramo desde Puerto la Cruz hasta San Tomé se simuló bajo el siguiente esquema:

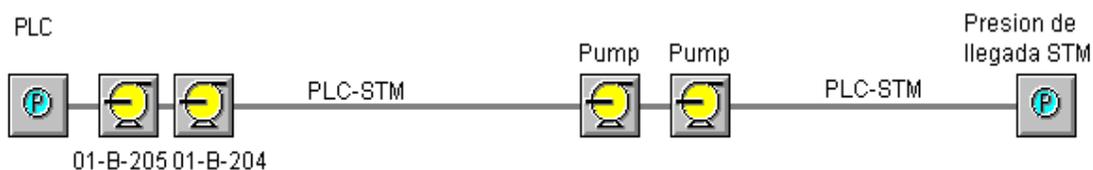


Figura 30 Simulación PLC-STM con rebombeo

Para efectos de la simulación la estación de rebombeo fue ubicada equidistante a la planta PLC y a STM, ya que esta ubicación representa una buena aproximación del lugar mas favorable para aumentar al máximo el caudal.

Luego fue elaborado el perfil de presiones que permite obtener la distancia ideal para la colocación de la planta de rebombeo, también permite evaluar el caudal máximo que se puede obtener a través del Poliducto. El perfil de presiones del tramo PLC-STM se presenta a continuación

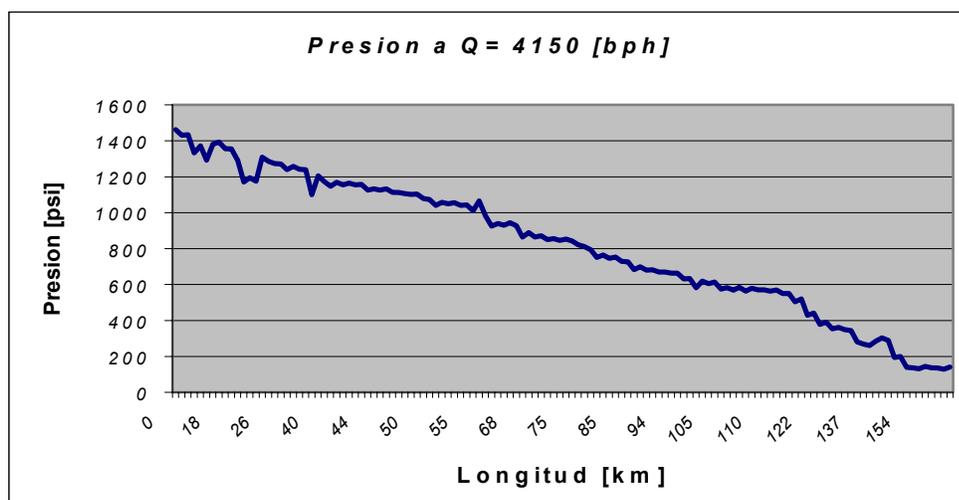


Figura 31 Perfil de presiones PLC-STM (actual)

Si se coloca la estación de rebombeo en el punto medio del Poliducto se observa un incremento del 35,4% en el caudal máximo del Poliducto, obteniendo así un crecimiento sustancial en la capacidad de transporte del mismo que permite el transporte de 5621 BPH ($0,2482 \text{ m}^3/\text{s}$) a través de este. El perfil de presiones del Poliducto en cuestión quedaría de la siguiente manera:

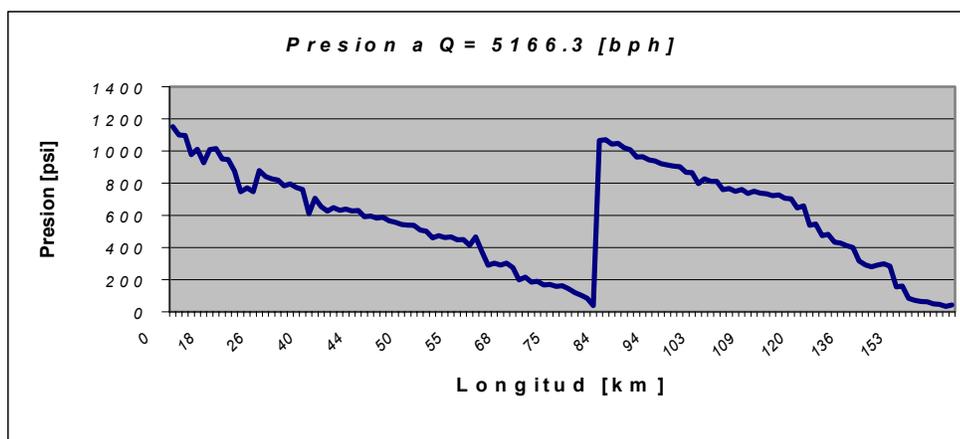


Figura 32 Perfil de presiones PLC-STM (con rebomdeo)

Sin embargo el caudal máximo obtenido es suficiente para cubrir la demanda de productos del sistema únicamente hasta el año 2017, razón por la cual el rebomdeo en este tramo queda descartado.

En el caso análogo del tramo STM-MAT la simulación fue realizada de acuerdo al siguiente esquema:

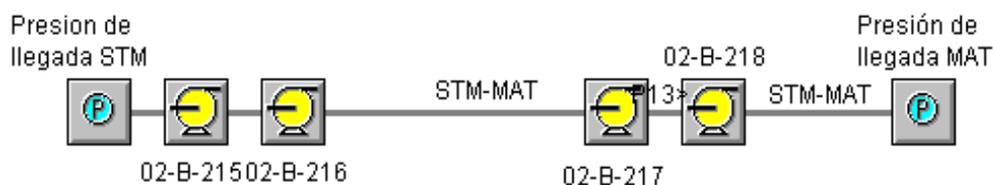


Figura 33 Simulación STM-MAT con rebomdeo

Al efectuar las simulaciones se observa que el caudal máximo obtenido con esta estación de rebomdeo es de 1307 BPH (0,058 m³/s), lo que representa un aumento del 39.02%, que a pesar de ser sustancial, satisface la demanda de productos únicamente hasta el año 2008, razón por la cual el rebomdeo en este tramo queda descartado.

Además la opción de una estación de rebombeo implicaría el reemplazo de los equipos de bombeo existente, ya que, según información suministrada por el fabricante de Flowserve, estos equipos no permiten el manejo de los caudales necesarios.

6.3 OPCION 2 Instalación de dos tuberías paralelas a las existentes en los tramos PLC-STM y STM-MAT

6.3.1 Evaluación Técnica:

Al realizar la evaluación técnica, se observa que es posible diseñar un par de tuberías que permitan transportar el excedente de productos que actualmente no se pueden transportar a través del SISOR. Estas tuberías deben ser capaces de transportar caudales de 6413,26 BPH (0,283 m³/s) y 1375 BPH (0,061 m³/s), necesarios en el 2021, en los tramos de PLC-STM y STM-MAT respectivamente. Esta opción fue simulada en el paquete AFT Fathom utilizando los mismos datos iniciales suministrados para la evaluación hidráulica de las tuberías existentes en esos tramos, se debió iterar únicamente los diámetros de la tuberías hasta obtener uno que permitiera transporta los caudales mencionados.

De esta manera se realizaron simulaciones para diámetros nominales de 10" (250 mm) y 6" (150 mm) para los tramos PLC-STM y STM-MAT respectivamente obteniéndose como resultado que son insuficientes para transportar los caudales necesarios, por lo tanto se aumentaron estos diámetros a 12" (300 mm) y 8" (200 mm) obteniendo así un resultado satisfactorio ya que estos diámetros permiten transportar los caudales necesarios.

Los esquemas de simulación de cada una de estas tuberías se muestran a continuación:

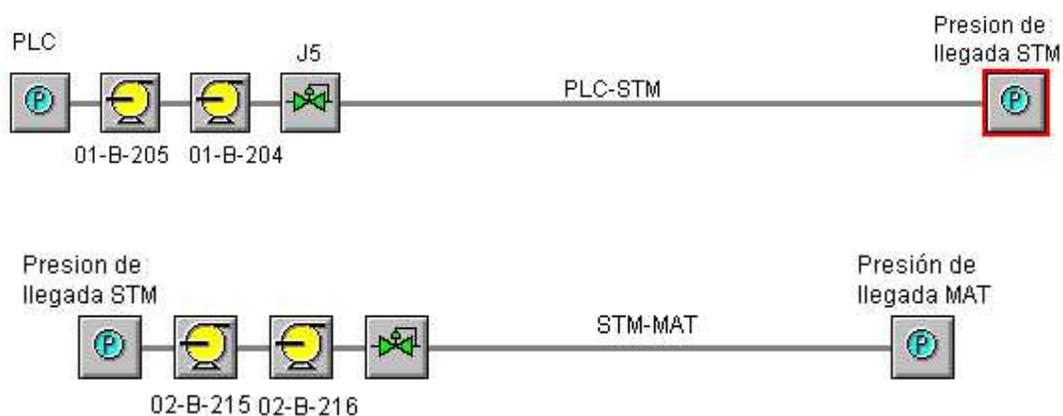


Figura 34 Simulaciones PLC-STM y STM-MAT tubería paralela

La nueva tubería en el tramo STM-MAT (8") debe entrar en operación para el año 2007, por lo tanto la inversión para su construcción debe ser realizada en el año 2006.

La nueva tubería en el tramo PLC-STM (12") debe entrar en operación para el año 2012, por lo tanto la inversión para su construcción debe ser realizada en el año 2011.

6.3.2 Evaluación Económica:

La inversión inicial que representa esta opción alcanza los 75 MM\$, este dato se logró estimar gracias a una hoja de cálculo suministrada por la gerencia de estimación de costos de PDVSA que permite estimar costos actuales de la instalación de tuberías y equipos de bombeo suministrando los siguientes datos:

- Longitud de la tubería.
- Diámetro Nominal.
- Schedule.
- Estaciones de válvulas necesarias.
- Existencia del corredor de tuberías.

Además de los precios de la tubería obtenidos mediante la hoja de cálculo mencionada se debió adicionar el precio actual de los equipos de bombeo necesarios suministrado por el proveedor Flowserve. En este caso alcanza los 8.8 MM\$.

A los valores antes mencionados se debe adicionar los costos de operación y mantenimiento de todos los equipos existentes, tanto bombas como tuberías y los costos por potencia consumida en los equipos de bombeo del sistema.

Colocando estos valores en el tiempo y calculando el valor presente neto de esta opción, obtenemos que la inversión hasta el año 2021 alcanza los 570 MM\$.

Las hojas de calculo que respaldan estos cálculos se presentan en el Anexo V.

6.4 OPCION 3 Envío de los productos excedentes a la planta de distribución Maturín a través de camiones cisternas.

El envío de todos los productos excedentes que no pueden ser transportados a través del SISOR representa una solución al problema planteado, ya que el proveedor de transporte esta en capacidad de transportar todos los productos que solicite la empresa, sin embargo las operaciones de los llenaderos en PLC podrían verse afectadas ya que están diseñadas únicamente para satisfacer la demanda directa de la zona y no para llenar camiones con productos destinados a otras zonas tributarias, su implantación al igual que en el caso anterior debe ser a partir del año 2007.

Evaluación Económica:

Para analizar los costos de esta opción fue necesario obtener precios de transporte en camiones cisternas por unidad de volumen de productos, estos fueron suministrados por la gerencia de estimación de costos de PDVSA y se estimó en 14073 bs/m³. Lo que permitió obtener los costos asociados al envío del excedente de productos por cisternas. Para obtener una comparación justa con las demás opciones también se debió calcular los costos operacionales, de mantenimiento y los costos por potencia consumida en los equipos de bombeo del sistema y adicionarle a estos los costos de las cisternas.

Colocando estos valores en el tiempo y calculando el valor presente neto de esta opción, obtenemos que la inversión hasta el año 2021 alcanza los 586.93 MM\$.

Las hojas de calculo que respaldan estos cálculos se presentan en el Anexo VI.

6.5 OPCION 4 Instalación de una nueva tubería a través de los corredores de crudo que van directamente desde PLC hacia MAT

6.5.1 Evaluación Técnica

La cuarta opción a considerar consiste en la instalación de una nueva tubería que cubra el tramo PLC-MAT directamente a través de los corredores de tuberías que transportan crudo desde MAT hacia PLC, como se demostró en la evaluación hidráulica, el problema de transporte mas acentuado en todo el SISOOR esta localizado en el tramo STM-MAT, por esta razón debe ser estudiada la posibilidad de aliviar completamente las instalaciones existentes de SISOOR y construir nuevas instalaciones que permitan solucionar directamente el transporte hacia Maturín.

La instalación de esta tubería mas que una opción se presenta técnicamente como un diseño ya que es sabido que a través de una nueva tubería se puede transportar la cantidad de fluido que se desee.

Para el diseño de esta tubería se estimaron los caudales demandados por la planta Maturín en su totalidad y no únicamente el excedente de productos como en las otras opciones, ya que una tubería directa desde PLC hasta MAT permitirá aliviar completamente el SISOOR y así prolongar su vida útil hasta mas allá del 2021.

El primer paso para el diseño de la nueva tubería fue estimar la demanda total de la planta de Maturín para el año 2021, luego fue medido en planos a escala la distancia comprendida entre Puerto la Cruz y Maturín a través de los corredores de tuberías existentes. Estos van desde Puerto la Cruz hasta el Km 52 de la tubería existente entre Puerto la Cruz y San Tomé y de allí directamente hasta Maturín con lo cual se obtendría una longitud total de 213 Km. Luego con estas premisas se simuló mediante el paquete computacional AFT Fathom 4.0 el sistema con distintos diámetros nominales, bajo las normas ANSI B31.4 para observar que diámetro es suficiente para cubrir los pronósticos de demanda de la planta hasta el año estipulado. Luego ya conocidos los parámetros antes expuestos la tubería está definida, lo faltante es la unidad de bombeo capaz de manejar los caudales en estudio y llevarlos a su destino final con los requerimientos de presión de llegada a la planta de Maturín. Mediante una nueva simulación ya con todos los parámetros

involucrados y siempre operando con Diesel como fluido de trabajo se estimó la potencia de la bomba y el número de unidades capaz de hacer posible lo antes expuesto.

De esta manera quedo definida una tubería que cubra el tramo de 213 Km desde PLC hasta MAT de 12" (300 mm) de diámetro nominal, con dos bombas colocadas en serie que permitan elevar la presión de 6 psi (41,37 kPa) hasta 1460 psi (10066,35 kPa.) con una Potencia al freno de aproximadamente 300 HP (223,7 kW.) cada una y manejar un caudal de 2270 BPH (0,1 m³/s).

Esta opción fue simulada de acuerdo al siguiente esquema:



Figura 35 Simulación PLC-MAT

La nueva tubería en el tramo PLC-MAT (12") debe entrar en operación para el año 2007, por lo tanto la inversión para su construcción debe ser realizada en el año 2006.

Evaluación Económica

La evaluación económica de esta opción fue realizada de manera análoga a las opciones anteriores obteniendo así un costo de inversión inicial de 51,7 MM\$. Además deben ser adicionados los costos asociados a operación y mantenimiento y costos por potencia consumida en los equipos de bombeo.

Colocando estos valores en el tiempo y calculando el valor presente neto de esta opción, obtenemos que la inversión hasta en año 2021 alcanza los 498.92 MM\$.

Las hojas de cálculo que respaldan estos cálculos se presentan en el Anexo V.

6.6 COMPARACIÓN ECONOMICA DE LAS OPCIONES

Al comparar económicamente las opciones 2, 3 y 4 con respecto a la inversión realizada año a año, obtenemos la gráfica que se muestra a continuación:

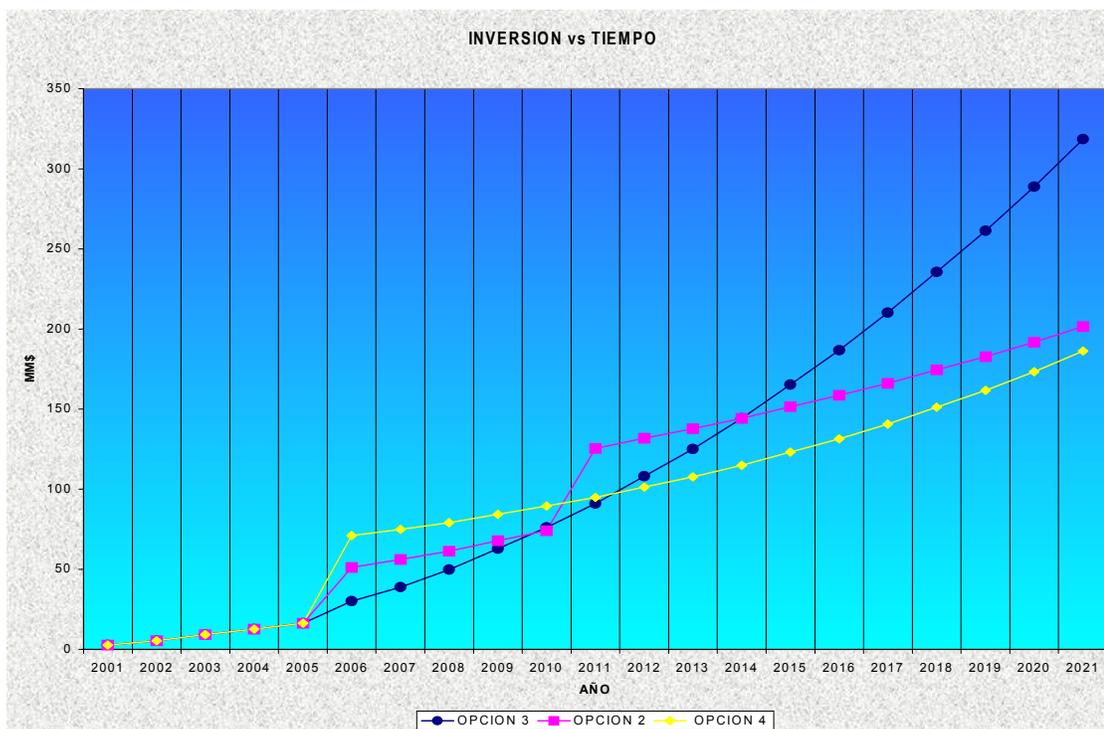


Figura 36 Inversión vs. Tiempo Grafica Comparativa

Luego si graficamos el valor presente neto que representa cada una de estas inversiones obtenemos:

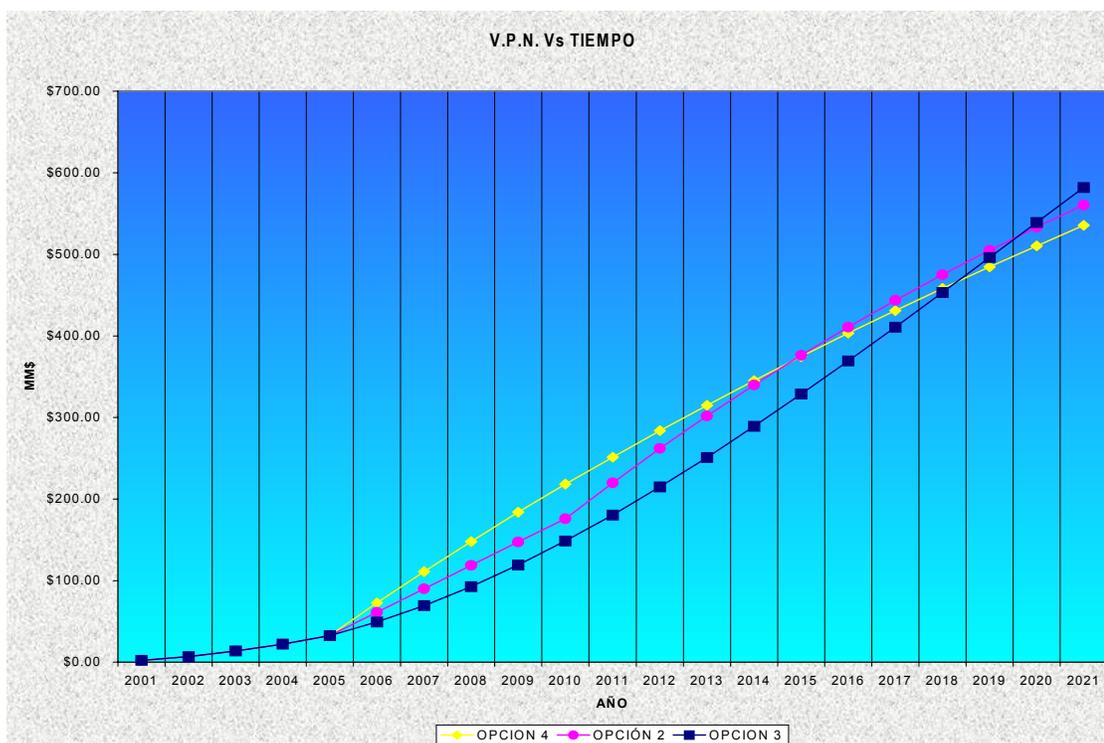


Figura 37 V.P.N. Grafica Comparativa

6.7 ANALISIS DE RESULTADOS

Al analizar los resultados obtenidos en las gráficas anteriores se puede observar que el valor presente neto de cada una de las opciones se comporta con cierta similitud, sin embargo resulta evidente que para el año 2021 la mejor opción desde el punto de vista económico la representa la OPCION 4 (instalación de una tubería nueva de 12" de diámetro directo desde PLC hasta MAT), como se observa en la grafica INVERSION vs. TIEMPO esta opción solo exige una inversión de gran magnitud en el año 2005 y luego presenta la pendiente menos pronunciada en las inversiones de operación, mantenimiento y potencia anual. Además como se mencionó en la evaluación técnica de esta opción, esta permitirá aliviar todo el SISO de manera que permite el funcionamiento continuo del mismo hasta mas allá del año 2021.

Por otra parte se debe mencionar que el envío de productos por cisternas representa un gran riesgo para la empresa debido a que este tipo de transporte es mucho más vulnerable a incidentes que puedan afectar la distribución de productos en la zona.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a las simulaciones hidráulicas realizadas en el Sisor se demostró que las instalaciones existentes presentan una incapacidad para suplir la demanda de productos requeridos a partir del año 2001 con la filosofía de operación de cinco (5) días por semana, sin embargo con una filosofía de operación de siete (7) días por semana puede cumplir con los requerimientos hasta el año 2007.
- Para satisfacer la demanda proyectada hasta el año 2010 será necesario aumentar la capacidad de transporte existente del Poliducto STM-MAT en un 53,6%, con la filosofía operacional actual, y en un 9,8% suponiendo una filosofía de operación de siete (7) días por semana.
- El lote de productos ideal que debe ser enviado a cada una de las plantas debe estar acotado entre un valor mínimo requerido para dosificar la interfase generada y el valor máximo de almacenamiento de productos en las diferentes plantas del Sisor.
- Será necesario realizar inversiones en nuevas infraestructuras que permitan satisfacer los requerimientos de acuerdo a la proyección de demanda de productos antes del año 2006.
- Es necesaria la construcción de un tanque adicional para GSP en la planta de San Tomé para el año 2009.
- La secuencia de envío que permite la completa dosificación de la interfase generada es la siguiente:

GOP-GSP-GPOP-DIE-JET A1-DIE-GPOP-GSP-GOP

RECOMENDACIONES

- Es necesario cambiar la filosofía de operación, comenzando a operar durante, al menos, seis (6) días por semana. Esto permitira satisfacer la demanda de productos hasta el año 2003, fecha en la cual se debera adoptar una filosofía de operación de siete (7) días por semana.
- El lote de productos a ser enviado desde la planta Puerto la Cruz hacia las demas plantas del Sisor debe ser de, al menos, 40763 BBL (6480,79 m³) para garantizar una dosificación del 100% de la interfase generada a lo largo de los Poliductos.
- Se recomienda la instalación de una tubería de 12" nominal, schedule 30, que conecte directamente las Plantas de Puerto la Cruz y Maturín antes del año 2006 para enviar a través de ella, todos los productos requeridos en la planta Maturín.
- Es necesario la construcción de un tanque adicional para GSP en la planta de San Tomé para cumplir con el almacenaje necesario para el año 2009.
- Se recomienda la utilización de la secuencia siguiente para garantizar la completa dosificación de la interfase generada a lo largo de todos los Poliductos:

GOP-GSP-GPOP-DIE-JET A1-DIE-GPOP-GSP-GOP

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACOSTA, J. "Manual Básico de Bombas", 4^{ta} revisión, Producciones Lagoven, 1996, 82 pág.
- [2] ALFONSO, I., "Técnicas de Investigación Bibliográficas". 2^a Edición, Contexto-Editores, Venezuela, 1.984. 208 pág.
- [3] AVALLONE, E. y Baumeister , T., "MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico", 9^a Edición, Mc Graw-Hill, México, 1.997, 2.200 pág
- [4] BOLINAGA, J. "Mecánica Elemental de los Fluidos", 2^a edición, Publicacionees UCAB, Carcas, 1992.
- [5] MENDEZ, M. V. "Tuberías a Presión en los sistemas de abastecimiento de agua", 1^a edición, Publicaciones UCAB, Caracas, 1995
- [6] POTTER, M.C. y Wiggert "Mecánica de Fluidos", 2^a edición, Prentice Hall, México, 1998, 752 pág.
- [7] SALDARRIAGA, J. "Hidráulica de Tuberías", Mc Graw Hill, Colombia, 1998, 564 pág.
- [8] STREETER, V. "Mecánica de los Fluidos", 4^a edición, Mc Graw Hill, Colombia 1977. 747 pág.
- [9] VALIENTE, A. "Problemas de Flujo de Fluidos", Editorial Limusa, 1999
- [10] ROCA VILA,. "Introducción a la Mecánica de fluidos", Editorial Limusa, 1978
- [11] ZARUBA, J. "Water Hammer in Pipeline Systems", Elsevier Science, USA, 1993, 362 pág

- [12] LAROCK, B y Jeppson R, "Hydraulics of Pipeline Systems", CRC Press, USA 1999, 552 pág.
- [13] PENNOCK, J. "Mechanical Engineering : Piping Engineering Leadership for Process Plant Projects", Gulf Professional Publishing Company, USA, 2001, 260 Pág.
- [14] WILLIAMS NATURAL GAS COMPANY ENGINEERING GROUP, "Pipe Characteristics Handbook" , Pennwell Pub., USA 1996
- [15] PERRY, "Manual del Ingeniero Químico" New York 1994.

ANEXOS