

APÉNDICE A

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN LA MATRIZ DE SELECCIÓN

A continuación se realiza una breve descripción de las variables a ser evaluadas en la Matriz de selección de tecnología, aplicando el Método de de Ponderación Lineal (Scoring). Las variables individuales fueron agrupadas, según su tipo, en familias de variables tal como se describe a continuación:

Variables generales

- a. Tecnología implementada para una Planta de distribución y almacenamiento de combustible.

Esta referida a la tecnología que puede implementarse en la planta de distribución de combustible para el oeste de Caracas, esta estará influenciada directamente en gran parte por las otras variables que serán estudiada en la matriz.

- b. Tecnología probada o novedosa.

Considera las plantas de distribución de combustibles que dentro y fuera del país han usado alguna de las tecnologías estudiadas en la matriz de selección.

- Referencias en el Mercado Global.

Se refiere a la existencia de referencias de instalación y uso de cada tecnología en el mercado internacional. Aquella tecnología con mayor número de referencias en el tipo de aplicación exclusiva del interés de este estudio, será favorecida en la matriz de evaluación.

- Referencias en el Mercado Venezolano

Se refiere a la existencia de referencias de instalación y uso de cada tecnología en el país. De igual manera que la variable anterior, aquella tecnología con mayor número de referencias en el tipo de aplicación exclusiva del interés de este estudio, será favorecida en la matriz de evaluación.

- c. Grado de comercialización.

Considera la magnitud de la implantación de las tecnologías.

d. Complejidad de la tecnología.

Esta variable se consulta la opinión de los especialistas sobre el estudio de un conjunto de técnicas y medios de compra de materia prima para realizar su implantación y cuando se requiera realizar el mantenimiento a los tanques, (tanques convencionales (materia prima “acero al carbono” o tanques enterrados “fibra de vidrio”).

e. Instalaciones en operación.

Permite estudiar la cantidad de instalaciones que existen en operación en el país y fuera de él.

f. Resultados en operación.

Se basa en la opinión de todos los especialistas sobre el desempeño de las Plantas de distribución de combustible existentes en el país.

g. Deficiencias presentadas.

Considera las lecciones aprendidas que se puedan obtener de otras Plantas que estén en funcionando o en construcción

Variables de Instrumentación

a. Medidores de nivel.

Se refiere a la cantidad de medidores de líquidos que trabajan midiendo directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido por un flotador por el propio líquido contenido en el tanque, o bien aprovechando las características eléctrica del líquido. En la medida que el número de medidores de nivel requeridos por el tipo de tanque sea mayor, menos desfavorable será el tipo de tecnología.

b. Medidores de Temperatura.

Se refiere a la cantidad de medidores que miden la intensidad de calor en una línea o tanque. En la medida que la cantidad de medidores de temperatura sea mayor para algún tipo de tecnología, menos favorecida será esta variable.

c. Medidores de Agua Libre.

Se refiere a la cantidad de instrumentos que miden la cantidad de agua contenida en el combustible. En la medida que se requiera una mayor cantidad de estos instrumentos, menos favorable será la variable durante la evaluación.

Variables de Ambiente

a. Afectación a Terceros.

Se refiere a la posibilidad de afectación a la comunidad o a instalaciones públicas. Estas afectaciones pueden ser a servicios públicos, bienhechurías e interferencias en áreas protegidas.

b. Afectación al Suelo.

Se relaciona a las materias derramadas en áreas de almacenamiento. Estos derrames una vez que se encuentran en el suelo, tiende a seguir dos direcciones de corrientes: una hacia el subsuelo a través de la filtración y la otra a través del lavado por escorrentía superficial

La afectación al suelo puede ser también por derrame de hidrocarburos, provenientes de las actividades de almacenamiento de los mismos, o de las actividades de mantenimiento de la maquinaria utilizada durante las actividades de construcción, así como consecuencia de problemas operacionales o por inadecuado manejo operacional

c. Afectación al Paisaje.

La instalación de los tanques de almacenamiento requerirá de la realización de movimientos de tierra y excavaciones, las cuales inducirán a la modificación del relieve de forma sustancial.

La introducción de los tanques varía de forma muy particular al paisaje pues de un paisaje natural pasará a formar parte de un paisaje industrial, rompiendo la armonía del mismo.

d. Afectación a la Calidad del Aire.

Para la instalación de los tanques se realizarán una serie de actividades que implican la producción de polvo y gases de combustión; así como la utilización de gas para procesos de soldaduras.

e. Afectación de Agua

El impacto tendrá lugar principalmente en los sitios donde se realicen las actividades de movimiento de tierra, principalmente aquellas que alteren la topografía, interrumpiendo el libre flujo de las aguas durante el período lluvioso.

Las alteraciones principales pueden ser descritas como la intercepción del curso natural de las aguas, y la concentración del flujo con el consecuente aumento del caudal en algunas zonas.

Variables de Seguridad.

a. Vulnerabilidad a Incendios y Explosión.

La vulnerabilidad a incendios es la susceptibilidad o predisposición intrínseca del área a ser afectado. Además del factor interno del riesgo, esta situación depende de la actividad humana presente..

Los riesgos a incendios y explosión pueden estar generados por las características de los materiales procesados o por los materiales existentes en el entorno de las instalaciones del proyecto.

El comportamiento del fuego depende de tres factores ellos son: el tipo de combustible, la climatología (vientos principalmente) y la topografía.

Aquellas tecnologías de tanques enterrados garantizan una mayor preservación de las instalaciones en caso de producirse algún incendio en la superficie motivado a derrame de hidrocarburos. En consecuencia, el sistema contra-incendios de los tanques enterrados no debe ser tan complejo como el de los tanques superficiales.

b. Frecuencia de los accidentes.

Esta variable está relacionado con las medidas de seguridad que deben tomarse en cuenta en la planta, con respecto al personal que labora en las instalaciones y a los visitantes, y a obligar a que se cumplan todas las normas para evitar los accidentes laborales que puedan ocurrir en la planta.

Variables de Costos

a. Costos de Implementación.

Considera todo lo relacionado a los costos de: preparación del terreno, colocación de equipos en sitio, movimientos de tierra, elaboración de fundaciones, izamiento de materiales, levantamiento de la estructura y acondicionamiento de sitios aledaños a los tanques. Aquella tecnología que ofrezca un menor costo de construcción será favorecida en la matriz de evaluación.

b. Fábricas que construyan los tanques en el país.

Considera la existencia de compañías en el país donde se construya la planta de distribución y almacenamiento de combustible, debido a que el costo de construcción será menor si existe fábricas de tanques nacionales en el país.

c. Costos de Mantenimiento.

Se refiere al costo requerido para el mantenimiento de la facilidad de almacenamiento de combustibles durante toda su vida útil. En esta variable incluye elementos tales como la complejidad del mantenimiento y su frecuencia. Será favorecida la tecnología con un menor costo de mantenimiento.

d. Costos de Inversión.

Esta variable se relaciona con la inversión asociada a todos los materiales necesarios para la manufactura de los tanques, independiente del tipo de tecnología para el almacenamiento de combustibles. Estos materiales pueden ser planchas de acero al carbono o tanques pre-fabricados de fibra de vidrio. La tecnología que ofrezca el menor costo de inversión será favorecida en la matriz de evaluación.

Variables mecánicas

a. Confiabilidad desde el punto mecánico.

- Pruebas de Calidad.

Se refiere a las pruebas de resistividad de materiales y de integridad mecánica de las instalaciones, resultando favorecida la tecnología que requiera un menor número de pruebas de calidad.

- Integridad de los Materiales.

Se refiere a la calidad y resistividad de los materiales bajo las condiciones de operación tanto desde el punto de vista interno (producto a almacenar) como externas (medio físico, ambiente). Aquellas tecnologías que el tiempo presenten una mayor integridad mecánica de materiales, recibirán una mayor valoración en la matriz de evaluación.

- Presión de Llegada al Tanque.

A fin de garantizar la integridad mecánica de los tanques, la presión de llegada a los tanques será mayor o menor dependiendo del tipo de tecnología que se utilice

para el almacenamiento de combustibles. En el caso de tanques de acero al carbono, se podrán manejar presiones mayores, por lo que no será necesario disminuir tanto la presión en la estación reductora a la entrada de la planta. Bajo esta premisa, este tipo de tanques recibirán una mayor ponderación con respecto a aquellos que necesitan una menor presión a la entrada.

- Requerimiento de Bombas de Succión.

Este parámetro a evaluar se refiere a la calidad de la succión de las bombas en términos de presión y NPSH disponible. En aquellos tanques donde la succión de las bombas se encuentra por debajo del nivel de líquido serán valoradas con una mayor ponderación con respecto a aquellos tanques donde las bombas deben estar ubicadas por encima del nivel de líquido.

- b. Facilidad de mantenimiento de equipos mecánicos.

En este punto está referida a cuál de las dos tecnologías estudiadas para el almacenamiento de combustible y equipos mecánicos asociados tenga mayor facilidad para realizar el mantenimiento de los equipos.

Variables de Filosofía de Control

- a. Facilidad que existe para calibración/recalibración de condiciones operacionales.
 - Complejidad para el Control de Nivel.

Desde el punto de vista de control de nivel, la dificultad de la filosofía de control se ve incrementada en la medida que el número de instrumentos de nivel es mayor, especialmente si se tienen muchos tanques de baja capacidad en una operación de carga o descarga de combustibles. Esta situación se ve aún más impactada si los tanques que se utilizan para el almacenamiento de combustibles tienen una geometría que no es constante con la altura (ejemplo: tanques cilíndricos horizontales). En la matriz de evaluación, se le otorgará una menor valoración a aquellos tipos de tanques que por su geometría y por su configuración hacen complejo el control óptimo y seguro de nivel.

- Complejidad de los Sistemas de Alarmas.

En la medida que el número de tanques sea mayor y el por ende la cantidad de instrumentos asociados sea mayor, se hará más complejo el manejo de los

sistemas de alarmas. Para una demanda de combustibles establecida a fin de satisfacer la totalidad de Caracas en una situación determinada de contingencia, el tiempo de llenado y vaciado de los tanques es tan rápido que debería minimizarse el número de paradas por disparo de alto-alto nivel o bajo-bajo nivel de las bombas asociadas a los tanques. En consecuencia, se le dará una mayor valoración a aquella tecnología que ofrezca tanques de mayor capacidad a fin de mantener un control más cerrado y preciso de los niveles de almacenamiento, con el fin de reducir a su máxima expresión las alarmas de nivel.

Variables de Constructibilidad

a. Área Superficial Requerida.

En esta variable se compara el área superficial requerida según plot plan para ambas tecnologías. Aquella tecnología que requiera una menor área superficial será favorecida en la matriz de evaluación, ya que este es un elemento clave en vista de lo reducido del espacio disponible en Ciudad Caribia.

b. Tiempo de Instalación.

El tiempo de instalación se refiere al tiempo invertido en la construcción, pruebas y puesta en marcha de las instalaciones para el almacenamiento de combustibles. Esta variable será ponderada favorablemente cuando el tiempo de instalación de alguna tecnología sea menor con respecto a la otra.

c. Tiempo de construcción de los tanques.

Es el tiempo que demora ensamblar los tanques de combustibles necesarios para el proyecto, dependiendo de la tecnología que se implemente se verá influenciada por la existencia de proveedores locales que sean capaces de suministrar componentes de calidad a bajo costo que facilita la competitividad entre empresas que fabriquen tanques convencionales o tanques enterrados. Aquella tecnología que ofrezca proveedores locales será más favorecida en la matriz de evaluación con respecto a aquella que requiera la importación de los tanques o sus partes.

Variables de Operabilidad Asociada a los Tanques y Mantenimiento

a. Mano de Obra Especializada.

Esta variable mide la factibilidad de localizar mano de obra capacitada, con experiencia suficiente en la construcción de los tanques y que además se

encuentre localizada en las cercanías del sitio de la construcción. En caso que alguna tecnología no disponga de personal capacitado en su cercanía y se requiera importarlo de otra área geográfica o país, recibirá una menor ponderación en la matriz de evaluación.

b. Dificultad para la detección de Fugas.

Cuando se detecta una fuga, inmediatamente deben tomarse las acciones correctivas al respecto. En este punto de la matriz se busca premiar aquella tecnología que por su naturaleza ofrezca un método rápido, confiable y seguro que permita identificar una fuga de hidrocarburo. En contraste, se busca castigar aquella tecnología que dificulte la identificación temprana de una fuga.

c. Ofrece el fabricante la instalación de los servicios básicos requeridos.

- Sistemas de Contención de Derrames.

Los tanques superficiales requieren la construcción de diques especiales para la contención de un eventual derrame de hidrocarburo. En contraste, los tanques enterrados no requieren este tipo de instalación, por lo que serán más favorecidos en la matriz de evaluación de tecnologías.

- Drenaje de Agua Libre.

El hidrocarburo que se recibe en la planta puede contener restos de agua libre, la cual debe ser drenada regularmente desde los tanques de almacenamiento hacia la planta de aguas aceitosas. Debido a la mayor densidad con respecto al hidrocarburo, el agua libre se deposita en el fondo de los tanques. El drenado de agua libre expresada en este punto se refiere al nivel de dificultad que pueda presentar y la factibilidad de realizarlo correctamente desde la perspectiva operacional para cada tipo de tanque evaluado en la matriz.

d. Tecnología para el almacenamiento de combustible puede operar con mayor eficiencia.

- Dificultad para la Toma de Muestra para Calidad.

Con el fin de garantizar la calidad del hidrocarburo en el tanque, es necesario tomar una muestra del producto que se recibe desde el poliducto para validar que cumple con los parámetros adecuados de calidad requeridos por el parque automotor e industrial. En vista que los diferentes grados de combustible son enviados a través de un mismo poliducto, el análisis de calidad además permite

descartar que no exista contaminación de un grado sobre otro de producto, o en su defecto validar que se encuentra dentro de los límites tolerables. Un menor número de muestras simplifica la operación, por lo tanto se evaluará con un mayor peso la alternativa que requiera el menor número de muestras para análisis de calidad.

- Dificultad para el Aforo para Fiscalización.

Independiente de la instrumentación de nivel asociada a los tanques, por requerimientos del Ministerio de Energía y Petróleo, la medición de nivel para fiscalización es de obligatorio cumplimiento, especialmente en tanques que hayan tenido movimiento (carga o descarga). En tal sentido, aquellos tipos de tanques que por su geometría presenten una mayor facilidad para la medición de nivel y que a su vez requieran un menor número de lecturas, recibirán una mayor puntuación en la matriz de evaluación.

- Dificultad de la Operación de Recibo.

La operación de recibo de producto a través del poliducto implica la alineación del combustible hacia el (los) tanque(s) disponible(s), apertura y cierre de válvulas motorizadas y medición de nivel con sus sistemas de *interlocks* para evitar sobrellenado de tanque. En la medida que el número de tanques que reciban la transferencia de combustible sea menor y de mayor capacidad, más fácil será la operación de recibo de producto. Por otra parte es necesario tomar en este punto de la matriz, el perfil de presiones requeridos entre la llegada del poliducto y la entrada de los tanques. Aquellos tanques que requieran una mayor caída de presión para garantizar su integridad mecánica, igualmente recibirán una puntuación menor que aquellos en los cuales no se requiere una caída drástica de la presión.

- Dificultad de la Operación de Despacho.

Durante la operación de despacho de productos hacia el llenadero hay que tomar en cuenta el número de bombas que van a estar operando de manera simultánea y qué acciones tomar en caso que no se presente ninguna cisterna en el llenadero (parada o recirculación). Mientras mayor sea el número de bombas operando, mayor será la dificultad de la operación y menor será el punta que reciba la tecnología evaluada en la matriz de selección. Por otra parte, es importante un

nivel mínimo de presión de llegada a las unidades paquete de los brazos de carga en el llenadero. Si las bombas asociadas a una tecnología específica de tanques no cumplen este requerimiento, recibirán una puntuación menor.

- Requerimiento de Personal Operaciones.

Aquella tecnología que implique un mayor número de equipos y por lo tanto mayor complejidad en la operación, requerirá una mayor cantidad de personal de operaciones y por lo tanto recibirá una evaluación más desfavorable en la matriz.

Variables de Equipos Asociados Requeridos.

- a. Bombas de Succión.

Los tanques de almacenamiento, independiente de su tipo, requieren bombas de succión para transferir el producto que almacenan hacia otro equipo, planta, vehículo de transporte (barco, camión cisterna, etc) o tanque. A mayor número de tanques involucrados en la operación, se requerirá un mayor número de bombas de succión. Este punto de la matriz busca evaluar la cantidad de bombas de succión asociadas con las diferentes tecnologías a evaluar. Se le dará una mayor valoración a la tecnología que implique la menor cantidad de bombas de succión.

- b. Bombas de Carga.

En aquellos casos donde las bombas de succión no tengan la suficiente presión de descarga requerida para el equipo que recibe el combustible (islas de llenado en este caso), se requerirán bombas adicionales de carga. En aquellos casos en los que las bombas de succión sean capaces de brindar la presión requerida para la carga de combustibles, no se requerirán bombas adicionales y recibirán una mayor valoración en la matriz de evaluación.

- c. Válvulas Motorizadas.

La operación de los tanques se realizará mediante válvulas motorizadas. Estas válvulas son las encargadas de alinear el tanque que esté recibiendo producto del poliducto y también los tanques que se encuentren despachando al llenadero de combustibles. A mayor número de tanques involucrados en alguna tecnología en específico, mayor será la cantidad de válvulas asociadas y recibirá una ponderación menor en la matriz de evaluación con respecto a la tecnología que requiera una menor cantidad de válvulas motorizadas.

APÉNDICE C

DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES

Cálculos tipos

Se asume que el poliducto tiene un factor de uso del 80%:

$$\text{Flujodiseño} = \text{Demanda}(\text{bbl} / \text{día}) / 0,8$$

$$\text{Flujodiseño} = 76,37\text{MBD} / 0,8 = 95,463\text{MBD}$$

$$\text{Flujodiseño} = 96\text{MBD}$$

Para determinar el tamaño del tanque de fuera de especificaciones, es que este debe contener aproximadamente el 12% de la capacidad del tanque de mayor tamaño

$$\text{CapacidadFE} = \text{CapacidadMT} * 0,12$$

$$\text{CapacidadFE} = 40\text{MBD} * 0,12 = 4,8\text{MB}$$

$$\text{CapacidadFE} = 5\text{MBD}$$

Donde:

Capacidad FE: Capacidad del tanque fuera de especificación.

Capacidad MT: Capacidad del tanque de mayor tamaño.

Capacidad Instalada en Planta de Distribución Oeste.

Con un factor de sobrediseño del 15%:

Para Gasolina de 95 octanos

$$\text{CapacidadTotal}(\text{Barriles}) = \text{CapacidadNominal}(\text{Barriles}) / 1,15$$

$$\text{CapacidadTotal}(\text{Barriles}) = 80.850\text{barriles} \times 1,15$$

$$\text{CapacidadTotal}(\text{Barriles}) = 92978\text{barriles}$$

La capacidad que se va almacenar por cada tanque será de:

$$\text{Capacidad Real}(\text{Barriles}) = 92978\text{barriles} / 2 \text{ tanques}$$

$$\text{Capacidad Real}(\text{Barriles}) = 46489\text{barriles}$$

Donde:

Capacidad Real: Capacidad real por cada tanque.

Días de autonomía:

$$D = \text{CapacidadTotal}(\text{barriles}) / \text{Demanda}(\text{barriles} / \text{día})$$

$$D = 92978\text{barriles} / 47050\text{barriles} / \text{día}$$

$$D = 1,98\text{días}$$

$$D = 2\text{días}$$

Donde:

D=Días de autonomía (nueva planta oeste).

Para Gasolina de 91 octanos:

$$CapacidadTotal(Barriles) = CapacidadNo\ min\ al(Barriles) / 1,15$$

$$CapacidadTotal(Barriles) = 20630barriles \times 1,15$$

$$CapacidadTotal(Barriles) = 23725barriles$$

La Capacidad que se va almacenar por cada tanque será de:

$$Capacidad\ Real(Barriles) = 23725barriles / 2\ tanques$$

$$Capacidad\ Real(Barriles) = 11862,5barriles$$

Donde:

Capacidad Real: Capacidad real por cada tanque.

Días de autonomía:

$$D = CapacidadTotal(barriles) / Demanda(barriles / día)$$

$$D = 23725barriles / 11200barriles / día$$

$$D = 2,1días$$

Donde:

D=Días de autonomía (nueva planta oeste).

Para el Diesel:

$$CapacidadTotal(Barriles) = CapacidadNo\ min\ al(Barriles) / 1,15$$

$$CapacidadTotal(Barriles) = 30260barriles \times 1,15$$

$$CapacidadTotal(Barriles) = 34799barriles$$

La Capacidad que se va almacenar por cada tanque será de:

$$Capacidad\ Real(Barriles) = 34799barriles / 2\ tanques$$

$$Capacidad\ Real(Barriles) = 17399,5barriles$$

Donde:

Capacidad Real: Capacidad real por cada tanque.

Días de autonomía:

$$D = CapacidadTotal(barriles) / Demanda(barriles / día)$$

$$D = 34799barriles / 18120barriles / día$$

$$D = 1,92días$$

$$D = 1,9días$$

Donde:

D=Días de autonomía (nueva planta oeste)

APÉNDICE D

A continuación se presentan las hojas de especificación de los tanques de almacenamiento de combustible, donde se muestra las condiciones de proceso, diámetro, altura, los niveles de seguridad de los tanques, las boquillas y las bocas de visitas de control de nivel:

Tabla D.1. Hoja de especificación del Tanque de gasolina de 95 octanos.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO Tanque de gasolina de 95 octanos		HOJA Nº:1 1 de 1
GENERAL		DETALLES MECANICOS		
Identificación:	T-02101 A/B	Boquillas		
Nº de unidades:	2	Identif.	Tamaño, plg	Servicio
Planta:	Área-02	N1	10	Entrada de Gasolina 95 al tanque
Servicio:	Almacenamiento de gasolina de 95 octanos	N2	20	Salida de Gasolina 95 del tanque
Fluido:	Gasolina 95	N3	2	Sistema de control
		N4	6	Hacia planta de tratamiento
Capacidad Almacenamiento, BPD	40.000	N5	4	Drenaje de techo
Tipo:	Techo Flotante	Bocas de Visita:		
		Mh1	24	Boca de Visita
		Mh2	8	Sistema de control de nivel
		Mh3A/B/C	24	Bocas de visita
		Mh4A/B/C	8" 8" 4"	Sistema de control de nivel
CONDICIONES DE PROCESO		DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		
		Cap Nominal ,barriles		40.425
Presión de Operación, psia	14,7	Diámetro, ft		85
Temperatura de Operación, °C	25	Altura, ft		40
Viscosidad a T. de operación, Cp	0,47	Nivel HHLL, ft		36
G. E a T. de operación	0,72	Nivel HLL, ft		35
Presión de Vapor mmHg, (38°C)	362-375	Nivel LLL, ft		4
		Nivel LLLL, ft		3
		Material de Construcción		Acero al carbono
<p style="text-align: center;">T-02101</p>				
PLANOS DE REFERENCIA		PROYECTO: Planta de distribución de combustible para la zona oeste de la gran Caracas.		HOJA Nº:1 1 de 1
DFP 3		TÍTULO: Factibilidad técnica del diseño de una planta de almacenamiento y distribución para el oeste de Caracas		
DTI 4		REALIZADO POR:	Yeen Y Loy L	FECHA: 30-04-2012
		REVISADO POR:	Ing Johlny Casanova/Ing Fancisco Arraiz	FECHA: 08-05-2012
		APROBADO POR:	Ing Johnny Vasquez/Ing Leonardo Oropeza	FECHA: 18-05-2012
		ESPECIFICACIÓN Nº	Tanque de Gasolina 95 octanos	REV. Nº

Tabla D.2. Hoja de especificación del Tanque de gasolina de 91 octanos.

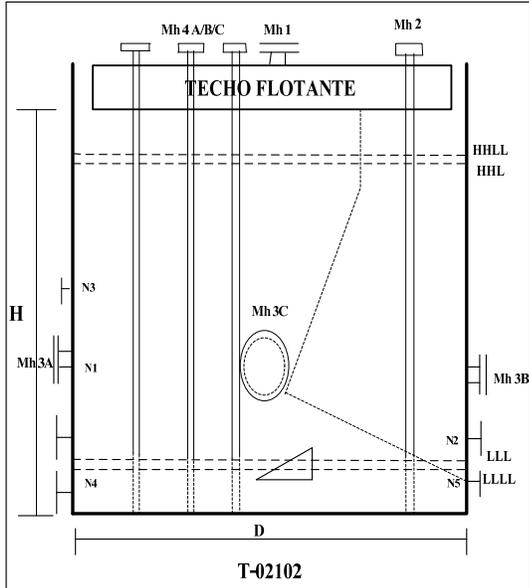
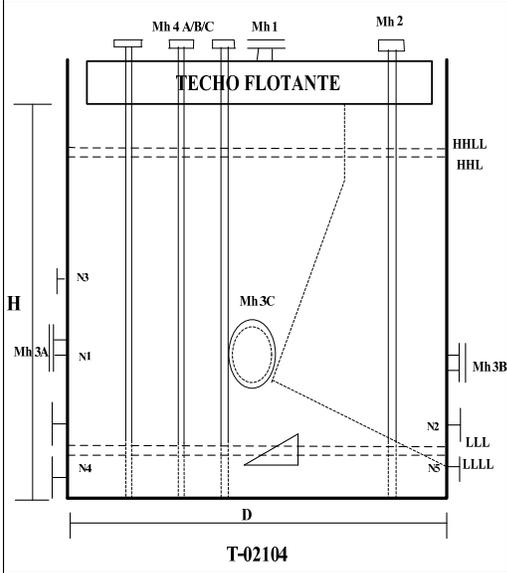
 UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		 HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO Tanque de gasolina de 91 octanos		HOJA Nº:2 1 de 1
GENERAL		DETALLES MECANICOS		
Identificación:	T-02102 A/B	Boquillas		
Nº de unidades:	2	Identif.	Tamaño, plg	Servicio
Planta:	Área-02	N1	10	Entrada de Gasolina 91 al tanque
Servicio:	Almacenamiento de gasolina de 91 octanos	N2	16	Salida de Gasolina 91 del tanque
Fluido:	Gasolina 91	N3	2	Sistema de control
		N4	4	Hacia planta de tratamiento
Capacidad Almacenamiento, BPD	10.000	N5	4	Drenaje de techo
Tipo:	Techo Flotante	Bocas de Visita:		
		Mh1	24	Boca de Visita
		Mh2	8	Sistema de control de nivel
		Mh3A/B/C	24	Bocas de visita
		Mh4A/B/C	8'8'7/4"	Sistema de control de nivel
CONDICIONES DE PROCESO		DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		
		Cap Nominal ,barriles	10.315	
Presión de Operación, psia	14,7	Diámetro, ft	48	
Temperatura de Operación, °C	25	Altura, ft	32	
Viscosidad a T. de operación, Cp	0,47	Nivel HHLL, ft	28	
G.E a T. de operación	0,72	Nivel HLL, ft	27	
Presión de Vapor mmHg, (38°C)	362-3775	Nivel LLL, ft	4	
		Nivel LLLL, ft	3	
		Material de Construcción	Acero al carbono	
				
PLANOS DE REFERENCIA		PROYECTO: Planta de distribución de combustible para la zona oeste de la gran Caracas.		HOJA Nº:2 1 de 1
DFP 3		TITULO: Factibilidad técnica del diseño de una planta de almacenamiento y distribución para el oeste de Caracas		
DTI 5		REALIZADO POR:	Yeen Y Loy L	FECHA: 30-04-2012
		REVISADO POR:	Ing Johliny Casanova/Ing Francisco Arraiz	FECHA: 08-05-2012
		APROBADO POR:	Ing Johnny Vasquez/Ing Leonardo Oropeza	FECHA: 18-05-2012
		ESPECIFICACIÓN Nº	Tanque de Gasolina 91 octanos	REV. Nº

Tabla D.3. Hoja de especificación del Tanque de diesel.

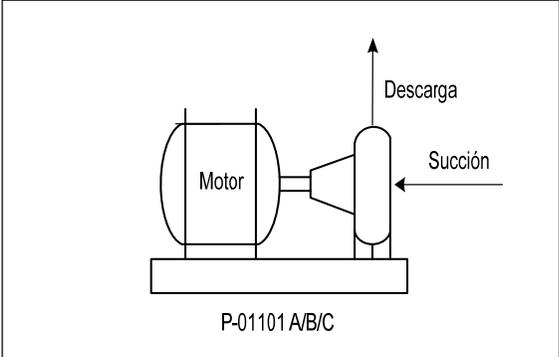
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO Tanque de Diesel		HOJA Nº:3 1 de 1
GENERAL		DETALLES MECANICOS		
Identificación:	T-02103 A/B	Boquillas		
Nº de unidades:	2	Identif.	Tamaño, plg	Servicio
Planta:	Area-02	N1	10	Entrada de Diesel al tanque
Servicio:	Almacenamiento de diesel	N2	16	Salida de Diesel del tanque
Fluido:	Diesel	N3	2	Sistema de control
		N4	4	Hacia planta de tratamiento
Capacidad Almacenamiento	15.000			
Tipo:	Techo Fijo	Bocas de Visita:		
		Mh1A/B/C	8"/8"/4"	Sistema de control de nivel
		Mh2A/B/C	24	Boca de Visita
		Mh3	24	Bocas de visita
		Mh4	6"	Sistema de control de nivel
		Mh5	6"	sistema de control de nivel
CONDICIONES DE PROCESO		DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		
Presión de Operación, psia	14,7	Cap Nominal ,bariles	15.130	
Temperatura de Operación, °C	25	Diámetro, ft	52	
Viscosidad a T. de operación, Cp	4,32	Altura, ft	40	
G.E a T. de operación	0,87	Nivel HLL, ft	38	
Presión de Vapor mmHg, (25°C)	ND	Nivel HLL, ft	37	
		Nivel LLL, ft	4	
		Nivel LLLL, ft	3	
		Material de Construcción	Acero al carbono	
<p style="text-align: center;">T-02103</p>				
PLANOS DE REFERENCIA		PROYECTO: Planta de distribución de combustible para la zona oeste de la gran Caracas.		HOJA Nº:3 1 de 1
DFP 3		TITULO: Factibilidad técnica del diseño de una planta de almacenamiento y distribución para el oeste de Caracas		
DTI 6		REALIZADO POR:	Yeen Y Loy L	FECHA: 30-04-2012
		REVISADO POR:	Ing Johliny Casanova/Ing Francisco Arraiz	FECHA: 08-05-2012
		APROBADO POR:	Ing Johnny Vasquez/Ing Leonardo Oropeza	FECHA: 18-05-2012
		ESPECIFICACIÓN Nº	Tanque de Diesel	REV. Nº

Tabla D.4. Hoja de especificación del Tanque de producto fuera de especificación.

 UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		 HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO Tanque fuera de especificación		HOJA N°:4 1 de 1	
GENERAL			DETALLES MECANICOS		
Identificación:	T-02104		Boquillas		
Nº de unidades:	1		Identif.	Tamaño, plg	Servicio
Planta:	Area-02		N1	10	Entrada de producto fuera de especificación
Servicio:	Almacenamiento producto FE		N2	10	Salida de producto fuera de especificación
Fluido:	FE		N3	2	Sistema de control
			N4	4	Hacia planta de tratamiento
Capacidad Almacenamiento, BPD	5.000		N5	4	Drenaje de techo
Tipo:	Techo Flotante		Bocas de Visita:		
			Mh1	16	Boca de Visita
			Mh2	8	Sistema de control de nivel
			Mh3A/B/C	16"/16"/24"	Bocas de visita
			Mh4A/B/C	4"	Sistema de control de nivel
CONDICIONES DE PROCESO			DISEÑO Y CONSTRUCCION		
Presión de Operación, psia	14,7		Cap Nominal ,bariles	ND	
Temperatura de Operación, °C	25		Diámetro, ft	ND	
Viscosidad a T. de operación, Cp	ND		Altura, ft	ND	
G.E a T. de operación	ND		Nivel HHLL, ft	ND	
Presión de Vapor mmHg, (38°C)	ND		Nivel HLL, ft	ND	
			Nivel LLL, ft	ND	
			Nivel LLLL, ft	ND	
			Material de Construcción	Acero al carbono	
					
PLANOS DE REFERENCIA			PROYECTO: Planta de distribución de combustible para la zona oeste de la gran Caracas.		HOJA N°:4
DFP 3			TITULO: Factibilidad técnica del diseño de una planta de almacenamiento y distribución para el oeste de Caracas		1 de 1
DTI 7			REALIZADO POR:	Yeen Y Loy L	FECHA: 30-04-2012
			REVISADO POR:	Ing Johnny Casanova/Ing Francisco Arraiz	FECHA: 08-05-2012
			APROBADO POR:	Ing Johnny Vasquez/Ing Leonardo Oropeza	FECHA: 18-05-2012
			ESPECIFICACIÓN N°	Tanque Fuera de especificación	REV. N°

A continuación se presenta la hoja de especificación de las bomba propuesta en este Trabajo Especial de Grado para la planta oeste.

Tabla D.5. Hoja de especificación de la bomba Centrífuga.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		HOJA DE ESPECIFICACION DE EQUIPO Bombas Centrífugas		HOJA Nº:5 1 de 1
GENERAL		DETALLES MECANICOS		
Identificación:	T-01101 A/B/C	Boquillas		
Nº de unidades:	3	Identif.	Tamaño, plg	Servicio
Planta:	Area-01	A		Succión
Servicio:	Transferencia del combustible	B		Descarga
Fluido a transportar:	Gasolina 95, gasolina 91 y diesel	C		
		D		
Largo, m		E		
Area, m2				
Capacidad líquido,BPD	47731,5	Rebose:		0
Tipo:	Centrífuga			
CONDICIONES DE PROCESO		DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		
Presión de Operación, psia	14,7	Fluido de diseño:	Diesel	
Temperatura de Operación, °C	25	Potencia hp	2058,71	
Viscosidad a T. de operación, Cp	0,47-4,32	Presión de Descarga, psig	1069,3	
G.E a T. de operación	0,72-0,87	Cabezal diferencial ft	3246,32	
Presión de Vapor a T.de oper.,psia	1,45	Material de Construcción	Acero al carbono	
 <p>P-01101 A/B/C</p>				
OBSERVACIONES:				
PLANOS DE REFERENCIA		PROYECTO:Planta de distribución de combustible para la zona oeste de la gran Caracas.		HOJA Nº:5 1 de 1
DFP 1		TITULO: Factibilidad técnica del diseño de una planta de almacenamiento y distribución para el oeste de Caracas		
DTI 1		REALIZADO POR:	Yeen Y Loy L	FECHA:30-04-2012
		REVISADO POR:	Ing Johliny Casanova/Ing Fancisco Arraiz	FECHA:08-05-2012
		APROBADO POR:	Ing Johnny Vasquez/Ing Leonardo Oropeza	FECHA:18-05-2012
		ESPECIFICACIÓN Nº	Bomba de transferencia	REV. Nº

APÉNDICE E

PERFIL TOPOGRÁFICO DEL POLIDUCTO

A continuación en la Figura E.1 se muestra el perfil topográfico del poliducto en donde las líneas punteadas describen la ruta a seguir por el poliducto:

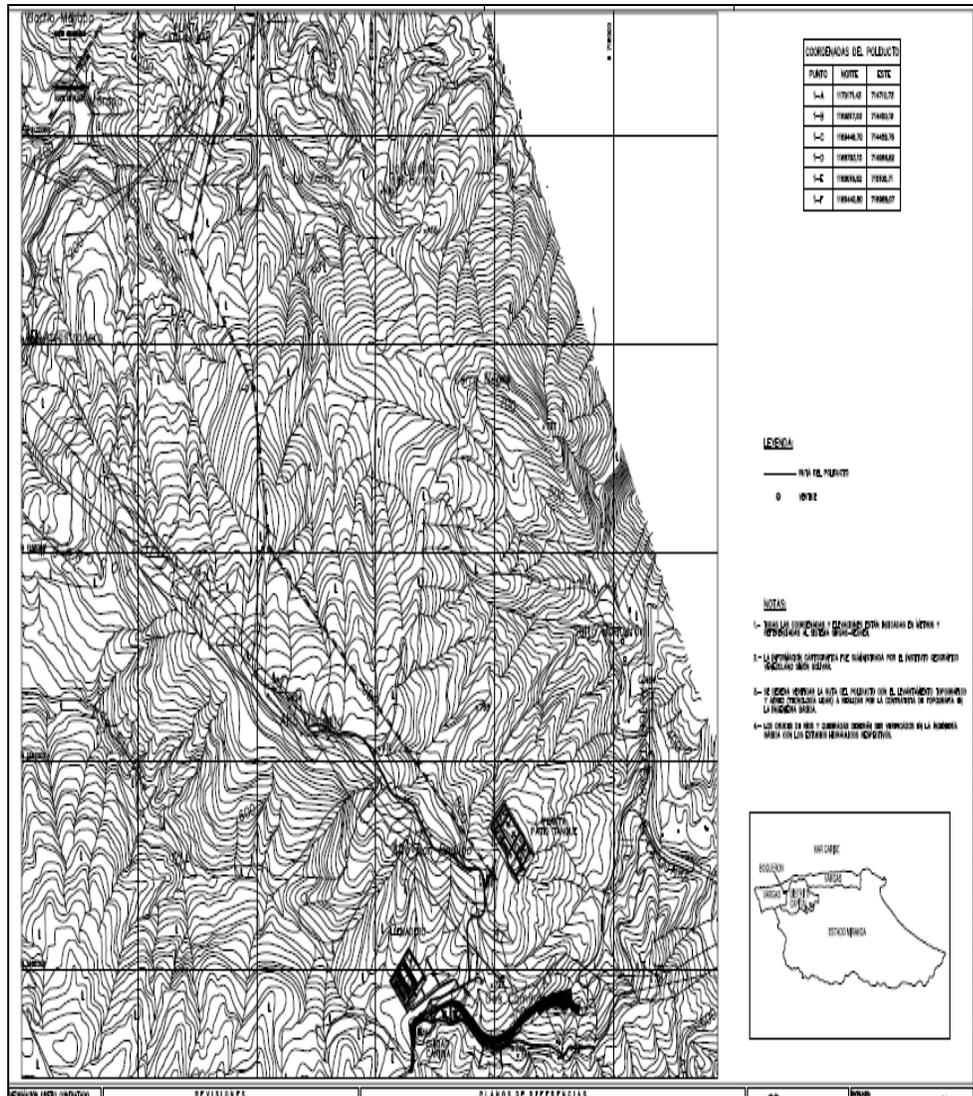


Figura E.1. Ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución de combustible del oeste de Caracas.

Seguidamente se muestra la ruta del poliducto por trozos para tener una vista ampliada de la ruta del poliducto, esta fue la utilizada para determinar el perfil de presión del poliducto.

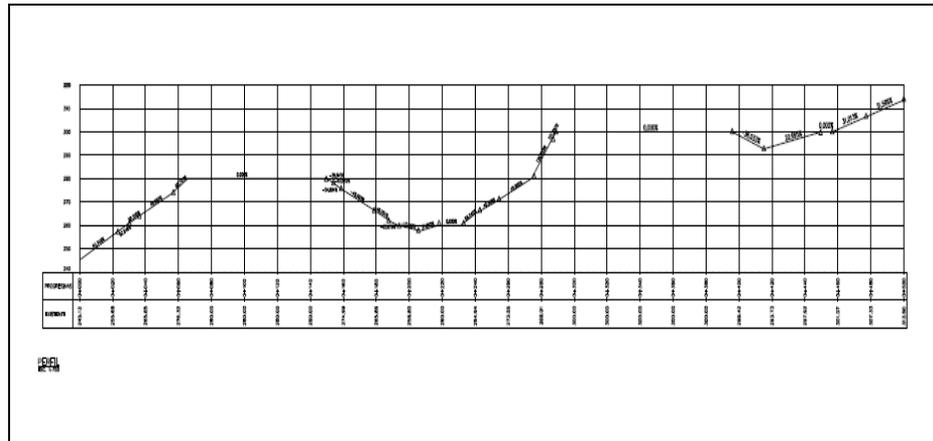


Figura E.2. Trozo 1 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

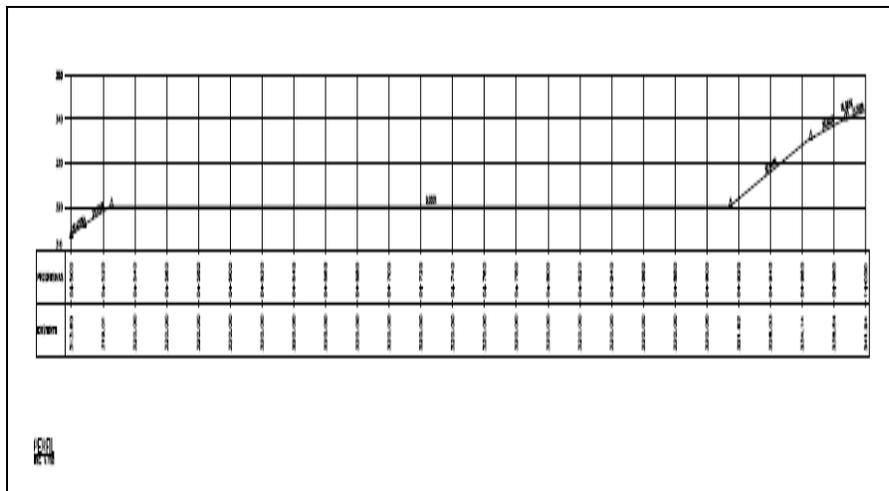


Figura E.3. Trozo 2 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

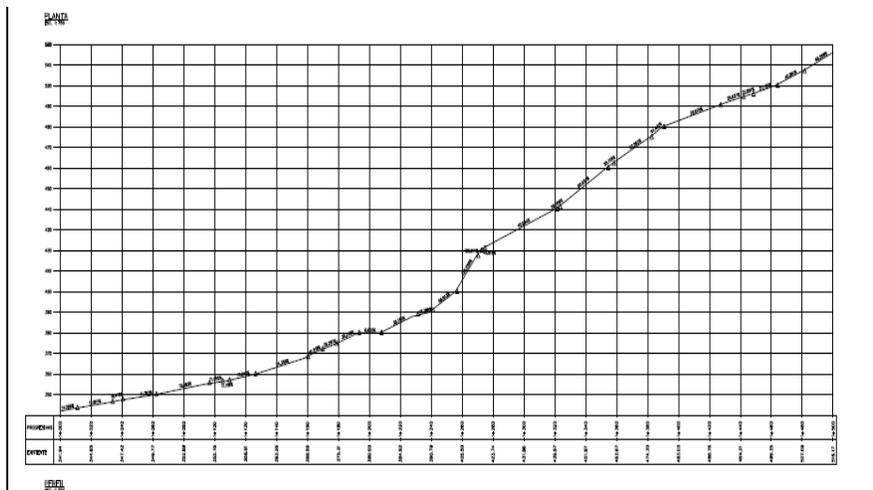


Figura E.4. Trozo 3 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

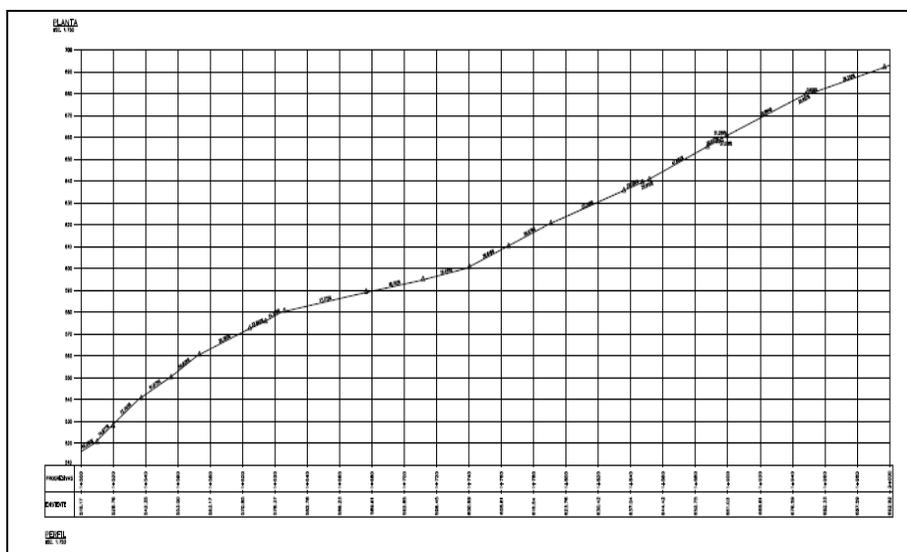


Figura E.5. Trozo 4 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

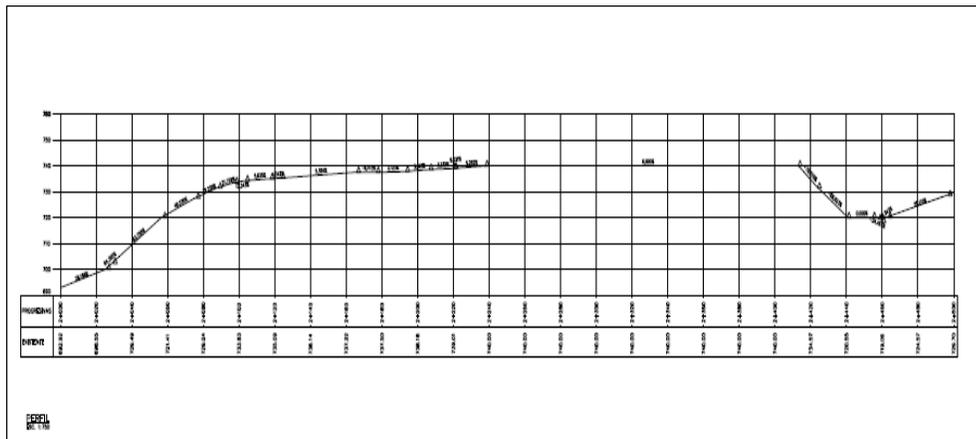


Figura E.6. Trozo 5 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

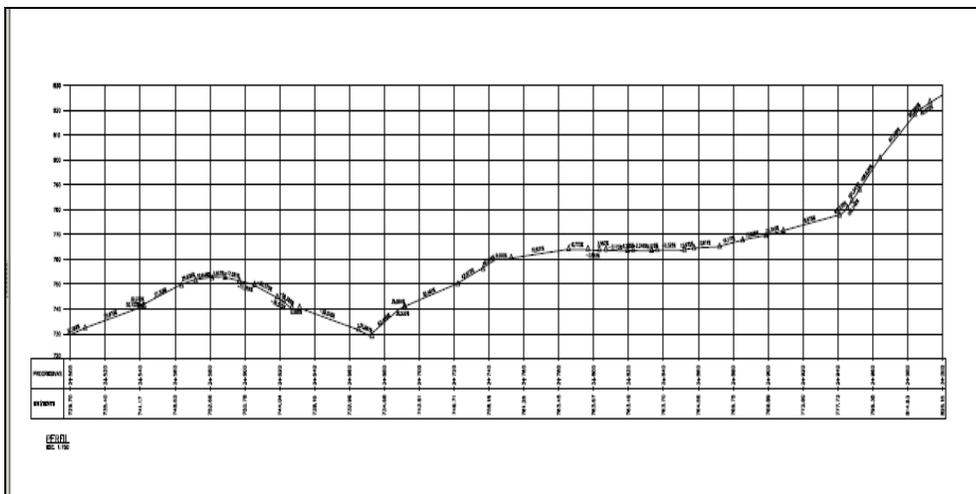


Figura E.7. Trozo 6 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

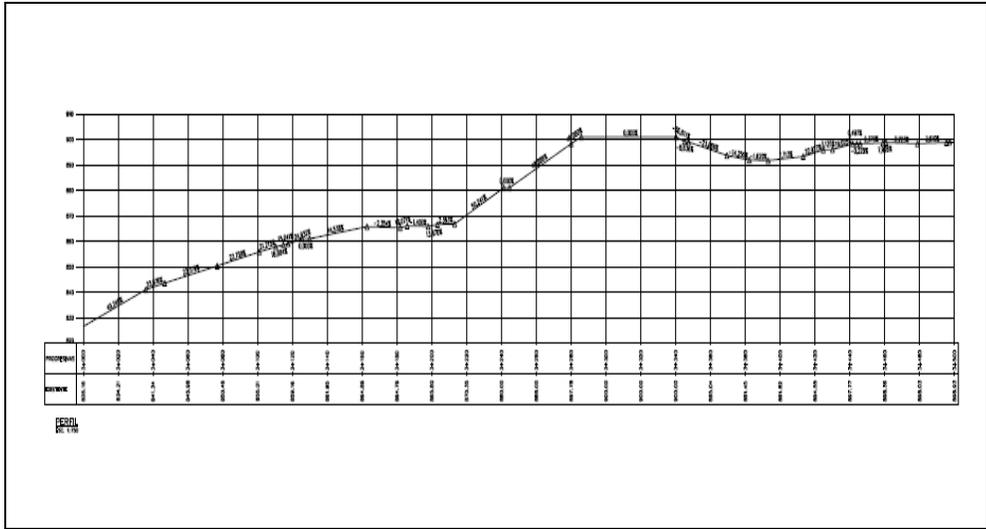


Figura E.8. Trozo 7 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

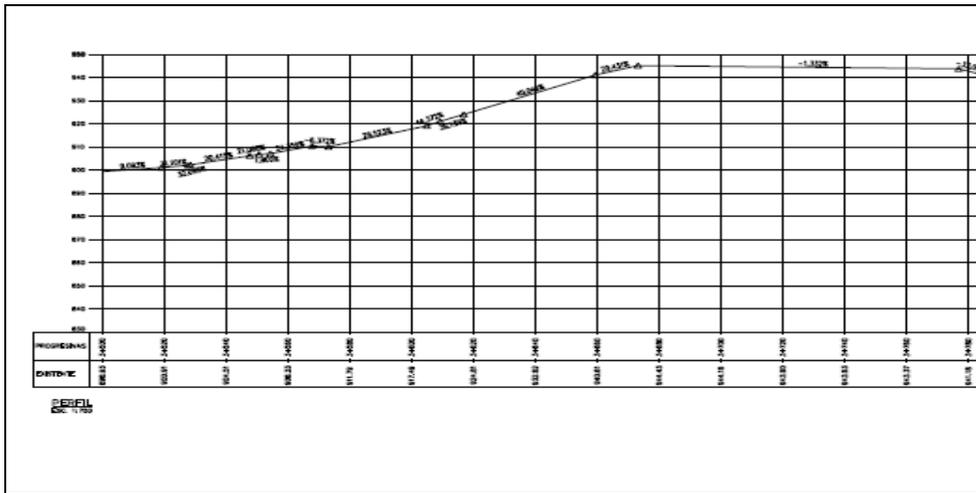


Figura E.9. Trozo 8 de la ruta del poliducto desde la Nueva Planta de distribución de combustible Catia La Mar hasta La Planta de distribución combustible del oeste de Caracas.

Tabla E.1. Estudio de la ruta del poliducto Planta de Catia la Mar- Patio de tanques de Ciudad Caribia.

Longitud (m)	Z inicial (m)	Elevación (m)	Z final (m)	Tramos de longitud tomados (m)
0,000	246,000	0,000	246,000	0,000
71,590	246,000	34,000	280,000	71,590
87,000	280,000	0,000	280,000	158,590
44,720	280,000	-20,000	260,000	203,310
13,150	260,000	-2,000	258,000	216,460
13,150	258,000	2,000	260,000	229,610
14,000	260,000	0,000	260,000	243,610
47,420	260,000	20,000	280,000	291,030
25,000	280,000	20,000	300,000	316,030
105,000	300,000	0,000	300,000	407,030
21,540	300,000	-8,000	292,000	442,570
35,510	292,000	8,000	300,000	478,080
8,000	300,000	0,000	300,000	486,080
67,050	300,000	20,000	320,000	553,130
395,000	320,000	0,000	320,000	948,130
281,470	320,000	60,000	380,000	1229,600
18,000	380,000	0,000	380,000	1247,600
75,470	380,000	40,000	420,000	1323,070
130,600	420,000	60,000	480,000	1453,670
61,200	480,000	60,000	540,000	1514,870
213,600	540,000	60,000	600,000	1728,470
224,720	600,000	80,000	680,000	1953,190
159,090	680,000	53,000	733,000	2112,280
100,240	733,000	7,000	740,000	2212,520
212,000	740,000	0,000	740,000	2424,520
32,060	740,000	-20,000	720,000	2456,580
20,000	720,000	0,000	720,000	2476,580
128,060	720,000	32,000	752,000	2604,640
90,710	752,000	-22,000	730,000	2695,350
78,920	730,000	30,000	760,000	2774,270
198,570	760,000	15,000	775,000	2972,840
59,910	775,000	50,000	825,000	3032,750
215,200	825,000	37,000	862,000	3247,950
73,000	862,000	38,000	900,000	3320,950
55,000	900,000	0,000	900,000	3389,100
232,000	900,000	-3,000	897,000	3607,950
165,130	897,000	48,000	945,000	3773,080
TOTAL	3773,080	699,000		

APENDICE F

DETERMINACIÓN DEL DIÁMTERO DEL POLIDUCTO

Iteración del diámetro del poliducto que cumpla los criterios de diseño de la norma PDVSA.

Criterio de velocidad (10-15) pies/seg

Poliducto de 8" fluido **Gasolina**.

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 7
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR	
L001	P002	PIPE	8.000	7.980	8.000	7.980	3773.08	699.00

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 8
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)		
L001	P002	PIPE	17.92	17.92	0.00	-0.18	-0.12	-1134.2

Poliducto de 10" fluido Gasolina.

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 7
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR	
L001	P002	PIPE	10.000	10.020	10.000	10.020	3773.08	699.00

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 8
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)		
L001	P002	PIPE	11.37	11.37	0.00	-0.16	-0.10	-844.1

Poliducto de 12" fluido Gasolina.

Programmer's File Editor - [TESISGPS95.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR
L001	P002	PIPE	12.000	11.941	12.000	11.941	3773.08
■ VERSION 9.1 SIMULATION SCIENCES, INC.							R PIPEPHASE OUTPUT NETWORK REPORT PAGE 8 01/30/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)	
L001	P002	PIPE	8.00	8.00	0.00	-0.15 -0.09	
■ VERSION 9.1 SIMULATION SCIENCES, INC.							R PIPEPHASE OUTPUT NETWORK REPORT PAGE 9 01/30/12

BASE CASE

Criterio de velocidad (10-15) pies/seg.

Poliducto de 8" fluido Diesel.

Programmer's File Editor - [TESISDIESEL.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

■ VERSION 9.1
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE OUTPUT NETWORK REPORT PAGE 7
01/30/12

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR
L003	P000	PIPE	8.000	7.980	8.000	7.980	3773.08
■ VERSION 9.1 SIMULATION SCIENCES, INC.							R PIPEPHASE OUTPUT NETWORK REPORT PAGE 8 01/30/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)	
L003	P000	PIPE	17.92	17.92	0.00	-0.23 -0.16	
■ VERSION 9.1 SIMULATION SCIENCES, INC.							R PIPEPHASE OUTPUT NETWORK REPORT PAGE 9 01/30/12

Poliducto de 10" fluido Diesel.

Programmer's File Editor - [TESISDIESEL.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 7
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR
L003	P000	PIPE	10.000	10.020	3773.08	699.00	

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 8
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)
L003	P000	PIPE	11.37	11.37	0.00	-1054.0

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 9
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

Poliducto de 12" fluido Diesel.

Programmer's File Editor - [TESISDIESEL.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 7
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR
L003	P000	PIPE	12.000	11.941	3773.08	699.00	

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 8
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)
L003	P000	PIPE	8.00	8.00	0.00	-942.7

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 9
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

Un poliducto de 10 pulgadas es el diámetro que cumple con los requerimientos para el poliducto del proyecto tanto para la gasolina (95 y 91 octanos) como para el diesel, por lo que ahora se hace la evaluación del criterio de Caída de Presión: <2 psig/100pie debido a las Pérdidas por fricción de los fluidos Gasolina y diesel.

Pérdidas por fricción de los fluidos Gasolina.

VERSION 9.1 **R**
SIMULATION SCIENCES, INC. **PIPEPHASE** **PAGE 7**
PROJECT **OUTPUT**
PROBLEM **NETWORK REPORT** **01/31/12**

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)		PRESSURE DROP (PSIG)
L001	P001	PIPE	11.37	0.00	-0.01	-0.01	-131.5

VERSION 9.1 **R**
SIMULATION SCIENCES, INC. **PIPEPHASE** **PAGE 8**
PROJECT **OUTPUT**
PROBLEM **NETWORK REPORT** **01/31/12**

BASE CASE

RESULTS SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE FLOW RATE (BPD)	PRESSURE INLET/OUTLET (PSIG)	TEMPERATURE INLET/OUTLET (C)	QUALITY INLET/OUTLET (FRAC)
L001	P001	PIPE	95793.61	161.5	25.00	0.000

Criterio: Caída de Presión: <2 psig/100pie

Fluido Gasolina.

Poliducto =10"

Longitud del poliducto=3773,08m

Flujo de diseño= 95463BPD

Caída de presión por fricción en el poliducto= 131,5 psig

Conversión utilizada= 100ft = 30,48 m

Calculo tipo:

$$\text{Caída de presión Gasolina} = 131,5\text{psig} \times \frac{30,48\text{m}}{3773,08\text{m}} = 1,06 \text{ psig}$$

Si se cumple el criterio.

Pérdidas por fricción diesel.

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 7
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/31/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE FLOW RATE (FPS)	VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)
L004	P000	PIPE	11.37	11.37	0.00	-0.02 -0.02	-193.0

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 8
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/31/12

BASE CASE

RESULTS SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE FLOW RATE (BPD)	PRESSURE INLET/OUTLET (PSIG)	TEMPERATURE INLET/OUTLET (C)	QUALITY INLET/OUTLET (FRAC)
L004	P000	PIPE	95793.61	223.0 30.0	25.00 25.00	0.000 0.000

Criterio: Caída de Presión: <2 psig/100pie

Fluido Diesel.

Poliducto =10"

Longitud del poliducto=3773,08m

Flujo de diseño= 95463BPD

Caída de presión por fricción en el poliducto= 193 psig

Conversión utilizada= 100ft = 30,48 m.

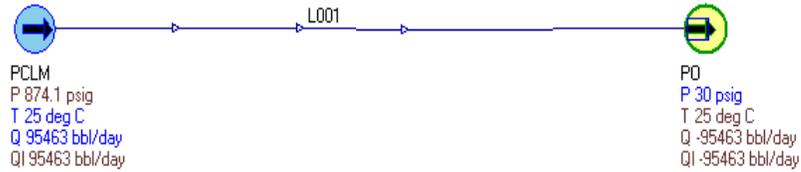
Calculo tipo:

$$\text{Caída de presión diesel} = 193\text{psig} \times \frac{30,48\text{m}}{3773,08\text{m}} = 1,56 \text{ psig}$$

Si se cumple el criterio para un poliducto de diámetro de 10".

A continuación se presenta los resultados completos de la evaluación hidráulica hecha con el simulador pipephase versión 9.1, para un poliducto de 10".

Esquema de la simulación (Poliducto-Gasolina)



Programmer's File Editor - [TESISGPS95.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

BASE CASE

LINK SUMMARY

RATE, PRESSURE AND TEMPERATURE SUMMARY

LINK	NODE	FROM(F) AND TO(T)			PRESS:			---HOLDUP**---	
		GAS (MMCFD)	OIL (BPD)	WATER (BPD)	PSIG	DROP (PSIG)	TEMP: (C)	GAS (MM SCF)	LIQ (STB)
L001	PCLM(F)	0.0000	95793.7	0.0	874.1		25.0		
	PO (T)	0.0000	95793.7	0.0	30.0*	844.1	25.0	0.0000	1203.1

* - INDICATES KNOWN PRESSURE
 ** VOLUME REPORTED AT USER STANDARD CONDITIONS
 *** RATE REPORTED AT ACTUAL TEMPERATURE AND PRESSURE CONDITIONS

VERSION 9.1 R

SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 4
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

NODE SUMMARY

NODE	PRES. (PSIG)	---STANDARD FLOW RATES ---**			TEMP. (C)
		GAS (MMCFD)	OIL (BPD)	WATER (BPD)	
PCLM	874.1	0.0000	95463.0*	0.0	25.0
PO	30.0*	0.0000	-95463.0	0.0	25.0

* INDICATES KNOWN PRESSURE OR FLOW
 ** STANDARD FLOW RATES REPORTED AT USER STD CONDITION

Programmer's File Editor - [TESISGPS95.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

BASE CASE

DEVICE SUMMARY

LINK NAME	DEVI TYPE	DEVI R	INSIDE DIAM (IN)	MEAS LENGTH (M)	ELEV CHNG (M)	PRESS (PSIG)	TEMP (C)	OUTLET INSITU GLR (CFBBL)	AUG-LIQ HOLDUP
L001	***SOURCE***			95463.0 (BPD)		874.1	25.0		
	PCLM					874.1	25.0		
	P002	PIPE DW	10.020	3773.08	699.00	30.0	25.0		
	PO	*** SINK ***		PRES= 30.0 (PSIG)		TEMP= 25.0 (C)			

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 7
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR
L001	P002	PIPE	10.000 10.020	10.000 10.020	3773.08	699.00	

Programmer's File Editor - [TESISGPS95.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 8
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)
L001	P002	PIPE	11.37	11.37	0.00	-844.1

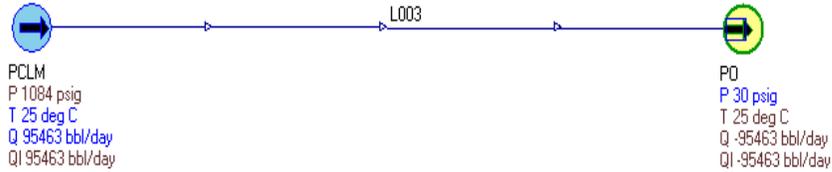
VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 9
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

RESULTS SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE FLOW RATE (BPD)	PRESSURE INLET/OUTLET (PSIG)	TEMPERATURE INLET/OUTLET (C)	QUALITY INLET/OUTLET (FRAC)
L001	P002	PIPE	95793.61	874.1 30.0	25.00 25.00	0.000 0.000

Esquema de la Simulación (Poliducto-Diesel)



Programmer's File Editor - [TESISDIESEL.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 3
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

LINK SUMMARY

RATE, PRESSURE AND TEMPERATURE SUMMARY

LINK	FROM(F) AND TO(T) NODE	---ACTUAL FLOW RATES***---			PRESS: (PSIG)	PRESS: DROP (PSIG)	TEMP: (C)	---HOLDUP**---	
		GAS (MMCFD)	OIL (BPD)	WATER (BPD)				GAS (MM SCF)	LIQ (STB)
L003	PCLM(F) PO (T)	0.0000 0.0000	95793.7 95793.7	0.0 0.0	1084.0 30.0*	1054.0	25.0 25.0	0.0000	1203.1

* - INDICATES KNOWN PRESSURE
 ** VOLUME REPORTED AT USER STANDARD CONDITIONS
 *** RATE REPORTED AT ACTUAL TEMPERATURE AND PRESSURE CONDITIONS

VERSION 9.1 R
 SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 4
 PROJECT OUTPUT
 PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

BASE CASE

NODE SUMMARY

NODE	PRES. (PSIG)	---STANDARD FLOW RATES ---**			TEMP. (C)
		GAS (MMCFD)	OIL (BPD)	WATER (BPD)	
PCLM	1084.0	0.0000	95463.0*	0.0	25.0
PO	30.0*	0.0000	-95463.0	0.0	25.0

Programmer's File Editor - [TESISDIESEL.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 6
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

=====

BASE CASE

DEVICE SUMMARY

LINK NAME	DEVI NAME	DEVI TYPE	R	INSIDE DIAM (IN)	MEAS LENGTH (M)	ELEV CHNG (M)	----- PRESS: (PSIG)	OUTLET TEMP: (C)	----- INSITU GLR (CFBBL)	AUG. LIQ HOLDUP
L003	***SOURCE***						1084.0	25.0		
	PCLM						1084.0	25.0		
	P000	PIPE DW		10.020	3773.08	699.00	30.0	25.0		
	P0	*** SINK ***					30.0 (PSIG)	TEMP= 25.0 (C)		

=====

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 7
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

=====

BASE CASE

STRUCTURE DATA SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	INLET DIA (NOM/ID) (IN)	OUTLET DIA (NOM/ID) (IN)	LENGTH (M)	ELEVATION CHANGE (M)	KMUL OR K FACTOR
L003	P000	PIPE	10.000 10.020	10.000 10.020	3773.08	699.00	

Programmer's File Editor - [TESISDIESEL.out]

File Edit Options Template Execute Macro Window Help

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 8
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

=====

BASE CASE

VELOCITY SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE VELOCITY (INLET/OUTLET) (FPS)	CRITICAL VELOCITY (FPS)	PRESSURE GRADIENT (INLET/OUTLET) (PSIFT)	PRESSURE DROP (PSIG)
L003	P000	PIPE	11.37 11.37	0.00	-0.19 -0.12	-1054.0

=====

VERSION 9.1 R
SIMULATION SCIENCES, INC. PIPEPHASE PAGE 9
PROJECT OUTPUT
PROBLEM NETWORK REPORT 01/30/12

=====

BASE CASE

RESULTS SUMMARY

LINK	DEVICE NAME	DEVICE TYPE	MIXTURE FLOW RATE (BPD)	PRESSURE INLET/OUTLET (PSIG)	TEMPERATURE INLET/OUTLET (C)	QUALITY INLET/OUTLET (FRAC)
L003	P000	PIPE	95793.61	1084.0 30.0	25.00 25.00	0.000 0.000

APENDICE G
PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

Todas estas propiedades se obtuvieron a partir de las composiciones molares mostradas en las tablas G.1 y G.2 de los distintos fluidos a transportar, y los resultados obtenidos fueron una buena semilla del sistema de bombeo requerido.

Tabla G.1. Composiciones molares de los fluidos manejados.

COMPONENTE	PRODUCTO	
	Gasolina de (91-95)	Diesel
n-butano	0,0200	-
neo pentano	0,2000	-
Methylcyclopentane	0,1000	-
n-Hexane	0,1000	-
Toluene	0,1000	-
n-Heptane	0,1000	-
Xylene	0,1000	-
3-methylheptane	0,1500	-
n-nonane	0,1000	0,0200
n-Decane	0,0300	0,0300
n-Undecane	-	0,0500
Dodecane	-	0,0600
Tridecane	-	0,0800
Tetradecane	-	0,1000
Pentadecane	-	0,1500
Heptadecane	-	0,1700
Total	1,0000	0,66

Fuente: Departamento de control de calidad de PDVSA.

Al sumar las composiciones de todos los componentes del diesel arrojó un valor de 0,66 por lo que se procedió a normalizar dichas composiciones resultando las composiciones mostradas en la siguiente tabla G.2:

Tabla G.2. Composición molar normalizada del diesel manejado.

	PRODUCTO
COMPONENTE	Diesel
n-nonane	0,0303
n-Decane	0,0455
n-Undecane	0,0758
Dodecane	0,0909
Tridecane	0,1212
Tetradecane	0,1515
Pentadecane	0,2273
Heptadecane	0,2576
Total	1,0000

APENDICE H

CÁLCULO DE BOMBAS UTILIZANDO EL SIMULADOR PRO/II SIMULACIÓN (BOMBAS/GASOLINA)

Tabla H.1. Especificaciones de la bomba centrífuga arrojada por el simulador PRO II. Fluido Gasolina.

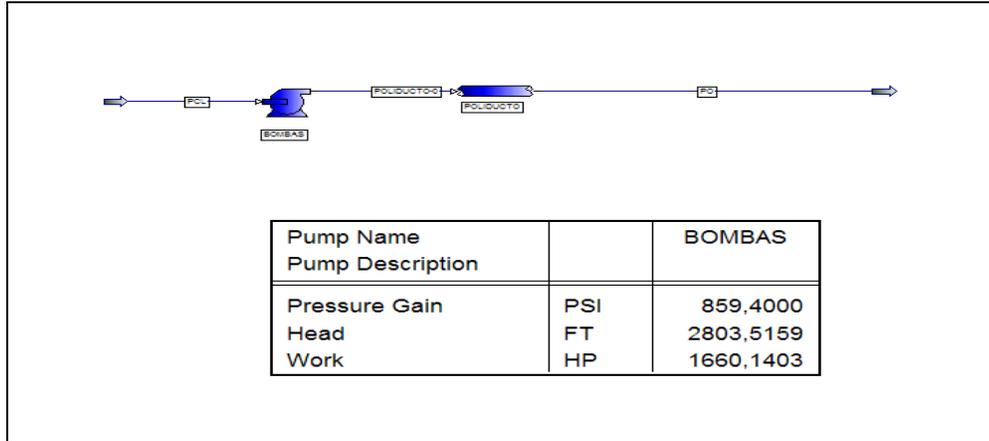


Tabla H.2. Propiedades Fisicoquímicas reportadas por el simulador PRO II. Fluido Gasolina.

Stream Name		POLIDUCTO-0	PCL	PO
Stream Description				
Phase		Liquid	Liquid	Liquid
Total Stream				
Rate	LB-MOL/HR	10312,529	10312,529	10312,529
	LB/HR	997288,750	997288,750	997288,750
Std. Liq. Rate	FT3/HR	22332,623	22332,623	22332,623
Temperature	F	80,026	77,000	85,511
Pressure	PSIA	874,100	14,700	38,968
Molecular Weight		96,707	96,707	96,707
Enthalpy	MM BTU/HR	25,553	21,328	25,553
	BTU/LB	25,622	21,386	25,622
Mole Fraction Liquid		1,0000	1,0000	1,0000
Reduced Temperature		0,5672	0,5541	0,5629
Reduced Pressure		1,3261	0,0324	0,0859
Acentric Factor		0,3035	0,3035	0,3035
UOP K factor		12,147	12,147	12,147
Std. Liquid Density	LB/FT3	44,656	44,656	44,656
Sp. Gravity		0,7160	0,7160	0,7160
API Gravity		66,118	66,118	66,118
Vapor				
Rate	LB-MOL/HR	n/a	n/a	n/a
	LB/HR	n/a	n/a	n/a
Vapor Std Vol Flow	FT3/HR	n/a	n/a	n/a
Molecular Weight		n/a	n/a	n/a
Z (from K)		n/a	n/a	n/a
Enthalpy	BTU/LB	n/a	n/a	0,000
CP	BTU/LB-F	n/a	n/a	n/a
Density	LB/FT3	n/a	n/a	n/a
Th. Conductivity	BTU/HR-FT-F	n/a	n/a	n/a
Viscosity	CP	n/a	n/a	n/a
Liquid				
Rate	LB-MOL/HR	10312,529	10312,529	10312,529
	LB/HR	997288,750	997288,750	997288,750
Liquid Std Vol Flow	FT3/HR	22413,342	22577,201	22697,074
Molecular Weight		22332,623	22332,623	22332,623
Z (from K)		96,707	96,707	96,707
Enthalpy	BTU/LB	0,39724	0,00627	0,01644
CP	BTU/LB-F	25,622	21,386	25,622
Density	LB/FT3	0,454	0,496	0,492
Surface Tension	DYNE/CM	44,495	44,172	43,939
Th. Conductivity	BTU/HR-FT-F	19,9834	20,1602	19,6939
Viscosity	CP	0,06955	0,06975	0,06918
		0,42377	0,43226	0,40908

SIMULACIÓN (BOMBAS/DIESEL)

Normalización de la composición molar del Diesel.

$$\sum_{i=1}^{n=0} y_i = y_{total} = y_{n - nonane} + y_{n - decane} + y_{n - undecane} + y_{dodecane} + y_{tridecane} \\ + y_{tetradecane} + y_{pentadecane} + y_{heptadecane}$$

$$y_{total} = 0.0200 + 0.0300 + 0.0500 + 0.0600 + 0.0800 + 0.1000 + 0.1500 + 0.1700$$

$$y_{total} = 0.66$$

Normalizando:

$$y''_i = \frac{y_i}{y_{total}}$$

$$y'_{n - nonane} = \frac{0.0200}{0.66} = 0.0303$$

$$y'_{n - decane} = \frac{0.0300}{0.66} = 0.0455$$

$$y'_{n - undecane} = \frac{0.0500}{0.66} = 0.0758$$

$$y'_{dodecane} = \frac{0.0600}{0.66} = 0.0909$$

$$y'_{tridecane} = \frac{0.0800}{0.66} = 0.1212$$

$$y'_{tetradecane} = \frac{0.1000}{0.66} = 0.1515$$

$$y'_{pentadecane} = \frac{0.1500}{0.66} = 0.2273$$

$$y'_{heptadecane} = \frac{0.1700}{0.66} = 0.2576$$

$$\sum_{i=1}^{n=0} y'_i = y'_{total} = y'_{n - nonane} + y'_{n - decane} + y'_{n - undecane} + y'_{dodecane} + y'_{tridecane} + y'_{tetradecane} \\ + y'_{pentadecane} + y'_{heptadecane}$$

$$y'_{total} = 0.0303 + 0.0455 + 0.0758 + 0.0909 + 0.1212 + 0.1515 + 0.2273 + 0.2576$$

$$y'_{total} = 1.000$$

Tabla H.3. Especificaciones de la bomba centrífuga arrojada por el simulador PRO II. Fluido Diesel.

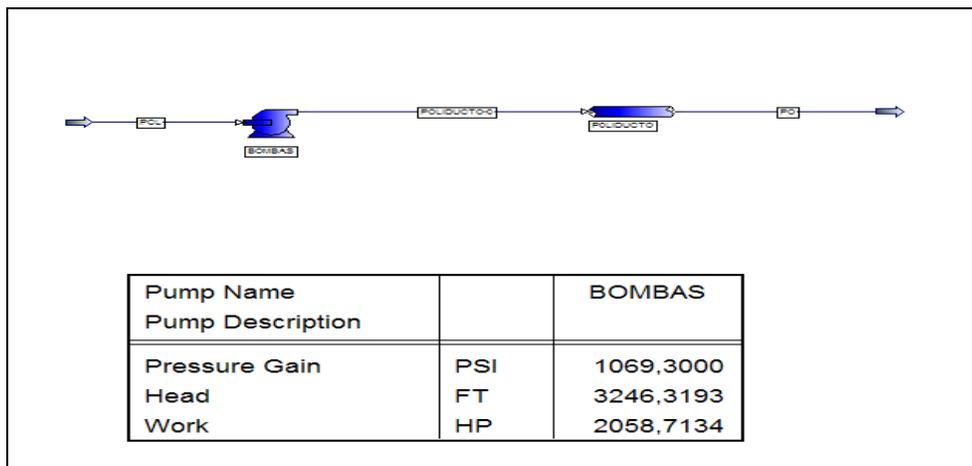


Tabla H.4. Propiedades Físicoquímicas reportadas por el simulador PRO II. Fluido Diesel.

Stream Name Stream Description		PCL	POLIDUCTO-0	PO
Phase		Liquid	Liquid	Liquid
Total Stream				
Rate	LB-MOL/HR LB/HR	5332,024 1068030,750	5332,024 1068030,750	5332,024 1068030,750
Std. Liq. Rate	FT3/HR	22332,623	22332,623	22332,623
Temperature	F	77,000	77,371	66,923
Pressure	PSIA	14,700	1084,000	2009,852
Molecular Weight		200,305	200,305	200,305
Enthalpy	MM BTU/HR BTU/LB	25,506 23,881	30,744 28,786	30,744 28,786
Mole Fraction Liquid		1,0000	1,0000	1,0000
Reduced Temperature		0,4311	0,4314	0,4246
Reduced Pressure		0,0633	4,6668	8,6527
Acentric Factor		0,6549	0,6549	0,6549
UOP K factor		12,848	12,848	12,848
Std. Liquid Density	LB/FT3	47,824	47,824	47,824
Sp. Gravity		0,7668	0,7668	0,7668
API Gravity		53,029	53,029	53,029
Vapor				
Rate	LB-MOL/HR LB/HR FT3/HR	n/a n/a n/a	n/a n/a n/a	n/a n/a n/a
Vapor Std Vol Flow	FT3/HR	n/a	n/a	n/a
Molecular Weight		n/a	n/a	n/a
Z (from K)		n/a	n/a	n/a
Enthalpy	BTU/LB	n/a	n/a	n/a
CP	BTU/LB-F	n/a	n/a	n/a
Density	LB/FT3	n/a	n/a	n/a
Th. Conductivity	BTU/HR-FT-F	n/a	n/a	n/a
Viscosity	CP	n/a	n/a	n/a
Liquid				
Rate	LB-MOL/HR LB/HR FT3/HR	5332,024 1068030,750 22501,787	5332,024 1068030,750 22224,295	5332,024 1068030,750 22003,055
Liquid Std Vol Flow	FT3/HR	22332,623	22332,623	22332,623
Molecular Weight		200,305	200,305	200,305
Z (from K)		0,01425	1,04302	1,95105
Enthalpy	BTU/LB	23,881	28,786	26,786
CP	BTU/LB-F	0,495	0,493	0,487
Density	LB/FT3	47,464	48,057	48,540
Surface Tension	DYNE/CM	26,0589	26,0403	26,4648
Th. Conductivity	BTU/HR-FT-F	0,08049	0,08047	0,08108
Viscosity	CP	2,16980	2,16118	2,36929

APÉNDICE I
HOJA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS BOMBAS

Tabla I.1. Hoja de Excel para el cálculo de las Bombas
Centrífugas

Pump Name :	BOMBAS PRINCIPALES		Viscosity, Cp @ T	4,32	@ 140,0 °F	
Liquid Pumped :	Diesel		Specific Gravity @ T	0,870		
Pump TAG :	P-01A/B/C		Max. Specific Gravity	0,900		
Site Barometric Pressure :	14,7	psi				
CAPACITY			DISCHARGE PRESSURE			
Normal Capacity	gpm	1,302,6	44.659,9 BPD	MIN	NORM	DESIGN
Normal Capacity	lb/h	567.190,4 lb/h		Discharge Vessel Pressure	psig	1,012,0 1,012,0 30,0
Minimum Flow Factor	%	10,0%		Max.Liq.Level (above ground)	ft	38,0 38,0 38,0
Maximum Design Factor	%	110,0%		Static Head	ft	1,866,0 1,866,0 2,306,0
Design Capacity	gpm	1,432,8	49.125,9 BPD	Static Head	psi	703,5 702,8 869,4
Design Capacity	lb/h	623.909,4 lb/h		Frictional Line Loss	psi	0,5 42,3 512
SUCTION PRESSURE			Discharge Pressure	psig	1716,0	1757,1 1069,0
			Net Design Discharge	psig	----	---- 1,069,0
			NORM	DESIGN	DIFFERENTIAL PRESSURE	
Suction Vessel Pressure	psig	0,0	0,0	Design Discharge Pressure	psig	1069,0 psig
Vessel Elevation (above ground)	ft	6,6	6,6	Minus Suction Pressure	psig	-1,1psig
Low Liquid Level (above BTL vessel)	ft	5,3	5,3	Pump Differential Pressure	psi	1,070,1 psi
High Liquid Level (above BTL vessel)	ft	41,3	41,3	Pump Differential Head	ft	2.838,6 ft
Pump Centerline Elevation	ft	2,0	2,0	SHUTOFF PRESSURE (@MAX SG)		
Static Head	ft	9,8	9,8			
Static Head	psi	3,7	3,7			
Frictional Line Loss	psi	4,0	4,8	DESIGN		
Net Suction Pressure	psig	-0,3	-1,1	Maximum Suction Pressure	psig	17,8 psig
NET POSITIVE SUCTION HEAD			Plus 20% of Differential Pressure	psi	1284,2 psig	
			Shutoff Pressure	psig	1,301,9 psig	
Pump Suction Pressure, psig	psig	-0,3		HYDRAULIC HORSE POWER		
Vapor Pressure @ T, psia	psia	10,7				
Net psi	psi	3,6				
NPSH Calculated, ft	ft	9,6		HHP	894,6 HP	667,1 kW
NPSH Safety Factor, ft	ft	2,0		BRAKE HORSE POWER		
NPSH Available, ft	ft	7,6				
NOTES			Pump Efficiency, estimated	80,0%		
			BHP = HHP/Efficiency	1.118,2 HP	833,9 kW	
1.-				Probable Motor Rating, HP	200,0	
2.-				Motor Efficiency, % (estimated)	90,0%	
3.-				F L Motor Efficiency, % (estimated)	90,0%	
4.-				POWER		
5.-						
6.-				Operating Power	1242,5 HP	926,5 kW
7.-				Connected Power	222,2 HP	165,8 kW

ECUACIONES UTILIZADAS EN LA HOJA DE CÁLCULO.

Para determinar el NPSH disponible.

$$P_s = P_{rec-succ} + \Delta h_s + \Delta P_{frcc-s}$$

Donde:

P_s : Presión de succión (Psi)

Prec-succ: Presión de recipiente de succión (Psi)

Δh_s : Cabezal estático de succión (Psi)

ΔP_{frcc-s} : Pérdidas por fricción en la succión (Psi)

$$NPSH_d = \frac{(P_s - P_v) \cdot 2,31}{SG}$$

Donde:

P_v : Presión de vapor a temperatura (Psia)

SG: Gravedad Específica

Para el cálculo de la Potencia Hidráulica:

$$HHP = \frac{Q_d \cdot \Delta P}{1714}$$

Donde:

HHP: Potencia Hidráulica (Hp)

Q_d : Caudal de diseño (GPM)

ΔP : Presión diferencial de la bomba (PSI)

Para el cálculo de la potencia al freno.

$$BHP = \frac{HHP}{E_p}$$

Donde:

BHP: Potencia al freno (Hp)

E_p : Eficiencia de la bomba

DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

Para realizar el dimensionamiento de tuberías se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{Q}{A}; \text{ donde}$$

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

Donde:

$$V : \text{Velocidad} (\text{ft}/\text{s})$$

$$Q : \text{Caudal} (\text{ft}^3/\text{s})$$

$$A : \text{Area} (\text{ft}^2)$$

$$D : \text{Diámetro} (\text{ft})$$

Para el cálculo de la caída de presión se emplean las ecuaciones descritas en la norma PDVSA MPD-02-FF-03. Flujo en fase líquida:

$$\text{Re} = \frac{D.V.\rho}{\mu}$$

Donde:

$$\rho : \text{Densidad} (\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3})$$

$$\mu : \text{viscosidad} (\text{Cp})$$

Para $\text{Re} > 4000$ Flujo Turbulento

$$f = \left[\left[-3.6 \times \log \left(\frac{6.9}{\text{Re}} + \left(\frac{a}{3.7} \right)^{1.11} \right) \right] \right]^{-2}$$

Donde:

$$f : \text{factor de fricción}$$

Para el cálculo de caída de presión.

$$\Delta P = 5.8 \times 10^{-8} \cdot \frac{f \cdot L \cdot V^2 \cdot \rho}{d}$$

Donde :

d : Diámetro (plg)

Cálculo típico para determinar el diámetro de la tubería:

$$Q = 40.600 \text{ BPD} = 2.64 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

Donde :

Q : Caudal

Con un diámetro supuesto de 10 pulgadas

Hacemos la conversión 10 plg = 0.83 ft

$$A = \pi \cdot \frac{(0.83 \text{ ft})^2}{4} = 0.54 \text{ ft}^2$$

$$V = \frac{2.64 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{0.54 \text{ ft}^2} = 4.89 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \quad \text{Se cumple el criterio de velocidad } (4-8) \frac{\text{ft}}{\text{s}}$$

Procedemos a verificar el otro criterio:

$$\text{Re} = \frac{(0.83 \text{ ft}) \cdot (2.64 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}) \cdot (54.31 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3})}{0.0027 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{s}}} = 44075.6$$

donde :

$$\rho_e = 0.87$$

$$\rho_e = \frac{\rho}{\rho_{\text{pref}}} \Rightarrow \rho = \rho_e \cdot \rho_{\text{pref}} \Rightarrow \rho = (0.87) \cdot (62.43 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}) \Rightarrow \rho = 54.31 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\mu = 4.32 \text{ Cp} = 0.0027 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{s}}$$

Ahora se determina el factor de fricción f:

$$f = \left[-3,6 \times \log \left(\frac{6,9}{44.075,6} + \left(\frac{0,0018}{3,7} \right)^{1,11} \right) \right]^{-2}$$

$$f = 0,0067$$

Cálculo de caída de presión.

$$\Delta P = 5.8 \times 10^{-8} \cdot \frac{(0,0067) \cdot (2296,59 \text{ ft}) \cdot \left(2,64 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}\right)^2 \cdot \left(54,31 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}\right)}{10 \text{ plg}} = 3,3781 \text{ Psi}$$

$$3,3781 \text{ Psi} \cdot \frac{100 \text{ ft}}{2296,59 \text{ ft}} = 0,1471 \text{ Psi}$$

Donde:

d : Diámetro (plg)

La caída de presión por cada 100 m es de 0,1471 Psi, lo que quiere decir que se cumple el criterio.