





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN PETRÓLEOS

**“BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO INTERNO Y CONTROL DE  
CORROSIÓN EXTERNA DE TUBERÍAS PARA EVITAR IMPACTOS  
AMBIENTALES EN EL BLOQUE 15 – COMPLEJO ILPY, MEDIANTE  
CONTROLES PERIÓDICOS DE PERSONAL CAPACITADO”**

TESIS DE GRADO

**Previa la obtención del título de Tecnólogo en Petróleos**

Autor:

**Alex Israel Artieda Morales**

Director:

**Ing. Raúl Baldeón**

**Quito – Ecuador**

**2010**

## **RESPONSABILIDAD**

Del contenido del presente trabajo se responsabiliza el autor.

Alex I. Artieda Morales

## CERTIFICACIÓN




### CERTIFICADO

Por medio del presente certifico que al Sr. Alex Israel Artieda Morales con CI. 171554324-3, estudiante de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial, que labora como Ayudante de Islas de producción de la Compañía CONDUTO, se le autorizó el ingreso a las instalaciones de PETROAMAZONAS y se le proporcionó la información requerida para la elaboración de su tesis titulada "BENEFICIOS DE MANTENIMIENTO INTERNO Y CONTROL DE CORROSIÓN EXTERNA DE TUBERÍAS PARA EVITAR IMPACTOS AMBIENTALES EN EL BLOQUE 15-COMPLEJO ILPY, MEDIANTE CONTROLES PERIÓDICOS DE PERSONAL CAPACITADO".

El presente documento puede ser utilizado como lo creyere conveniente.

CPF, 17 de FEBRERO de 2010

  
-----  
Ing. Víctor Guevara  
SUPERINTENDENTE DE OPERACIONES  
CPF - PAM

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres, ya que ellos siempre me han apoyado en todas las instancias de mi vida, mi madre que ha sido un pilar fundamental en mi vida ya que siempre me ha motivado en cada paso que he dado.

Un especial y sincero agradecimiento al Ing. Raúl Baldeón por su valiosa colaboración y entusiasmo en la dirección y culminación de esta tesis. De igual manera gracias a las personas de los Departamentos de Operaciones y Mantenimiento de PETROAMAZONAS ya que con el apoyo brindado y la facilidad de adquirir información importante para el desarrollo de este proyecto de tesis he logrado cumplir un objetivo muy importante en mi vida.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado de manera especial a Dios, por darme la salud y la vida; a demás de las fuerzas necesarias para formarme profesionalmente y culminar mi carrera universitaria.

A la memoria de mi padre Vicente Artieda y a mi madre Patricia ya que gracias a su apoyo y colaboración infaltable he logrado muchas cosas y todo lo que soy, por que supieron educarme con amor y cariño, y sembraron en mi sus principios, solidaridad y respeto hacia las demás personas.

De la misma manera a mis hermanos Daniel, Doménica, a mis tíos Kevin y Teresita y a mis abuelitos ya que ellos jugaron un papel muy importante en mi vida porque nunca dudaron en que yo lograría esta meta, y con sus consejos y apoyo me ayudaron a salir adelante en todos los inconvenientes que se me han presentado.

Finalmente agradezco a mi hijo Matías y su madre Jenny ya que ellos cada día me dan nuevas esperanzas para luchar por cumplir mis metas.

Gracias y de corazón a todos.

Alex Artieda.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA .....	II
RESPONSABILIDAD.....	III
CERTIFICACIÓN .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE GENERAL .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE FOTOS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
RESUMEN .....	XIV
SUMMARY .....	XVII

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS .....	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 IDEA A DEFENDER.....	5
1.4 MARCO REFERENCIAL.....	6
1.5 METODOLOGÍA Y TÉCNICAS .....	8
1.5.1 MÉTODO CIENTÍFICO.....	8
1.5.2 TÉCNICAS.....	8
CAPÍTULO II.....	10
2. CAMPO PETROLERO.....	10
2.1 ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS.....	14
2.1.1 DISEÑO .....	20
2.1.2 CÉDULAS DE LA TUBERÍA .....	20
2.1.3 FABRICACIÓN.....	21
2.1.4 MATERIALES .....	22
2.1.5 NORMAS QUE SE APLICAN A LA TUBERÍA.....	23
2.1.6 CLASIFICACIÓN .....	24



CAPÍTULO III .....	26
3. MANTENIMIENTO Y CONTROL DE TUBERÍAS. ....	26
3.1 LIMPIEZA INTERNA DE TUBERÍAS .....	27
3.1.1 DESCRIPCIÓN .....	27
3.1.2 DEFINICIÓN.....	30
3.1.3 LIMPIEZA MECÁNICA DE TUBERÍAS .....	32
3.1.4 RASPATUBOS MULTIUSOS.....	35
3.1.4.1 RASPATUBOS O SCRAPER DE ESPUMA.....	36
3.1.4.2 RASPATUBOS O SCRAPER DE CUERPO CENTRAL METÁLICO	38
3.1.4.3 RASPATUBOS O SCRAPER DE POLIURETANO SÓLIDO .....	40
3.1.5 UNIDADES LANZADORAS Y RECEPTORAS DE RASPATUBOS.....	41
3.1.6 DETECTORES DE RASPATUBOS.....	44
3.1.7 MONITOREO Y FRECUENCIA DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA .....	45
3.1.8 PROCEDIMIENTO.....	46
3.1.9 BENEFICIOS .....	54
3.2 CONTROL DE LA CORROSIÓN EXTERNA DE LAS TUBERÍAS POR	
PROTECCIÓN CATÓDICA.....	54
3.2.1 DEFINICIÓN.....	57
3.2.2 FUNDAMENTO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA.....	58
3.2.2.1 POLARIZACIÓN CATÓDICA.....	60
3.2.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LA PROTECCIÓN	
CATÓDICA EN TUBERÍAS ENTERRADAS .....	60
3.2.3.1 RESPECTO A LA ESTRUCTURA A PROTEGER .....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 01	Ubicación del Bloque 15 en el Ecuador .....	11
Fig. 02	Ubicación de los Campos en el Bloque 15 .....	12
Fig. 03	Esquema de la Limpieza Mecánica con Raspatubos .....	33
Fig. 04	Detectores de Raspatubos.....	44
Fig. 05	Sentido de la corriente en la Protección Catódica .....	55
Fig. 06	Esquema de Protección Catódica.....	56
Fig. 07	Esquema del Montaje de Protección por Ánodos de Sacrificio .....	63
Fig. 08	Esquema de Protección por Corriente Impresa .....	66

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01.	Stock de Tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP .....	14
Foto 02.	Estado Actual de las Tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP.....	15
Foto 03.	Recubrimiento Externo de la Tubería con cinta anticorrosiva Bloque 15 .....	17
Foto 04.	Tubería con Protección Mecánica Bloque 15 – Complejo ILYP .....	18
Foto 05.	Tubería con Pintura Anticorrosiva Bloque 15 – Complejo ILYP.....	18
Foto 06.	Tendido de Tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP .....	19
Foto 07.	Instalación de nuevo Sistema de Tubería de 8" .....	25

Foto 08. Rescate del Raspatubos en la Marranera .....	29
Foto 09. Estado del Raspatubos después del Marraneo .....	30
Foto 10. Intervención antes de la Limpieza Mecánica con Raspatubos .....	34
Foto 11. Intervención después de la Limpieza Mecánica con Raspatubos .....	34
Foto 12. Tipos de Raspatubos Multiusos .....	35
Foto 13. Raspatubos de Espuma de Poliuretano.....	37
Foto 14. Raspatubos de Espuma de Poliuretano.....	37
Foto 15. Raspatubos de Cuerpo Central Metálico, 4 Copas y 1 Cepillo.....	38
Foto 16. Raspatubos de Cuerpo Central Metálico, 4 Copas.....	39
Foto 17. Raspatubos de cuerpo Central Metálico, Discos .....	39
Foto 18. Raspatubos de Poliuretano Sólido. Raspatubos Flexible con Discos .....	40
Foto 19. Raspatubos de Poliuretano Sólido, Raspatubos Flexible con Discos .....	41
Foto 20. Unidad de Envío de Raspatubos (Marranera de Envío).....	42
Foto 21. Unidad de Recepción de Raspatubos (Marranera de Recepción).....	43
Foto 22. Ubicación del Signal Pig en la Marranera.....	45
Foto 23. Procedimiento antes de Rescatar al Raspatubos en la Marranera.....	50
Foto 24. Recibiendo al Raspatubos.....	51
Foto 25. Extrayendo Raspatubos de la Marranera.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Producción por Campo .....	11
Tabla 02. Bombeo Diario al Oleoducto .....	13
Tabla 03. Tiempos de Residencia del Raspatubos en la Tubería .....	29
Tabla 04. Ventajas y Limitaciones de la Protección Catódica por Corriente Impresa .	69
Tabla 05. Ventajas y Desventajas de los dos Sistemas .....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Plano del Mapa Vial BLOQUE 15 – Complejo ILYP .....	79
Anexo II. Reporte Diario de Producción BLOQUE 15 – Complejo ILYP.....	80
Anexo III. Diagrama de Marranera de Recepción Bloque 15 – Complejo ILYP .....	81
Anexo IV. Registro de Corrida del Raspatubos – ESTAC. LIMÓN A LIMÓN 10.....	82
Anexo V. Registro de Corrida de Raspatubos – YANAQUINCHA A CPF .....	83

## RESUMEN

El crecimiento de la población a nivel mundial en los últimos tiempos ha dado lugar a un crecimiento de una mayor demanda de crudo y derivados, por lo tanto se ha presentado la necesidad de personas capacitadas y estudiadas en las ramas del petróleo como es el caso de Ingenieros y Tecnólogos, para tratar de satisfacer dicha demanda, todas estas personas se basan en el estudio, investigación y aplicación de nuevas técnicas, nuevos diseños ya sea para la explotación de un yacimiento, para la producción o para el transporte; todo esto con nuevos equipos, herramientas, instrumentos. En el caso del transporte de crudo es esencial que se tomen los debidos cuidados, mantenimientos y controles a las tuberías ya que el crudo necesita para su transporte que estas estén en buen estado.

Cuando el crudo es extraído del fondo del yacimiento necesita de tuberías que lo transporten hacia los lugares de almacenamiento y después hacia las refinerías; las tuberías deben de estar en buenas condiciones ya que estas recorren largas distancias y diferentes geografías; es en este momento que su estado es muy importante para evitar roturas, pérdidas de volumen de crudo, presencia de impurezas en el interior de las líneas, etc.

El presente trabajo está estructurado de tal manera que incluya un amplio campo de estudio técnico de todo lo que se refiere al mantenimiento y control de las tuberías:

En el Capítulo I, se dará a conocer las razones, motivos y justificaciones por las cuales se ha decidido realizar esta investigación, también citamos todos los objetivos que se incluyen a lo largo de los capítulos, y en general las razones por las cuales hemos decidido realizar este estudio.

El Capítulo II, cita la información de todo lo referente al campo del Bloque 15, en este punto se indica cuales son las especificaciones de las tuberías que se usan para el transporte de crudo en el interior del Bloque y mediante que oleoductos llega el crudo a la provincia de Esmeraldas.

El Bloque 15 se encuentra administrado en estos últimos años por la compañía PETROAMAZONAS y está conformado por 2 complejos generales que son el Complejo Indillana y el Complejo Edén Yuturi, la producción de ambos complejos se une en Shushufindi en la provincia de Sucumbíos en el SRF (Shushufindi Reserva de Facilidades) y desde ahí es transportada al centro de acopio de Lago Agrio, se tiene que mencionar que el crudo que produce este Bloque tiene alto contenido de azufre. En el interior del Bloque 15 – Complejo ILYP se encuentra el Centro de Facilidades de Producción (CPF) que es donde se realiza el conteo del bombeo de crudo producido por el Complejo Indillana.

En el Capítulo III, aquí se indica los tipos de mantenimiento y control que se realizan a las tuberías a demás de sus beneficios, en este capítulo se trata cuáles son los métodos principales para mantener en buen estado las tuberías que transportan crudo en el interior del Bloque 15 – Complejo ILYP. Se hace una introducción de cómo se previene o controla la corrosión externa de la tubería mediante la aplicación de la Protección Catódica por Corriente Impresa.

Siguiendo con el desarrollo del capítulo se cita la aplicación de un método de mantenimiento y limpieza interno de las tuberías mediante el uso de las herramientas denominadas raspatabos que son las encargadas de mantener el interior de las tuberías limpias y sin impurezas, se indica los tipos de raspatabos y para qué sirven cada una de

estas herramientas, también se procede a indicar que son las unidades de envío y recepción de raspatabos.

Finalmente en el Capítulo IV, se citan las conclusiones y recomendaciones generales de acuerdo al análisis de todo lo tratado en resto de la estudio.



## SUMMARY

The growth of the population at world level in the last times has given place to a growth of a bigger demand of raw and derived, therefore the necessity of qualified people has been presented and studied in the branches of the petroleum like he/she is the case of Engineers and Technologists, to try to satisfy this demand, all these people are based on the study, investigation and application of new techniques, new designs either for the exploitation of a location, for the production or for the transport; all this with new teams, tools, instruments. In the case of the transport of raw is essential that they take the due cares, maintenances and controls since to the pipes the raw one he/she needs for their transport that these they are in good state.

When the raw one is extracted of the bottom of the location he/she needs of pipes that transport it toward the storage places and later toward the refineries; the pipes should be in good you condition since these long distances and different geographies travel; it is at this time that their state is very important to avoid breaks, losses of volume of raw, presence of sludges inside the lines, etc.

The present work is structured in such a way that includes a wide field of study technician of all that refers to the maintenance and control of the pipes:

In the Chapter I, will be given to know the reasons, reasons and justifications for which has decided to carry out this investigation, we also mention all the objectives that are included along the chapters, and in general the reasons for which we have decided to carry out this study.

The Chapter II, it mentions the information of all him with respect to the field of the Block 15, in this point it is indicated which are the specifications of the pipes that are used for the transport of raw inside the Block and by means of that pipelines the raw one arrives to the county of Emeralds.

The Block 15 are administered in these last years by the company PETROAMAZONAS and it is conformed by 2 general complexes that are the Complex Indillana and the Complex Eden Yuturi, the production of both complexes he/she unites in Shushufindi in the county of Sucumbíos in the SRF (Shushufindi Reservation of Facilities) and from there it is transported to the center of storing of Sour Lake, one has to mention that the raw one that produces this Block has high content of sulfur. Inside the Block 15 - Complex ILYP is the Center of Facilities of Production (CPF) that is where he/she is carried out the count of the pumping of raw taken place by the Complex Indillana.

In the Chapter III, here it is indicated the maintenance types and control that are carried out to the pipes to other of their benefits, in this chapter it is which the main methods are to maintain in good state the pipes that transport raw inside the Block 15 - Complex ILYP. An introduction is made of how it is prevented or it controls the external corrosion of the pipe by means of the application of the Cathodic Protection for Printed Current.

Continuing with the development of the chapter makes an appointment the application of a maintenance method and internal cleaning of the pipes by means of the use of the tools denominated raspatabos that you/they are those in charge of maintaining the interior of the clean pipes and without sludges, it is indicated the raspatabos types and

for what reason they serve each one of these tools, you also proceeds to indicate that they are the shipment units and raspatus reception.

Finally in the Chapter IV, make an appointment the conclusions and general recommendations according to the analysis of all that tried in rest of the study.

# **CAPÍTULO I**

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN.**

El presente estudio tiene como objetivo investigar, conocer los métodos de mantenimiento y control que se realizan a las tuberías que transportan crudo en el interior del Bloque 15 – Complejo ILYP; el mantenimiento de las tuberías está basado en la limpieza interna mediante el uso de la herramienta denominada raspatabos, mientras que el control está enfocado a la prevención de la corrosión externa en las tuberías, todo esto con sus respectivos beneficios.

Igualmente este trabajo busca dar a conocer las principales normas, métodos que se deben considerar actualmente o a futuro para que el transporte de crudo por medio de las tuberías no sufra ningún inconveniente sino más bien siga siendo productivo y no falle, para esto se ha tomado como punto de partida la situación o estado actual de las tuberías, para luego analizar detalladamente si en el Bloque 15 – Complejo ILYP se ha presentado algún tipo de problema en las tuberías por falta de mantenimiento y control.

Los temas a tratarse en este estudio son:

- Campo Petrolífero y Especificaciones de las tuberías que transportan crudo en el Bloque 15 – Complejo ILYP.
- Mantenimiento, limpieza e inspección interna de las tuberías mediante el uso de raspatabos.
- Control de la corrosión externa de las tuberías mediante el uso de Protección Catódica.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este tema es conocer y estudiar los tipos de mantenimiento y control que se aplican a las tuberías que transportan crudo en el interior del Bloque 15 – Complejo ILYP, a demás de los beneficios, procedimientos y objetivos de cada uno de los métodos que son usados en dicho Bloque petrolero. Lo que se busca con este estudio es el buen uso de los equipos apropiados para estas operaciones, de igual manera en el caso de los controles periódicos que se realizan a las tuberías son para evitar o controlar el daño externo como la corrosión ya que por falta de mantenimiento puede presentarse daños, pérdidas o incluso derrames de crudo por el mal estado de las tuberías.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Indicar los tipos de tuberías que se usa en el Bloque 15 – Complejo ILYP, sus especificaciones.
- Investigar cuales son los métodos más usados al momento de realizar las operaciones de mantenimiento interno y control externo de las tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILPY para el buen funcionamiento de las mismas, sus objetivos.
- Estudiar los parámetros para realizar un óptimo mantenimiento y control de las tuberías del Bloque 15 – Complejo ILYP.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Como se sabe el desarrollo del país, se halla sustentado en base a los ingresos económicos generados por el petróleo de manera preferente, por lo cual se enfatiza en lo que corresponde al transporte de crudo desde los pozos a las estaciones de almacenamiento y refinerías por las tuberías, ya que estas deben estar en buen estado y esto se logra mediante el mantenimiento y control de las mismas, en vista de que si éstas se encuentran en malas condiciones se paran las operaciones petroleras.

Cabe mencionar que nuestro país tiene una gran riqueza geográfica, la misma que tienen que atravesar las tuberías (oleoductos y poliductos), es decir, atraviesan grandes distancias a diferentes condiciones y diferentes riesgos en los cuales podría haber daños de las tuberías, es por esa razón que estas líneas de transporte de crudo tienen que ser sometidas a mantenimientos, controles para que brinden la seguridad de transportar crudo, claro que contra la naturaleza no se puede predecir nada; además las tuberías deben ser vigiladas en puntos estratégicos o zonas en las que estén expuestas a roturas, sabotajes, etc.

Por tales motivos, se justifica por que el beneficio del mantenimiento y control de las tuberías nos permite controlar los gastos en lo que se refiere a operaciones de limpieza de derrames e indemnizaciones, paralización de operaciones o incluso la bajo o no presencia de volúmenes de crudo en estaciones de almacenamiento y refinerías.

Lo que se desea promover con este estudio es poner mayor atención a esta área en vista de que las tuberías son fundamentales para el transporte del crudo y si estas no están en óptimas condiciones o rotas lo que se obtiene es una pérdida en todo sentido y altos gastos, tal vez lo que se refiere a controles periódicos para el mantenimiento de las

tuberías van a generar gastos, pero no más como los de paralizar operaciones o limpieza de derrames ya que la inversión que se hace en la extracción, producción y transporte de crudo debe ser recuperada y uno de los parámetros en esta área es el Costo-Tiempo.

La instalación de un nuevo sistema de tuberías requiere grandes estudios previos, en los cuales se tiene en cuenta todo lo que puede beneficiar el proceso del transporte. El sistema de transporte del petróleo por tuberías resulta tan eficiente y económico que existen hoy miles de kilómetros de ellas, que van desde los pozos de los que surge el crudo hasta las refinerías o hasta las estaciones y puertos de embarque del producto. El aceite o crudo es bombeado por kilómetros y kilómetros a través de las tuberías u oleoductos. Una serie de estaciones de bombeo lo va empujando hasta que llega a las refinerías. Es aquí que las operaciones de limpieza y control de las tuberías juega un papel muy importante.

Con todo este estudio lo que se busca es evitar pérdidas económicas, de equipos, de tuberías; ya que si éstas últimas fallan se provocaría daños ambientales por el mal estado de las mismas y por no haberlas sometido a un proceso correcto de mantenimiento; nosotros como estudiantes de esta área debemos tener en cuenta que el petróleo que produce nuestro país es un petróleo pesado con una alta cantidad de impurezas las mismas que se vienen a asentar en las paredes de las tuberías, estas arterias que transportan el crudo tienen que estar expuestas a muchos riesgos y condiciones por tal motivo el mantenimiento y control de tuberías debe ser tomado muy en cuenta hoy en día.



### **1.3 IDEA A DEFENDER**

El estudio para un óptimo funcionamiento de un sistema de tuberías para transportar crudo implica conocer el diseño, materiales, características de su construcción, fines de uso, mantenimiento, control, etc., para evitar algún tipo de inconveniente mientras se transporta crudo de un sitio a otro.

Se debe mencionar que el proceso de mantenimiento y control de las tuberías con los métodos y herramientas adecuadas permitirá tener tuberías en buenas condiciones para el transporte seguro de crudo, porque sus objetivos son ayudarnos a detectar anomalías en las tuberías, mantener el interior de las líneas limpias y libres de corrosión; el proceso de mantenimiento mediante la limpieza interna de las tuberías se lo hace periódicamente, el personal encargado de esta operación dentro del Bloque 15 – Complejo ILYP, es el personal del departamento de Operaciones; mientras que el control externo para evitar la corrosión está a cargo del departamento de Mantenimiento de PETROAMAZONAS.

Además se debe señalar que el crudo proveniente de los campos necesita de tuberías en buenas condiciones que lo transporten de manera segura para así poder llegar a su destino no hay que olvidar que el camino que recorren las tuberías en nuestro país es un recorrido geográfico irregular en el cual el crudo necesita que su transporte sea óptimo para que no se presenten fallas o pérdidas en su trayectoria.

El crudo proveniente de los campos contiene impurezas, agua, etc., que se asientan en el interior de las tuberías; por este motivo en el Bloque 15 es esencial el mantenimiento y control de las tuberías para evitar pérdidas económicas, reducción del diámetro interno y corrosión de las tuberías.

#### **1.4 MARCO REFERENCIAL**

La tubería es un conducto compuesto de tubos que cumple la función de transportar fluidos de un sitio a otro. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto; mientras que cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de gasoducto. También es posible transportar mediante tubería materiales que, si bien no son un fluido se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, etc.

En los últimos 50 años el mantenimiento, ha sufrido una serie de transformaciones en su filosofía, a principios de la década de los 50's se conocía solo la práctica del mantenimiento correctivo donde el estándar consistía en reparar los equipos una vez que fallaban. A finales de los 50's los fabricantes introducen recomendaciones de mantenimiento para alargar la vida útil de los equipos, introduciendo con ello el concepto de mantenimiento preventivo.

En los años 60's, los esfuerzos se orientan a obtener la máxima eficiencia de las máquinas, herramientas, equipos y el mantenimiento se focaliza en extender la vida útil de los equipos y el óptimo de la utilización de la capacidad nominal.

Con los avances tecnológicos el mantenimiento y control de tuberías u oleoductos ha ido progresando ya que hace años atrás estos equipos llamados "raspatubos" eran pequeños, a demás su trabajo abarcaba poca distancia y se necesitaba de varias paradas para su recorrido. Ahora en la actualidad existen los denominados "smart pig" o raspatubos inteligentes cuyas ventajas sobre los anteriores son muchas ya que son más grandes, recorren grandes distancias y guardan datos exactos de corrosión o daño de la tubería en una computadora que llevan en su interior.

### **1.4.1 RASPATUBOS (CHANCHO)**

Las tuberías son instalaciones de varios kilómetros de largo desde los Terminales hasta las Refinerías. Por estas líneas se transporta crudo.

Estas grandes arterias están expuestas al ambiente, es por este motivo que necesitan de mantenimiento y control ya que la gran cantidad de recursos ambientales, humanos y económicos que están involucrados implican un importante trabajo de vigilancia, preservación y contingencia de las instalaciones que es realizado a diario.

Uno de los mecanismos o herramienta que se está usando actualmente es el "smart pig" que es un mecanismo inteligente, una especie de robot, que se introduce en el interior de las tuberías y sirve para supervisar el estado interior de las mismas y detectar posibles problemas o anomalías. Para realizar las operaciones de limpieza se procede a usar y enviar una herramienta denominada raspatabos (scraper, pig, chanco) esta es una herramienta provista de copas, discos y cepillos que se introducen en el interior de la tubería y se desplazan con el flujo del producto. Su función es limpiar los residuos minerales, corrosión y otros sedimentos o impurezas que se adhieren a las paredes internas y que se acumulan en el tubo; así, como remover el agua que se podría depositar en los puntos bajos de la tubería del oleoducto.

Además su envío y recepción se la hace desde unidades lanzadoras y receptoras.

### **1.4.2 UNIDADES DE LANZAMIENTO Y RECEPCIÓN DE RASPATUBOS**

El propósito de un lanzador o receptor de raspatabos es introducir o recuperar raspatabos, esferas o herramientas de inspección de un sistema de tuberías. Los

lanzadores y receptores se construyen para adecuarse a los requerimientos específicos de una tubería u oleoducto.

Todas las unidades se diseñan y fabrican de acuerdo con los códigos de diseño de oleoductos y recipientes, incluyendo las siguientes normas:

- NACE.
- ASME VIII.
- BS 5500.
- ASME B31.3, B31.4, B31.8.

## **1.5 METODOLOGÍA Y TÉCNICAS**

A continuación se describe La Metodología y Técnicas que se realizarán en esta investigación.

### **1.5.1 MÉTODO CIENTÍFICO**

El método que va a ser utilizado en este plan es el método científico, ya que en este tema se requiere de gran investigación de información, se compilará de diferentes textos y otros lugares como el Bloque 15 – Complejo ILYP, donde se va a obtener la información de las tuberías, su buen uso, durabilidad; para que a futuro se minimice las pérdidas tanto ambientales como económicas en el campo petrolero.

### **1.5.2 TÉCNICAS**

#### **▪ Observación:**

Para realizar el estudio del mantenimiento y control de las tuberías se visitará las estaciones de almacenamiento de crudo, islas de producción, con el propósito de

observar cómo y cada qué tiempo se realizan los métodos de mantenimiento y control de las tuberías.

- **Entrevista:**

Se procederá a entrevistar al personal encargado de las operaciones de mantenimiento y control de tuberías para determinar los factores que causan el mal estado de las tuberías.

## **CAPÍTULO II**

## CAPÍTULO II

### 2. CAMPO PETROLERO.

En el desarrollo de este tema empezaremos por la definición de lo que es un campo petrolífero.

El campo petrolífero o grupo de yacimientos es una zona con abundancia de pozos de los cuales se procede a extraer petróleo del subsuelo, a demás en esta zona puede haber pozos exploratorios que investigan los límites ya que las formaciones subterráneas que contienen petróleo se extienden sobre grandes zonas, posiblemente a lo largo de cientos de kilómetros. Debido a que las formaciones subterráneas que contienen petróleo son áreas rocosas porosas y permeables subterráneas llenas de fluido en las que puede existir y circular petróleo, gas natural o una combinación de ambas.

Para la formación de un campo petrolero necesita una combinación especial de ciertas características geológicas como es la presencia de una roca fuente o madre, una roca almacenadora, una roca sello y de la trampa; el petróleo se forma en un cimientro rocoso, junto con el agua y el gas natural dividiéndose primero el gas, después el petróleo y por último el agua, esta división se da por una diferencia de densidades.

La siguiente investigación se la va a realizar en el Bloque 15 – Complejo ILYP, la ubicación del bloque es en la región Amazónica, en la provincia de Sucumbíos; la administración del bloque está a cargo de la compañía PETROAMAZONAS, esta compañía es la que se ha encargado los últimos años en todo lo referente a las operaciones de producción de los pozos en esta área. La producción total del campo está en alrededor de 97679 Bbls/día a 99118 Bbls/día.

**Tabla 01. Producción por Campo**

PRODUCCION POR CAMPO											
CAMPO	ILY							Total ILY	EDEN	TOTAL CAMPO	
	INDI	LIMO	YANA	PAKA N	PAKA S	YANKUNT	PAÑAYACU			Total EDEN	13/06/2009
PETROLEO (Bbls/día)	10,989	9,531	8,415	96	7,211	3,971	665	40,878	58,240	99,118	98,017
AGUA (Bbls/día)	136,667	37,357	14,329	862	7,860	394	835	198,304	226,971	425,275	
GAS (MPCS/día)	4,405	2,435	826	17	417	279	175	8,554	7,116	15,670	
Corte de agua (%)	92.6	79.7	63.0	90.0	52.2	9.0	55.7	82.9	79.6	81.1	
GRADO API	19.5	22.5	25.1	18.4	20.7	24.1	29.2		19.7		

**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Fig. 01 Ubicación del Bloque 15 en el Ecuador**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

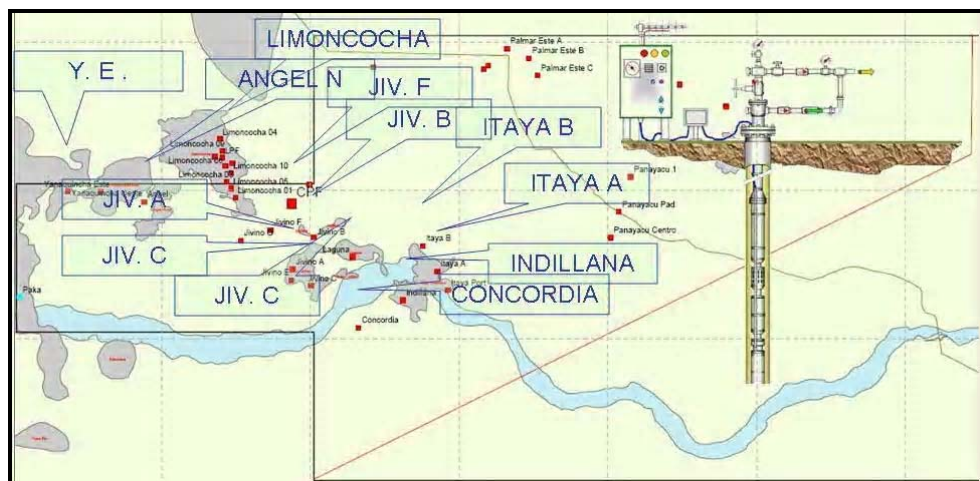
**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.



El Bloque 15 cuenta con 8 campos muy importantes, los siete primeros comprenden el Complejo Indillana (Complejo ILYP) y el último el Complejo del Edén respectivamente. Estos campos son los siguientes:

- Indillana (19.5 API).
- Yanaquincha (25.1 API).
- Paka Norte (18.4 API).
- Paka Sur (20.7 API).
- Tuntiak (24.1 API).
- Pañayacu (29.2 API).
- Limoncocha (22.5 API).
- Eden Yuturi 19.7 API).

**Fig. 02 Ubicación de los Campos en el Bloque 15**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

Todos estos campos producen crudo con alto contenido de azufre y alto corte de agua, es por eso que en las locaciones a demás de encontrar pozos productores también

encontramos pozos inyectores de agua. El sistema de levantamiento artificial que se utiliza en el Bloque 15 es por medio de Bombeo Electrosumergible (BES), a demás se tiene que mencionar que el total de la producción del Complejo Indillana (Indillana, Yanaquincha, Paka norte, Paka sur, Tuntiak y Pañayacu) se transporta al CPF (Centro de Facilidades de Producción) para el conteo del bombeo diario. El crudo se transporta mediante un sistema de tuberías de acero al carbono y de diferentes diámetros los mismos que son 6”,8”,12”,18”,20”,24” pulgadas; todo esto es en el interior del Bloque.

La producción del Complejo Indillana y la del Campo Limoncocha se une con la producción del Complejo Edén Yuturi , esta unión de los complejos se la procede a realizar en el SRF (Shushufindi Reserva de Facilidades).

Una vez que el crudo llega al SRF y ya contabilizado se lo transporta a Lago Agrio utilizando las líneas del SOTE y del OCP, en Lago Agrio se localiza el centro de acopio y desde ahí empieza el bombeo de crudo hacia la provincia de Esmeraldas.

Se tiene que indicar que el crudo del Bloque 15 al momento de llegar al SRF y a Lago Agrio es fiscalizado dando una producción de 97308 Bbls/día en ambos puntos.

**Tabla 02. Bombeo Diario al Oleoducto**

BOMBEO DIARIO A OLEODUCTO										FISCALIZADO		
CAMPO	ILY							EDEN	TOTAL	LAGO	SRF	
	INDI	LIMO	YANA	PAKA N	PAKA S	YANKUNT	PAÑAYACU	Total ILY	Total EDEN	13/06/2009		
SOTE (Bbls/día)	9,960	9,504	8,415	96	7,211	3,902	660	39,748	19,603	59,351	97,308	97,398
OCP (Bbls/día)	0	0	0	0	0	0	0	0	38,047	38,047		
GRADO API	21.6	22.6	21.6	21.6	21.6	22.6	22.6		19.8			
TOTAL BOMBEADO (Bbls)										97,398		
TOTAL STOCK TANQUES (Bbls)										537		
TOTAL STOCK EN TRANSITO (Bbls)										59		
TOTAL CONSUMO (Bbls)										1,183		

**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

## 2.1 ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS

La tubería es un conducto o una arteria importante en el mundo del petróleo ya que su función principal es la de transportar los fluidos de un punto a otro. Se la suele elaborar con materiales diversos; cuando el líquido a transportar es petróleo se la llama oleoducto, cuando lo que vamos a transportar es gas su denominación es gaseoducto.

Las tuberías por lo general van a necesitar mantenimiento y control para garantizar su vida útil. Cuando se quiere montar un sistema de tuberías es necesario indicar el tamaño mínimo de la línea, presión de diseño o clase de tubería, algo que es importante es el espesor de pared de la tubería ya que debe estar de acuerdo con las especificaciones del sistema de tuberías.

**Foto 01. Stock de Tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP**



**Fuente:** Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 02. Estado Actual de las Tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP**



**Fuente:** Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

Todas las tuberías se caracterizan por tener una rosca en el extremo y una parte central de conducto de longitud variable. La rosca que tiene los filetes por la parte externa se la denomina pin (male – macho), mientras que la rosca que tienen los filetes por la parte interna se la llama box (female – hembra). Las tuberías también pueden unirse por medio de bridas o soldadas.

Las tuberías con la que se trabaja en el Bloque 15 – Complejo ILYP para el transporte de crudo son de diferentes diámetros, entre los más comunes citamos los siguientes

6”,8”,12”,18”,20”,24” pulgadas de diámetro. Las tuberías de este Bloque en la actualidad se presentan en buen estado ya que periódicamente se las somete a operaciones de mantenimiento y control, es por eso que en los últimos años no se han presentado inconvenientes de derrames o anomalías en los sistemas de tuberías que transportan crudo en el interior del Bloque.

Las tuberías que se utilizan se las debe escoger de acuerdo a un proceso de ingeniería, las clases de tuberías que se aplican en el Bloque son ANSI 150 hasta ANSI 2500, en este caso las tuberías son soldadas a tope o bridadas.

Las tuberías que se van a instalar en el sistema deben ser nuevas, libres de escamas, golpes, fisuras, oxidación perjudicial, etc.

Ahora muchas de las tuberías están pintadas con pintura anticorrosiva o poseen un recubrimiento externo, este recubrimiento de las tuberías se determina de acuerdo a la exposición que tendrá la tubería, por ejemplo si es una aérea se procede a usar un recubrimiento que resista los rayos UV, y se la procede a pintar de acuerdo a las especificaciones de PETROAMAZAS “REVESTIMIENTO Y GALVANIZADO NO ENTERRADO EXTERNO O INTERNO”. Mientras que si la tubería es enterrada (que es la más común en el interior del Bloque 15) se las recubre con cinta anticorrosiva denominada Polykem, también se puede usar un epóxico u otro recubrimiento que resista el trájín de construcción, es decir, una protección mecánica; ahora citando lo del recubrimiento interno de las tuberías se aplica únicamente a aquellas que transportan fluido trifásico (agua, crudo, gas); es decir el fluido que sale de los pozos ya que el proceso corrosivo se da solamente en medios corrosivos.

**Foto 03. Recubrimiento Externo de la Tubería con cinta anticorrosiva Bloque 15**



**Fuente:** Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 04. Tubería con Protección Mecánica Bloque 15 – Complejo ILYP**



**Fuente:** Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 05. Tubería con Pintura Anticorrosiva Bloque 15 – Complejo ILYP**



**Fuente:** Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 06. Tendido de Tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP**



**Fuente:** Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.



### **2.1.1 DISEÑO**

Los aspectos fundamentales en el diseño de las tuberías para el transporte de fluidos, tiene como fundamento principal el entendimiento de las propiedades del tubo y del fluido, así como las condiciones operacionales o ambientes que afectan al flujo de fluido en las tuberías.

La cantidad de fluido a transportar por una tubería es una de las primeras informaciones requeridas para evaluar la factibilidad de un sistema de transporte y por ende su eventual diseño. Sin embargo los requerimientos de capacidades futuras, difíciles de presupuestar, llegan a ser un factor decisivo en el momento de realizar el dimensionamiento de un sistema de transporte por tuberías.

En el diseño de las tuberías podemos citar algunos elementos como son:

- Factibilidad técnica de la tubería.
- Factibilidad económica de la tubería diseño detallado (cálculo hidráulico, diseño mecánico).
- Ubicación de estaciones o islas de producción.
- Ruta.
- Estimativo de volúmenes a transportar.
- Vida útil.

### **2.1.2 CÉDULAS DE LA TUBERÍA**

Al momento que hablamos de la resistencia de una tubería estamos indicando la relación que existe entre el diámetro interno y el espesor de la misma, a esta relación se la conoce más comúnmente como Cédula de la Tubería, es decir, al momento de

referirnos a la cédula de la tubería se está indicando la presión y esfuerzo que puede soportar la tubería.

En general con la cédula de la tubería nosotros podemos identificar muy bien las propiedades mecánicas de una tubería y a demás de esto nos facilita conocer la resistencia a la corrosión de acuerdo al uso, así como la composición; en base a la cédula también podemos saber que temperatura puede soportar una tubería de acero en el momento de su uso o si pudiera o no soportar tratamientos térmicos para mejorar sus propiedades. Hay que mencionar que no porque una tubería tenga un número de cédula más alto que otra quiere decir que posea más resistencia que una de un número de cédula menor, ya que se necesita especificar sus usos, agentes corrosivo a la que va estar expuesta, etc.

A continuación tenemos las cédulas y diámetros en pulgadas de las tuberías de acero al carbono o acero inoxidable que son las que se usan en el Bloque 15 – Complejo ILYP:

- Cédula 5 para tuberías de diámetros de 1/2 a 10 plg.
- Cédula 10 para tuberías de diámetros de 1/8 a 48 plg.
- Cédula 40 para tuberías de diámetros de 1/8 a 6 plg.
- Cédula 80 para tuberías de diámetros de 3/8 a 2 plg.

### **2.1.3 FABRICACIÓN**

Las tuberías tienen varios métodos de fabricación los cuales son:

- Sin Costura; o sin soldadura, las tuberías se forman a partir de un hierro cilíndrico el cuál es calentado en el horno antes de la extrusión. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad

en todas sus direcciones. A demás se puede añadir que este tipo de tubería es la más común de fabricación y por tanto la más comercial.

- Con Costura longitudinal; se parte de una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtiene diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tuberías, tenemos que mencionar que esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible.
- Con soldadura Helicoidal; o en espiral, la metodología viene a ser la misma que la tubería con costura longitudinal pero con la excepción de que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería, es decir, siguiendo la tubería como si fuese roscada.

#### **2.1.4 MATERIALES**

Las tuberías se construyen de diversos materiales en función de condiciones técnicas y económicas, los materiales que suelen usarse son el hierro fundido, acero inoxidable, latón, cobre, plomo, hormigón, polipropileno, PVC, polietileno de alta densidad. El material de cada tubería va a depender del uso al cual se la va a dar a la tubería. Pero se debe mencionar que en sistemas para servicios de hidrocarburos no se deben instalar tuberías de cobre, aluminio, hierro fundido, hierro maleable, hierro acerado o semi-acerado.

En el proceso de transportar crudo vamos a encontrar materiales muy distintos para atender a las necesidades de corrosión, temperatura y presión. Se puede mencionar que en los casos en los que se transporte productos muy corrosivos se procede a usar materiales como el Monel y el Inconel.

Los materiales de las tuberías que se usan en el interior del Bloque 15 deben incluir el logo del fabricante, el número de colada y en especial estar de acuerdo con las especificaciones del **PIPPING CLASS**. Los materiales más usados dentro del Bloque 15 son:

- Acero Inoxidable.
- Acero al Carbono.
- Acero al Carbono de Baja Temperatura.
- Acero al Carbono de Recubierto Internamente.
- Acero al Carbono Enterrado.

### **2.1.5 NORMAS QUE SE APLICAN A LA TUBERÍA**

Las especificaciones que nos dan las normas es definir los requerimientos mínimos para la tubería, válvulas y accesorios utilizada en sistemas de procesos y utilidad. Estas especificaciones abarcan todo lo referente a materiales, fabricación, soldadura, inspección y pruebas; y se debe aplicar a toda tubería instalada o prefabricada para instalarse.

Las normas más utilizadas en el sistema de tuberías del Bloque 15 – Complejo ILYP son las normas conjuntas del American Standard Institute y la American Society of

Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, etc. A continuación vamos a señalar las normas que contemplan el diseño del sistema de las tuberías:

- ASME B31.1 – Tuberías en plantas de generación.
- ASME B31.3 – Plantas de procesos.
- ASME B31.4 – Transporte de hidrocarburos líquidos, gas, petróleo.
- ASME B31.8 – Conducción de gas.
- ASTM A – 312 Tuberías de acero inoxidable con o sin costura en cédulas 5, 10, 40, 80.

Las tuberías que se usan en el Bloque 15 deben estar diseñadas, construidas y probadas de acuerdo a la última edición de la norma ASME B31.3, **“PROCESS PIPING”**.

### **2.1.6 CLASIFICACIÓN**

Estas se clasifican en tuberías de alta presión y de baja presión. Se les denomina de alta presión a aquellas tuberías que van a ser utilizadas con presiones desde 4000 psi a 20000 psi; y de igual manera se llaman tuberías de baja presión a aquellas que serán utilizadas con presiones menores a 500 psi.

Las tuberías de alta y de baja presión a veces son similares pero no son iguales ya que las tuberías de alta presión tienen características diferentes si se comparan con las tuberías de baja presión.

**Foto 07. Instalación de nuevo Sistema de Tubería de 8''**



**Fuente:** Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

Todas las tuberías necesitan de mantenimiento y control, todo este proceso es para evitar que las tuberías sufran daños, para garantizar el buen funcionamiento de las mismas, para alargar su vida útil o incluso para evitar paralizaciones operacionales porque estas han fallado; los métodos de mantenimiento y control que se realizan en las tuberías del Bloque 15 – Complejo ILYP para evitar todos estos inconvenientes son:

- Mantenimiento mediante limpieza interna de tuberías, Corrida de Raspatubos.
- Control externo de la corrosión por Protección Catódica, Corriente Impresa.

## **CAPÍTULO III**

## **CAPÍTULO III**

### **3. MANTENIMIENTO Y CONTROL DE TUBERÍAS.**

La labor de realizar las operaciones de mantenimiento y control a los equipos, maquinaria y en este caso a la tubería que transporta crudo está relacionada muy estrechamente a la prevención de accidentes, pérdidas, fallas. Cuando se realiza mantenimiento a algún equipo, maquinaria o tubería se buscan los siguientes objetivos:

- Optimización de la responsabilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Maximización de la vida útil de las tuberías.
- Evitar detenciones inútiles o para de actividades.

En sí el mantenimiento y control adecuado tiende a prolongar la vida útil de los equipos, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y reducir el número de fallas, hay algunos tipos de mantenimiento que son los siguientes:

- **Mantenimiento Correctivo;** este mantenimiento es aquel que se ocupa de la reparación una vez que se ha producido el fallo y el paro súbito de la instalación.
- **Mantenimiento Preventivo;** este mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los equipos dañados.
- **Mantenimiento Predictivo;** este mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deje de trabajar en sus condiciones



óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

Para el desarrollo de este tema relacionado al mantenimiento y control de las tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP se ha investigado cuales son los tipos de mantenimiento más usados para estas operaciones y sus beneficios, a continuación se va a nombrar cuales son los mantenimiento y controles que se realizan a las tuberías que transportan crudo en el interior del Bloque.

- Corrida de Raspatubos para realizar mantenimiento y limpieza interna de la tubería (Departamento de Operaciones).
- Protección Catódica por Corriente Impresa para el control de la corrosión externa de la tubería (Departamento de Mantenimiento e Instrumentación).

### **3.1 LIMPIEZA INTERNA DE TUBERÍAS**

#### **3.1.1 DESCRIPCIÓN**

Para realizar la operación de mantenimiento y limpieza interna de la tubería denominada marraneo o corrida de raspatubos, se procede a usar y enviar una herramienta denominada raspatubos (scraper, pig o chanco) junto con un químico en este caso en el Bloque 15 – Complejo ILYP se usa el biocida BAC 91 y BAC 98 que ayuda a eliminar las bacterias para controlar la corrosión interna de la tubería, la cantidad de este químico depende de la tubería en la que se va a realizar la operación y del laboratorio, tanto el raspatubos que ingresa primero en la trampa como el químico que va atrás se desplazan con el flujo del producto; los raspatubos que se usan son de acuerdo a las condiciones del fluido, dimensiones de la tubería y se los envía desde una unidad de lanzamiento a

una unidad de recepción denominadas marraneras o trampas de envío y de recepción respectivamente, esta operación se la realiza con el objetivo de limpiar internamente las tuberías y evitar la acumulación de sólidos, proliferación de bacterias, o la corrosión interna de la misma. Al momento de la llegada del raspatubos a la unidad de recepción el personal debe estar atento a la señal del Signal Pig, para luego proceder a rescatar dicho elemento abriendo la trampa después de estar seguro que haya ausencia de presión y fluido.

El personal encargado de la operación observa el estado del raspatubos, las impurezas, los sólidos que vienen delante de él y se procede a entregar las muestras al laboratorio; en las tuberías del Bloque 15 – Complejo ILYP el proceso de limpieza interna de las tuberías se las realiza periódicamente. Los diámetros de las tuberías en las que se introduce los raspatubos para las operaciones de limpieza son:

- 8 pulgadas.
- 12 pulgadas.
- 16 pulgadas.
- 20 pulgadas.

A demás de esto, tenemos que señalar que el tiempo de residencia del raspatubos en el interior de la tubería va a depender de la longitud de la misma, en esta longitud se toma como referencia la distancia que existe desde la marranera o unidad de envío hasta la marranera o unidad de recepción.

En el cuadro a continuación se observa detalladamente los tiempos de residencia del raspatubos en las tubería.

**Tabla 03. Tiempos de Residencia del Raspatubos en la Tubería**

TIEMPOS DE RESIDENCIA							
DE	A	Km	Ø (inch)	OIL	WATER	GROSS	GAS t (horas)
PAKA SUR	YANAQUINCHA OESTE	15,57	8	8251	7413	15664	4,87
YANAQUINCHA OESTE	CPF	20,80	20	16653	26475	43128	11,70
							<b>16,57</b>
INDILLANA	ITAYA	4,00	16	3165	26226	29391	1,64
ITAYA	CPF	18,43	20	5549	93688	99237	3,62
							<b>5,25</b>
LAGUNA	CPF	12,14	16	3508	62614	66122	2,13

**Fuente:** OPERACIONES, Petromazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 08. Rescate del Raspatubos en la Marranera**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 09. Estado del Raspatubos después del Marraneo**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### **3.1.2 DEFINICIÓN**

Los raspatubos, raspadores, chanchos o scraper de limpieza, es el nombre que se da a las herramientas provistas de copas, discos y cepillos que se introducen en la tubería para que sean empujados por el flujo del crudo. Su función es limpiar los residuos minerales, corrosión y otros sedimentos o impurezas que se adhieren a las paredes internas y que se acumulan en el interior del tubo; así como remover el agua que se podría depositar en los puntos bajos de la tubería.

Además, periódicamente se procede a introducir un raspatubos inteligente (smart pig), que es una herramienta provista de sensores electrónicos de alta resolución para la

detección, ubicación y medición de anomalías en la pared tanto interna como externa de la tubería, es decir, para verificar e inspeccionar los espesores de la misma, y también ayuda a detectar la corrosión interna y externa en la tubería. Estos equipos se basan en el principio de “Pérdida de Flujo Magnético”, puesto que las suciedades en el interior de las tuberías pueden atascar los sensores o provocar errores de lectura, es indispensable contar con las tuberías limpias, dado que cuanto mayor sea el grado de limpieza mejor será la interpretación de resultados y la evaluación del estado del sistema.

Las tuberías están diseñadas para facilitar las operaciones de algunas herramientas tal es el caso del uso del raspatubos, en estas operaciones se usan algunos tipos de raspatubos, como es el caso del raspatubos inteligente (inspección electrónica) y/o otros tipos de raspatubos de inspección, así como de todo tipo de raspatubos de limpieza. A demás se necesita de unidades de lanzamiento y recepción las mismas que serán ubicados en cada estación de Bombeo Intermedia, estación de Reducción de Presión y en los cambios de diámetro de tuberías. En el caso del Bloque 15 – Complejo ILYP las marraneras o unidades de lanzamiento y recepción están localizadas en diferentes puntos que por lo general son las estaciones o islas de producción dependiendo del tramo que necesite ser intervenido por la corrida del raspatubos. Los raspatubos que más se utilizan son los de poliuretano.

La tubería en donde se encuentran los equipos lanzadores y receptores estarán diseñadas de acuerdo a la norma ASME B3 1.4, y los receptores y lanzadores serán diseñados de acuerdo a la Sección VIII del Código ASME para Calderas y Recipientes de Vapor. Hay que mencionar que la ubicación del chanco será monitoreada por el signal pig que es un dispositivo que está ubicado en las trampas o unidades de recepción.

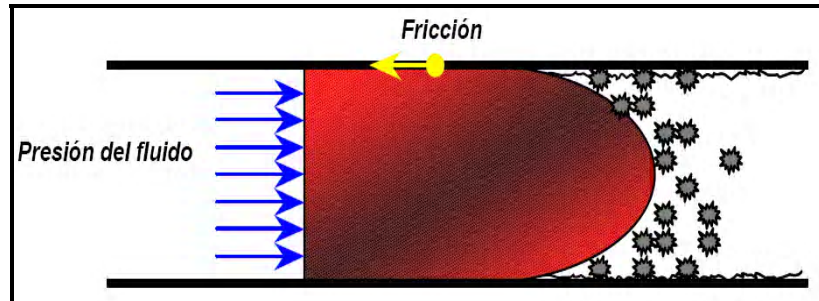
### **3.1.3 LIMPIEZA MECÁNICA DE TUBERÍAS**

La limpieza mecánica o corrida de raspatabos en las tuberías se la realiza para mantener limpia de sólidos e incrustaciones la superficie interna de la misma. Adicionalmente hay que mencionar que nos sirve como fuente de información acerca del estado de la tubería y eventualmente, decidir sobre la aplicación de algún tratamiento químico o selección de materiales adecuados.

Desde el punto de vista de la limpieza, el buen funcionamiento de las tuberías va a depender del diámetro interno y del factor de fricción de la misma. En varios casos cuando se realiza corridas frecuentes de raspatabos tenemos la posibilidad de mantener el diámetro interno de la tubería en su estado original y limpio ya que si este llega a disminuir o a taparse podría haber una falla en la tubería. No obstante dependiendo del tipo de impureza, el ID de la tubería no necesita ser substancialmente reducido para afectar la eficiencia del flujo de la tubería, sino que estas impurezas pueden llegar a afectar o alterar su factor de fricción o bien a influir sobre la calidad del fluido transportado.

La acción de limpieza de cada raspatabos va a depender de sus características mecánicas y constructivas así como de la composición y dureza del material depositado en el interior de la tubería. Los raspatabos o scrapers, están diseñados para empujar el material y los sólidos que se encuentran sueltos dentro de la tubería, también nos ayudan a desprender los depósitos e impurezas adheridas sobre las paredes de la misma; estas dos funciones se desarrollan mediante el “sellado” que asegura que el raspatabos circule por empuje del fluido y las “fuerzas de fricción” que remueven los sólidos adheridos a las paredes interiores de la tubería.

**Fig. 03 Esquema de la Limpieza Mecánica con Raspatabos**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

Los parámetros de construcción que por lo general influyen sobre el grado de sellado y esfuerzos ejercidos por un raspatabos son:

- Diámetro.
- Materiales de fabricación y la dureza de los mismos.
- Tipo de contacto.
- Forma y estilo de montaje.
- Tamaño y dureza de los cepillos y chanchos utilizados.

A continuación se va a mencionar los beneficios que normalmente se logran con la limpieza mecánica de tuberías mediante el uso del raspatabos:

- Eliminación de residuos.
- Limpieza general.
- Eliminación de ceras.
- Eliminación de polvo negro.
- Eliminación de residuos ferrosos.
- Eliminación de condensado.

- Procesamiento en lotes de sustancias químicas/inhibidores.
- Separación de productos.

**Foto 10. Intervención antes de la Limpieza Mecánica con Raspatubos**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 11. Intervención después de la Limpieza Mecánica con Raspatubos**



**Fuente:** OPERACIONES. Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.



### 3.1.4 RASPATUBOS MULTIUSOS

Estas herramientas son utilizadas por los operadores a lo largo de toda la vida útil de la tubería, desde las etapas iniciales de limpieza de pre-puesta de servicio, pruebas de presión y medición de espesores, hasta la remoción del servicio y subsiguiente abandono de la línea, a demás este tipo de raspatabos permiten realizar las siguientes operaciones:

- Limpieza.
- Medición de espesores.
- Eliminación y retirada del producto.
- Limpieza de producción.

**Foto 12. Tipos de Raspatabos Multiusos**



**Fuente:** Pipeline Engineering

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

En este tipo de herramientas se tiene:

#### **3.1.4.1 RASPATUBOS O SCRAPER DE ESPUMA**

Este tipo de raspatabos está formado por espuma de poliuretano (polly-pigs) la acción de limpieza de un raspatabos de espuma de poliuretano se debe a los esfuerzos de fricción que se ejerce sobre las paredes de la tubería. Por lo general el diámetro del raspatabos es ligeramente mayor que el diámetro interno de la tubería y a demás por la presión que ejerce el fluido en la parte trasera del raspatabos.

Estos raspatabos poseen densidades que varían entre 32 y 160 kg/m<sup>3</sup> dependiendo de su aplicación y se los puede hacer correr a través tuberías de diferentes diámetros, generalmente de 2" y 48". Los raspatabos pueden estar recubiertos de poliuretanos de mayor dureza, en forma espiralada y con cepillos de alambre o carburo de silicona para darle mayor acción abrasiva.

Las ventajas de esta clase de raspatabos de espuma son:

- Su costo es relativamente barato.
- Son compresibles, flexibles, expandibles y livianos.
- Pueden viajar a través de tuberías de diferentes diámetros, codos de 90° de radio corto y válvulas.
- No se los puede usar más de una vez y se los puede usar como "calibre" previo al paso de otro tipo de raspatabos.

**Foto 13. Raspatubos de Espuma de Poliuretano**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 14. Raspatubos de Espuma de Poliuretano**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### **3.1.4.2 RASPATUBOS O SCRAPER DE CUERPO CENTRAL METÁLICO**

Los raspatabos de cuerpo metálico consisten de un material que por lo general puede ser acero o aluminio, están provistos de elementos intercambiables tipo copas o discos que desempeñan la función de sello hidráulico y se pueden fabricar con cepillos de alambre o cuchillas de poliuretano o metal para realizar las operaciones de limpieza y raspado.

La ventaja que poseen estos raspatabos es que pueden ser reutilizados con la condición de que se cambien las copas o discos de sello y los cepillos y cuchillas. Este tipo de raspatabos suelen tener agujeros de bypass en su cabeza, cuyas funciones son permitir el paso del fluido a través de estos y mantener en suspensión los sólidos arrastrados que quedan por delante del raspatabos.

Los raspatabos de cuerpo metálico pueden ser: de copa, de discos, articulados, cónicos y con cuchillas y/o cepillos.

**Foto 15. Raspatabos de Cuerpo Central Metálico, 4 Copas y 1 Cepillo**



**Fuente:** Szmidt SRL

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 16. Raspatubos de Cuerpo Central Metálico, 4 Copas**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 17. Raspatubos de cuerpo Central Metálico, Discos**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas.

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### **3.1.4.3 RASPATUBOS O SCRAPER DE POLIURETANO SÓLIDO**

Estos son raspatabos sólidos con cuerpo de fundición se fabrican por lo general de poliuretano, aunque también pueden ser fabricados en neopreno, nitrilo, vitón y otros elastómeros elásticos; poseen una flexibilidad similar a los raspatabos de espuma y una resistencia comparable con los raspatabos de acero. Generalmente se los emplea como raspatabos de sellado, aunque ciertos diseños con copas, discos y cepillos pueden ser usados para la remoción de líquidos (condensados, agua, etc.), en gaseoductos o para el control de depósitos parafínicos en tuberías que transportan hidrocarburos líquidos.

Los raspatabos de poliuretano sólido por lo general pueden ser: de copa, de discos, con cepillos, esféricos.

**Foto 18. Raspatabos de Poliuretano Sólido. Raspatabos Flexible con Discos**



**Fuente:** Szmidt SRL

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 19. Raspatubos de Poliuretano Sólido, Raspatubos Flexible con Discos**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### **3.1.5 UNIDADES LANZADORAS Y RECEPTORAS DE RASPATUBOS**

El propósito de los equipos lanzador y receptor de raspatubos es introducir o recuperar los equipos de limpieza (raspatubos) o herramientas de inspección de una tubería. Los lanzadores y receptores se construyen para adecuarse a los requerimientos específicos de las tuberías. Los lanzadores y receptores más comunes son el de tipo barril sencillo.

Todas estas unidades se las diseñan y fabrican de acuerdo con los códigos de diseño de oleoductos y recipientes, incluyendo las siguientes normas:

- NACE
- ASME VIII
- BS 5500
- ASME B31.3, B31.4, B31.8

Los materiales que se usan para la elaboración de dichos equipos son de acero al carbono, acero inoxidable y acero aleado.

Los equipos lanzadores y receptores conocidos como marraneras están localizadas en las estaciones o islas de producción que están en el interior del Bloque 15, en estas unidades es donde el personal procede a recibir el raspatubos después de la limpieza.

**Foto 20. Unidad de Envío de Raspatubos (Marranera de Envío)**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.



**Foto 21. Unidad de Recepción de Raspatubos (Marranera de Recepción)**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### 3.1.6 DETECTORES DE RASPATUBOS.

Los equipos detectores de raspatabos están instalados en las unidades de lanzamiento y recepción para confirmar el lanzamiento y/o llegada de un raspatabos, el nombre que se le asigna a este equipo es Signal Pig.

Estos dispositivos también tienen la posibilidad de instalarse en cualquier lugar a lo largo de la tubería para proporcionar indicación de un raspatabos en un lugar específico.

A los detectores de raspatabos se los puede utilizar para detectar el paso de todos los tipos de raspatabos ya sea de espuma, esferas, raspatabos de cuerpo metálico o hasta herramientas de inspección inteligentes.

Los tipos de Detectores de Raspatabos (Signal Pig) más comunes son los de tipo Intrusivos y No-Intrusivos.

**Fig. 04 Detectores de Raspatabos**



**Fuente:** Pipeline Engineering

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 22. Ubicación del Signal Pig en la Marranera**



**Fuente:** Operaciones, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### **3.1.7 MONITOREO Y FRECUENCIA DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA**

Las operaciones de limpieza e inspección interna de las tuberías que transportan crudo en el Bloque 15 – Complejo ILYP se la realiza con una frecuencia de inspección de una vez cada 2 meses, si el personal no cumple con este calendario de limpieza la acumulación de impurezas en el interior de las tuberías van a provocar una disminución del diámetro interno, esto daría lugar a que exista una sobre presión en la tubería y esta pueda presentar alguna fuga, agrietamiento o el abandono de la tubería. Lo que se busca con estas operaciones es la prevención de accidentes, pérdidas o causar impactos ambientales como la contaminación provocada por los derrames.

### **3.1.8 PROCEDIMIENTO**

#### **ALINEAR MARRANERA DE RECIBO DEL RASPATUBOS:**

- Verificar que las válvulas de drenaje y desgasificadora estén cerradas.
- Abrir la válvula de bypass lentamente para presurizar la cámara.
- Inspeccionar el estado de la trampa de envío, que no existan fugas.
- Abrir la válvula de desvío de la trampa.
- Abrir la válvula de ingreso al recibidor en un 100%.
- Estar atento a la llegada del chanco observando la presión en la línea de envío y recepción, en el indicador o por el cambio de sonido que éste produce al llegar a la trampa.
- Cerrar gradualmente la válvula de la línea de producción para que el flujo empuje al chanco hacia el interior de la trampa.

#### **ENVÍO DEL RASPATUBOS:**

- Asegúrese que el tipo, material y dimensiones del raspatabos se ajuste a las condiciones internas de la tubería, así como también a la temperatura y presión del fluido.
- Verificar el buen estado tanto interno como externo de los raspatabos.
- Inspeccionar el estado de la trampa de envío.

- Verificar la ausencia de presión y líquidos en la trampa de envío.
- Observar que la presión en el manómetro esté en cero.
- Abrir la válvula de drenaje y la válvula desgasificadora y verificar que no haya fluido a través de estas líneas.
- Una vez que se esté seguro que la trampa de envío se encuentre sin presión y libre de fluidos, proceder a abrir la tapa utilizando una racha que se coloca en la parte superior de la tapa.
- Introducir el raspatubos. Este debe empujarse hasta que haga contacto con la válvula de envío para no correr el riesgo que el flujo pase por los lados y el raspatubos se quede en la trampa de envío.
- Cerrar la tapa de la trampa de envío previa inspección del estado de los anillos tóricos (o-ring), que son los que determinan la hermeticidad de la misma. Limpiar los bordes y apretar la tuerca de ajuste con la herramienta adecuada.
- Cerrar la válvula de drenaje. Antes de abrir las válvulas del lanzador hay que dosificar de acuerdo al flujo que se maneje. Con bactericidas, secuestrante de oxígeno previa consulta con el Ing. Químico, por la línea de desfogue de 1”.
- Abrir lentamente la válvula de bypass. Al mismo tiempo, permitir la salida de los vapores de la trampa y asegurarse de que todo el volumen quede ocupado por líquido.
- Abrir la válvula de envío para permitir el paso del chanco hacia la línea.

- Cerrar gradualmente la válvula de la línea de pozos, para aumentar la presión diferencial y lograr el desplazamiento del raspatubos hacia la línea.
- Verificar el envío del chanco y reportar inmediatamente a la Sala de Control.
- Proceder a aislar nuevamente la trampa de envío de esta manera:
  - Abrir la válvula de la línea de producción o de pozo.
  - Cerrar la válvula de entrada a la cámara.
  - Cerrar la válvula de bypass de la cámara.
  - Abrir la válvula desgasificadora y la válvula de drenaje para permitir el drenaje de los líquidos en la trampa.
  - Cerrar las válvulas de drenaje y desgasificadora.

#### RECIBO DEL RASPATUBOS:

- Una vez que el raspatubos se encuentra localizado en la trampa de recibo, se procede a abrir la válvula de la línea de producción.
- Se cierra la válvula de ingreso a la trampa.
- Drenar la presión y fluido en la trampa de recibo de la siguiente manera:
  - Abrir la válvula de drenaje y la válvula desgasificadora.
  - Observar que la presión en el manómetro se encuentre en cero.

- Una que se esté seguro que hay ausencia de presión y fluido en la trampa, se procede a destaparla utilizando la herramienta adecuada.
- Se procede a sacar los sólidos (arenas, etc.) que vienen delante del raspatabos usando palas plásticas o de bronce y cuantificarlos, se entrega las muestras en el Laboratorio para sus respectivos análisis.
- Se saca el raspatabos, se lo limpia y se revisa el estado general de las copas.
- Limpiar la arena de los bordes de la tapa y se procede a cerrar la trampa mediante el uso de la herramienta adecuada.
- Cerrar las válvulas de drenaje y desgasificadora.

**Foto 23. Procedimiento antes de Rescatar al Raspatubos en la Marranera**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.



**Foto 24. Recibiendo al Raspatubos**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

**Foto 25. Extrayendo Raspatubos de la Marranera**



**Fuente:** OPERACIONES, Petroamazonas

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

## PRECAUCIONES:

- En el caso de usar raspatubos de poliuretano (poli – pig) deberá dejarse un 10% abierta la válvula de la línea de producción, para evitar que a la llegada del chanco la presión lo destruya y sus restos se pasen de la marranera.
- Siempre se tendrá que alinear con anticipación la marranera de recepción de esta forma se verifica que la marranera se encuentra en buenas condiciones para recibir los raspatubos.
- Todo el personal involucrado en esta actividad deberá recibir su entrenamiento respectivo, como operacional, salud ocupacional y ambiental.
- Verificar que los sumideros se encuentren vacíos para evitar derrames.
- Observar que el área esté limpia y transportar la basura a un lugar acondicionado para este tipo de desechos (contaminados).
- Las herramientas que se van a utilizar para esta operación deben ser de materiales que no produzcan chispa, como martillos y llaves de bronce.
- Si la línea de flujo maneja altos porcentajes de H<sub>2</sub>S se procederá a usar máscaras de seguridad con filtros que protejan de vapores orgánicos y gases ácidos (MSA-2896, amarillos).
- Calcular el tiempo aproximado que se va a tardar el chanco en llegar a la marranera receptora, de acuerdo al caudal que está circulando por la línea.

### 3.1.9 BENEFICIOS

- La limpieza de la tubería mediante el uso de raspatubos nos ayuda a eliminar la acumulación de sólidos, impurezas y bacterias que se asientan en las paredes internas de la tubería.
- Cuando el personal encargado de la limpieza interna de las tuberías realiza corridas frecuentes de raspatubos se tiene la posibilidad de tener el diámetro interno de la tubería en su estado original y limpia.
- Existen tipos de raspatubos para cada operación dependiendo del tipo de fluido o del tipo de tubería e incluso hay algunos que pueden ser reutilizados.
- El beneficio de nosotros utilizar los químicos junto con los raspatubos es que además de limpiar matamos o evitamos la proliferación de bacterias en el interior de la tubería.

### 3.2 CONTROL DE LA CORROSIÓN EXTERNA DE LAS TUBERÍAS POR PROTECCIÓN CATÓDICA

Para el desarrollo de esta parte del capítulo hay que empezar por describir la palabra **corrosión**, que significa la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo un deterioro o daño en sus propiedades tanto físicas como químicas.

Las características fundamentales de este fenómeno, es que sólo ocurre cuando hay la presencia de un electrólito, causando regiones plenamente identificadas, denominadas **anódicas** y **catódicas**: una reacción de oxidación se la conoce como reacción anódica, es decir, la corrosión tiene lugar en el ánodo; en la cual los electrones son liberados

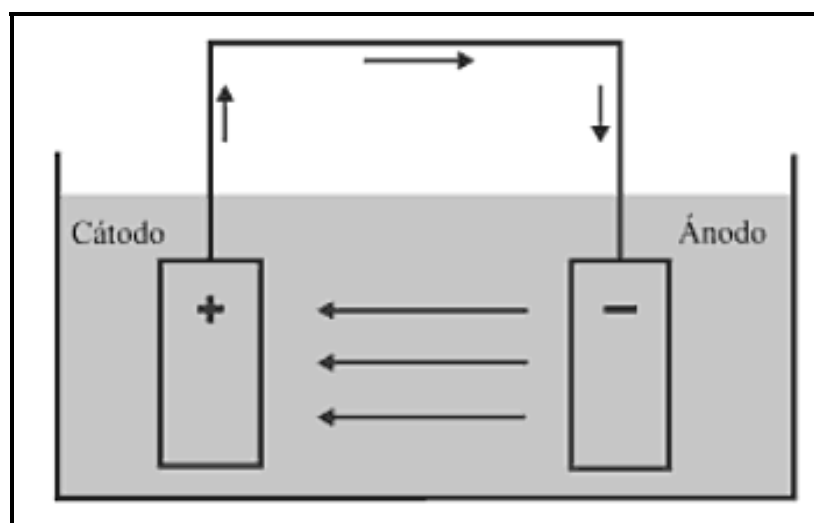
dirigiéndose a otras regiones catódicas. En consecuencia, en la región anódica lo que se va a observar es la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Este mecanismo que es analizado desde un punto de vista termodinámico electroquímico, nos indica que el metal tiende a retornar al estado primitivo o de mínima energía, siendo la corrosión por lo tanto la causante de grandes pérdidas económicas en la mayoría de las instalaciones o tuberías enterradas. Por este motivo, es necesario el uso indispensable de la técnica de **protección catódica**.

Al rebajar el potencial de un metal se consigue la protección de este metal frente a la corrosión, por protección catódica; la corrosión tiene lugar en el ánodo.

Para que esta relación tenga lugar, los electrones han de entrar en contacto con el cátodo.

**Fig. 05 Sentido de la corriente en la Protección Catódica**

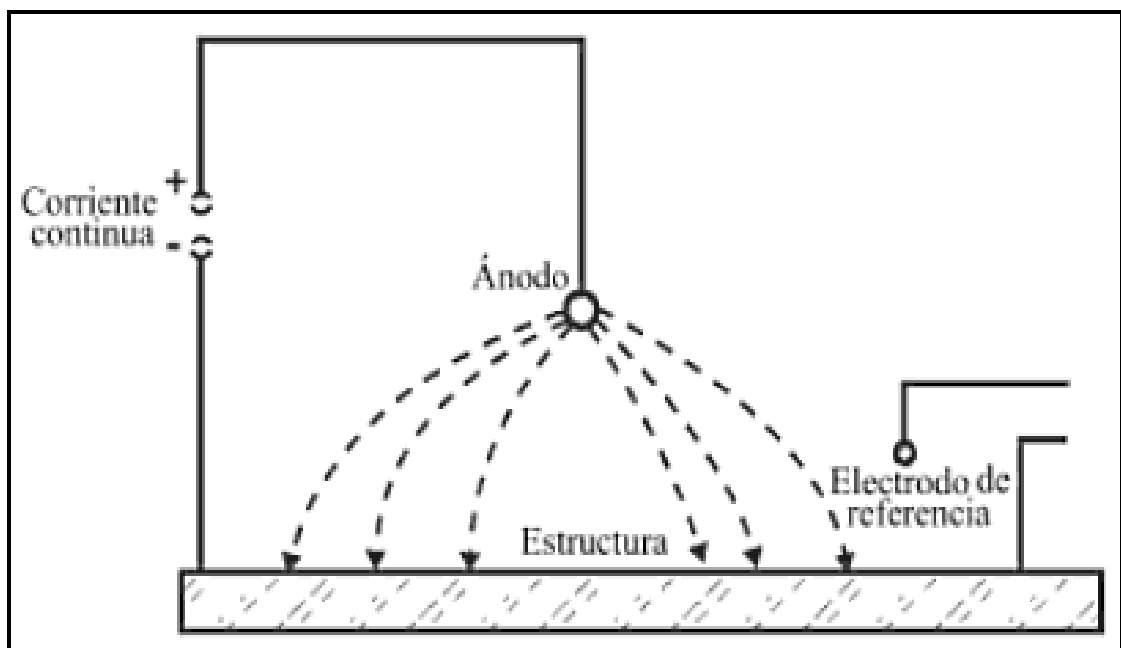


**Fuente:** Corrosión y Protección

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

En un metal que se corroe se han formado multitud de ánodos y cátodos; a través del metal existe un flujo de electrones que se trasladan del ánodo al cátodo. La corriente sale del cátodo y va al ánodo y por el interior del electrolito sale corriente por el ánodo y entra en el cátodo.

**Fig. 06 Esquema de Protección Catódica**



**Fuente:** Corrosión y Protección

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

Se denomina químicamente **corrosión por suelos**, al proceso de degradación que es observado en la tubería enterrada. La intensidad va a depender de varios factores tales como el contenido de humedad, pH del suelo, composición química, etc. En la práctica se suele utilizar comúnmente el valor de la **resistividad eléctrica** del suelo como índice de su agresividad; como por ejemplo un terreno muy agresivo, se lo caracteriza por la presencia de iones tales como cloruros, éste tendrá resistividades bajas, por la alta facilidad de transportación iónica.

La corrosión es una de las causas más frecuentes de roturas de tuberías metálicas, es por eso que se aplica la protección catódica.

La protección catódica es un método electroquímico cada vez más puesto en práctica hoy en día, el cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión, transportando un gran cátodo a una tubería metálica, ya sea que ésta se localice enterrada o sumergida; para este fin será necesario el uso de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos, que difunden la corriente abastecida por un transformador - rectificador de corriente.

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

A esta protección se debe agregar la ofrecida por los revestimientos, como por ejemplo las pinturas, cintas anticorrosivas ya que la mayoría de los revestimientos utilizados en las tuberías 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.**

### 3.2.1 DEFINICIÓN

La Protección Catódica no es más que una técnica que ayuda a controlar la corrosión mediante la eliminación de las zonas anódicas, es decir, es una línea de defensa contra

la corrosión externa. El objetivo principal de esta técnica es la de proteger el elemento o tubería en los sitios donde se encuentren fallas de revestimiento y su función es inhibir el proceso de corrosión; la protección catódica por lo general se la usa en los tuberías, tanques de almacenamiento y otro tipo de instalaciones importantes.

Este tipo de técnica se puede aplicar a metales tales como acero, plomo, cobre, latón y aluminio en todo tipo de suelo y en la mayoría de los medios acuosos. De la misma forma se puede disminuir el agrietamiento por corrosión bajo tensiones por corrosión, corrosión ínter granular, picaduras.

Como una 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.

Como resultado se tiene que en las zonas por las que sale corriente del metal en dirección al electrolito (ánodos), se produce corrosión, y las zonas en las que penetra corriente desde el electrolito al metal (cátodo), están protegidas.

La protección catódica entonces consiste en convertir en cátodo toda la superficie metálica que queremos proteger, consiguiendo que por ella penetre corriente en vez de salir.

### **3.2.2 FUNDAMENTO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA**

Después de haber analizado varias condiciones en especial desde el punto de vista electroquímico se tiene como resultado la realidad física de la corrosión, después de haber conocido el comportamiento de zonas específicas como **Ánodo - Cátodo - Electrolito** y el mecanismo en sí de electrones y iones, nos podemos dar cuenta



rápidamente que si cada fracción de metal expuesto de una tubería construida de tal forma que pueda almacenar corriente, esta tubería no sufrirá corrosión porque sería un cátodo.

La protección catódica realiza exactamente lo expuesto, forzando la corriente de una fuente externa, sobre toda la superficie de la tubería. 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 tubería, 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 o se corroan a menores velocidades que los materiales que protegemos.

Teóricamente, se puede establecer que el mecanismo consiste en polarizar el cátodo, llevándolo mediante el uso de una corriente externa, más allá del potencial de corrosión, hasta obtener por lo menos el potencial del ánodo en circuito abierto, logrando ambos el mismo potencial para tratar de eliminar la corrosión de la zona afectada, por lo que se considera que la protección catódica es una técnica de polarización catódica.

### **3.2.2.1 POLARIZACIÓN CATÓDICA**

La protección catódica no elimina la corrosión, ésta remueve la corrosión de la tubería a ser protegida y la reúne en un punto donde se descarga la corriente.

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

### **3.2.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LA PROTECCIÓN CATÓDICA EN TUBERÍAS ENTERRADAS**

La proyección de un método de protección catódica necesita de la investigación de las características respecto a la estructura a proteger, y al medio.

#### **3.2.3.1 RESPECTO A LA ESTRUCTURA A PROTEGER**

Material de la estructura;

- a) Especificaciones y propiedades del revestimiento protector (si existe);
- b) Características de construcción y dimensiones geométricas;
- c) Mapas, planos de localización, diseño y detalles de construcción;
- d) Localización y características de otras estructuras metálicas, enterradas o sumergidas en las proximidades;

- e) Información referente a los sistemas de protección catódica, los característicos sistemas de operación, aplicados en las estructuras aledañas;
- f) Análisis de condiciones de operación de líneas de transmisión eléctrica en alta tensión, que se mantengan en paralelo o se crucen con las estructuras enterradas y puedan causar inducción de la corriente;
- g) Información sobre todas las fuentes de corriente continua, en las proximidades y pueden originar corrosión;
- h) Sondeo de las fuentes de corriente alterna de baja y media tensión, que podrían alimentar rectificadores de corriente o condiciones mínimas para la utilización de fuentes alternas de energía.

### **3.2.3.2 RESPECTO AL MEDIO**

Después de disponer de la información anterior, el diseño será posible complementando la información con las mediciones de las características de campo como:

- a) Mediciones de la resistividad eléctrica a fin de evaluar las condiciones de corrosión a que estará sometida la estructura. Definir sobre el tipo de sistema a utilizar; galvánico o corriente impresa y, escoger los mejores lugares para la instalación de ánodos;
- b) Mediciones del potencial Estructura - Electrolito, para evaluar las condiciones de la corrosividad en la estructura, así mismo, detectar los problemas de corrosión electrolítica;

c) Determinación de los lugares para la instalación de ánodo bajo los siguientes principios:

- Lugares de baja resistividad.
- Distribución de la corriente sobre la estructura.
- Accesibilidad a los sitios para montaje e inspección

d) Pruebas para la determinación de corriente necesaria; mediante la inyección de corriente a la estructura bajo estudio con auxilio de una fuente de corriente continua y una cama de ánodos provisional. La intensidad requerida dividida para área, permitirá obtener la densidad requerida para el cálculo.

### **3.2.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA**

Hay dos sistemas para controlar la corrosión externa de las tuberías:

- Ánodo Galvánico.
- Corriente Impresa (Usado en el Bloque 15 – Complejo ILYP).

#### **3.2.4.1 ÁNODO GALVÁNICO.**

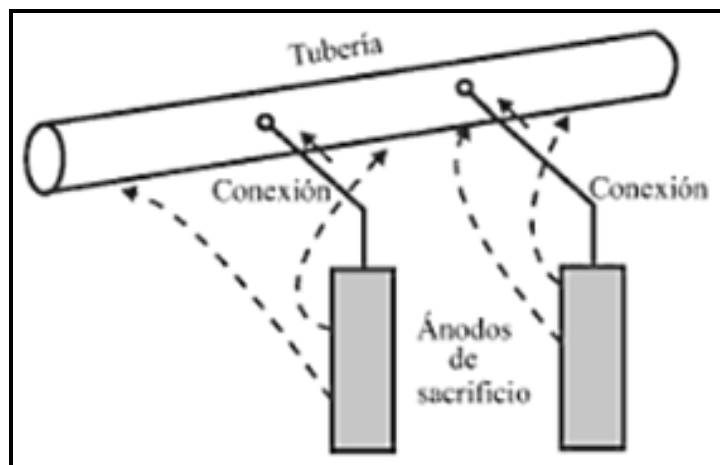
Su fundamento es el mismo principio de la corrosión galvánica, en la que un metal más activo es anódico con respecto a otro más noble, llegando a corroerse el metal anódico.

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

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

A continuación vamos a observar un ejemplo; si se procede a conectar una barra de hierro, que en la serie electroquímica figura con un potencial  $-0,441\text{V}$ , con una barra de zinc de potencial  $-0,762\text{V}$ , esta diferencia de potencial da lugar a una corriente a través del electrolito, del zinc (ánodo) al hierro (cátodo).

**Fig. 07 Esquema del Montaje de Protección por Ánodos de Sacrificio**



**Fuente:** Corrosión y Protección

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

Lo que se ha hecho es proteger catódicamente al hierro sacrificando al zinc. Como resultado a este sistema se lo conoce como protección catódica por ánodos de sacrificio.

Características de un Ánodo de Sacrificio:

- a) Debe tener un potencial de disolución lo suficientemente negativo, para polarizar la tubería de acero (metal que normalmente se protege) a  $-0.8\text{ V}$ . 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 - 0.95V a -1.7V;

- b) Corriente suficientemente elevada, por unidad de peso de material consumido;
- c) Buen comportamiento de polarización anódica a través del tiempo;
- d) Bajo costo.

#### **3.2.4.1.1 TIPOS DE ÁNODOS USADOS EN EL SISTEMA DE ÁNODOS GALVÁNICOS**

Teniendo en cuenta 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)

Los ánodos galvánicos que con mayor frecuencia se los usan en la protección catódica son los formados por aleaciones de Magnesio, Zinc, Aluminio.

- **Magnesio:** Los ánodos de Magnesio poseen un alto potencial con respecto al hierro y están libres de pasivación. Están diseñados para lograr 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 ohmio-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.

#### **3.2.4.2 CORRIENTE IMPRESA**

Es un método eficiente y de mayor durabilidad, por esta razón es el más utilizado en el interior del campo del Bloque 15 – Complejo ILYP para realizar el control de corrosión externo de las tuberías; éste método es seleccionado ya que es el más indicado para sistemas de tuberías grandes. En este sistema lo que se hace es mantener el mismo principio fundamental, pero se debe tomar en cuenta algunos puntos como lo son: las limitaciones del material, costo y diferencia de potencial con los ánodos de sacrificio. Se ha ideado este sistema mediante el cual el flujo de corriente requerido se origina en una fuente de corriente generadora continua regulable o, simplemente se hace uso de los rectificadores que actualmente son 8 en el interior del Bloque 15 – Complejo ILYP y que están ubicados en las islas de producción, que alimentados por corriente alterna ofrecen una corriente eléctrica continua apta para la protección de la tubería.

La corriente externa disponible es impresa en el circuito constituido por la tubería a proteger y la cama anódica, la cama anódica se compone de ánodos inertes. La dispersión de la corriente eléctrica en el electrólito se efectúa mediante la ayuda de ánodos inertes cuyas características y aplicación dependen del electrólito; el terminal positivo de la fuente de alimentación de corriente continua (pura o rectificada) debe

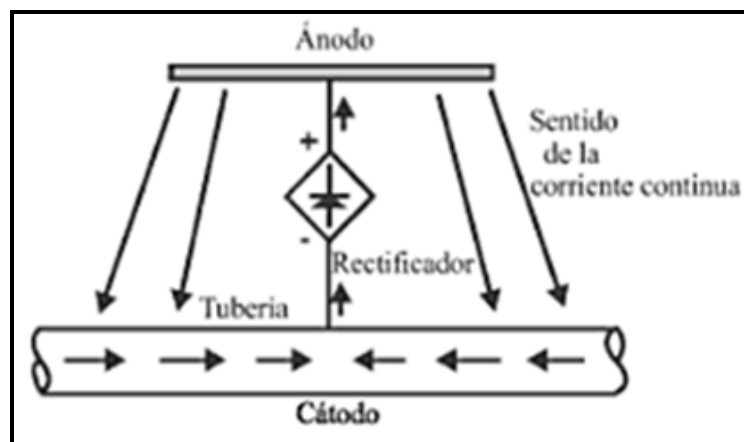
siempre estar conectado a la cama de ánodo, a fin de forzar la descarga de corriente de protección para la tubería, esto con el fin de cerrar el circuito ya que el polo negativo se va a unir eléctricamente a la tubería que se va a proteger.

Este tipo de sistema trae consigo el beneficio de que los materiales a usar en la cama de ánodos se consumen a velocidades menores, pudiendo descargar mayores cantidades de corriente y mantener una vida más amplia.

En virtud de que todo elemento metálico conectado o en contacto con el terminal positivo de la fuente e inmerso en el electrólito es un punto de drenaje de corriente forzada y por lo tanto de corrosión, es necesario el mayor cuidado en las instalaciones y la exigencia de la mejor calidad en los aislamientos de cables de interconexión.

Entonces lo que se va a obtener es que la protección catódica se consigue uniendo el metal a proteger con otro que figura como más electronegativo en la serie electroquímica, aunque, lo recomendado, es mejor utilizar las series galvánicas.

**Fig. 08 Esquema de Protección por Corriente Impresa**



**Fuente:** Corrosión y Protección

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.



Los principales componentes de un sistema de Protección Catódica por Corriente

Impresa son:

- Unidad rectificadora. Convierte la corriente alterna en corriente continua, que será drenada por los ánodos, suministra la corriente.
- Ánodos inertes. Un proyecto bien elaborado deberá dimensionar un lecho de ánodos (en el caso de instalaciones en el suelo), que determine la masa anódica necesaria para una buena distribución de la corriente a lo largo de la estructura a ser protegida.
- Puntos de medición a prueba. Desempeñan un papel fundamental en el procedimiento de mantenimiento del sistema, pues permiten el monitoreo de la diferencia de potencial entre la tubería a ser protegida y el medio electrolito.

Estos puntos mediante técnicas especiales de inspección facilitan garantizar la eficiencia operacional del sistema y llevar a cabo las correcciones o ajustes necesarios.

#### **3.2.4.2.1 TIPOS DE ÁNODOS USADOS EN LA CORRIENTE IMPRESA**

Los tipos de ánodos que más se usan en este sistema son:

- **Chatarra de hierro:** Por su economía es a veces utilizado como electrodo dispersor de corriente. El uso de este tipo de ánodo se puede aconsejar que se lo use en terrenos de resistividad elevada y se aconseja que se lo rodee de un relleno artificial constituido por carbón de coque.

- **Ferrosilicio:** Este ánodo se lo recomienda en terrenos de media y baja resistividad. Se coloca en el suelo incado o tumbado rodeado de un relleno de carbón de coque. A intensidades de corriente baja de 1 amperio, su vida útil es prácticamente ilimitada, siendo su capacidad máxima de salida de corriente de 12 a 15 Amperios por ánodo.
- **Grafito:** Se lo puede usar principalmente en terrenos donde se encuentre resistividad media y se lo utiliza con relleno de grafito o carbón de coque.

Es frágil, por lo que su transporte y embalaje se lo debe realizar con sumo cuidado. Son más ligeros de peso que los ferrosilicios. La salida máxima de corriente es de 3 a 4 Amperios por ánodo.

- **Titanio-Platinado:** Este material está especialmente diseñado para instalaciones de agua de mar, aunque sea perfectamente utilizado en agua dulce o incluso en suelo. Su característica más relevante es que a pequeños voltajes (12V), se pueden sacar intensidades de corriente elevada, siendo su desgaste perceptible.

Se tiene que mencionar que en agua de mar tiene, sin embargo, limitaciones en la tensión a aplicar, que nunca puede pasar de 12V, ya que ha tensiones más elevadas podrían ocasionar el despegue de la capa de óxido de titanio y, por lo tanto la deterioración del ánodo. En aguas dulces que no tengan cloruro pueden actuar estos ánodos a tensiones de 40V - 50 V.

A continuación se va a señalar las ventajas y limitaciones de la protección catódica por Corriente Impresa.

**Tabla 04. Ventajas y Limitaciones de la Protección Catódica por Corriente Impresa**

VENTAJAS	LIMITACIONES
Puede diseñarse para un amplio intervalo de potencial y corriente.	Puede causar problemas de interferencia.
Un ánodo o lecho anódico puede suministrar un gran corriente.	Está sujeto a rotura de la fuente de corriente.
Con una sola instalación se pueden proteger superficies muy grandes.	Requiere de una inspección periódica y de mantenimiento.
Potencial y corriente variables.	Posibilidad de condiciones de sobreprotección con daños a recubrimientos y problemas de fragilización por la acción del hidrógeno.
Se pueden utilizar en ambientes de resistividades altas.	Conexiones y cables sujetos a roturas.
Eficaz para proteger estructuras no recubiertas o mal recubiertas.	Requiere una fuente de corriente continua.

**Fuente:** Corrosión y Protección

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### 3.2.4.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS 2 SISTEMAS

A continuación vamos a detallar las ventajas y desventajas que presentan los dos sistemas de protección catódica.

**Tabla 05. Ventajas y Desventajas de los dos Sistemas**

<b>ÁNODOS GALVÁNICOS</b>	<b>CORRIENTE IMPRESA</b>
No requiere potencia externa.	Requiere potencia externa.
Voltaje de aplicación fijo.	Voltaje de aplicación variable
Amperaje limitado.	Amperaje variable.
Aplicable en caso de requerimiento de corriente pequeña, económico hasta 5 amperios.	Es útil en diseño de cualquier requerimiento de corriente sobre 5 amperios.
Es útil en medios de baja resistividad.	Aplicables en cualquier medio.
La interferencia con estructuras enterradas es prácticamente nula.	Es necesario analizar la posibilidad de interferencia.
Sólo se los utiliza hasta un valor límite de resistividad eléctrica hasta 5000 ohm-cm.	Sirva para áreas grandes.
Mantenimiento simple.	Mantenimiento no simple.
	Resistividad eléctrica ilimitada.
	Costo alto de instalación.

**Fuente:** Corrosión y Protección

**Elaborado por:** Alex I. Artieda M.

### **3.2.5 CRITERIOS DE PROTECCIÓN CATÓDICA**

Cuando aplicamos la protección catódica a una tubería, es de suma importancia saber si dicha tubería se encuentra realmente protegida contra la corrosión en su totalidad.

Algunos criterios pueden ser adoptados para verificar que la tubería está exenta de riesgo de corrosión, basados en unos casos en función de la densidad de corriente de protección aplicada y otros en función de los potenciales de protección obtenidos.

No obstante, el criterio más apto y universalmente aceptado es el de potencial mínimo que debe existir entre la tubería y el terreno, medición que se realiza con un electrodo de referencia.

Los criterios de potencial mínimo de protección que se utilizará es de -850 mV respecto al Cu/SO<sub>4</sub>Cu como mínimo y permitiendo recomendar así mismo, un máximo potencial polarizado de protección que pueda estar entre los -1200 mV a -1300 mV respecto al electrodo de Cu/SO<sub>4</sub>Cu, sin permitir valores más negativos, puesto que se corre el riesgo de sobre protección que afecta de sobre manera al recubrimiento de la pintura, ya que hay riesgos de reacción catódica de reducción de hidrógeno gaseoso que se manifiesta como un ampollamiento en la pintura.

### **3.2.6 BENEFICIOS DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA**

El principal beneficio del control externo de la corrosión de las tuberías usando un sistema de Protección Catódica es el control del proceso corrosivo, a continuación se va a enumerar otros beneficios que se obtiene con este tipo de mantenimiento:

- Aumento de la vida útil del activo metálico, el cual puede ser un oleoducto, gaseoducto.
- Disminución de los costos de mantenimiento asociados con reparaciones prematuras y por penalizaciones ambientales.
- Eliminación / disminución de pérdidas operativas, financieras; al mantener la integridad de la tubería, ya que mediante el uso de los sistemas de protección catódica se reducen las posibilidades de interrupción de la continuidad operacional de la línea por roturas causadas por corrosión externa.

### **3.2.7 MONITOREO Y FRECUENCIA DE CONTROL**

Los controles de corrosión externa de las tuberías en el Bloque 15 – Complejo ILYP se los realiza trimestralmente, estos controles están programados con el propósito de controlar la corrosión ya que esta es una de las mayores causas de roturas de tuberías, en el caso de presentarse la corrosión por una falla en el revestimiento y no fuera controlada tendríamos la presencia de roturas o picaduras en las tuberías y esto provocaría pérdidas económicas, derrames de crudo que causen un fuerte impacto ambiental, etc.

# **CAPÍTULO IV**

## CAPÍTULO IV

### 4.1 CONCLUSIONES

- Al momento de transportar crudo en el interior del Bloque 15 utilizando un sistema de tuberías se debe conocer las especificaciones de las mismas, con la finalidad de usar tuberías adecuadas para garantizar el transporte óptimo del crudo.
- Se pudo conocer que para alargar la vida útil de las tuberías del Bloque 15 el personal encargado realiza mantenimiento y controles periódicos a las tuberías, con el propósito de evitar daños, pérdidas tanto ambientales como económicas.
- Para saber que esfuerzos y presiones pueden soportar las tuberías que transportan crudo en el interior del Bloque 15 hay que tener en cuenta la resistencia de la tubería, que es la relación existente entre el diámetro interno y el espesor de las mismas.
- Hay que emplear la herramienta adecuada denominada raspatabos, conociendo las características de la tubería, del fluido; para obtener una óptima limpieza interna de las tuberías. Lo que busca el personal con esta operación es tener libre de impurezas el diámetro interno de la tubería y en su estado original.
- Para realizar la limpieza interna de las tuberías se debe indicar que el raspatabos utilizado tiene un diámetro un poco mayor que el diámetro interno de la tubería, con la finalidad de lograr mayor fricción sobre las paredes internas de la tubería y remover los sólidos adheridos a dichas paredes.



- Aplicando la protección catódica en un sistema de tuberías se puede controlar la corrosión externa de las tuberías mediante la eliminación de las zonas anódicas ya que ahí es donde se origina la corrosión por la liberación de electrones y se da la disolución del metal.
- El propósito de utilizar la protección catódica en las tuberías del Bloque 15 es convertir todo el metal que se quiere proteger en cátodo con el objetivo de que en vez de salir corriente por ella ingrese.
- Se tiene que entender que la corrosión es un proceso que debe ser analizado como un hecho que pone en evidencia el proceso natural de que los metales regresan a su condición primitiva y que esto da como resultado el deterioro del metal. No obstante es este proceso el que da lugar a la investigación y planteamiento de soluciones que permitan alargar la vida útil de los elementos, en nuestro caso las tuberías que sean sometidas al proceso.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Para un transporte seguro y óptimo de crudo en el interior del Bloque 15 es recomendable conocer todos los parámetros y especificaciones del sistema de tuberías.
- Siempre que se desee mantener el diámetro interno de las tuberías en su estado original y libre de impurezas es importante que el personal encargado realice una limpieza interna de las tuberías utilizando herramientas adecuadas para las condiciones de cada tipo de fluido y de tuberías ya que si se usa el tipo inadecuado lo que se puede tener es más pérdidas y una limpieza ineficiente.
- Si es posible realizar la limpieza interna de la tubería periódicamente y conociendo todos los procedimientos para tener una buena operación y las tuberías en buenas condiciones.
- Para realizar la limpieza interna de las tuberías del Bloque 15 se tiene que conocer las características de cada tipo de raspatubos ya que hay algunos que no pueden ser reutilizados mientras que otros si lo permiten.
- Se recomienda la protección catódica por Corriente Impresa, ya que este método tiene mayor durabilidad, mayor eficiencia y se pueden proteger sistemas de tuberías grandes ya sean recubiertas o no. Por tal motivo se lo utiliza en el Bloque 15.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- ING. ANTONIO CREUSS; Instrumentación Industrial, Sexta Edición.
- PETROAMAZONAS, Departamento de Operaciones; Manual Operacional 2008.
- FRANCISCO LIESA MESTRES, LUIS BILURBINA ALTER, JOSÉ IGNACIO IRIBARREN LACO; Corrosión y Protección.
- PETROAMAZONAS, Departamento de Facilidades y Construcciones, Manual Operacional, Reportes.
- ALBERTO BLASETTI, Limpieza de Cañerías en la Industria Petrolera.
- SZMIDT SRL, Scrapers.
- WWI PROCAT, S.L., Corrosión en Tanques y Tuberías Enterradas.
- NACE INTERNATIONAL THE CORROSION SOCIETY, Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems, Standard Test Method 2002.
- NACE INTERNATIONAL THE CORROSION SOCIETY, Design, Installation, Operation, and Maintenance of Impressed Current Deep Groundbeds, Standard Recommended Practice 2001.
- PETROAMAZONAS, Facilidades, Ingeniería y Construcciones, Standard Specification for Pipe, Valves & Fittings, 2009.

- SIDNEY H. AVNER, Introducción a la Metalurgia Física.
- PETROAMAZONAS, Departamento de Integridad Mecánica; Reporte de Inspección.
- PETROLEUM PUBLISHING CO., Glosario de la Industria Petrolera.
- GRINNELL CORPORATION, Piping Design and Engineering 1995.

### **CITAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- Limpieza de Cañerías en la Industria Petrolera, (Boletín), Alberto Blasetti.
- Instrumentación Industrial, (Libro), Antonio Creuss Sexta edición.
- Manual Operacional 2008, (Manual), Departamento de Operaciones Petroamazonas.
- Standard Specification for Pipe, Valves & Fittings, 2009, (Manual), Facilidades, Ingeniería y Construcción Petroamazonas.
- Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems, Standard Test Method 2002, (Manual), NACE.
- Design, Installation, Operation, and Maintenance of Impressed Current Deep Groundbeds, Standard Recommended Practice 2001, (Manual), NACE INTERNATIONAL THE CORROSION SOCIETY.
- Corrosión y Protección, (Libro), Francisco Liesa Mestres, Luis Bilurbina Alter, José Ignacio Iribarren Laco.

- Limpieza de Cañerías en la Industria Petrolera, (Boletín), Alberto Blasetti.
- Corrosión en Tanques y Tuberías Enterradas, (Boletín), WWI PROCAT, S.L.
- Reporte de Inspección, (Boletín), Departamento de Integridad Mecánica Petroamazonas.
- Glosario de la Industria Petrolera, (Libro), PETROLEUM PUBLISHING CO.
- Piping Design and Engineering 1995, (Libro), GRINNELL CORPORATION.
- Petróleo 2009, (Internet), Monografías.com

# **ANEXOS**



## Anexo II

### Reporte Diario de Producción BLOQUE 15 – Complejo ILYP



#### SUMARIO DE OPERACIONES

#### PRODUCCION



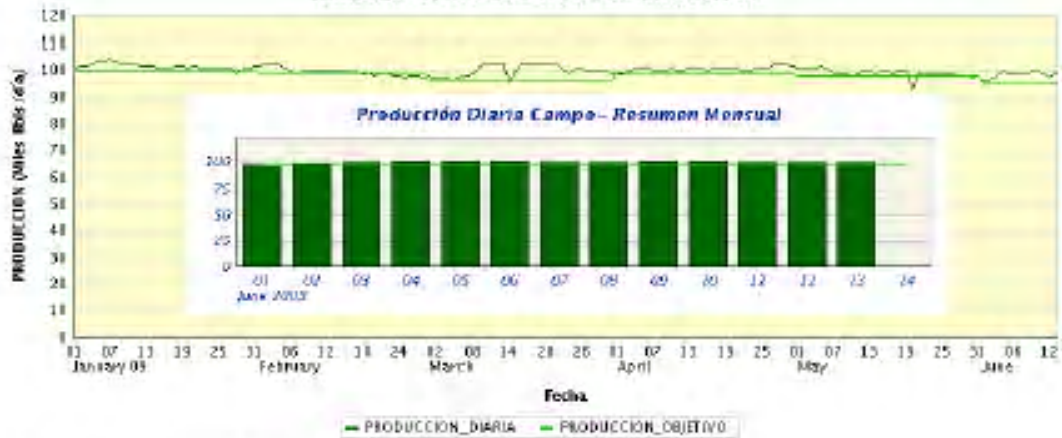
	PRODUCCION CAMPO		
	REAL (Bbls/día)	OBJETIVO (Bbls/día)	REAL / OBJETIVO (%)
DIARIO	98,118	95,921	103.33
ANUAL (YTD)	100,953	96,531	101.85

PRODUCCION CAMPO - PROMEDIO MENSUAL		
MES	REAL (Bbls/día)	OBJETIVO (Bbls/día)
ENE-09	101,692	100,000
FEB-09	99,832	99,329
MAR-09	100,408	98,905
ABR-09	100,917	99,328
MAY-09	99,372	98,139
JUN-09	98,724	95,921

CAMPO	PRODUCCION POR CAMPO ILY							Total ILY	Eden	TOTAL CAMPO	
	INDI	LIMO	YANA	PAKA N	PAKA S	YANKUNT	PANAYACU			1308/2008	AYER
PETROLEO (Bbls/día)	10,989	9,591	8,415	98	7,211	3,971	685	40,878	58,240	89,118	90,017
AGUA (Bbls/día)	136,657	37,357	14,329	852	7,880	394	835	198,304	226,971	425,275	
GAS (MPCs/día)	4,405	2,435	528	17	417	279	175	8,564	7,116	16,670	
Corte de agua (%)	92.6	79.7	63.0	90.0	52.3	9.0	55.7	82.9	79.6	81.1	
GRADO API	19.5	22.5	25.1	18.4	20.7	24.1	29.2		19.7		

CAMPO	BOMBEO DIARIO A OLEODUCTO ILY							Total ILY	Eden	TOTAL	FISCALIZACION	
	INDI	LIMO	YANA	PAKA N	PAKA S	YANKUNT	PANAYACU				1308/2008	LAGO
DOT (Bbls/día)	9,390	9,504	8,415	98	7,211	3,952	680	39,746	19,603	59,351	97,350	97,398
DCP (Bbls/día)	0	0	0	0	0	0	0	0	38,047	38,047		
GRADO API	21.6	22.6	21.6	21.6	21.6	22.6	22.6		19.8			
TOTAL BOMBEADO (Bbn)										97,398		
TOTAL STOCK TANQUES (Bbn)										537		
TOTAL STOCK EN TRANSITO (Bbn)										69		
TOTAL CONSUMO (Bbn)										1,183		

#### PRODUCCION DIARIA CAMPO - RESUMEN ANUAL

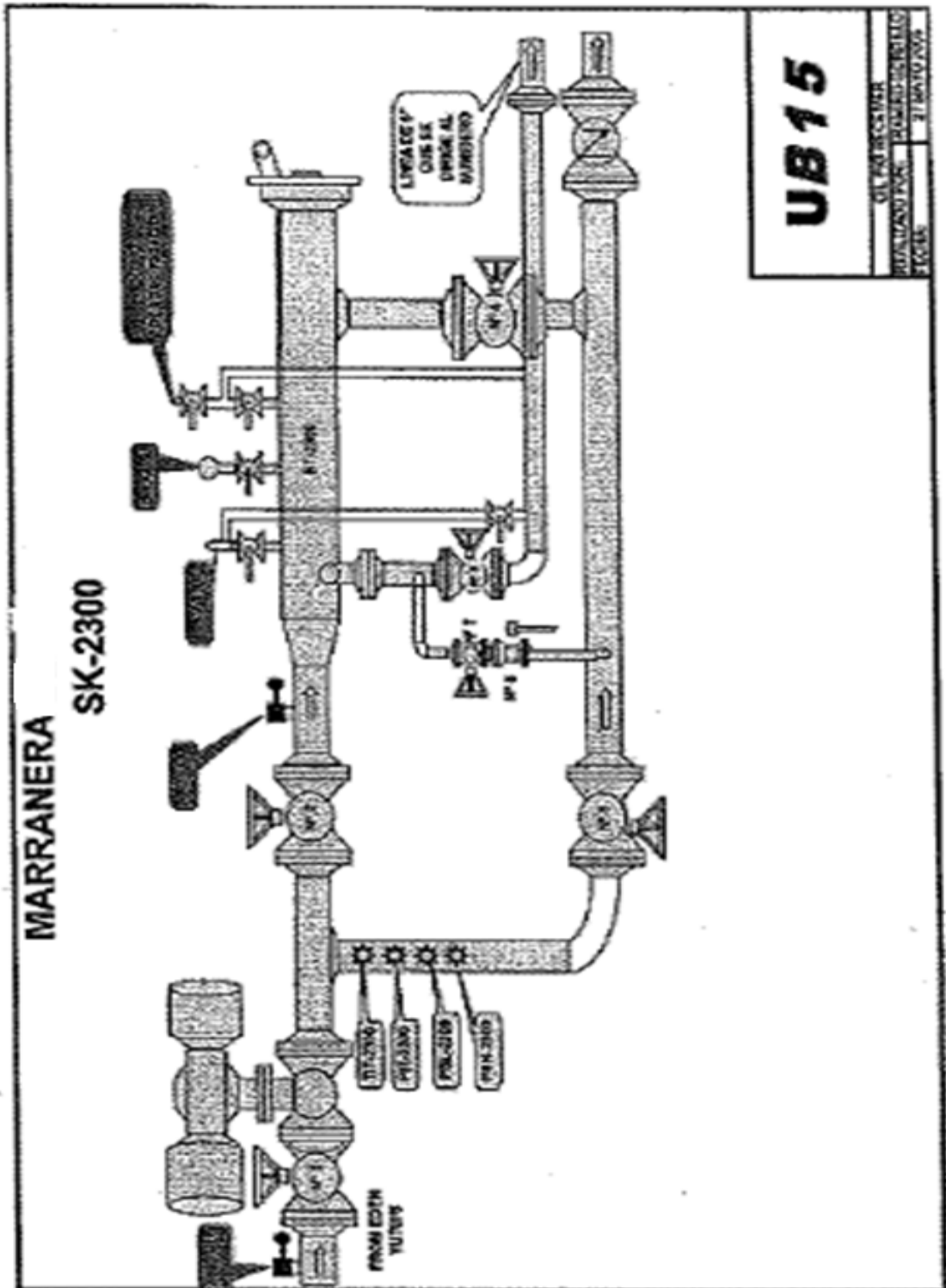


DESCRIPCION DE UNIDADES:  
 Bbls/día: Barriles por día  
 MPCs/día: Miles de pies cúbicos standard por día



Anexo III

Diagrama de Marranera de Recepción Bloque 15 – Complejo ILYP



## Anexo IV

### Registro de Corrida del Raspatubos – ESTAC. LIMÓN A LIMÓN 10

#### REGISTRO DE CORRIDA DEL RASCADOR

CORRIDA NUMERO: 1 RASCADOR NUMERO: \_\_\_\_\_  
DESDE: ESTAC.LIMON HASTA: LIMON-10  
LONGITUD LINEA: 1.5 Km DIAMETRO LINEA: 8"

#### DATOS DE TRAMPA DE LANZAMIENTO

- L1.- Condiciones de Operación antes del lanzamiento:
- a.- Flujo o Caudal: 19000 BFPD
  - b.- Presión trampa de lanzamiento: 640 PSI
  - c.- Presión trampa de recepción: 630 PSI
  - d.- Diferencial de presión: 10 PSI
- L2.- Condiciones del rascador antes del lanzamiento:
- a.- Esta el rascador en buenas condiciones? SI X ó NO  
Si es NO ó está en duda NO LANCE EL RASCADOR
  - b.- Válvulas del Bypass abiertas? SI X ó NO  
Si es Si, porcentaje de apertura: 100 %
- L3.- Fechas y tiempo:
- a.- Hora Salida: 14:15 (hr/min) Fecha: 5-Sep-08

#### DATOS DE TRAMPA DE RECEPCION

- R1.- Fechas y tiempo:
- a.- Hora Llegada 14:45 (hr/min) Fecha: 5-Sep-08
- R2.- Condiciones de Operación después de la llegada:
- a.- Flujo o Caudal: 19000 BFPD
  - b.- Presión trampa de lanzamiento: 640 PSI
  - c.- Presión trampa de recepción: 630 PSI
  - d.- Diferencial de presión: 10 PSI
- R3.- Condiciones del rascador después del arribo:
- a.- Copas, discos, sellos. Normales: SI X ó NO  
Si es NO describa en comentarios
  - b.- Daños Físicos, partes perdidas? SI ó NO  
Si es SI describa en comentarios
  - b.- Válvulas del Bypass abiertas? SI X ó NO  
Si es Si, porcentaje de apertura: 100 %
- R3.- Material recibido y retirado de la trampa:
- a.- Descripción: Limpio
  - b.- Cantidad: \_\_\_\_\_ Muestras tomadas? SI ó NO

#### COMENTARIOS:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
LLEGA PIG S/N  
Se utiliza WD-40  
Se realiza la limpieza del Strainer luego del Marraneo  
Se utiliza tela absorbente, un tubo de grasa Darina, 3 pares guantes  
Análisis de Laboratorio: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Operador de Lanzamiento:

Operador de Recepción:



## GLOSARIO

**Ánodo:** Es un electrodo positivo al cual se dirigen los iones negativos dentro del electrolito, en el ánodo es donde se produce la oxidación, es decir la donación de electrones.

**ANSI:** Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (American National Standards Institute), es una organización que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas

**API:** Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute). Es una organización normativa de los equipos de perforación y de producción petrolera. Publica códigos que se aplican en distintas áreas petroleras y elabora indicadores, como el peso específico de los crudos que se denomina “grados API”.

**ASME:** (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación profesional, que además ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos. Entre otros, calderas y recipientes a presión. Este código tiene aceptación mundial y es usado en todo el mundo.

**ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).

**BBLs:** Barriles.

**Biocida:** Son sustancias químicas sintéticas, naturales o de origen biológico o de origen físico y están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de cualquier otro tipo sobre cualquier microorganismo considerado nocivo.

**BPPD:** Barriles de Petróleo por Día.

**Brida:** Es el elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión.

**Bypass:** Se refiere a la instalación de una línea auxiliar que evita el paso de los fluidos a través de otra línea por razones de ajustes, reparación o medición.

**Cátodo:** Es un electrodo negativo de una célula electrolítica de una célula electrolítica hacia el que se dirigen los iones positivos.

**CPF:** Centro de Facilidades de Producción.

**Corrosión:** proceso de reacciones químicas o electroquímicas que destruyen un metal. El conocido estrato de herrumbre que recubre el acero, es el producto más común en la corrosión.

**EPR:** Estación Reductora de Presión.

**Extrusión:** Dar forma a una masa metálica, haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.

**Gasoducto:** tubería que sirve para transportar el gas natural, con capacidad para soportar altas presiones.

**H<sub>2</sub>S:** Sulfato de Hidrógeno, se da por la presencia de azufre en el crudo.

**ID:** Diámetro Interno de una tubería.

**Marraneo:** Limpieza mecánica de una tubería utilizando una herramienta denominado chanco, esta limpieza se la realiza para mantener limpia de sólidos e incrustaciones la superficie interna de la misma.

**Oleoducto:** tubos de acero al carbono soldados de hasta 80 cm. De diámetro, se utilizan para conducir petróleo con propiedades físicas y químicas estandarizadas, con especificaciones y normas internacionalmente establecidas de acuerdo con la calidad y viscosidad del fluido que transportan.

**OCP:** Oleoducto de Crudos Pesados.

**Petróleo:** mezcla predominante de hidrocarburos que se extiende en la naturaleza en estado gaseoso, líquido y sólido. Substancia natural existente en la corteza terrestre. Se compone de mezclas de componentes químicos de carbono e hidrógeno con o sin otros elementos no metálicos como azufre, oxígeno, nitrógeno, etc.

**Raspatubos:** herramienta que se hace circular por el interior de una tubería para realizar la limpieza, monitoreo. Denominado también pig multiuso o chanco.

**Refinerías:** instalaciones que ayudan al proceso por el que se separa los hidrocarburos individualmente o en conjuntos similares, para utilizarlos en forma industrial mediante la destilación y cracking que son los procedimientos básicos.

**RPM:** Revoluciones por Minuto.

**SOTE:** Sistema de Oleoducto Transecuatoriano. Inicia en la Estación de Lago Agrio y termina en el Terminal Marítimo de Balao.

**SRF:** Shushufindi Reserva de Facilidades.

**Válvula:** dispositivo que controla el flujo de un fluido en las tuberías y/o tanques.