



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA

Y ARQUITECTURA

UNIDAD TICOMAN

SEMINARIO DE TITULACIÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
UN GASODUCTO QUE VA DE
HERMOSILLO A ISLA TIBURON**

**TRABAJO FINAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO PETROLERO**

PRESENTA

STALIN DOLORES AUGUSTO VALENCIA ANELL



MÉXICO, D.F.

JUNIO 2010



AGRADECIMIENTOS

**A Dios, por cuidarme e
iluminarme siempre en mi
camino, pues a partir de hoy, es
el verdadero comienzo de mi
vida...**

A mi madre:

Por que cuando necesité un consejo, ahí estabas. Cuando necesite un regaño, indudablemente estabas. Cuando necesitaba escucharte, me hablabas. Porque siempre estuviste y sé que estarás ahí...

Tu fuerza, tu voluntad y sobre todo el amor que me tienes me han permitido estar siempre por el buen camino y hoy se ven reflejados al final de mi carrera universitaria, por esto y más, muchas gracias mamita...

A mi padre:

Con tu ejemplo y carácter me enseñaste a ser responsable, libre, integro; pero lo más importante fue que me enseñaste a tener principios invaluable y siempre darles su lugar, es por eso que te agradezco todo lo que me has enseñado pues al final del camino los valores son lo único que importa... gracias padre mío...



ABSTRACT

In this work two very important subjects for the oil industry appear; a project and its economic study.

In chapter I, all the majorities of oil are, from their origin, classification, uses, their derivatives, their importance with the world and its effects on the environment.

In chapter II it is spoken in particular of a very special hydrocarbon, the natural gas. in this section can find all the concepts and definitions on this hydrocarbon; thus also, the physical and chemical properties, their commercial use, their classification, their clear importance are denoted and their means of transport.

For chapter III, an practice example appears of the design of a gas pipeline that goes of the Hermosillo Sonora city to Isla Tiburon Sonora, to a distance of 275 kilometers from a point to another one. In this part of the work, the procedure to detail can be appreciated to calculate the final diameter of the gas pipeline, as well as its thickness, its fall of impact pressure and by mile, factor of friction, etc.

For the penultimate chapter, the economic analysis of the project appears; this to see if it is a viable and profitable work. Furthermore, it contains the production cost of the line to construct and the annual production cost. These data are approximated.

At the end of the work the conclusions and recommendations of the author are appraised, as well as the bibliography of support.



RESUMEN

En este trabajo se presentan dos temas muy importantes para la industria petrolera; un proyecto y su estudio económico.

En el capítulo I se encuentran todas las generalidades del petróleo, desde su origen, clasificación, usos, sus derivados, su importancia con el mundo y sus efectos sobre el medio ambiente.

En el capítulo II se habla en particular de un hidrocarburo muy especial, el gas natural. En esta sección podrá encontrar todos los conceptos y definiciones sobre este hidrocarburo; así también, se denotan las propiedades físicas y químicas, su uso comercial, su clasificación, su importancia y claro su medio de transporte.

Para el capítulo III, se presenta un ejemplo práctico del diseño de un gasoducto que va de la ciudad de Hermosillo Sonora a Isla tiburón Sonora, a una distancia de 275 kilómetros de un punto a otro. En esta parte del trabajo, se puede apreciar el procedimiento a detalle para calcular el diámetro final del gasoducto, así como su espesor, su caída de presión total y por milla, factor de fricción etc.

Para el penúltimo capítulo, se presenta el análisis económico del proyecto; esto para ver si es un trabajo sustentable y rentable. Además contiene el costo de producción de la línea a construir y el costo de producción anual. Estos datos son aproximados.

Al final del trabajo se aprecian las conclusiones y recomendaciones del autor así como la bibliografía de apoyo.



INDICE

ABSTRACT	
RESUMEN	
OBJETIVO	1
INTRODUCCIÓN	2
GENERALIDADES	4
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	5
CAPITULO I BASES TEORICAS	8
1.1 Tipos de petróleo	8
1.2 Localización del petróleo	8
1.3 Métodos de exploración del petróleo	9
1.3.1 Métodos geofísicos	10
1.3.2 Métodos geológicos	10
1.4 Explotación del petróleo	11
1.5 Productos derivados del petróleo	11
1.6 Efectos del petróleo sobre el medio ambiente	13
1.7 La importancia del petróleo	13
1.7.1 Situación actual	14
CAPITULO II GAS NATURAL	15
2.1 Generalidades del gas natural	15
2.2 Clasificación del gas natural	15
2.3 Propiedades físicas y químicas del gas natural	16
2.3.1 Poder calorífico	16
2.3.2 Temperatura de ignición	17
2.3.3 Densidad relativa	17
2.3.4 Viscosidad	17
2.4 Procesos del gas natural	17
2.4.1 Compresión y enfriamiento	17
2.4.2 Absorción	17
2.5 Usos del gas natural	18
2.6 Importancia del gas natural	18



2.7 El gas natural y el medio ambiente	19
--	----

CAPITULO III	PROTECCIÓN CATÓDICA	20
---------------------	----------------------------	----

3.1 Corrosión	20
3.2 Tipos de corrosión	21
3.3 Protección contra la corrosión	21
3.4 Protección catódica	22
3.5 Fundamento de la protección catódica	23
3.6 Polarización catódica	23
3.7 Sistemas de protección catódica	24
3.7.1 Ánodo galvánico	24
3.7.2 Características de un ánodo de sacrificio	24
3.8 Tipos de ánodos	24
3.9 Relleno (backfill)	25

CAPITULO IV	EJEMPLO DE APLICACIÓN	26
--------------------	------------------------------	----

4.1 Medio de transporte	26
4.2 Ruta	27
4.3 Perfil topográfico	28
4.4 Elevaciones y distancias	29
4.5 Cálculos	30
4.6 Grafica de estaciones de bombeo	37

CAPITULO IV	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	39
--------------------	---------------------------------	----

CAPITULO V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
-------------------	---------------------------------------	----

CAPITULO VI	BIBLIOGRAFIA	42
--------------------	---------------------	----



OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es presentar el procedimiento que debe seguirse para el diseño y construcción de un gasoducto, con el fin de transportar gas natural a lugares de consumo tomando en cuenta todos los factores que depende de ello.



INTRODUCCIÓN

En México, el desarrollo económico depende de la industria petrolera y sus derivados. Paradójicamente, la distancia que se requiere del lugar del yacimiento hasta el destino final es mucha, es decir, llevarlo hasta los puntos de consumo; por lo que requiere de un transporte seguro, rápido y confiable, y que mejor por medio de oleoductos, gasoductos y poliductos.

Anteriormente, la industria petrolera era más rentable, pues el aceite particularmente se refinaba cerca de los lugares de producción, pero a medida que el comercio y la demanda crecieron se requerían más refinerías que fueron construidas lejos de los lugares de producción; esto llevó a crear redes de ductos para su transporte hacia estas y su almacenaje.

A pesar de que existen otros medios de transporte del aceite y sus derivados como: barcos, ferrocarriles, auto tanques, pipas, etc. Sin embargo, dos de los medios de transporte más utilizados en México para el aceite crudo, son los oleoductos y los barcos petroleros de gran capacidad, esto debido a que son sistemas de transporte masivo y de alguna manera los más rentables.

Si hablamos de las ventajas de los medios de transporte del petróleo, los ductos representa el medio más seguro, económico, rentable, y con una ingeniería de alguna manera siempre superable, tomando en cuenta las condiciones del suelo donde se colocan los ductos.

Gracias a que el petróleo es un fluido, se puede transportar a granel es decir en cantidades de acuerdo a nuestras necesidades; reduce los gastos al mínimo y permite una automatización casi completa de los procesos que requiere. Por ejemplo, hoy en día solo requiere una buena red de tuberías y proceder a la apertura y cierre de válvulas de forma manual o automática.

Para el diseño y construcción de un gasoducto se requiere analizar tres áreas, la económica, la técnica y la ingeniería.

Por el lado de la ingeniería necesitamos conocer diámetro de la tubería a utilizar, tipo de tubería, número de válvulas, ruta de la tubería etc.

Por el lado técnico, conocer el perfil topográfico y buscar la trayectoria más confiable, rentable y segura.



Por el lado económico, analizar obras extras como puentes, túneles que pudieran requerirse para la mejor ruta de la tubería, siempre buscando el lado más rentable.

En este trabajo se presenta un ejemplo práctico que va de la ciudad de Hermosillo a isla Tiburón Sonora. Hermosillo, (antiguamente Santísima Trinidad del Pitic) es una ciudad mexicana, capital del estado de Sonora, que se ubica en el centro del estado y a 270 kilómetros de la frontera con Estados Unidos. Se localiza en el paralelo 29° 05' de latitud norte y el meridiano 110° 57' de longitud oeste de Greenwich, a una altura de 210 metros sobre el nivel del mar. Hermosillo es la 19^{na} ciudad más grande de México de acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2005 del INEGI, en donde la ciudad contaba con 707.890 habitantes.

Por otro lado La Isla Tiburón o Isla del Tiburón (*Tahéjoc* en la lengua seri) se localiza en lo alto del Golfo de California muy cerca de la costa este del mismo. Tiene una extensión de 1208 km², por lo que representa la mayor superficie insular del país. Pertenece al estado de Sonora, específicamente al municipio de Hermosillo, y se ubica aproximadamente a la misma latitud que Hermosillo. Está separada del continente por un estrecho canal de sólo tres kilómetros de ancho llamado Estrecho del Infiernillo.

La isla está deshabitada, a excepción de una instalación militar ubicada en la zona oriental de la isla. Está administrada como una reserva ecológica por el gobierno de los seris, en conjunto con el gobierno Federal. La comunidad más cercana es Punta Chueca (*Socáaix* en la lengua seri), desde donde se puede llegar a la isla. Esta comunidad está habitada principalmente por pescadores y gente de pueblo seri.

En este trabajo se ejemplifica transportar 30 millones de pies cúbicos de gas natural de Hermosillo a Isla tiburón, con una distancia aproximada de 275 kilómetros.



GENERALIDADES

El petróleo (del griego: πετρέλαιον, "aceite de roca") es una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua. También es conocido como petróleo crudo o simplemente crudo.

Es de origen fósil, fruto de la transformación de materia orgánica procedente de zooplancton y algas que, depositados en grandes cantidades en fondos anóxicos de mares o zonas lacustres del pasado geológico, fueron posteriormente enterrados bajo pesadas capas de sedimentos. La transformación química (craqueo natural) debida al calor y a la presión durante la diagénesis produce, en sucesivas etapas, desde betún a hidrocarburos cada vez más ligeros (líquidos y gaseosos). Estos productos ascienden hacia la superficie, por su menor densidad, gracias a la porosidad de las rocas sedimentarias. Cuando se dan las circunstancias geológicas que impiden dicho ascenso (trampas petrolíferas como rocas impermeables, estructuras anticlinales, márgenes de diapiros salinos, etc.) se forman entonces los yacimientos petrolíferos.

En condiciones normales es un líquido bituminoso que puede presentar gran variación en diversos parámetros como color y viscosidad. Estas variaciones se deben a la diversidad de concentraciones de los hidrocarburos que componen la mezcla.

Es un recurso natural no renovable y actualmente también es la principal fuente de energía en los países desarrollados. El petróleo líquido puede presentarse asociado a capas de gas natural, en yacimientos que han estado enterrados durante millones de años, cubiertos por los estratos superiores de la corteza terrestre.



ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Todo el mundo necesita del petróleo. En una u otra de sus muchas formas lo usamos cada día de nuestra vida. Proporciona fuerza, calor y luz; lubrica la maquinaria y produce betún para acondicionar la superficie de las carreteras; y de él se fabrica una gran variedad de productos químicos. Poca gente llega a ver la materia prima –el petróleo crudo– de la cual se hacen tantos productos útiles. Viene de zonas muy profundas de la tierra, o del mar, donde se formó en el pasado lejano, muchos millones de años antes de que existieran seres humanos o cualquiera de los animales que conocemos hoy.

Se conoce desde la prehistoria. La Biblia lo menciona como betún, se dice que el asfalto se usó para pegar los ladrillos de la torre de Babel; asimismo nos describe cómo los reyes de Sodoma y Gomorra fueron derrotados al caer en pozos de asfalto en el valle de Siddim.

También los indígenas de la época precolombiana en América conocían y usaban el petróleo, que les servía de impermeabilizante para embarcaciones.

Durante varios siglos los chinos utilizaron el gas del petróleo para la cocción de alimentos. Sin embargo, antes de la segunda mitad del siglo XVIII las aplicaciones que se le daban al petróleo eran muy pocas.

Fue el coronel Edwin L. Drake quien perforó el primer pozo petrolero del mundo en 1859, en Estados Unidos, logrando extraer petróleo de una profundidad de 21 metros. También fue Drake quien ayudó a crear un mercado para el petróleo al lograr separar la kerosina del mismo. Este producto sustituyó al aceite de ballena empleado en aquella época como combustible en las lámparas, cuyo consumo estaba provocando la desaparición de estos animales.

Pero no fue sino hasta 1895, con la aparición de los primeros automóviles, que se necesitó la gasolina, ese nuevo combustible que en los años posteriores se consumiría en grandes cantidades. En vísperas de la primera Guerra Mundial, antes de 1914, ya existían en el mundo más de un millón de vehículos que usaban gasolina.

En efecto, la verdadera proliferación de automóviles se inició cuando Henry Ford lanzó en 1922 su famoso modelo "T". Ese año había 18 millones de automóviles; para 1938 el número subió a 40 millones, en 1956 a 100 millones, y a más de 170 millones para 1964. Actualmente es muy difícil estimar con exactitud cuántos cientos de millones de vehículos de gasolina existen en el mundo.



Lógicamente el consumo de petróleo crudo para satisfacer la demanda de gasolina ha crecido en la misma proporción. Se dice que en la década de 1957 a 1966 se usó casi la misma cantidad de petróleo que en los 100 años anteriores. Estas estimaciones también toman en cuenta el gasto de los aviones con motores de pistón.

Posteriormente se desarrollaron los motores de turbina (jets) empleados hoy en los aviones comerciales, civiles y militares. Estos motores usan el mismo combustible de las lámparas del siglo pasado, pero con bajo contenido de azufre y baja temperatura de congelación, que se llama turbosina.

Desde luego, cuando se introdujeron los aviones de turbina, el uso de la kerosina como combustible de lámparas era casi nulo, debido al descubrimiento de la electricidad, de tal manera que en 1964 cerca del 80% del consumo total de ésta era para hacer turbosina.

Otra fracción del petróleo crudo que sirve como energético es la de los gasóleos, que antes de 1910 formaba parte de los aceites pesados que constituían los desperdicios de las refinerías. El consumo de los gasóleos como combustible se inició en 1910 cuando el almirante Fisher de la flota británica ordenó que se sustituyera el carbón por el gasóleo en todos sus barcos. El mejor argumento para tomar tal decisión lo constituyó la superioridad calorífica de éste con relación al carbón mineral, ya que el gasóleo genera aproximadamente 10 500 calorías/kg., mientras que un buen carbón sólo proporciona 7 000 calorías/kg.

Más tarde se extendió el uso de este energético en la marina mercante, en los generadores de vapor, en los hornos industriales y en la calefacción casera.

El empleo del gasóleo se extendió rápidamente a los motores diesel. A pesar de que Rudolph Diesel inventó el motor que lleva su nombre, poco después de que se desarrolló el motor de combustión interna, su aplicación no tuvo gran éxito pues estaba diseñado originalmente para trabajar con carbón pulverizado.

Cuando al fin se logró separar la fracción ligera de los gasóleos, a la que se le llamó diesel, el motor de Rudolph Diesel empezó a encontrar un amplio desarrollo.

La principal ventaja de los motores diesel en relación a los motores de combustión interna estriba en el hecho de que son más eficientes, ya que producen más trabajo mecánico por cada litro de combustible. Es de todos conocido que nuestros automóviles sólo aprovechan del 22 al 24% de la energía consumida, mientras que en los motores diesel este aprovechamiento es del 35%.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GASODUCTO



Por lo tanto, estos motores encontraron rápida aplicación en los barcos de la marina militar y mercante, en las locomotoras de los ferrocarriles, en los camiones pesados, y en los tractores agrícolas.

Así como nos damos cuenta que la explotación de los hidrocarburos no solo ayuda al desarrollo tecnológico, sino que también, ayuda a las propias naciones a desarrollarse.



CAPITULO I BASES TEORICAS

1.1 TIPOS DE PETROLEO

Son miles los compuestos químicos que constituyen el petróleo, y, entre muchas otras propiedades, estos compuestos se diferencian por su volatilidad (dependiendo de la temperatura de ebullición). Al calentarse el petróleo, se evaporan preferentemente los compuestos ligeros (de estructura química sencilla y bajo peso molecular), de tal manera que conforme aumenta la temperatura, los componentes más pesados van incorporándose al vapor.

La industria mundial de hidrocarburos líquidos clasifica el petróleo de acuerdo a su densidad API (parámetro internacional del Instituto Americano del Petróleo, que diferencia las calidades del crudo), como se muestra en la tabla siguiente:

Aceite Crudo	Densidad (g/ cm ³)	Densidad grados API
Extra pesado	>1.0	10.0
Pesado	1.0 - 0.92	10.0 - 22.3
Mediano	0.92 - 0.87	22.3 - 31.1
Ligero	0.87 - 0.83	31.1 - 39
Supe ligero	< 0.83	> 39



1.2 LOCALIZACIÓN DEL PETROLEO

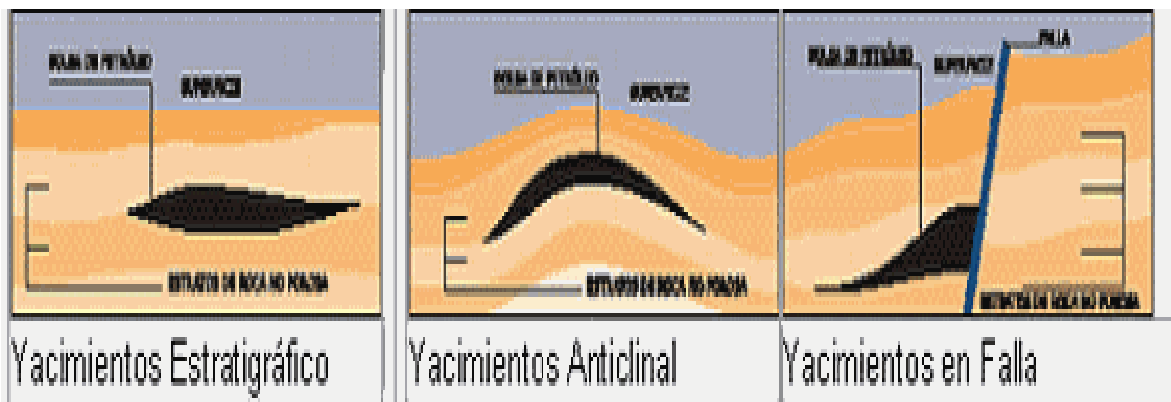
Al ser un compuesto líquido, su presencia no se localiza habitualmente en el lugar en el que se generó, sino que ha sufrido previamente un movimiento vertical o lateral, filtrándose a través de rocas porosas, a veces una distancia considerable, hasta encontrar una salida al exterior –en cuyo caso parte se evapora y parte se oxida al contactar con el aire, con lo cual el petróleo en sí desaparece– o hasta encontrar una roca no porosa que le impide la salida. Entonces se habla de un yacimiento.

La clasificación de yacimientos de acuerdo con su geología es:

Estratigráficos: En forma de cuña alargada que se inserta entre dos estratos.

Anticlinal: En un repliegue del subsuelo, que almacena el petróleo en el arqueamiento del terreno.

Falla: Cuando el terreno se fractura, los estratos que antes coincidían se separan. Si el estrato que contenía petróleo encuentra entonces una roca no porosa, se forma la bolsa o yacimiento.



Sin embargo existen muchas otras clasificaciones de los yacimientos de hidrocarburos, por su contenido de gas, por su contenido de presión, por el número de fases que contiene, etc.

1.3 METODOS DE EXPLORACION DEL PETROLEO



En la actualidad, para la búsqueda de hidrocarburos, no existe un método científico exacto, si no al contrario existen muchos métodos y es preciso realizar una multitud de tareas previas de estudio del terreno.

Los métodos empleados, dependiendo del tipo de terreno serán geológicos o geofísicos.

1.3.1 Métodos geofísicos

Cuando el terreno no presenta una estructura igual en su superficie que en el subsuelo (por ejemplo, en desiertos, en selvas o en zonas pantanosas), los métodos geológicos de estudio de la superficie no resultan útiles, por lo cual hay que emplear la Geofísica, ciencia que estudia las características del subsuelo sin tener en cuenta las de la superficie.

Aparatos como el gravímetro permiten estudiar las rocas que hay en el subsuelo. Este aparato mide las diferencias de la fuerza de la gravedad en las diferentes zonas de suelo, lo que permite determinar qué tipo de roca existe en el subsuelo.

También se emplea el magnetómetro, aparato que detecta la disposición interna de los estratos y de los tipos de roca gracias al estudio de los campos magnéticos que se crean.

Igualmente se utilizan técnicas de prospección sísmica, que estudian las ondas de sonido, su reflexión y su refracción, datos éstos que permiten determinar la composición de las rocas del subsuelo. Así, mediante una explosión, se crea artificialmente una onda sísmica que atraviesa diversos terrenos, que es refractada (desviada) por algunos tipos de roca y que es reflejada (devuelta) por otros y todo ello a diversas velocidades. Estas ondas son medidas en la superficie por sismógrafos.

Más recientemente, las técnicas sísmicas tridimensionales de alta resolución permiten obtener imágenes del subsuelo en su posición real, incluso en situaciones estructurales complejas.

Pero, con todo, la presencia de petróleo no está demostrada hasta que no se procede a la perforación de un pozo. Es hasta este momento cuando descubrimos un yacimiento.

1.3.2 Métodos geológicos

El primer objetivo es encontrar una roca que se haya formado en un medio propicio para la existencia del petróleo, es decir, suficientemente porosa y con la



estructura geológica de estratos adecuada para que puedan existir bolsas de petróleo.

Hay que buscar, luego, una cuenca sedimentaria que pueda poseer materia orgánica enterrada hace más de diez millones de años.

Para todo ello, se realizan estudios geológicos de la superficie, se recogen muestras de terreno, se inspecciona con Rayos X, se perfora para estudiar los estratos y, finalmente, con todos esos datos se realiza la carta geológica de la región que se estudia.

Tras nuevos estudios "sobre el terreno" que determinan si hay rocas petrolíferas alcanzables mediante prospección, la profundidad a la que habría que perforar, etc., se puede llegar ya a la conclusión de si merece la pena o no realizar un pozo-testigo o pozo de exploración. De hecho, únicamente en uno de cada diez pozos exploratorios se llega a descubrir petróleo y sólo dos de cada cien dan resultados que permiten su explotación de forma rentable.

1.4 EXPLOTACION DEL PETROLEO

Día con día, la demanda de hidrocarburos aumenta de manera escalofriante alrededor del mundo, es porque en la actualidad el hombre busca explotar yacimientos que se encuentra en lugares casi inaccesibles o donde la profundidad del yacimiento supera las 8000 metros verticales.

Los cálculos realizados históricamente permiten afirmar que habitualmente una bolsa de petróleo sólo suele ser aprovechada entre un 25% y un 50% de su capacidad total. El petróleo suele estar acompañado en las bolsas por gas. Ambos, por la profundidad a la que se hallan, están sometidos a altas presiones— el gas, por esa circunstancia, se mantiene en estado líquido—. Al llegar la broca de perforación, la rotura de la roca impermeable provoca que la presión baje, por lo que, por un lado, el gas deja de estar disuelto y se expande y el petróleo deja de tener el obstáculo de la roca impermeable y suele ser empujado por el agua salada que impregna generalmente la roca porosa que se encuentra por debajo de la bolsa de petróleo. Estas dos circunstancias hacen que el petróleo suba a la superficie.

Sin embargo, llega un momento en que la presión interna de la bolsa disminuye hasta un punto en que el petróleo deja de ascender solo y, por otro lado, el gas, cada vez menor, deja de presionar sobre el crudo, por lo que hay que forzarlo mediante bombas para que suba. Este bombeo se realiza hasta el momento en que el coste del sistema de extracción es mayor que la rentabilidad que se obtiene del petróleo, por lo que el pozo es abandonado.



1.5 PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO

Un derivado del petróleo es un producto procesado en refinerías usando como materia prima el petróleo.

El petróleo, tal como se extrae del yacimiento, no tiene aplicación práctica alguna. Por ello, se hace necesario separarlo en diferentes fracciones que sí son de utilidad. Este proceso se realiza en las refinerías.

Una refinería es una instalación industrial en la que se transforma el petróleo crudo en productos útiles para las personas. El conjunto de operaciones que se realizan en las refinerías para conseguir estos productos son denominados "procesos de refino".

La industria del refino tiene como finalidad obtener del petróleo la mayor cantidad posible de productos de calidad bien determinada, que van desde los gases ligeros, como el propano y el butano, hasta las fracciones más pesadas, fuelóleo y asfaltos, pasando por otros productos intermedios como las gasolinas, el gasoil y los aceites lubricantes.

El petróleo bruto contiene todos estos productos en potencia porque está compuesto casi exclusivamente de hidrocarburos, cuyos dos elementos son el carbón y el hidrógeno. Ambos elementos al combinarse entre sí pueden formar infinita variedad de moléculas y cadenas de moléculas.

Los productos derivados del petróleo alimentan no sólo a otras industrias, sino, sobre todo, a los consumidores industriales o privados. Al principio resultaba más económico situar las refinerías junto a las explotaciones petrolíferas, mientras que ahora, los progresos realizados en la técnica de los oleoductos han dado lugar a una evolución que conduce a instalar las refinerías cerca de los grandes centros de consumo.

Una vez obtenidos los derivados petrolíferos, las empresas deben distribuir sus productos a los clientes. En general, estos productos salen de las refinerías a granel, aunque algunos se envasan en latas o bidones, listos para su uso. Los grandes consumidores, como las eléctricas o las industrias químicas, reciben el suministro directamente de la refinería, por oleoducto o por carretera. Los consumidores de menos cantidades son abastecidos, generalmente, desde centros de almacenamiento y distribución.

Aunque los derivados del petróleo forman una gama muy variada, el 90% de ellos se destinan a satisfacer las necesidades energéticas del mundo. Es decir, estamos hablando de los combustibles.



Principales productos derivados del petróleo:

- Gases del petróleo (butano, propano)
- Gasolinas para automóviles (sin plomo, de 98 octanos)
- Combustibles para aviones (alto octanaje, querosenos)
- Gasóleos (para automóviles, para calefacción)
- Fuelóleos (combustible para buques, para la industria)
- Aceites (lubricantes, grasas)
- Asfaltos(para carreteras, pistas deportivas)
- Aditivos (para mejorar combustibles líquidos y lubricantes)

Sin embargo no solo que derivan combustibles, si no que la inmensa variedad de productos terminados de la petroquímica puede clasificarse en cinco grupos:

- Los plásticos.
- Las fibras sintéticas.
- Los cauchos sintéticos o elastómeros.
- Los detergentes
- Los abonos nitrogenados

1.6 EFECTOS DEL PETROLEO EN EL MEDIO AMBIENTE

El impacto ambiental del planeta está estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del petróleo: la reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados " gases de invernadero", y la reducción de los niveles de ruido.

Pero el principal problema del petróleo con el medio ambiente es que es insoluble al agua y los residuos de su combustión contienen sustancias toxicas y dañinas para la capa de ozono. Por eso, el petróleo afecta a los ecosistemas marinos, terrestres y al ecosistema atmosférico, esto nos da a notar que a pesar de sus grandes ventajas tiene a su vez un sinfín de desventajas para el futuro.

Gracias a la estricta normativa que se aplica en todo el mundo, a las nuevas tecnologías y a la actuación cada vez son más responsables de las empresas que operan en este sector, se han conseguido grandes avances en los controles de impacto medioambiental.



1.7 LA IMPORTANCIA DEL PETROLEO

México necesita petróleo, yo necesito petróleo, es decir, todo el mundo necesita del petróleo. En una u otra de sus muchas formas lo usamos cada día de nuestra vida. Proporciona fuerza, calor y luz.

El petróleo es la fuente de energía más importante de la sociedad actual, pensar en qué pasaría si se acabara repentinamente, hace llegar a la conclusión de que se trataría de una verdadera catástrofe: los aviones, los automóviles y autobuses, gran parte de los ferrocarriles, los barcos, centrales térmicas, muchas calefacciones... dejarían de funcionar. Además, los países dependientes del petróleo para sus economías entrarían en bancarrota.

El petróleo es un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo. La importancia del petróleo no ha dejado de crecer desde sus primeras aplicaciones industriales a mediados del siglo XIX, y ha sido el responsable de conflictos bélicos en algunas partes del mundo (Oriente Medio). La alta dependencia que el mundo tiene del petróleo, la inestabilidad que caracteriza al mercado internacional y las fluctuaciones de los precios de este producto, han llevado a que se investiguen energías alternativas, aunque hasta ahora no se ha logrado una opción que realmente lo sustituya

1.7.1 Situación Actual

Actualmente, el agotamiento de las reservas de petróleo constituye un grave problema, pues al ritmo actual de consumo las reservas mundiales conocidas se agotarían en menos de 41 años. Por ello, los países desarrollados buscan nuevas formas de energía más barata y renovable como la energía solar, eólica, hidroeléctrica..., mientras que los países productores de petróleo presionan para que se siga utilizando el petróleo pues si no sus economías se hundirían.

Aún así, a medio plazo, la situación no parece tan alarmante, pues hay que tener en cuenta que los pozos no descubiertos son sustancialmente más numerosos que los conocidos, aunque no sea ésta una opinión unánime. En zonas no exploradas como el mar de China, Arábia, Mar de Bering, o la plataforma continental Argentina podrían encontrarse grandes reservas.



CAPITULO II GAS NATURAL

2.1 GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

El gas natural es una fuente de energía no renovable formada por una mezcla de gases ligeros que se encuentra frecuentemente en yacimientos de petróleo, disuelto o asociado con el petróleo o en depósitos de carbón. Aunque su composición varía en función del yacimiento del que se saca, está compuesto principalmente por metano en cantidades que comúnmente pueden superar el 90 ó 95%, y suele contener otros gases como nitrógeno, CO₂, H₂S, helio y mercaptanos.

Puede obtenerse también con procesos de descomposición de restos orgánicos (basuras, vegetales - gas de pantanos) en las plantas de tratamiento de estos restos (depuradoras de aguas residuales urbanas, plantas de procesado de basuras, de alpechines, etc.). El gas obtenido así se llama biogás.

Algunos de los gases que forman parte del gas natural extraído se separan de la mezcla porque no tienen capacidad energética (nitrógeno o CO₂) o porque pueden depositarse en las tuberías usadas para su distribución debido a su alto punto de ebullición.

2.2 CLASIFICACION DEL GAS NATURAL

El gas natural, se clasifica de acuerdo con su contenido de vapores de hidrocarburos líquidos ligeros en la forma siguiente:

- “Gas húmedo” es el que contiene metano, etano, propano, butano, pentano y más pesados; contiene más de 300 gal. de gasolina natural por cada millón de pies cúbicos, medidos a condiciones estándar (1.03 Kg/cm² y 60°F)
- “Gas seco”, es el que contiene metano, etano, propano y huellas de butano, su densidad relativa varía de 0.560 a 0.790; contiene menos de 100 gal. de gasolina por mmpcs.
- “Gas pobre” o mediano, contiene de 100 a 300 gal. de gasolina por mmpcs.



2.3 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL GAS NATURAL

El gas natural extraído de los yacimientos, es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire. Procede de la descomposición de los sedimentos de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos y es una mezcla de hidrocarburos ligeros en la que el metano (CH₄) se encuentra en grandes proporciones, acompañado de otros hidrocarburos y gases cuya concentración depende de la localización del yacimiento. Algunas de sus características particulares son:

- es un combustible fósil.
- es incoloro e inodoro.
- es menos contaminante a comparación del gas licuado.
- es limpio.
- es beneficioso, tanto para la industria como para el uso doméstico, ya que desempeña papeles importantes como un combustible energético.
- su componente fundamental es el metano (c₄).
- es un gas liviano, más ligero que el aire.
- su poder calorífico es el doble del gas manufacturado.
- es un gas seco.

2.3.1 Poder Calorífico

El poder calorífico “bruto” del gas es el número de BTU producidos por la combustión a presión constante de 1 p³ de gas medido a 60° F y 30” de Hg, con aire a la misma presión y temperatura del gas; cuando los productos de la combustión se enfrían hasta la temperatura inicial del gas y aire, y cuando el agua formada por la combustión se condensa al *estado líquido*. El poder calorífico bruto del gas natural es aproximadamente 1020 BTU/ p³.

El poder calorífico “neto” del gas, es el número de BTU producidos por la combustión a presión constante, de 1 p³ de gas medido a 60° F y 30” de Hg con aire a la misma presión y temperatura, cuando los productos de la combustión se enfrían hasta la temperatura inicial del gas y aire, y cuando el agua formada por la combustión permanece en *estado de vapor*. Se determina por medio de un calorímetro, de un cromatógrafo, o se calcula partiendo de su análisis químico.



2.3.2 Temperatura de ignición

Es la más baja temperatura a la que se efectúa la combustión de una mezcla de aire y gas que se calienta gradualmente, por efecto de la velocidad de la reacción química independientemente de la fuente de calor externo.

2.3.3 Densidad relativa.

Es la relación entre la densidad de una sustancia con respecto al agua. Como referencia, densidad del agua 62.4 lb/pie³

2.3.4 Viscosidad

Es la propiedad que tienen los fluidos para resistir cualquier fuerza que tienda a producir su flujo. Se considera también como la fricción interna de los fluidos, es decir, la resistencia que oponen las partículas internas que se desplazan con distintas velocidades.

2.4 PROCESOS DEL GAS NATURAL

Cuando el gas obtenido en las baterías de separación es “húmedo”, resulta económico procesarlo en una planta de absorción o complejo petroquímico con objeto de recuperar las gasolinas contenidas. Puede fluir a las plantas de proceso por su propia presión de separación, o por medio de compresoras, dependiendo de la distancia entre las baterías y la planta de proceso, así como de la presión de trabajo de esta.

2.4.1 Compresión y enfriamiento

En la actualidad, los complejos petroquímicos, como Pajaritos, Cangrejera y Morelos, en el Sur del estado de Veracruz, separan gran cantidad de licuables del gas por medio de procesos criogénicos (alta expansión – turbo-expansores - y bajas temperaturas), obteniendo gas natural seco, gasolinas y gas licuado del petróleo.

2.4.2 Absorción

Consiste en poner en contacto el gas húmedo con aceite mineral en torres absorbedoras en los que se hacen chocar corrientes contrarias del gas y el aceite. El gas seco sale de las torres por la parte superior, pasando posteriormente por deshidratadores donde se elimina el agua que aún pudiera contener.



La corriente de *aceite pobre*, facilita la absorción de los licuables y al llegar al fondo de la torre, viene impregnado de las partículas de gasolina contenidas en el gas, denominándosele *aceite rico*. Este es calentado pasando a una columna de fraccionamiento, donde se desprenden los vapores de gasolina que salen por la parte superior, y pasan posteriormente a los condensadores.

El producto obtenido es “gasolina cruda”, que después es estabilizada extrayéndole los ligeros. El aceite del fondo es *aceite pobre* caliente, el cual es enfriado, y continúa hasta la parte superior de las torres de absorción para iniciar un nuevo ciclo de absorción.

2.5 USOS DEL GAS NATURAL

El gas natural se utiliza como combustible y como materia prima en la industria petroquímica. Como combustible se emplea por su gran poder calorífico, por ser su combustión fácilmente regulable y por ser limpia y producir escasa contaminación. Como materia prima es la más adecuada para la fabricación de amoníaco que es un producto base de toda la industria de abonos nitrogenados, y también del metanol que es un producto que se utiliza en la fabricación de plásticos y proteínas sintéticas. A partir del gas natural se obtienen materias primas de base en la industria petroquímica (etileno, butadieno y propileno).

También se utiliza para generación de vapor, generación de potencia y procesos de calentamiento, para la deshidratación de productos agrícolas por los gases de combustión y en la elaboración del cemento Pórtland.

2.6 IMPORTANCIA DEL GAS NATURAL

El gas natural es una energía eficaz, rentable y limpia, y por sus precios competitivos y su eficiencia como combustible, permite alcanzar considerables economías a sus utilizadores. Por ser el combustible más limpio de origen fósil, contribuye decisivamente en la lucha contra la contaminación atmosférica, y es una alternativa energética que destacará en el siglo XXI por su creciente participación en los mercados mundiales de la energía.

La explotación a gran escala de esta fuente energética natural cobró especial relevancia tras los importantes hallazgos registrados en distintos lugares del mundo a partir de los años cincuenta. Gracias a los avances tecnológicos desarrollados, sus procesos de producción, transporte, distribución y utilización no presentan riesgos ni causan impacto ambiental apreciable.



La distribución no homogénea de reservas petroleras, condiciona el crecimiento económico de un país, a la dependencia de este recurso.

2.7 EL GAS NATURAL Y EL MEDIO AMBIENTE

En corto tiempo, las estrictas normas de emisiones desarrolladas por las autoridades de control, serán aplicadas más severamente aun en los países en desarrollo. Pero a pesar de todo esto, el efecto ambiental del gas natural es muy bajo, por eso se considera una fuente de energía limpia.



CAPITULO III PROTECCIÓN CATÓDICA

El presente trabajo tiene como finalidad ampliar los conocimientos teóricos acerca de uno de los métodos de proteger la tubería ante la corrosión, y en neste caso hablaremos de la protección catódica.

3.1 CORROSIÓN

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Las características fundamentales de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrólito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Los enlaces metálicos tienden a convertirse en enlaces iónicos, los favorece que el material puede en cierto momento transferir y recibir electrones, creando zonas catódicas y zonas anódicas en su estructura. La velocidad a que un material se corroe es lenta y continua todo dependiendo del ambiente donde se encuentre, a medida que pasa el tiempo se va creando una capa fina de material en la superficie, que van formándose inicialmente como manchas hasta que llegan a aparecer imperfecciones en la superficie del metal.

Este mecanismo que es analizado desde un punto de vista termodinámico electroquímico, indica que el metal tiende a retornar al estado primitivo o de mínima energía, siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes perjuicios económicos en instalaciones enterradas. Por esta razón, es necesario la oportuna utilización de la técnica de protección catódica.

Se designa químicamente corrosión por suelos, a los procesos de degradación que son observados en estructuras enterradas. La intensidad dependerá de varios factores tales como el contenido de humedad, composición química, pH del suelo, etc. En la práctica suele utilizarse comúnmente el valor de la resistividad eléctrica del suelo como índice de su agresividad; por ejemplo un terreno muy agresivo, caracterizado por presencia de iones tales como cloruros, tendrán resistividades bajas, por la alta facilidad de transportación iónica.

La protección catódica es un método electroquímico cada vez más utilizado hoy en día, el cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión,



transportando un gran cátodo a una estructura metálica, ya sea que se encuentre enterrada o sumergida. Para este fin será necesario la utilización de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos, que difunden la corriente suministrada por un transformador-rectificador de corriente.

El mecanismo, consecuentemente implicará una migración de electrones hacia el metal a proteger, los mismos que viajarán desde ánodos externos que estarán ubicados en sitios plenamente identificados, cumpliendo así su función

A esta protección se debe agregar la ofrecida por los revestimientos, como por ejemplo las pinturas, casi la totalidad de los revestimientos utilizados en instalaciones enterradas, aéreas o sumergidas, son pinturas industriales de origen orgánico, pues el diseño mediante ánodo galvánico requiere del cálculo de algunos parámetros, que son importantes para proteger estos materiales, como son: la corriente eléctrica de protección necesaria, la resistividad eléctrica del medio electrolito, la densidad de corriente, el número de ánodos y la resistencia eléctrica que finalmente ejercen influencia en los resultados.

3.2 TIPOS DE CORROSIÓN

Se clasifican de acuerdo a la apariencia del metal corroído, dentro de las más comunes están:

- Corrosión uniforme: Donde la corrosión química o electroquímica actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal
- Corrosión galvánica: Ocurre cuando metales diferentes se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la aparición de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con mas activo será el ánodo.
- Corrosión por picaduras: Aquí se producen hoyos o agujeros por agentes químicos.
- Corrosión intergranular: Es la que se encuentra localizada en los límites de grano, esto origina perdidas en la resistencia que desintegran los bordes de los granos.
- Corrosión por esfuerzo: Se refiere a las tensiones internas luego de una deformación en frio.

3.3 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la corrosión están las siguientes:



- Uso de materiales de gran pureza.
- Presencia de elementos de adición en aleaciones, ejemplo aceros inoxidables.
- Tratamientos térmicos especiales para homogeneizar soluciones sólidas, como el alivio de tensiones.
- Inhibidores que se adicionan a soluciones corrosivas para disminuir sus efectos, ejemplo los anticongelantes usados en radiadores de los automóviles.
- Recubrimiento superficial: pinturas, capas de oxido, recubrimientos metálicos
- Protección catódica.

3.4 PROTECCIÓN CATÓDICA

La protección catódica es una técnica de control de la corrosión, que está siendo aplicada cada día con mayor éxito en el mundo entero, en que cada día se hacen necesarias nuevas instalaciones de ductos para transportar petróleo, productos terminados, agua; así como para tanques de almacenamientos, cables eléctricos y telefónicos enterrados y otras instalaciones importantes.

En la práctica se puede aplicar protección catódica en metales como acero, cobre, plomo, latón, y aluminio, contra la corrosión en todos los suelos y, en casi todos los medios acuosos. De igual manera, se puede eliminar el agrietamiento por corrosión bajo tensiones por corrosión, corrosión intergranular, picaduras o tanques generalizados.

Como condición fundamental las estructuras componentes del objeto a proteger y del elemento de sacrificio o ayuda, deben mantenerse en contacto eléctrico e inmerso en un electrolito.

Aproximadamente la protección catódica presenta sus primeros avances, en el año 1824, en que Sir. Humphrey Davy, recomienda la protección del cobre de las embarcaciones, uniéndolo con hierro o zinc; habiéndose obtenido una apreciable reducción del ataque al cobre, a pesar de que se presentó el problema de ensuciamiento por la proliferación de organismos marinos, habiéndose rechazado el sistema por problemas de navegación.

En 1850 y después de un largo período de estancamiento la marina Canadiense mediante un empleo adecuado de pinturas con anti organismos y anticorrosivos demostró que era factible la protección catódica de embarcaciones con mucha economía en los costos y en el mantenimiento.



3.5 FUNDAMENTO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA

Luego de analizadas algunas condiciones especialmente desde el punto de vista electroquímico dando como resultado la realidad física de la corrosión, después de estudiar la existencia y comportamiento de áreas específicas como Anodo-Cátodo-Electrólito y el mecanismo mismo de movimiento de electrones y iones, llega a ser obvio que si cada fracción del metal expuesto de una tubería o una estructura construida de tal forma de coleccionar corriente, dicha estructura no se corroerá porque sería un cátodo.

La protección catódica realiza exactamente lo expuesto forzando la corriente de una fuente externa, sobre toda la superficie de la estructura.

Mientras que la cantidad de corriente que fluye, sea ajustada apropiadamente venciendo la corriente de corrosión y, descargándose desde todas las áreas anódicas, existirá un flujo neto de corriente sobre la superficie, llegando a ser toda la superficie un cátodo.

Para que la corriente sea forzada sobre la estructura, es necesario que la diferencia de potencial del sistema aplicado sea mayor que la diferencia de potencial de las microceldas de corrosión originales.

La protección catódica funciona gracias a la descarga de corriente desde una cama de ánodos hacia tierra y dichos materiales están sujetos a corrosión, por lo que es deseable que dichos materiales se desgasten (se corroan) a menores velocidades que los materiales que protegemos.

Teóricamente, se establece que el mecanismo consiste en polarizar el cátodo, llevándolo mediante el empleo de una corriente externa, más allá del potencial de corrosión, hasta alcanzar por lo menos el potencial del ánodo en circuito abierto, adquiriendo ambos el mismo potencial eliminándose la corrosión del sitio, por lo que se considera que la protección catódica es una táctica de

3.6 POLARIZACIÓN CATÓDICA

La protección catódica no elimina la corrosión, éste remueve la corrosión de la estructura a ser protegida y la concentra en un punto donde se descarga la corriente.

Para su funcionamiento práctico requiere de un electrodo auxiliar (ánodo), una fuente de corriente continua cuyo terminal positivo se conecta al electrodo auxiliar y el terminal negativo a la estructura a proteger, fluyendo la corriente desde el electrodo a través del electrólito llegando a la estructura.



Influyen en los detalles de diseño y construcción parámetro de geometría y tamaño de la estructura y de los ánodos, la resistividad del medio electrolito, la fuente de corriente, etc.

3.7 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA

3.7.1 Ánodo galvánico

Se fundamenta en el mismo principio de la corrosión galvánica, en la que un metal más activo es anódico con respecto a otro más noble, corroyéndose el metal anódico.

En la protección catódica con ánodo galvánicos, se utilizan metales fuertemente anódicos conectados a la tubería a proteger, dando origen al sacrificio de dichos metales por corrosión, descargando suficiente corriente, para la protección de la tubería.

La diferencia de potencial existente entre el metal anódico y la tubería a proteger, es de bajo valor porque este sistema se usa para pequeños requerimientos de corriente, pequeñas estructuras y en medio de baja resistividad.

3.7.2 Características de un ánodo de sacrificio

- Debe tener un potencial de disolución lo suficientemente negativo, para polarizar la estructura de acero (metal que normalmente se protege) a -0.8 V. Sin embargo el potencial no debe de ser excesivamente negativo, ya que eso motivaría un gasto superior, con un innecesario paso de corriente. El potencial práctico de disolución puede estar comprendido entre -0.95 a -1.7 V;
- Corriente suficientemente elevada, por unidad de peso de material consumido;
- Buen comportamiento de polarización anódica a través del tiempo;
- Bajo costo.

3.8 TIPOS DE ÁNODOS

Considerando que el flujo de corriente se origina en la diferencia de potencial existente entre el metal a proteger y el ánodo, éste último deberá ocupar una posición más elevada en la tabla de potencias (serie electroquímica o serie galvánica).

Los ánodos galvánicos que con mayor frecuencia se utilizan en la protección catódica son: Magnesio, Zinc, Aluminio.



Magnesio: Los ánodos de Magnesio tienen un alto potencial con respecto al hierro y están libres de pasivación. Están diseñados para obtener el máximo rendimiento posible, en su función de protección catódica. Los ánodos de Magnesio son apropiados para oleoductos, pozos, tanques de almacenamiento de agua, incluso para cualquier estructura que requiera protección catódica temporal. Se utilizan en estructuras metálicas enterradas en suelo de baja resistividad hasta 3000 ohm-cm.

Zinc: Para estructura metálica inmersas en agua de mar o en suelo con resistividad eléctrica de hasta 1000 ohm-cm.

Aluminio: Para estructuras inmersas en agua de mar.

3.9 RELLENO (BACKFILL)

Para mejorar las condiciones de operación de los ánodos en sistemas enterrados, se utilizan algunos rellenos entre ellos el de Backfill especialmente con ánodos de Zinc y Magnesio, estos productos químicos rodean completamente el ánodo produciendo algunos beneficios como:

- Promover mayor eficiencia;
- Desgaste homogéneo del ánodo;
- Evita efectos negativos de los elementos del suelo sobre el ánodo;
- Absorben humedad del suelo manteniendo dicha humedad permanente.
- La composición típica del Backfill para ánodos galvánicos está constituida por yeso (CaSO_4), bentonita, sulfato de sodio, y la resistividad de la mezcla varía entre 50 a 250 ohm-cm.



CAPITULO IV EJEMPLO DE APLICACIÓN

En toda las Republica Mexicana se requiere de gas natural, y para este ejercicio se requiere desea transportar 30 000 000 pie³/día de gas natural de la ciudad de Hermosillo a isla Tiburón.

4.1 MEDIO DE TRANSPORTE

Existe una amplia variedad de medios en que se puede transportar el gas natural, pero en este caso práctico hablaremos de los gasoductos.

Un gasoducto es una conducción que sirve para transportar gases combustibles a gran escala. Es muy importante su función en la actividad económica actual.

Consiste en una conducción de tuberías de acero, por las que el gas circula a alta presión, desde el lugar de origen. Se construyen enterrados en zanjas a una profundidad habitual de 1 metro. Excepcionalmente, se construyen en superficie.

Por razones de seguridad, las normas de todos los países establecen que a intervalos determinados se sitúen válvulas en los gasoductos mediante las que se pueda cortar el flujo en caso de incidente. Además, si la longitud del gasoducto es importante, puede ser necesario situar estaciones de compresión a intervalos.

El inicio de un gasoducto puede ser un yacimiento o una planta de regasificación, generalmente situada en las proximidades de un puerto de mar al que llegan buques (para el gas natural, se llaman *metaneros*) que transportan gas natural licuado en condiciones criogénicas a muy baja temperatura (-161 °C).

Para cruzar un río en el trazado de un gasoducto se utilizan principalmente dos técnicas, la perforación horizontal y la perforación dirigida. Con ellas se consigue que tanto la flora como la fauna del río y de la ribera no se vean afectadas. Estas técnicas también se utilizan para cruzar otras infraestructuras importantes como carreteras, autopistas o ferrocarriles.

El tendido por mar se hace desde barcos especialmente diseñados, los cuales van depositando sobre el lecho marino la tubería una vez que ha sido soldada en el barco.

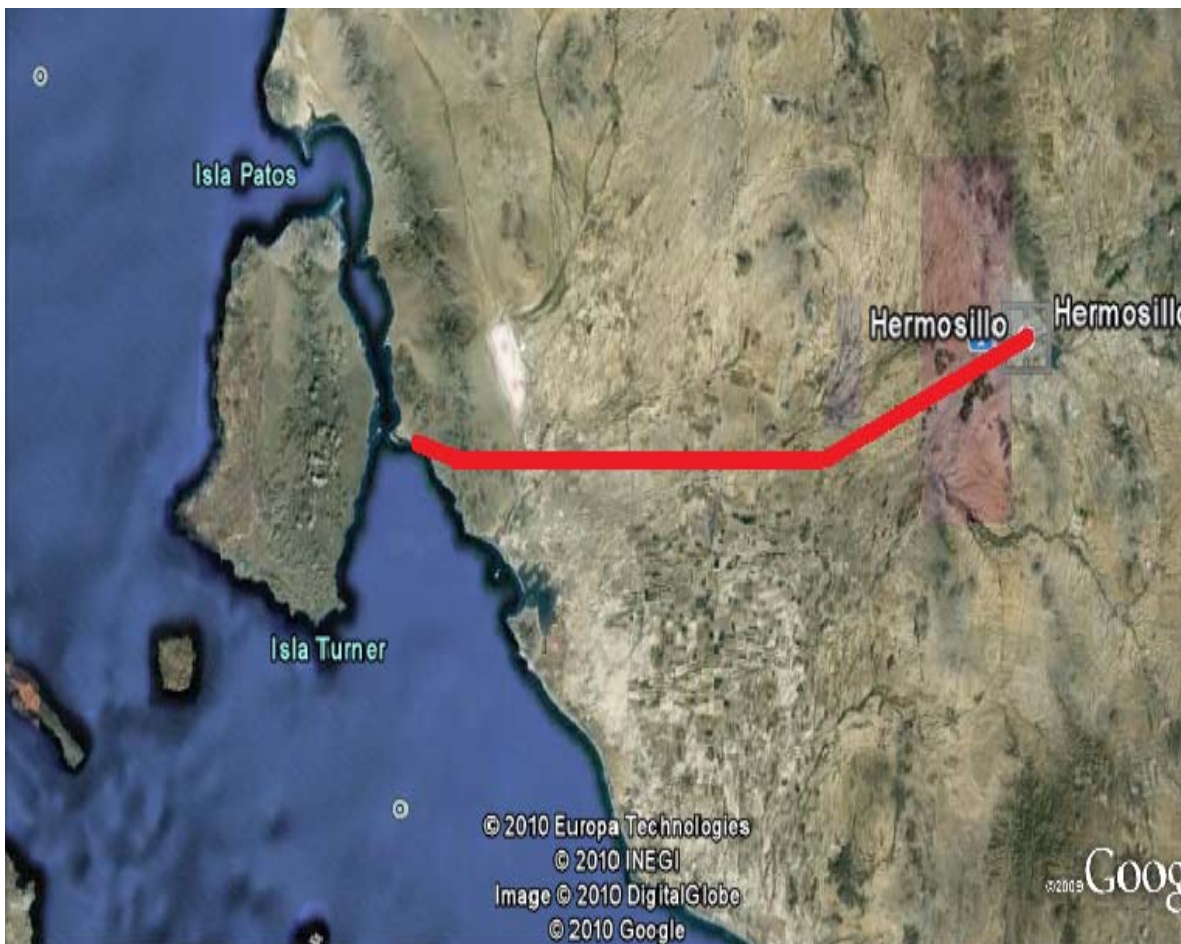
Las normas particulares de muchos países obligan a que los gasoductos enterrados estén protegidos de la corrosión. A menudo, el método más económico



es revestir el conducto con algún tipo de alquitran de hulla más cintas de fibra de vidrio de modo que la tubería queda eléctricamente aislada del terreno que la rodea. Generalmente se reviste con pintura y polietileno hasta un espesor de 2-7 mm. Para prevenir el efecto de posibles fallos en este revestimiento, los gasoductos suelen estar dotados de un sistema de protección catódica, utilizando ánodos de sacrificio que establecen la tensión galvánica suficiente para que no se produzca corrosión.

El impacto ambiental que producen los gasoductos, se centra en la fase de construcción. Una vez terminada dicha fase, pueden minimizarse todos los impactos asociados a la modificación del terreno, al movimiento de maquinaria, etc. Queda, únicamente, comprobar la efectividad de las medidas correctivas que se haya debido tomar en función de los cambios realizados: repoblaciones, reforestaciones, protección de márgenes, etc.

4.2 RUTA VISTA SATELITAL





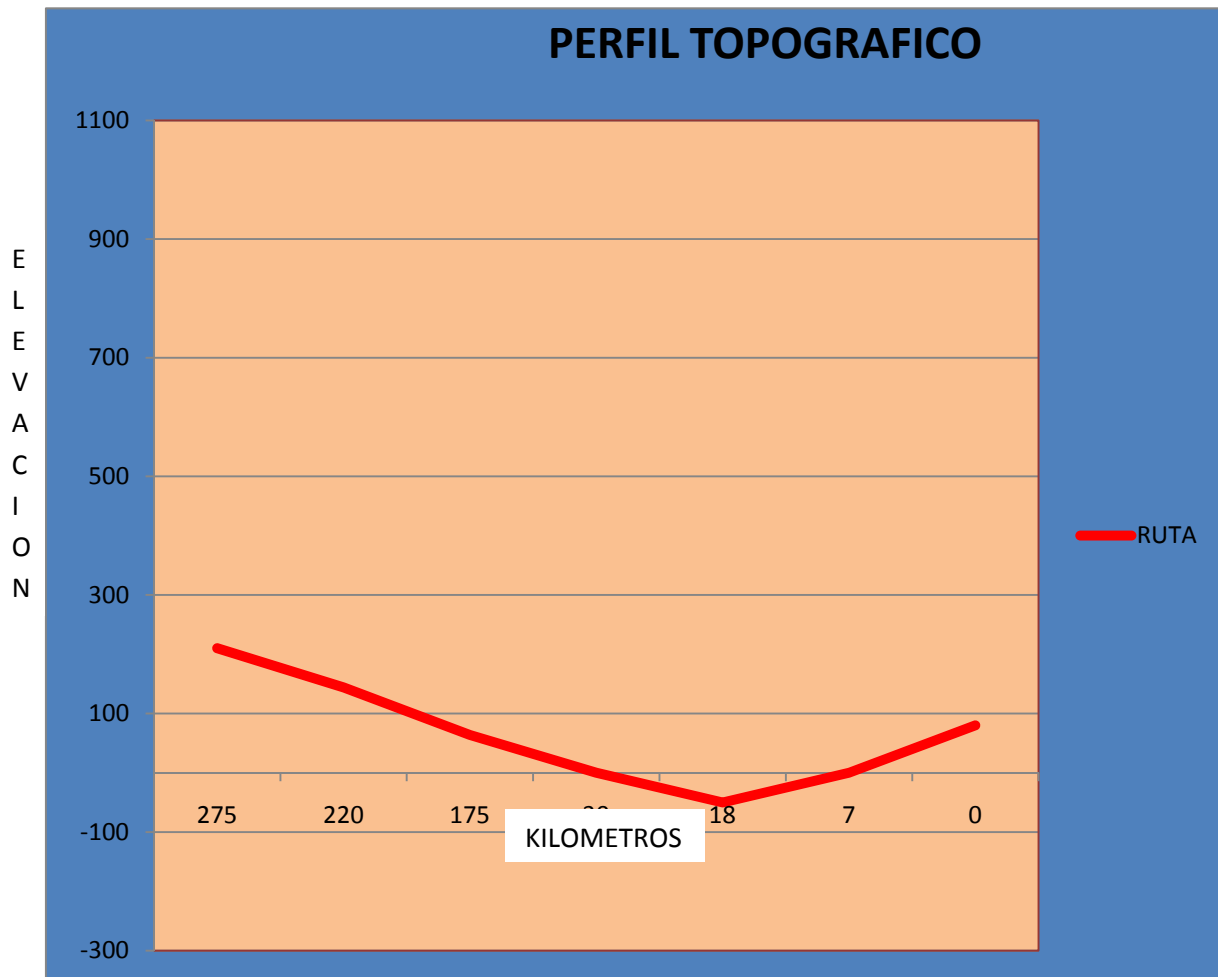
VISTA ESPECIFICA



Como podemos observar en la figura anterior, la trayectoria de la tubería será a un costado de la carretera Hermosillo – bahía de Kino, recorriendo una distancia total de 275 kilómetros, de los cuales 13 kilómetros estará debajo del mar de cortes.

4.3 PERFIL TOPOGRAFICO

Es una herramienta que nos ayuda a conocer las elevaciones y forma de la superficie del suelo por donde va a pasar la tubería.



4.4 ELEVACIONES Y DISTANCIAS

A continuación se presentan los lugares importantes por donde pasa la tubería, su elevación y su ubicación en kilómetros.

Lugar	Altura (metros)	Longitud (Kilómetros)
Hermosillo	210	275
Cd. Europa	144	220
Cd. Miguel Alemán	63.7	175
Costa bahía Kino	0	30
Fondo marino	-50	18
Costa isla Tiburón	0	7
Centro isla Tiburón	80	0



4.5 CÁLCULOS

Los datos para este ejemplo son los siguientes:

$$Q = 30\,000\,000 \text{ pie}^3/\text{día} = 347 \text{ pie}^3/\text{seg}$$

$$L = 275 \text{ km} = 170.877077 \text{ millas.}$$

$$\rho_r = .590$$

$$\rho = .001694 \text{ gr/cm}^3$$

$$P_{\text{max}} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\text{min}} = 150 \text{ lb/pg}^2$$

$$P_o = 14.2234 \text{ lb/pg}^2$$

$$T_o = 20^\circ\text{C} = 527.67 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$T_f = 25^\circ\text{C} = 536.67 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$E = .92$$

Como el ejemplo indica que se transportará gas natural, no es necesario sacar columna hidrostática ni presiones máximas ni mínimas, pues estas serán la capacidad máxima de resistencia del gasoducto y la presión de entrega para uso doméstico respectivamente.

Por lo tanto, se determina el diámetro de la tubería con la ecuación de **Panhandle:**

$$Q = 435.87 * \left[\frac{T_o}{P_o} \right]^{1.07881} * d^{2.6182} * \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2)^{0.8539}}{G^{0.5394} T_f L} \right] * E$$

Donde:

Q = Gasto

T_o = Temperatura inicial

P_o = Presión inicial

D = Diámetro



P1 = Presión máxima

P2 = Presión de llegada o mínima

G = Densidad relativa del gas

Tf = Temperatura final

L = Longitud de la tubería

E = Factor de eficiencia, expresada en por ciento, para tuberías nuevas se asigna 0.92

Se despeja la incógnita del diámetro, quedando de la siguiente manera:

$$d^{2.6182} = \frac{Q}{435.87 * \left[\frac{T_o}{P_o} \right]^{1.07881} * \left[\frac{(P_1^2 - P_2^2)^{0.8539}}{G^{0.5394} T_f L} \right] * E}$$

Sustituyendo valores queda:

$$d^{2.6182} = \frac{30000000 \frac{\text{pies}^3}{\text{día}}}{435.87 * \left(\frac{527.67 \text{ °R}}{14.2234 \text{ lb/pg}^2} \right)^{1.07881} * \left(\frac{((1137.8636 \text{ lb/pg}^2)^2 - (150 \text{ lb/pg}^2)^2)^{0.8539}}{.001694^{0.5394} 536.67 \text{ °R} * 170.8770 \text{ millas}} \right) * .92}$$

Con esto nos da un resultado de:

$$d = 3.81941 = 4"$$

Esto quiere decir que el diámetro de la tubería que requerimos para transportar 30 000 000 de pies cúbicos por día será de 4 pulgadas.

Ahora se procede a calcular el espesor de tubería necesario, y se obtiene con la ecuación siguiente:



$$PMO = \frac{2 * Fc * Spe * t * Ft}{fs * d}$$

Donde:

Fc = Factor de construcción por clase de localización, supones para este caso .4

Spe = Esfuerzo máximo de cedencia, que tiene un valor de 52000 lb/ pg2

T = Espesor de la tubería, incógnita a encontrar.

Ft = Factor de diseño por expansión térmica, 1 cuando la temperatura es menor de 250 °F

Fs = Factor por soldadura de la tubería.....1 (tubería sin costura)

D = Diámetro de la tubería, 4 pulgadas.

PMO = Presión máxima de operación, 1137.8636 lb/pg2

Despejamos la ecuación y queda:

$$t = \frac{PMO * fs * d}{2 * Fc * Spe * Ft}$$

Sustituyendo:

$$t = \frac{1137.863688 \text{ lb/pg}^2 * 1 * 4 \text{ pg}}{2 * .4 * 52000 \text{ lb/pg}^2 * 1}$$

Esto nos da un resultado de:

$$t = .10940 \text{ pulgada}$$

Sin embargo, tenemos que sumarle un valor de .125 pg que es el resultado de la constante de 20 años de uso. Además el resultado hay que multiplicarlo por un factor de seguridad de 1.15

$$Tt = (.10940 \text{ pulgada} + .125) * 1.15$$



Esto nos da un resultado de:

$$T_t = .2695 \text{ pulgada}$$

Esto quiere decir que podemos tener un grosor en la tubería arriba de un cuarto de pulgada.

A continuación se procede a calcular la caída de presión con ayuda de la ecuación siguiente:

$$P_1^2 - P_2^2 = 25.1 \frac{S Q_g^2 Z T_1 F L}{d^5}$$

Donde:

S = Densidad absoluta del gas, .001694

Q_g = Gasto gravitacional para líquidos, sin embargo como se trata de gas solo se toma el valor del gasto por día el cual es 30 000 000 de pies³/día

Z = Factor de compresión (en este caso de tomar de .7)

T = Temperatura, 25°C

F = Factor de fricción, se conseguirá con la ayuda del número de Reynolds

L = longitud, 275km

D = diámetro, 4 pulgadas.

Si nos damos cuenta una de las incógnitas es el factor de fricción, el cual lo vamos a obtener por medio de una tabla con la ayuda del número de Reynolds. Para obtener el valor del número de Reynolds procedemos a la ecuación siguiente:

$$Re = d * v \frac{D_g}{\mu}$$

Donde:

D = diámetro, e nuestro caso 4 pulgadas

V = velocidad

D_g = Densidad relativa del gas natural, tiene un valor de .001694

μ = Viscosidad, en cp. es de .013 = .00000873 lb/p-s



Sin embargo para obtener la velocidad de flujo ocupamos las formulas siguientes:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde

$$Q = \text{Gasto } 30000000 \text{ pies}^3/\text{día} = 347 \text{ pie}^3/\text{seg}$$

$$A = \text{Área, que es igual } \pi * r^2, \text{ lo que nos da un resultado de } 12.5663 \text{ pulg}^2 = .087266 \text{ pie}^2$$

Sustituyendo:

$$V = \frac{347 \text{ pie}^3/\text{seg}}{.087266 \text{ pie}^2}$$

$$V = 3976.3481 \text{ pie}/\text{seg}$$

Regresando a la ecuación de Reynolds, se tiene

$$Re = d * v \frac{Dg}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$Re = 4 \text{ pulg} * 3976.3481 \text{ pie}/\text{seg} \frac{.001694}{.00000873 \text{ lb}/\text{pg} - \text{s}}$$

Nos da un resultado de:

$$Re = 3086338.457$$

A continuación, con este valor, nos vamos a tabla para obtener un valor del factor de fricción.

El valor que nos da la tabla es de .017.

Regresando a la ecuación de caída de presión, se tiene:

$$P1^2 - P2^2 = 25.1 \frac{S Qg^2 Z T_1 F1}{d^5}$$



Sustituyendo:

$$P1^2 - P2^2 = 25.1 \frac{(.001694) \left(30000000 \frac{\text{pies}^3}{\text{dia}}\right) (.7)(536.67 \text{ }^\circ\text{R})(.017)(170.8771 \text{ millas})}{4^5}$$

$$P1^2 - P2^2 = 25.1 \frac{55459098.5}{1024}$$

$$P1^2 - P2^2 = 1,359,397.825$$

$$\Delta P^2 = 1359397.825$$

$$\Delta P = (1359397.825^{1/2})$$

$$\Delta P = 1165.93217 \text{ lb/pg}^2$$

Este es el resultado de la caída de presión en toda la trayectoria de la tubería, ahora procedemos a calcular la caída de presión por milla.

$$\Delta P_{\text{milla}} = \frac{1165.93217 \text{ lb/pg}^2}{170.8771 \text{ millas}}$$

$$\Delta P_{\text{milla}} = 6.823220 \text{ lb/pg} - \text{milla}$$

Ahora procedemos a calcular el número de estaciones necesarias para llevar el producto final con la presión final requerida. Esto lo obtenemos con la siguiente fórmula:

$$\text{No. de estaciones} = \frac{\text{PMO}}{\Delta P}$$



Donde:

PMO = Presión máxima, $80 \text{ kg/cm}^2 = 1137.8 \text{ lb/pg}^2$

ΔP = Caída presión = $1165.9322 \text{ lb/pg}^2$

Sustituyendo nos queda:

$$\text{No. de estaciones} = \frac{1137.8 \text{ lb/pg}^2}{1165.9322 \text{ lb/pg}^2}$$

No. de estaciones = $.975871 = 1$ Estación de bombeo teórica

Se dice que es una estación teórica pues a la hora de graficarla puede aumentar una o dos estaciones más de acuerdo a la forma del terreno.

Por último, calculamos la distancia de bombeo de la estación, esto con la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia por estacion} = \frac{\text{PMO}}{\Delta P_{\text{milla}}}$$

Donde:

PMO = Presión máxima, 1137.8 lb/pg^2

ΔP milla = Caída de presión por cada milla

Sustituyendo:

$$\text{Distancia por estacion} = \frac{1137.8 \text{ lb/pg}^2}{6.823220 \text{ lb/pg}^2 - \text{milla}}$$

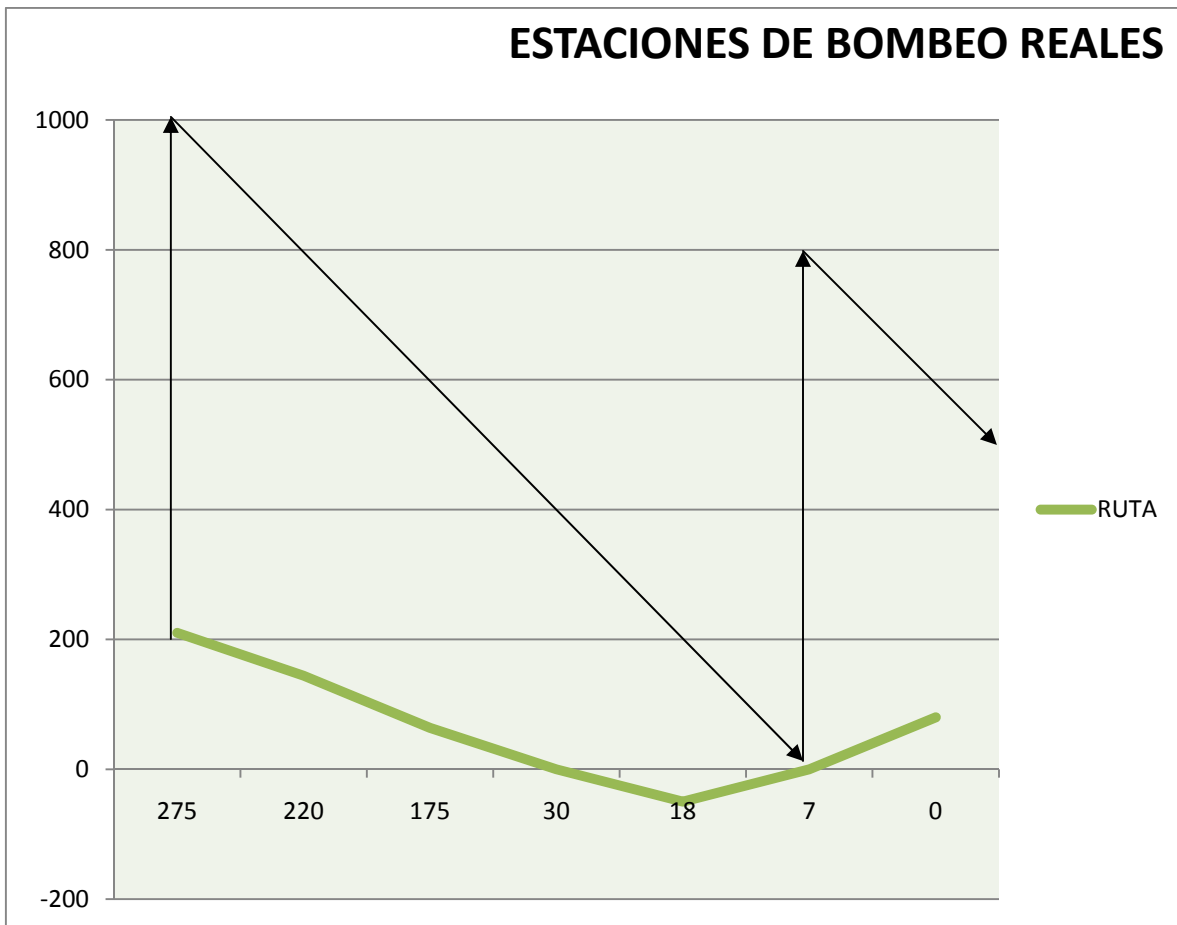
Distancia por estacion = 166.7542 millas = 268.37 km

Esto resultado nos indica que la capacidad de distancia de nuestra estación de bombeo es de solamente 268.37 kilómetros por lo que se tendrá que colocar otra estación en este kilometro para poder llegar a los 275 kilómetros requeridos.



4.6 GRAFICA DE ESTACIONES DE BOMBEO

En la grafica siguiente se muestra de manera ilustrativa los vectores de fuerza de cada estación de bombeo, con el fin de ubicar las estaciones de bombeo en el perfil topográfico.



Como podemos observar en la grafica anterior, nos damos cuenta que la segunda estación colocada llega con una presión de 1107.6 lb/pg2 lo cual representa una presión excesiva de llegada por lo que se debe colocar una válvula de contrapresión para bajar la presión hasta 150 lb/pg2 que es la presión necesaria para uso domestico.

Sin embargo, la velocidad que ejerce nuestro gas natural dentro de una tubería de 4 pulgadas es demasiado alta, por que se tiene que disminuir la velocidad de flujo aumentando el diámetro de la tubería. Para este trabajo y su adecuado análisis económico se tomara un diámetro de tubería de 12 pulgadas para reducir la

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GASODUCTO



velocidad del gas a 441.75 pie/seg. De esta manera estamos seguros que la velocidad de flujo no se va a comer la tubería en poco tiempo.



CAPITULO V

ANALISIS DE RENTABILIDAD

Para que nuestro proyecto sea ejecuta es preciso elaborar un estudio del costo de instalación de la nueva red de gasoductos, sin embargo siempre tenemos que cerciorarnos que el costo sea rentable; en determinado caso que no lo sea, se puede dar luz verde al proyecto si se analiza también el desarrollo tecnológico u económico que puede presentarse en los lugares por lo que abarca nuestro proyecto.

Costo estimado, diámetro de tubería 12 pulgadas

Costo total de la línea = (costo por metro) (longitud total de tubería)

Costo total de la línea = (1992.35 \$/mts.) (275000mts.)

Costo total de la línea = 547, 896,250 pesos.

Actualización del costo de la línea (2000-2010)

(547, 896,250) (1.5) = 821, 844,375

Costo de la inversión total = 821, 844,375 pesos.

Para cálculos de costos operación y mantenimiento se considera el 15% del costo de la inversión inicial para tener una aproximación.

Costos de mantenimiento y operación = (costo total de línea) (15%)

Costos de mantenimiento y operación = (821, 844,375) (15%)

Costos de mantenimiento y operación = 123, 276,656.3 pesos anual

El precio del millón de BTUs de gas natural es de 4.37 dólares. Hoy en día el dólar en México tiene un costo de 12. 924, esto quiere decir, que el precio del millón de

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GASODUCTO



BTUs de gas natural es de 56.48 pesos. La equivalencia de un millón de BTUs es de 252199 kilo calorías. Sin embargo, el costo de producción por millón de BTUs es de .88 dólares. Un pie cubico de gas natural despide en promedio 1000 BTUs. Por lo que tenemos:

Costo de producción = (.88 dólares/ millón de BTUs) (12.924 pesos)

Costo de producción = 11.37 pesos

Costo de producción = (11.37 pesos) ((30000000000 BTUs)/ (millón de BTUs))

Costo de producción = (11.37 pesos) (30000 BTUs) = 341100 pesos

Ingreso bruto = (341100 pesos) (30000 BTUs) (365 día/año)= 124501500 pesos.

Ingreso neto = (ingreso bruto) – (costos de mantenimiento y producción)

Ingreso neto = 124501500 + 123, 276,656.3 pesos anual

Ingreso neto = 247778156



CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los combustibles causan contaminación tanto al usarlos como al producirlos y transportarlos. Uno de los problemas más estudiados en la actualidad es el que surge de la inmensa cantidad de CO₂ que estamos emitiendo a la atmósfera al quemar los combustibles fósiles. Sin embargo el gas natural es un combustible limpio, es decir causa poco efecto invernadero y es recomendable en usos industriales.

Gracias al estudio económico nos damos cuenta que el llevar gas natural a isla Tiburón es un proyecto muy rentable. Por lo que recomiendo tomar cartas en el asunto pues este proyecto tiene una visión de 20 años aproximadamente.

Después de los cálculos realizados en este trabajo, se observa que se pueden hacer para cualquier destino de la republica, siempre tomando en cuenta la parte benéfica para el desarrollo del país.



CAPITULO VII BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de transporte de hidrocarburos I y II.
- Apuntes del seminario “Transporte de hidrocarburos por ductos” impartido por el ingeniero José Luis Chávez Alcaraz.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Isla_Tibur%C3%B3n
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Hermosillo>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Petr%C3%B3leo>
- <http://www.monografias.com/trabajos35/petroleo/petroleo.shtml>
- <http://www.pdvsa.com/pequiven/spanish/common/emph.htm>
- <http://members.tripod.com/fotografia/textos/main.htm>
- <http://www.bibliotecavirtual.com.do/Geografia/EIPetroleoyGasNatural.htm>
- <http://www.gasnaturalsdg.es/grupo/site/estructura/espanol/gas.htm>
- <http://www.gasnaturalsdg.es/grupo/site/estructura/espanol/medioambiente.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos35/petroleo/petroleo2.shtml>
- <http://www.oil-price.net/index.php?lang=es>