



INFORME TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL INGENIERÍA MECÁNICA

NOMBRE DEL PROYECTO:

Dimensionamiento preliminar de los espesores de tubería por presión interna en la construcción de un oleogasoducto de 8"Ø del cabezal foráneo de recolección samaria 894 al cabezal foráneo de recolección samaria 840.

EMPRESA:

PETRÓLEOS MEXICANOS

" PEMEX "

PRESENTA:

LEAL GOMEZ LUZ DEL ALBA.

N° CONTROL:

09270175

PERIODO DE RESIDENCIA:

ENERO - JUNIO 2014



ÍNDICE.

CONTENIDO

PÁGINA.

Introducción.....1

CAPITULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 Justificación.....3

1.2. Objetivos.....3

1.3. Ubicación del oleogasoducto de 8"Ø.....4

1.4. Alcances proyecto.....5

CAPITULO 2.

CRITERIOS PARA DETERMINAR LOS ESPESORES DE TUBERÍAS Y

CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS.

2.1 Consideraciones.....7

2.1.1. Cálculo de espesores de tuberías.....8

2.1.3 Flexibilidad del sistema.....9

2.1.4 Factor de servicio.....10

CAPITULO 3.

MÉTODO DE CÁLCULO

3.1 método de cálculo de los espesores requeridos	13
3.2. Desarrollo.....	14
3.3. Resultados.....	25
Conclusión y recomendaciones.....	27
Referencias bibliográfica,,,,,,.....	28
Anexos.....	29

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.3.1 Coordenadas de la ubicación del origen y destino del Oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km.....	4
Tabla 1.3.2 Cruzamientos del Oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km.....	4
Tabla 2.2.1.1 Análisis composicional del gas combustible.....	11
Tabla 2.2.1.2 Condiciones de operación de los oleogasoductos.....	11
Tabla 3.2.1 Diámetros y espesores calculados.....	25



INTRODUCCIÓN

En la actualidad Pemex cuenta con una importante infraestructura terrestre en donde se tiene una gran red de ductos para el transporte de hidrocarburos distribuidos a lo largo de la República Mexicana. En los próximos años, como consecuencia del desarrollo de nuevos proyectos de transporte de hidrocarburos, se tiene previsto el diseño y construcción de nuevos ductos terrestres, sin olvidar las fases de inspección y mantenimiento para ductos existentes. Todo esto conlleva la obligación de contar con una normatividad acorde con las exigencias de los trabajos a desarrollar y que cumpla con los requerimientos necesarios para tener instalaciones seguras.

En el diseño, construcción e inspección de ductos terrestres se ha utilizado por varios años normatividad extranjera y algunas especificaciones nacionales. Dicha normatividad cumple con los requerimientos del país de origen, por lo que Pemex vio la necesidad de elaborar esta norma que toma en cuenta las características y condiciones propias de nuestro país, sin dejar a un lado los criterios y necesidades de la entidad, buscando siempre mejorar las condiciones de operación y seguridad de estas instalaciones. Asimismo, se incorporan experiencias de construcción y operación que se han obtenido a lo largo de muchos años de trabajos realizados en toda la República Mexicana.

Este proyecto consiste en el dimensionamiento de los espesores en el proceso de diseño, con tubería de acero al carbón para servicio amargo un oleogasoducto de 8"Ø, que inicie en el cabezal foráneo de recolección Samaria 894, el cual estará provisto de la infraestructura correspondiente de la trampa de envío de diablos. El punto final será la interconexión con el oleogasoducto del cabezal foráneo de recolección Samaria 840, el cual estará provisto de una trampa de recibo de diablos. En esta memoria se determinarán los espesores de tubería por presión interna que se adecúen a las condiciones de operación y a las condiciones del sitio.



CAPITULO 1

ASPECTOS GENERALES.

1. JUSTIFICACIÓN

Con el diseño adecuado y la construcción del Oleogasoducto de 8"Ø y de la línea de medición de 6"Ø del cabezal foráneo de recolección Samaria 894 al cabezal Samaria 840, se garantiza el transporte de los fluidos producidos con el mayor grado de seguridad, tanto en su mantenimiento como durante su operación.

Se requiere habilitar la línea de descarga del pozo Samaria 804 como línea de medición, a fin de maximizar la producción de dicho pozo, y asimismo ocupar el derecho de vía existente de esta línea para su uso como línea de medición de pozos para el cabezal Samaria 894.

El Oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km estará diseñado para manejar 731.4 BPD de aceite, 0.5 MMPCSD de gas y 63.6 BPD de agua congénita a 60 kg/cm² de presión y a 75°C de temperatura (condiciones máximas).

1.2. OBJETIVOS

Objetivos generales

Dimensionamiento de los espesores de tubería por presión interna del oleogasoducto de 8"Ø que inicia en el cabezal foráneo de recolección Samaria 894, finalizando en el cabezal foráneo de recolección Samaria 840, provisto de la infraestructura correspondiente de las trampas de envío y recibos de diablos, en materiales ASTM A106 Gr. B para líneas aéreas e interconexiones y en materiales ISO 3183-3 Gr. L-360 para las líneas regulares y cubetas de trampas de diablos.

Objetivo específico

- Aumentar el periodo de vida útil del oleogasoducto.
- lograr el cálculo correcto, en una tubería real para uso industrial.

1.3. UBICACIÓN DEL OLEOGASODUCTO DE 8"Ø

Tabla 1.3.1 Coordenadas de la ubicación del origen y destino del Oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km.

Oleogasoducto	Coordenadas geográficas		Longitud
	Coordenadas UTM		
Oleogasoducto de 8"Ø (Punto de Partida: Cabezal Samaria 894)	LATITUD:	LONGITUD:	KM 0+000.000
	17°59'16.736" X = 488,580.922	93°06'28.294" Y = 1'988,859.283	
Oleogasoducto, 8"Ø (Punto Final: Cabezal Samaria 840)	LATITUD:	LONGITUD:	KM 1+238.396
	17°59'39.113" X = 489,263.326	93°06'05.103" Y = 1'989,546.591	

Tabla 1.3.2 Cruzamientos del Oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km.

Clave de Cruzamiento	Nombre	Punto de Inicio	Punto Final
Q-300	Camino de terracería	KM-0+018.939	KM-0+023.492
Q-301	Arroyo	KM-0+194.366	KM-0+209.195
Q-302	Carretera pavimentada	KM-0+584.632	KM-0+613.245
Q-303	Camino de terracería	KM-0+960.696	KM-0+965.745



1.4. ALCANCES PROYECTO

El proyecto consiste en el Dimensionamiento de los espesores en el proceso de diseño para la construcción de un oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km, iniciando en el cabezal foráneo de recolección Samaria 894 (ubicado en la pera del pozo Samaria 894) con punto final en el oleogasoducto de 12"Ø Samaria 840 – Samaria 35. Tanto el punto de partida como el punto final estarán provistos de la infraestructura correspondiente para la instalación de trampas de diablos.



CAPITULO 2

CRITERIOS PARA DETERMINAR
LOS ESPESORES DE TUBERÍAS Y
CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS.

2.1 CONSIDERACIONES

Criterios para determinar los espesores de tuberías.

La tubería y sus componentes deben diseñarse para una presión interna de diseño (P_i) igual a 1,1 veces la presión de operación máxima (POM) a régimen constante tanto para hidrocarburos líquidos como gaseosos, la cual no debe ser menor a la presión de la carga hidrostática en cualquier punto del ducto en una condición estática. El sistema transportará gas y aceite, por lo que el espesor de tuberías se determina de acuerdo a lo indicado en el punto 8.1.6 de la Norma NRF-030-PEMEX-2009 [1].

La presión interna de diseño para los sistemas de tuberías de acero o el espesor de pared nominal para una presión de diseño dada, será determinado por la siguiente expresión basada en la fórmula de Barlow.

La fórmula de Barlow relaciona la presión interna que un tubo puede soportar a sus dimensiones y la fuerza de su material .

La fórmula de Barlow es una ecuación matemática desarrollada por el matemático Peter Barlow que describe la relación entre la presión interna, la tensión admisible, el espesor de pared y el diámetro de las tuberías. Puedes utilizar esta fórmula para determinar los requisitos mínimos del espesor de la tubería en un sistema de tuberías, independientemente del tipo de tubería utilizada.

2.1.1. Cálculo de espesores de tuberías

Para que el cálculo de la presión interna, aplique:

$$P_i = \frac{2t(SMYS)f_{CP}}{D} \dots\dots\dots Ec.1.2$$

Los espesores de la línea del oleogasoducto y de la línea de descarga se calcularon por presión interna de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$t = \frac{P_i \times D}{2[SMYS]f_{CP}} \dots\dots\dots Ec.2.2$$

Donde:

t = Espesor mínimo de pared requerido por presión interna en (in).

SMYS = Esfuerzo permisible (psig).

D = Diámetro exterior del tubo (in).

Pi = Presión máxima de operación (psig).

f_{cp}= factor de capacidad permisible por presión de diseño.

$$f_{CP} = f_{DIS} f_{TEMP} f_{JL} \dots\dots\dots Ec.3.2$$

f_{cp} = es el factor de capacidad permisible por presión de diseño, que se determina como:

f_{DIS} = Factor de diseño por clase de localización. Al fluir gas en la línea de descarga combinado con líquido, se clasifica por clase de localización; de acuerdo al trazo topográfico y los censos la línea se encuentra dentro de la clase 1 para la cual el factor será igual a 0.6, debido al cruzamiento con una carretera pavimentada (Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009 [1]y tabla 4).

f_{TEMP} = Factor de diseño por temperatura. Este factor tiene un valor de 1.0 (Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009 [1]).

f_{JL} = Factor de junta longitudinal (Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009 [1]).



El espesor mínimo requerido por presión interna y corrosión se determinó por la **fórmula 3 de la NRF-030-PEMEX-2009** [1]:

$$t_r = t + t_c \dots\dots\dots \text{Ec.4.2}$$

t_r = Espesor mínimo requerido por presión interna y corrosión (pulg).

t = Espesor de diseño por presión interna (pulg).

t_c = Espesor de pared adicional por corrosión (pulg), punto 8.1.6.3.2 NRF-030-PEMEX-2009 [1].

Donde t_c es el espesor requerido por corrosión y t_r es el espesor de tubería mínimo requerido por presión interna y por corrosión.

Para la aplicación de esta fórmula se determinó una tolerancia por corrosión de 0.125" la cual se adicionó al espesor calculado por presión interna.

El espesor comercial (t_{com}) debe seleccionarse a partir del espesor mínimo requerido (t_r). A éste espesor comercial, se le debe restar el porcentaje por tolerancia de fabricación (ver 8.1.6.3.3) de la NRF-030-PEMEX-2009 [1], esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido.

$$t_r \leq t_{com} - t_{fab} \dots\dots\dots \text{Ec.5.2}$$

t_{com} = Espesor comercial para presión interna (pulg)

t_{fab} = Espesor de tolerancia por fabricación (pulg)

Formula del espesor de tolerancia por fabricación

Para la selección final del espesor de pared de la tubería, se tomaron en cuenta las tolerancias debidas al proceso de fabricación. En el caso de tuberías sin costura según es el caso, la tolerancia correspondiente es de -12.5% del espesor nominal mediante la aplicación de la ecuación 4 del párrafo 8.1.6.3 de la NRF-030-PEMEX-2009 [1]. Debe aplicarse este porcentaje de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$t_f = \frac{t_r}{0.875} \dots\dots\dots \text{Ec.6.2}$$

Donde:

t_f = Espesor de pared que incluye la tolerancia de fabricación.

t_r = Espesor de pared mínimo.

2.2 Flexibilidad del sistema

El Oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km estará diseñado para manejar 731.4 BPD de aceite, 0.5 MMPCSD de gas y 63.6 BPD de agua congénita a 60 kg/cm² de presión y a 75°C de temperatura (condiciones máximas).

2.2.1. Factor de servicio

El sistema estará diseñado para operar las 24 horas los 365.4 días del año.

Tabla 2.2.1.1 Análisis composicional del gas combustible

Componente	% mol
Nitrógeno	6.813
Dióxido de Carbono	0.043
Ácido Sulhídrico	0.000
Metano	85.583
Etano	7.124
Propano	0.343
Isobutano	0.016
Butano Normal	0.026
Isopentano	0.000
Pentano Normal	0.010
Hexano y más pesados	0.042
Total	100.000
Peso Molecular promedio	18.024
Presión pseudocrítica (Psia)	662.952
Temperatura pseudocrítica (°R)	351.527
Densidad relativa del gas	0.622
Etano líquido recuperable (m ³ /1000 m ³)	0.241
Etano líquido recuperable (GPM)	1.794
Etano líquido recuperable (B/MMPC)	44.380
Propano y más Pes. Líq. y Recup. (m ³ /1000 m ³)	0.018
Propano y más Pes. Líq. y Recup. (GPM)	0.131
Propano y más Pes. Líq. y Recup. (B/MMPC)	2.965
Poder calorífico bruto (BTU/ft ³)	1003.126
Poder calorífico bruto (Kcal/m ³)	8948.685

Tabla 2.2.1.2 Condiciones de operación de los oleogasoductos

Producto	Crudo-Gas	
Condiciones	Presión (kg/cm ²)	Temperatura °C
Máxima	60.00	75.00
Normal	15.00	60.00
Mínima	10.00	55.00



CAPITULO 3

MÉTODO DE CÁLCULO.



El Oleogasoducto de 8"Ø x 1+238.396 Km estará diseñado para manejar 731.4 BPD de aceite, 0.5 MMPCSD de gas y 63.6 BPD de agua congénita a 60 kg/cm² de presión y a 75°C de temperatura (condiciones máximas).

3.1 MÉTODO DE CÁLCULO DE LOS ESPESORES REQUERIDOS

Cálculo de espesores de tuberías para el cálculo de la presión interna, aplique:

$$P_i = \frac{2t(SMYS)f_{CP}}{D} \dots\dots\dots Ec.1.2$$

Para el cálculo del espesor requerido por presión interna, aplique:

$$t = \frac{P_i \times D}{2[SMYS]f_{CP}} \dots\dots\dots Ec.2.2$$

Para el cálculo del factor de capacidad permisible por presión interna de diseño, aplique:

$$f_{CP} = f_{DIS} \times f_{TEM} \times f_{JL} \dots\dots\dots Ec.3.2$$

La tubería de acero al carbono debe tener un espesor mínimo de pared requerido para soportar los esfuerzos producidos por presión interna. Este espesor se determina mediante la siguiente expresión:

$$tr = t + tc \dots\dots\dots EC. 4.2$$

El espesor comercial (t com) debe seleccionarse a partir del espesor mínimo requerido (tr). A éste espesor comercial, se le debe restar el porcentaje por tolerancia de fabricación (ver 8.1.6.3.3) de la NRF-030-PEMEX-2009 [1], esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique.

$$t_r \leq t_{com} - t_{fab} \dots\dots\dots Ec.5$$

Espesor de tolerancia por fabricación. Se debe obtener en función de los valores de porcentaje de tolerancia que se muestran en la Tabla 5 de la NRF-030-PEMEX-2009 [1]. Porcentaje de tolerancia por fabricación de 12.5%.

3.2. DESARROLLO

a) Para el cálculo del espesor del oleogaseoducto 8"Ø en especificación ISO 3183-3 Gr. L360

POM =	853.400	(Bases de usuario)
Pi = 1.1 * POM =	938.740	(1.1 P _{OM})
D =	8.625	(Bases de usuario)
SMYS =	52000	(Tabla D-1 ASME B31.8 [3])
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009 [1]
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009 [1].
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009 [1].
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL} =	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
t = (Pi * D) / (2 * SMYS * f _{CP})	0.130	Ecuación 2.2 este documento
t _C = 0.00625 * 20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030 [1]
t _r = t + t _C	0.255	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.312	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.273	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

t selett. =	0.312	de Tablas API
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

b) Para el cálculo del espesor de interconexiones aéreas de 8"Ø en especificación ASTM A106 Gr. B

P _{OM} =	853.400	(Bases de usuario)
P _i = 1.1 * P _{OM} =	938.740	(1.1 P _{OM})
D =	6.625	(Bases de usuario)
SMYS =	35000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL} =	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
t = (P _i * D) / (2 * SMYS * f _{CP})	0.148	Ecuación 2.2 de este documento
t _C = 0.00625 * 20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
t _r = t + t _C	0.273	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.432	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.378	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

t selecc. =	0.432 ced. 80	de Tablas ASME B36.10
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

c) Para el cálculo del espesor del oleogasduto 6"Ø en especificación ISO 3183-3 Gr. L360

POM =	853.400	(Bases de usuario)
Pi =1.1 * POM	938.740	(1.1 POM)
D =	6.625	(Bases de usuario)
SMYS =	52000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL}	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
t = (Pi * D) / (2 * SMYS * f _{CP})	0.100	Ecuación 2.2 de este documento
t _C = 0.00625 * 20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
t _r = t + t _C	0.225	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.280	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.245	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (tcom) se selecciona a partir del mínimo requerido (tr) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

<i>t</i> <i>selecc.</i> =	0.280	de Tablas API
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

d) Para el cálculo del espesor de interconexiones aéreas de 6"Ø en especificación ASTM A106 Gr. B

POM =	853.400	(Bases de usuario)
Pi = 1.1 * POM	938.740	(1.1 P _{OM})
D =	6.625	(Bases de usuario)
SMYS =	35000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL}	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
t = (Pi * D) / (2 * SMYS * f _{CP})	0.148	Ecuación 2.2 de este documento
t _C = 0.00625 * 20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
t _r = t + t _C	0.273	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.432	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.378	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

t <i>selecc.</i> =	0.432 <i>ced. 80</i>	<i>de Tablas ASME B36.10</i>
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

e) Para el cálculo del espesor de interconexiones aéreas de 4"Ø en especificación ASTM A106 Gr. B

POM =	853.400	(Bases de usuario)
Pi = 1.1 * POM	938.740	(1.1 P _{OM})
D =	4.500	(Bases de usuario)
SMYS =	35000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL}	0.600	Ecuación .23 de este documento
t = (Pi* D) / (2* SMYS* f _{CP})	0.101	Ecuación 2.2 de este documento
t _C = 0.00625*20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
t _r = t + t _C	0.226	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.337	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.295	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

t selecc. =	0.337 ced. 80	de Tablas ASME B36.10
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

f) Para el cálculo del espesor de líneas de pateo y desvío de las trampas de diablos en 3"Ø en especificación ASTM A106 Gr. B

POM =	853.400	(Bases de usuario)
Pi =1.1 * POM	938.740	(1.1 P _{OM})
D =	3.500	(Bases de usuario)
SMYS =	35000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL}	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
t =(Pi* D) /(2* SMYS* f _{CP})	0.078	Ecuación 2.2 de este documento
t _C =0.00625*20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
t _r = t + t _C	0.203	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.300	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.263	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

t selecc. =	0.300 ced. 80	de Tablas ASME B36.10
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

g) Para el cálculo del espesor de líneas de pateo, desvío y drenes de las trampas de diablos en 2"Ø en especificación ASTM A106 Gr. B

P _{OM} =	853.400	(Bases de usuario)
P _i = 1.1 * P _{OM}	938.740	(1.1 P _{OM})
D =	2.375	(Bases de usuario)
SMYS =	35000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL}	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
t = (P _i * D) / (2 * SMYS * f _{CP})	0.053	Ecuación 2.2 de este documento
t _C = 0.00625 * 20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
t _r = t + t _C	0.178	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.218	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.191	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

t <i>selecc.</i> =	0.218 ced. 80	de Tablas ASME B36.10
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

h) Para el cálculo del espesor de líneas de venteo y purgas en 1"Ø en especificación ASTM A106 Gr. B

$P_{OM} =$	853.400	(Bases de usuario)
$P_i = 1.1 * P_{OM}$	938.740	(1.1 P_{OM})
$D =$	1.315	(Bases de usuario)
$SMYS =$	35000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
$f_{DIS} =$	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
$T_{OP} =$	75	°C (Bases de usuario)
$f_{TEM} =$	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
$f_{JL} =$	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
$f_{CP} = f_{DIS} * f_{TEM} * f_{JL}$	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
$t = (P_i * D) / (2 * SMYS * f_{CP})$	0.029	Ecuación 2.2 de este documento
$t_C = 0.00625 * 20$	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
$t_r = t + t_C$	0.154	Ecuación 4.2 de este documento
$t_{com} =$	0.250	(Inmediato comercial)
$t_{com} - t_{fab} = t_{com} * 0.875$	0.219	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

$t_{selecc.} =$	<i>0.250 ced. 160 de Tablas ASME B36.10</i>	
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

i) Para el cálculo del espesor de interconexiones aéreas en 3/4"Ø en especificación ASTM A106 Gr. B

P _{OM} =	853.400	(Bases de usuario)
P _i = 1.1 * P _{OM}	938.740	(1.1 P _{OM})
D =	1.050	(Bases de usuario)
SMYS =	35000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
f _{DIS} =	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
T _{OP} =	75	°C (Bases de usuario)
f _{TEM} =	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
f _{JL} =	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
f _{CP} = f _{DIS} * f _{TEM} * f _{JL}	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
t = (P _i * D) / (2 * SMYS * f _{CP})	0.023	Ecuación 2.2 de este documento
t _C = 0.00625 * 20	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
t _r = t + t _C	0.148	Ecuación 4.2 de este documento
t _{com} =	0.219	(Inmediato comercial)
t _{com} - t _{fab} = t _{com} * 0.875	0.192	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

t selecc. =	0.219 ced. 160 de Tablas ASME B36.10	
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

j) Para el cálculo del espesor de barril de trampa de diablos 12"Ø en especificación ISO 3183-3 Gr. L360

$P_{OM} =$	853.400	(Bases de usuario)
$P_i = 1.1 * P_{OM}$	938.740	(1.1 P_{OM})
$D =$	12.750	(Bases de usuario)
$SMYS =$	52000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
$f_{DIS} =$	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
$T_{OP} =$	75	°C (Bases de usuario)
$f_{TEM} =$	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
$f_{JL} =$	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
$f_{CP} = f_{DIS} * f_{TEM} * f_{JL}$	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
$t = (P_i * D) / (2 * SMYS * f_{CP})$	0.192	Ecuación 2.2 de este documento
$t_C = 0.00625 * 20$	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
$t_r = t + t_C$	0.317	Ecuación 4.2 de este documento
$t_{com} =$	0.375	(Inmediato comercial)
$t_{com} - t_{fab} = t_{com} * 0.875$	0.328	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

$t_{selecc.} =$	0.375	de Tablas API
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

k) Para el cálculo del espesor de barril de trampa de diablos 10"Ø en especificación ISO 3183-3 Gr. L360

$P_{OM} =$	853.400	(Bases de usuario)
$P_i = 1.1 * P_{OM}$	938.740	(1.1 P_{OM})
$D =$	10.750	(Bases de usuario)
$SMYS =$	52000	(Tabla D-1 ASME B31.8)
$f_{DIS} =$	0.600	Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009
$T_{OP} =$	75	°C (Bases de usuario)
$f_{TEM} =$	1.000	Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009
$f_{JL} =$	1.000	Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009
$f_{CP} = f_{DIS} * f_{TEM} * f_{JL}$	0.600	Ecuación 3.2 de este documento
$t = (P_i * D) / (2 * SMYS * f_{CP})$	0.162	Ecuación 2.2 de este documento
$t_C = 0.00625 * 20$	0.125	Párrafo 8.1.6.3.2 NRF-030
$t_r = t + t_C$	0.287	Ecuación 4.2 de este documento
$t_{com} =$	0.344	(Inmediato comercial)
$t_{com} - t_{fab} = t_{com} * 0.875$	0.301	Ecuación 5.2 de este documento

El espesor comercial (t_{com}) se selecciona a partir del mínimo requerido (t_r) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

$t_{selecc.} =$	0.344	de Tablas API
Presión de prueba hidrostática =	1173.425	Psi
	82.519	kg/cm ²

Debido a que este proyecto consiste en el dimensionamiento de los espesores en el proceso de diseño, con tubería de acero al carbón para servicio amargo un oleogaseoducto de 8"Ø, se tomó esto en cuenta para las con sideraciones con respecto a las normas que rigen a petróleos mexicanos son las correctas para el tipo de tuberías a elegir.

El espesor comercial (tcom) se selecciona a partir del mínimo requerido (tr) y considerando la disponibilidad por parte de proveedores. A este espesor comercial se le resta el porcentaje por tolerancia de fabricación, esta diferencia debe ser mayor o igual al espesor mínimo requerido. En caso contrario se debe seleccionar el espesor inmediato superior que se fabrique. Valor de tolerancia por fabricación de 12.5 %.

Tabla 3.1 Diámetros y espesores calculados.

Diámetro	Especificación	Espesor	<i>Cedula</i>
¾"Ø	ASTM A-106 Gr. B	0.219	160
1"Ø	ASTM A-106 Gr. B	0.250	160
2"Ø	ASTM A-106 Gr. B	0.218	80
3"Ø	ASTM A-106 Gr. B	0.300	80
4"Ø	ASTM A-106 Gr. B	0.337	80
6"Ø	ASTM A-106 Gr. B	0.432	80
6"Ø	ISO 3183-3 Gr. L360 (X-52)	0.280	-
8"Ø	ASTM A-106 Gr. B	0.406	60
8"Ø	ISO 3183-3 Gr. L360 (X-52)	0.312	-
10"Ø	ISO 3183-3 Gr. L360 (X-52)	0.344	-
12"Ø	ISO 3183-3 Gr. L360 (X-52)	0.375	-

3.2. Resultados de cálculos y materiales seleccionados.

Descripción	Diámetro (pulg.)	Espesor (pulg.)	Material del tubo
Oleogasoducto de 8" Ø	8" Ø	0.312	ISO 3183-3 Gr. L360
Línea aerea 8" Ø	8" Ø	0.406 ced. 60	ASTM A106 Gr. B
Oleogasoducto de 6" Ø	6" Ø	0.280	ISO 3183-3 Gr. L360
Líneas aérea 6" Ø	6" Ø	0.432 ced. 80	ASTM A106 Gr. B
Línea aérea 4"Ø	4"Ø	0.337 ced. 80	ASTM A106 Gr. B
Línea aerea 3" Ø	3" Ø	0.300 ced. 80	ASTM A106 Gr. B
Línea aérea 2" Ø	2" Ø	0.218 ced. 80	ASTM A106 Gr. B
Línea aérea 1" Ø	1" Ø	0.250 ced. 160	ASTM A106 Gr. B
Línea aérea 3/4" Ø	3/4"Ø	0.219 ced. 160	ASTM A106 Gr. B
Cubeta de trampas de diablos 12"Ø	12" Ø	0.375	ISO 3183-3 Gr. L360
Cubeta de trampas de diablos 10"Ø	10" Ø	0.344	ISO 3183-3 Gr. L360



CONCLUSIÓN.

En este reporte de residencia se listaron alguno de los criterios y especificaciones para el diseño, y la ingeniería para el proyecto de “Construcción de un Oleogasoducto de 8”Ø del cabezal foráneo de recolección Samaria 894 al cabezal foráneo de recolección Samaria 840” y como principal objetivo el cálculo de los espesores de las tuberías.

Para la construcción del Oleogasoducto son primordiales que los espesores de tuberías sean los correctos de acuerdo a las características del suelo y medio ambiente y materiales a trasportar, ya que si estos no cumplen con lo requerido podría ocasionar percances que afectarían la vida útil de las líneas también daños al medio ambiente y a terceros.

De tal manera que al realizarse los cálculos de espesores para las tuberías se deben considerar los materiales a trasportar las características de la zona donde se instalaran las líneas, de acuerdo a esto y a lo que las normas citen se podrá elegir el material adecuado, el cual se usaran para la instalación de las líneas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

CÓDIGOS Y NORMAS APLICABLES.

[1] NRF-030-PEMEX-2009 - DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE DUCTOS TERRESTRES PARA TRANSPORTE Y RECOLECCIÓN DE HIDROCARBUROS.

[2] ASTM A106 - SEAMLESS CARBON STEEL PIPE FOR HIGH-TEMPERATURE SERVICE (2010).

[3] ASME B31.8 - GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS (2007)

[4] API SPEC 5L* - SPECIFICATION FOR LINE PIPE (2007). *ISO ADOPTION FROM ISO 3183

[5] ASME B36.10 - WELDED AND SEAMLESS WROUGHT STEEL PIPE. (2004)

[6] NRF-001-PEMEX-2007 - TUBERÍA DE ACERO PARA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS.

ANEXOS

DATOS DE DISEÑO PARA LOS OLEOGASODUCTOS DE 8"Ø Y 6"Ø		
ORIGEN	CABEZAL DE RECOLECCIÓN SAMARIA 894	
DESTINO	CABEZAL FORÁNEO DE RECOLECCIÓN SAMARIA 840	
MATERIAL	ACERO AL CARBÓN ISO 3183-3 GR. L360 (X-52)	
CLASE	1	
CLASE APLICADA EN EL SISTEMA	600# ANSI	
PRODUCTO	MEZCLA GAS - ACEITE PESADO	
TIPO DE SERVICIO	HIDROCARBUROS AMARGOS (NOTA 2)	
NORMATIVIDAD APLICADA	NRF-001-PEMEX-2007 NRF-211-PEMEX-2008 NRF-030-PEMEX-2009	
	UNIDADES	DATOS
DIÁMETRO NOMINAL	mm (in)	200 (8) / 150 (6)
PRESIÓN DE OPERACIÓN	Kg/cm ² (PSIG)	60 (853.40)
PRESIÓN DE DISEÑO	Kg/cm ² (PSIG)	66 (938.74)
PRESIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA	Kg/cm ² (PSIG)	82.52 (1173.43)
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	°C (°F)	75 (167)
TEMPERATURA DE DISEÑO	°C (°F)	75 (167)
TEMPERATURA DE PRUEBA HIDROSTÁTICA	°C (°F)	TEMPERATURA AMBIENTE
FLUJO DE GAS (NOTA 7)	MMPCSD	0.5
FLUJO DE ACEITE (NOTA 7)	BPD	731.4
FLUJO DE AGUA (NOTA 7)	BPD	63.6

Figura 1. Características para los oleogasoductos de 6"Ø y 8"Ø.

Listado de fórmulas de este documento

Ecuación para cálculo de la presión interna

$$P_i = \frac{2t(SMYS)f_{CP}}{D} \dots\dots\dots Ec.1$$

Ecuación para el espesor mínimo requerido por presión interna.

$$t = \frac{P_i \times D}{2[SMYS]f_{CP}} \dots\dots\dots Ec.2$$

Donde:

t = Espesor mínimo de pared requerido por presión interna en (in).

SMYS = Esfuerzo permisible (psig).

D = Diámetro exterior del tubo (in).

Pi = Presión máxima de operación (psig).

f_{CP}= factor de capacidad permisible por presión de diseño

$$f_{CP} = f_{DIS} f_{TEMP} f_{JL} \dots\dots\dots Ec.3$$

f_{CP} = es el factor de capacidad permisible por presión de diseño, que se determina como:

f_{DIS} = Factor de diseño por clase de localización. Al fluir gas en la línea de descarga combinado con líquido, se clasifica por clase de localización; de acuerdo al trazo topográfico y los censos la línea se encuentra dentro de la clase 1 para la cual el factor será igual a 0.6, debido al cruzamiento con una carretera pavimentada (Num. 8.1.6.2 NRF-030-PEMEX-2009 [1]y tabla 4).

f_{TEMP} = Factor de diseño por temperatura. Este factor tiene un valor de 1.0 (Tabla 3 NRF-030-PEMEX-2009 [1]).

f_{JL} = Factor de junta longitudinal (Tabla 2 NRF-030-PEMEX-2009 [1]).



El espesor mínimo requerido por presión interna y corrosión.

$$t_r = t + t_c \dots\dots\dots \text{Ec.4}$$

t_r = Espesor mínimo requerido por presión interna y corrosión (pulg).

t = Espesor de diseño por presión interna (pulg).

t_c = Espesor de pared adicional por corrosión (pulg), punto 8.1.6.3.2 NRF-030-PEMEX-2009 [1].

Para la selección a partir del espesor mínimo requerido.

$$t_r \leq t_{com} - t_{fab} \dots\dots\dots \text{Ec.5}$$

t_{com} = Espesor comercial para presión interna (pulg)

t_{fab} = Espesor de tolerancia por fabricación (pulg)

Formula del espesor de tolerancia por fabricación

$$t_f = \frac{t_r}{0.875} \dots\dots\dots \text{Ec.6}$$

Donde:

t_f = Espesor de pared que incluye la tolerancia de fabricación.

t_r = Espesor de pared mínimo.