



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA LA
INSTALACIÓN DE MEDIDORES DE DEFORMACIÓN
TIPO VW -SPOTWELD STRAIN GAUGE SOBRE
OLEODUCTOS”**

BETANCOURT GUACHAMBALA CRISTIAN GEOVANNY

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA - ECUADOR

2011

E s p o c h

Facultad de M ecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

C O N S E J O D I R E C T I V O

Julio 28, de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

C R I S T I A N G E O V A N N Y B E T A N C O U R T G U A C H A M B A L A

Titulada:

“ P R O C E D I M I E N T O E S P E C Í F I C O P A R A L A I N S T A L A C I Ó N D E
M E D I D O R E S D E D E F O R M A C I Ó N T I P O V W - S P O T W E L D S T R A I N
G A U G E S O B R E O L E O D U C T O S ”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

I N G E N I E R O I N D U S T R I A L

Ing. Carlos Santillán Mariño

D E L E G A D O D E C A N O F A C . M E C Á N I C A

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

D r . M a r c o H a r o M e d i n a
D I R E C T O R D E T E S I S

I n g . M a r c o A l m e n d a r i z P u e n t e
A S E S O R D E T E S I S

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

BETANCOURT GUACHAMBALA CRISTIAN GEOVANNY

TÍTULO DE LA TESIS: “PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA LA
INSTALACIÓN DE MEDIDORES DE DEFORMACIÓN TIPO VW -
SPOTWELD STRAIN GAUGE SOBRE OLEODUCTOS”

Fecha de Examinación: 28 de Julio de 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. CARLOS SANTILLÁN MARIÑO			
DR. MARCO HARO MEDINA			
ING. MARCO ALMENDARIZ PUENTE			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones
de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
f) Presidente del Tribunal

D E R E C H O S D E A U T O R Í A

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Cristian Geovanny Betancourt Guachambala

C E R T I F I C A C I Ó N

Dr. M A R C O H A R O , Ing. M A R C O A L M E N D A R I Z ; en su orden Director y Asesor del Tribunal de Tesis de Grado desarrollado por C R I S T I A N G E O V A N N Y B E T A N C O U R T G U A C H A M B A L A

C E R T I F I C A N

Que luego de revisado la Tesis de Grado en su totalidad, se encuentra que cumple con las exigencias académicas de la Escuela de Ingeniería Industrial, Carrera INGENIERÍA, por lo tanto se autoriza la presentación y defensa.

.....

.....

Dr. Marco Haro Medina

Ing. Marco Almendariz Puente

DIRECTOR DE TESIS

ASESOR DE TESIS

A G R A D E C I M I E N T O

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Un agradecimiento infinito a mi madre, a mis hermanas y a mi familia en general; quienes de una de otra manera han sido un apoyo incondicional durante mi formación personal.

A mi novia Estefanía, quien a pesar de la distancia siempre estuvo conmigo para no dejarme caer en los momentos más difíciles.

A todos ustedes muchísimas gracias.

Cristian Betancourt

DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a mi madre, pilar fundamental en mi vida. Sin ella, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ella un gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanas y familia en general.

A mis hermanas Verónica y Diana por la paciencia y comprensión que me han sabido otorgar, a mi novia Estefanía por la fuerza que le caracteriza y que infunde en mí con sus palabras, a la familia Guachambala por su apoyo permanente e incondicional y en especial a mis abuelos; mis segundos padres, que siempre estuvieron conmigo a pesar de los altibajos que hemos tenido.

A mi angelita del cielo Sandra Paulina, que siempre estuvo conmigo, en todo momento y en todo lugar levantándome de las caídas que he tenido, por ser la persona que a pesar de no estar presente físicamente nunca me dejó renunciar a mis metas planteadas.

Para todos ustedes con todo mi cariño les dedico el presente trabajo.

Cristian Betancourt

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO PÁGINA

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo General.....	2
1.3.2	Objetivos Específicos.....	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Medidores de Deformación.....	4
2.1.1	Utilización.....	4
2.2.	Oleoductos.....	5
2.2.1.	Definición.....	5
2.2.2.	Construcción y utilización.....	5
2.2.3.	Operación.....	5
2.2.4.	Oleoductos en el Ecuador.....	6
2.2.4.1.	S.O.T.E.....	6
2.2.4.2.	O.C.P.....	10
2.2.5.	Seguridad en el entorno de oleoductos.....	12
2.2.6.	Impactos ambientales en oleoductos y gasoductos.....	14
2.2.6.1.	Impactos ambientales potenciales.....	15
2.3.	Seguridad Industrial.....	22

2.3.1.	Equipo de protección personal...	22
2.3.2.	Seguridad en el sitio de trabajo...	27
2.3.2.1.	Señalización del sitio o área de trabajo...	28
2.3.3.	Charla diaria y A.R.T.	31
2.3.3.1.	Charla diaria...	31
2.3.3.2.	A.R.T.	31
3.	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PREVIOS A LA INSTALACIÓN DE LOS MEDIDORES DE DEFORMACIÓN	
3.1.	Requerimientos de personal...	35
3.1.1.	Instructor...	35
3.1.2.	Supervisor...	35
3.1.3.	Supervisor Q.H.S.E.	36
3.1.4.	Tubero Calificado...	37
3.1.5.	Soldador Calificado...	37
3.1.6.	Asistentes de soldadura...	37
3.1.7.	Asistentes de albañilería...	37
3.1.8.	Obreros...	38
3.2.	Materiales requeridos...	38
3.3.	Equipos necesarios...	39
3.4.	Generación de un plan de entrenamiento...	39
3.4.1.	Objetivos del plan de entrenamiento...	39
3.4.2.	Revisión detallada de las actividades a cumplirse...	40
3.4.3.	Determinación de las actividades críticas...	45
3.4.4.	Creación del plan de entrenamiento...	45
3.4.4.1.	Encabezado...	46

3.4.4.2.	Objetivos...	46
3.4.4.3.	Actividades a cumplirse...	46
3.4.4.4.	Conclusiones y recomendaciones...	47
3.5.	Requerimientos generales de Seguridad...	47
3.5.1.	Análisis del área de trabajo...	48
3.5.2.	Señalización del sitio de trabajo...	48
3.5.3.	Requerimiento de E.P.P...	49
3.5.4.	A.R.T. y Charla Diaria...	50
3.5.5.	Requerimientos ambientales...	51
4.	GENERACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
4.1.	Objetivos del procedimiento...	53
4.2.	Alcance y aplicación...	54
4.3.	Requerimientos generales, ambientales y de seguridad...	54
4.3.1.	Requerimientos generales...	54
4.3.2.	Requerimientos ambientales...	54
4.3.3.	Requerimientos de seguridad...	55
4.4.	Delegación de responsabilidades...	55
4.4.1.	Diagrama organizacional...	56
4.4.2.	Delegación de responsabilidades individuales y por cargo...	56
4.5.	Desarrollo de las actividades...	58
4.5.1.	Preparación del sitio de trabajo...	58
4.5.2.	Instalación de los Medidores de Deformación...	61
4.5.2.1.	Localización de los puntos de instalación...	61
4.5.2.2.	Retiro del recubrimiento F.B.E...	61
4.5.2.3.	Trazado de los ejes...	61

4.5.2.4.	Colocación de los Medidores de Deformación...	63
4.5.2.5.	Recubrimiento con pintura anticorrosiva...	68
4.5.3.	Tendido de cable...	69
4.5.4.	Construcción de la base de soporte del Gabinete de Control...	70
4.5.5.	Instalación del Gabinete de Control...	71
4.5.6.	Conexión de los Medidores de Deformación a las cajas de control...	72
4.5.7.	Lectura de la información...	73

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones...	75
5.2.	Recomendaciones...	75

LISTA DE TABLAS

TABLA PÁGINA

1.	Potenciales impactos negativos – Medidas de atenuación.....	19
2.	Señales en forma de panel.....	29
3.	Herramientas, materiales y equipos a utilizarse por cargo.....	40
4.	Guía de conexión de cables en la caja de control.....	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA PÁGINA

1.	Strain gauge...	4
2.	Señales luminosas y/o acústicas.....	30
3.	Diagrama de proceso para la instalación de los Medidores de Deformación.....	40
4.	Ubicación del tablero de control.....	43
5.	Superficie preparada para la instalación de los Medidores de Deformación.....	44
6.	Diagrama organizacional.....	56
7.	Desenterrado del oleoducto.....	59
8.	Delimitación del sitio de trabajo.....	60
9.	Ubicación de los strain gauge sobre el oleoducto.....	61
10.	Retiro del recubrimiento F.B.E.....	62
11.	Trazado de los ejes.....	63
12.	Colocación del strain gauge.....	64
13.	Esquema de colocación de puntos de soldadura.....	65
14.	Colocación del sensor.....	66
15.	Colocación de la capa protectora.....	66
16.	Sellado con silicona.....	67
17.	Colocación del MasticPad.....	67
18.	Recubrimiento con pintura anticorrosiva.....	68
19.	Construcción de la zanja para el tendido del cable.....	68
20.	Construcción de la base para la colocación del Gabinete de Control.....	70
21.	Colocación del Gabinete de Control.....	71
22.	Conexionado del strain gauge a la caja de control.....	73

LISTA DE ABREVIACIONES

API 5L-X70	Tubería de acero utilizada en la industria petrolera con propiedades term o mecánicas
ART	Análisis de riesgo en el trabajo
B/T	Buque-Tanques
bb1	Oilbarrel (barril de petróleo)
BPD	Barriles por día
C.A.	Compañía Anónim a
CEPE	Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana
Código PBIP	Código internacional para la protección m arítim a de los buques y de instalaciones portuarias
CONATEL	Consejo Nacional de Telecom unicaciones
CST	Grado de viscosidadCentistockes
DDV	Derecho de vía
DIGMER	Dirección General de la Marina M ercante
DWT	Deadweighttonnage (tonelaje de peso muerto)
EPP	Equipo de protección personal
F	Grados Fahrenheit
FBE	Revestimiento Epóxico Adherido por Fusión
ISO	International Standard Organization (Organización Internacional de Estandarización)
OCP	Oleoductos de Crudos Pesados
p. ej.	Por ejemplo

PVC	Poly vinyl chloride (policloruro de vinilo)
QHSE	Quality, healthing, safety, envirom ent. (Calidad, Salud, Seguridad y Medio Ambiente)
S.A.	Sociedad Anónim a
SCADA	Sistem a de adquisición de datos
SENATEL	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
SOTE	Sistem a de Oleoductos Transecuatorianos
SPM	Singlepointm ooring (Punto único de amarre)
SSO	Seguridad y Salud Ocupacional
UNICEF	TheUnitedNationsChildren'sFund (Fondo de Naciones Unidas para la Infancia)
USAS B 31.4	Norm as técnicas para tuberías
VGA	Video GraphicsArray (Cable en serie para gráficos de video)
VW	Vibrating Weld (Alambre de vibración)

L I S T A D E A N E X O S

A N E X O 1: P l a n d e e n t r e n a m i e n t o

**A N E X O 2: P r o c e d i m i e n t o e s p e c í f i c o p a r a l a i n s t a l a c i ó n d e M e d i d o r e s d e
D e f o r m a c i ó n t i p o V W - S P O T W E L D S T R A I N G A U G E**

RESUMEN

Se ha establecido un PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDORES DE DEFORMACIÓN TIPO VW-SPOTWELD SOBRE OLEODUCTOS con la finalidad de brindar un manual básico que sirva de guía en la realización del mencionado proceso.

Durante el desarrollo del procedimiento se tomaron en cuenta todos los requerimientos necesarios para ejecutar de una manera exitosa y sin fallos la instalación de los Medidores de Deformación, poniéndole principal atención al factor humano, a su seguridad y a su capacitación; para lo cual, conjuntamente se elaboró un plan de entrenamiento.

El procedimiento obtenido con la realización del trabajo investigativo tiene claramente definidos sus objetivos y su alcance, el personal que se requiere para que la instalación de los Medidores de Deformación sea realizada exitosamente, las normas de seguridad que deben cumplir tanto los sitios de trabajo como el personal involucrado, los materiales, herramientas y equipos necesarios para la realización de la obra, las actividades que comprenden el proceso de instalación detalladas paso a paso con fotografías de apoyo, los cuidados y consideraciones que se deben tener al conectarlos al Gabinete de Control y la forma correcta de realizar las mediciones.

Además, el procedimiento tiene plenamente definido mediante un organigrama organizacional los niveles de mando y las responsabilidades que tendrán cada uno de ellos durante el proceso de instalación de los Medidores de Deformación.

La investigación realizada puede ser copiada, modificada y adecuada a los requerimientos que presenten los puntos de instalación o al sector donde se planteen colocar los Medidores de Deformación.

S U M M A R Y

A S P E C I F I C P R O C E D U R E F O R T H E I N S T A L L A T I O N O F T Y P E V W - S P O T W E L D D E F O R M A T I O N G A G E S O N O I L P I P E L I N E S has been established to provide a basic manual which will serve as a guide in the above mentioned process.

During the procedure development all the necessary requirements were taken into account successfully and without any fault, the deformation gage installation stressing the human factor, his/her security and training; for this, a joint training plan was elaborated.

The procedure obtained with the investigation work has clearly defined its objectives and reach, the required staff to successfully carry out the deformation gage installation, the security norms to be accomplished by both, the work sites and the staff involved, the materials, tools and necessary equipment for the work, the activities comprising the installation process, put in detail, step by step, with back-up photos, the care and considerations in connecting them to the control cabinet and the correct way to carry out measurements.

Moreover, the procedure is completely defined through an organization organigram, the management levels and the responsibility of each one of them during the deformation gage installation process.

The installation can be copied, modified and suited to the requirements presenting the installation sites or the sector where the deformation gages are to be placed.

C A P Í T U L O I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes:

Dentro de la industria petrolera, el transporte de los productos extraídos o procesados se los realiza mediante oleoductos y poliductos respectivamente: los mismos que llevan consigo un gran riesgo de deterioro debido a que son comúnmente instalados a la intemperie o bajo tierra.

Con la finalidad de prevenir accidentes que conlleven grandes pérdidas económicas y ecológicas, las compañías dedicadas a la actividad de transporte y extracción petrolera deben mantener siempre un plan activo de monitoreo constante para poder anticiparse y detectar las fallas que se producen en las tuberías y así lograr que estas no terminen en roturas que traigan consigo desastres ambientales.

Para llevar a cabo un excelente plan preventivo de accidentes de este tipo debe ser mejor aun el plan de monitoreo de las condiciones en las que se encuentran los ductos que están siendo monitoreados; por esta razón, hemos visto la necesidad de crear un procedimiento específico para la instalación de Medidores de Deformación tipo V W -S P O T W E L D S T R A I N G A U G E, que son los instrumentos de mayor utilización para el monitoreo de las deformaciones que sufre un oleoducto por acción de fuerzas externas.

1.2. Justificación

Dentro de los DDV (Derecho de vía) de los oleoductos es de suma importancia detectar los puntos críticos para realizar planes preventivos y correctivos en caso de verse amenazada la integridad del oleoducto.

Dentro de los planes preventivos es muy frecuente ver incluido el monitoreo constante de los puntos críticos, para lo cual se hace necesario la utilización de instrumentos especializados que nos ayuden a detectar cualquier anomalía existente con la integridad del oleoducto.

Los Medidores de Deformación son los instrumentos de mayor utilización dentro del campo petrolero para la realización del monitoreo constante de los oleoductos que se encuentran ubicados en sitios expuestos a fuerzas externas no controlables que pueden deformarlos e incluso causar su rotura.

Por esta razón, se ha planteado realizar un procedimiento específico para la instalación de los Medidores de Deformación de tipo VW -SPOTWELD, con el cual esperamos ser un aporte importante para las compañías que vayan a realizar la instalación de estos sensores sobre algún oleoducto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

“GENERAR EL PROCEDIMIENTO ESPECIFICO PARA LA INSTALACIÓN DE MEDIDORES DE DEFORMACIÓN TIPO VW -SPOTWELD STRAIN GAUGE SOBRE OLEODUCTOS”

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar las condiciones necesarias del sitio de trabajo para la generación del procedimiento.

- Determinar los requerimientos de personal, materiales y equipos necesarios para la instalación de los Medidores de Deformación.

- Realizar un plan de entrenamiento al personal seleccionado para la instalación de los Medidores de Deformación.

- Analizar los requerimientos de seguridad necesarios para la instalación de los Medidores de Deformación.

- Describir la metodología de instalación de los Medidores de Deformación sobre oleoductos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Medidores de Deformación

El Medidor de Deformación se basa en un cable delgado tipo filamento que permite detectar tensiones, este cable es montado sobre una estructura con un sistema de soldadura de punto, los cambios en carga de la estructura son detectados por la Deformación del filamento metálico. La frecuencia de vibración es detectada por un electromagneto, la cual se mide y calcula aplicando factores de calibración para la frecuencia medida.

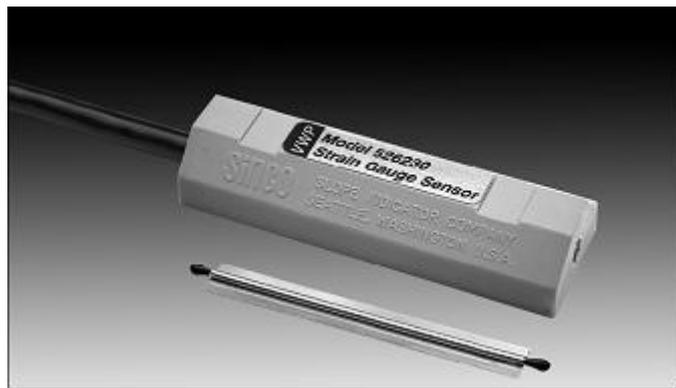


Fig. 1. Strain Gauge

2.1.1. Utilización

Los Medidores de Deformación con soldadura de punto son utilizados para la medición de tensiones sobre estructuras de acero, su aplicación típica incluye:

- Monitoreo en estructuras de edificios y puentes durante y después de la construcción.
- Monitoreo para verificar los cambios de carga en anclajes de tierra y tensiones posteriores en los sistemas de soporte.
- Medición de tensiones en líneas de túneles y soportes
- Monitoreo en sitios de distribución de cargas

2.2. Oleoductos

2.2.1. Definición.

Se denomina oleoducto a la tubería e instalaciones conexas utilizadas para el transporte de petróleo, sus derivados y biobutanol, a grandes distancias. La excepción es el gas natural, el cual, a pesar de ser derivado del petróleo, se le denominan gasoductos a sus tuberías por estar en estado gaseoso a temperatura ambiente.

2.2.2. Construcción y utilización.

Los oleoductos son la manera más económica de transportar grandes cantidades de petróleo en tierra; comparados con los ferrocarriles, tienen un coste menor por unidad y también mayor capacidad.

A pesar de que se pueden construir oleoductos bajo el mar, el proceso es altamente demandante tanto tecnológica como económicamente; en consecuencia, la mayoría del transporte marítimo se hace por medio de buques petroleros.

Los oleoductos se hacen de tubos de acero o plástico con un diámetro interno de entre 30 y 120 centímetros. Donde sea posible, se construyen sobre la superficie. Sin embargo, en áreas que sean más desarrolladas, urbanas o con flora sensible, se entierran a una profundidad típica de 1 metro.

2.2.3. Operación.

El petróleo se mantiene en movimiento por medio de un sistema de estaciones de bombeo construidas a lo largo del oleoducto y normalmente fluye a una velocidad de entre 1 y 6 m/s. En ocasiones se utiliza el oleoducto para transportar dos productos distintos o más, sin hacer ninguna separación física entre los productos. Esto crea una mezcla en donde los productos se unen llamada la interfaz. Esta

interfaz debe retirarse en las estaciones de recepción de los productos para evitar contaminarlos.

El petróleo crudo contiene cantidades variables de cera o parafina la cual se puede acumular dentro de la tubería. Para limpiarla, pueden enviarse indicadores de inspección de oleoductos, también conocido como pigs por su nombre en inglés, mecánicos a lo largo de la tubería periódicamente

2.2.4. Oleoductos en el Ecuador.

2.2.4.1. SOTE (Sistema de Oleoductos Transecuatorianos)

a) Historia.

Su origen se remonta a mediados de la década de los 60s. Mediante Decreto Supremo N.-205 al 5 de febrero de 1964 se suscribió un contrato de Concesión entre el Gobierno del Ecuador, representado por el Ministro de Fomento y Minas y la empresa Texas Petroleum Company, a través del cual se otorgaba una concesión hidrocarburífera en las provincias de Napo y Pastaza 1.431.450 hectáreas, autorizándose a la compañía transferir esta concesión por partes iguales las Compañías Texaco de Petróleos del Ecuador C.A. y Gulf Ecuatoriana de Petróleo S.A.

En 1965 las Compañías Texaco de Petróleos del Ecuador C.A. y Gulf Ecuatoriana de Petróleo S.A. firman el convenio de operación conocido como el "Napo Agreement"

El 23 de febrero del año 1969 mediante Decreto 1323 publicado en el Registro Oficial 209, el Ministro de Industrias y Comercio autoriza para celebrar un contrato adicional y complementario para que las compañías Texaco y Gulf realicen la construcción del Oleoducto Transecuatoriano del Napo al Pacífico con una

capacidad no menor a 150.000 bpd, debiendo realizar las dos compañías la inversión y el estado pagaría las inversiones y servicios realizados vía tarifa. (B.O.T.)

El 26 de junio de 1972, se inauguró el Oleoducto Transecuatoriano con una capacidad de transporte de 250.000 BPD para crudo de 30 °API. El 16 de agosto de 1972, CEPE exportó su primer cargamento de 308.283 barriles de petróleo de 28.1 °API y 0.5 de BS&W, desde el puerto de Balao en la provincia de Esmeraldas, en el Buque "TEXACO ANACORTES" con destino "Pointe a Pierre, Trinidad". Este crudo se vendió a US \$ 2,34 el barril.

En 1974 se firma un nuevo contrato principal que elimina contratos o convenios anteriores firmados con las Compañías Texaco de Petróleos del Ecuador C.A. y Gulf Ecuatoriana de Petróleo S.A.

En 1974 se emite el Decreto Supremo a través del cual el Estado Ecuatoriano adquiere de las Compañías Texaco de Petróleos del Ecuador C.A. y Gulf Ecuatoriana de Petróleo S.A. el 25 % de acciones y derechos sin adquirir las obligaciones como operador.

En 1976 se emite el Decreto Supremo a través del cual el Estado Ecuatoriano adquiere de Gulf Ecuatoriana de Petróleo S.A. el 37,5 % y 50% de acciones y derechos sin adquirir las obligaciones como operador y de la remediación ambiental en el área de producción y del Sistema del Oleoducto Transecuatoriano respectivamente.

De acuerdo con el compromiso contractual, el SOTE una vez amortizado debía ser revertido al Estado, este hecho tuvo lugar el 1 de marzo de 1986, fecha en la cual el SOTE pasa a ser propiedad absoluta de CEPE.

A pesar de que le correspondía al estado ecuatoriano operar el Sistema del Oleoducto Transecuatoriano el Gobierno decidió firmar un contrato de operación en virtud del cual, la empresa Texaco continuó operando el oleoducto hasta el 30 de

septiembre de 1989, a través de un contrato "cost plus" mediante el cual Texaco Petroleum Company recuperaba los costos y cobraba un 10% adicional.

El 6 de marzo de 1987 ocurrió un terremoto que destruyó completamente la estación de Bombeo de El Salado, parcialmente la estación de bombeo de Lumbaqui, 33 kilómetros de carretera que funcionaba como derecho de vía del Oleoducto y como acceso a la zona petrolera, 8 puentes y aproximadamente 18 kilómetros de tubería, la reconstrucción el Gobierno le encargo a Texaco Petroleum Company quien luego de una licitación adjudicó a Williams Brothers. El costo de la reconstrucción bordeó los 54 millones de dólares y se reinició operaciones el 14 de agosto del 2007.

La Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana, CEPE construye el ramal Lago Agrio-San Miguel de aproximadamente 26 kilómetros de tubería de 10 y 12 pulgadas de diámetro para unir al Oleoducto Colombiano Orito-Tumaco y evacuar aproximadamente 50.000 barriles de petróleo por día para alimentar las refinerías del Ecuador.

b) Aspectos técnicos:

El Sistema Oleoducto Transecuatoriano, fue diseñado por Williams BrotherEngineeringCompany, supervisado el diseño por The Texas Pipeline Company, subsidiaria de Texaco Petroleum Company y construido para TEXACO DE PETRÓLEOS DEL ECUADOR C.A. Y GULF ECUATORIANA DE PETRÓLEOS S.A.

Su diseño comienza en agosto de 1969, la adquisición de materiales a partir del mes de octubre de 1969 y su construcción en septiembre de 1970 bajo especificaciones "último suplemento USAS B31.4 1966 para Tuberías de presión de transporte de petróleo líquido y sistemas de oleoducto."

El Oleoducto Transecuatoriano fue diseñado para transportar en su etapa inicial 250.000 bpd y en su etapa final 400.000 bpd para un petróleo de 31° API a

una viscosidad de 80 ssu a 80°F, con 3 unidades de bombeo y una de reserva. Su costo ascendió a US \$ 117 millones de dólares.

En 1983 se inició el proyecto de expansión del Oleoducto Transecuatorino para una capacidad igual a 300.000 bpd de un crudo de características similares a las originales; el contrato principal fue entre la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana, CEPE hoy PETROECUADOR Y TEXACO PETROLEUM COMPANY. El diseño, adquisición de materiales y equipos y la supervisión de la construcción lo realizó The Texas Pipeline Company; la construcción lo realizó HarbertDistral de Panamá cuyo inicio de operación fue el 21 de mayo de 1985. La capacidad de transporte original fue ampliada, con la instalación de 1 unidad de bombeo adicional por estación a un costo aproximado de 18 millones de dólares.

En 1989 inicio el proyecto de expansión del Oleoducto Transecuatorino para una capacidad igual de 325.000 bpd de un crudo de características 28 °API, 20 cSt a 80° F; El diseño, adquisición de materiales y equipos y la supervisión de la construcción lo realizó personal nacional a través de sus filiales PETROTRANSPORTE Y PETROCOMERCIAL. La construcción lo realizó HarbertDistral de Panamá cuyo inicio de operación fue en el mes de marzo de 1992. La capacidad de transporte original fue ampliada, con la instalación de 1 unidad de bombeo adicional por estación a un costo aproximado de 12 millones de dólares.

Mediante un convenio suscrito en octubre de 1999 entre PETROECUADOR y Repsol-YPF, se decide instalar una unidad de bombeo adicional con el carácter de temporal a las existentes en las estaciones de Lago Agrio, Lumbaqui, Salado, Baeza y Papallacta hasta que entre a operar la solución final para llegar a 400.000 BPD para las condiciones originales de diseño.

En junio 24 de 2000 se completó la tercera y última ampliación con la instalación de una séptima unidad en todas las estaciones de bombeo del lado oriental (Ocho en LA), cambio de las válvulas en las estaciones reductoras excepto La Palma, y la construcción de una nueva estación de bombeo en Quinindé en el lado occidental lo que amplió la capacidad de bombeo del SOTE a 400.000 bpd para las condiciones

originales de diseño y 355000 bpd para un crudo de 23.7° API, una viscosidad igual a 89,40 CST para una temperatura igual a 80°F. El costo aproximado fue de US\$ 33'500.000, de los cuales ARCO aportaba con US\$ 20'000.000 y PETROECUADOR comprometió US\$ 7'500.000 en materiales y bombas disponibles en sus bodegas, además, US\$ 6'000.000 para la construcción de obras civiles y la adquisición de partes y equipos nuevos.

c) Descripción general del oleoducto transecuatoriano.

El Oleoducto Transecuatoriano se inicia en el manifold de válvulas de los tanques de 250000 bbl. de la estación de bombeo No. 1 conocida como Lago Agrio, ubicada en la ciudad de Nueva Loja, provincia de Sucumbíos a 297 metros de altura sobre el nivel del mar y termina en las bridas de conexión a los Buque Tanques (B/T) de las monoboyas "X" e "Y" del Terminal Marítimo de Balao, en el Océano Pacífico, Esmeraldas.

Está compuesto de 497,73 Km. de tubería, 6 estaciones de bombeo, 4 estaciones reductoras de presión, 2 líneas submarinas de carga de 6,9 kilómetros aproximadamente y 1 de deslastre de 5.3 kilómetros para carga de B/T de hasta 100.000 DWT con 2 monoboyas SPM fuera de la costa e instalaciones para procesar agua de lastre de los B/T respectivamente.

2.2.4.2. OCP (Oleoductos de Crudos Pesados)

a) Datos históricos

- El 15 de febrero de 2001 OCP Ecuador S.A. fue autorizada por el Estado ecuatoriano para construir el Oleoducto de Crudos Pesados (OCP).
- El 7 de junio de 2001 se aprobó el Estudio de Impacto Ambiental por parte del Ministerio de Ambiente y se otorga la Licencia Ambiental.
- El 26 de junio de 2001 se inició la construcción del OCP.
- El 20 de agosto de 2003 se dio por terminada la soldadura del OCP.

- El 5 de septiembre de 2003 el buque "Cabo Vírgenes" recibió 400.000 barriles de crudo del OCP, este fue el primer embarque de prueba.
- El 11 de noviembre de 2003 se obtuvo el permiso de operación por parte del Ministerio de Energía y Minas, dos días después se consigue la Licencia Ambiental para la Fase de Operación por parte del Ministerio del Ambiente.
- El 14 de noviembre de 2003 el oleoducto inició sus operaciones.
- El 18 marzo de 2004 se firmó el primer convenio para transportar crudo estatal por el OCP ante una rotura del SOTE.
- El sábado 19 de junio de 2004, la empresa embarcó el tanquero de crudo número 100.
- El 21 de junio de 2004 la Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral (DIGMER) otorgó el certificado de cumplimiento del Código PBIP. Así el Terminal Marítimo del OCP se convirtió en uno de los primeros Puertos Petroleros Seguros de América Latina.
- El 18 de marzo de 2005 se firmaron los acuerdos para iniciar el EcoFondo, uno de los fondos más grandes destinados a la conservación del ambiente (\$16.930.000).
- El 17 de junio de 2005 UNICEF y OCP Ecuador S.A. firmaron un convenio con el fin de apoyar proyectos de educación, comunicación y vigilancia ciudadana a favor de la niñez ecuatoriana.
- En febrero de 2006 la empresa obtuvo la certificación Ambiental ISO 14001:2004. Esta comprende las actividades de Transporte, Almacenamiento y Despacho en todas sus instalaciones.
- El 26 de septiembre del 2006 OCP Ecuador S.A., el CONATEL y SENATEL, suscribieron un convenio para el traspaso de cuatro hilos de fibra óptica al Estado.
- Del 2 al 4 de septiembre del 2008, OCP fue anfitrión de las IV Jornadas Latinoamericanas de operadores de Monoboyas.
- El 14 de noviembre del 2008 la empresa cumplió sus primeros 5 años de operaciones siendo una referencia Latinoamérica en la operación de oleoductos.

b) Principales características

- El OCP tiene una extensión total de 485 km. Además, está enterrado en un 99%.
- Cuenta con todas las instalaciones necesarias para una operación eficiente y segura. Tanques de almacenamiento, sistemas y equipos de la más alta tecnología para la medición, calentamiento, bombeo, reducción de presión y operaciones de carga en buques petroleros, con un Terminal Marítimo propio.
- La prioridad fundamental de la empresa es la seguridad en la operación del oleoducto para salvaguardar la integridad de las personas y el entorno. Se cuenta con toda la tecnología necesaria para mantener una operación segura como: válvulas de seccionamiento (cierre automático y remoto) y de retención de fluido (válvulas automáticas).
- OCP Ecuador S.A. tiene desde el 2004 el certificado de cumplimiento del Código PBIP, que está dentro del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar. Esto convirtió al Terminal Marítimo en un puerto seguro.
- La tubería del oleoducto es de acero API 5L-X70.
- Los diámetros son de 24", 32", 34" y 36", dependiendo del terreno.
- Su extensión total es de 485 kilómetros.
- El 99% del oleoducto está enterrado.
- Tiene 4 estaciones de bombeo.
- Cuenta con 2 estaciones de reducción de presión.
- Tiene fibra óptica en todo el recorrido y Sistema Satelital.
- Cuenta con el Sistema de Adquisición de Datos (SCADA).

2.2.5. Seguridad en el entorno de oleoductos

Los oleoductos son el medio más seguro y eficiente de transporte de productos petrolíferos. Las especiales características de los materiales con los que están contruidos, su diseño y medidas de protección y seguridad los convierte en

unas instalaciones muy seguras y fiables, que permiten el abastecimiento de productos petrolíferos a cualquier parte de nuestro país.

Los accidentes en los oleoductos son excepcionales, sin embargo sí pueden resultar dañados por acciones externas derivadas de trabajos realizados en su entorno. Para prevenir cualquier tipo de incidente, es necesario conocer la ubicación de la canalización y mantener unas sencillas normas de seguridad.

¿Qué hay que hacer antes de iniciar cualquier tipo de obra en las inmediaciones del oleoducto?

Los oleoductos tienen una zona de servidumbre de paso en la que no se pueden realizar ciertos trabajos, debe mantenerse libre de estructuras y por supuesto no se pueden plantar árboles ni arbustos ni almacenar ningún tipo de material.

Antes de realizar cualquier actuación en el entorno del oleoducto, se debe avisar e informar a los encargados de la Integridad del Oleoducto del alcance de los trabajos previstos. Esta persona o personas encargadas le facilitarán los planos de la zona y le indicará las medidas de seguridad que debe adoptar para proteger la tubería. Además debe asegurarse de que las personas que manejan maquinaria y realizan los trabajos en las inmediaciones conocen perfectamente la existencia de la conducción y su trazado.

En caso de cualquier duda, puede solicitar la presencia de un técnico de la compañía propietaria del oleoducto que le ayudará a trabajar con seguridad en las inmediaciones de la tubería.

¿Cómo identificar una posible fuga?

Vista:

- Nubes o neblinas blancas y densas.

- Daños en la vegetación.
- Acumulación de líquido en el terreno.
- Llamas que salen del terreno o de una válvula expuesta en una tubería.
- Manchas brillantes o irisadas sobre el agua.
- Olfato: Olor a gasolina.
- Oído: Siseo o silbido inusual o ruidos extraños en la traza de la tubería.

2.2.6. Impactos ambientales en oleoductos y gaseoductos

Los proyectos de los oleoductos y gasoductos incluyen la construcción y operación de tuberías costa afuera, cerca de la orilla y/o en tierra. Los oleoductos pueden ser de hasta 2 m de diámetro. Su extensión varía desde algunos pocos, hasta cientos de kilómetros. La tubería en tierra, o cerca de la orilla, generalmente se la entierra. Los oleoductos costa afuera, usualmente, se colocan en el fondo del mar en aguas de hasta 350 o 450 m de profundidad, pero se han colocado oleoductos submarinos a profundidades mayores de hasta 1.500 m, en casos especiales.

Los siguientes son los elementos principales que se asocian con los oleoductos o gasoductos:

- La tubería misma;
- Los caminos de acceso o mantenimiento;
- Las estaciones de recepción, de despacho, y de control, y las estaciones de compresores o bombeo.

Debido a la fricción interna y los cambios de elevación a lo largo de la línea, se requieren estaciones de refuerzo a intervalos regulares (p.ej., aproximadamente cada 70 km en los oleoductos, o poliductos que son muy largos. Se instalan las estaciones de compresión a intervalos apropiados a lo largo de las líneas de transmisión de gas para mantener la presión. El oleoducto o gasoducto puede transportar petróleo crudo o gas desde el cabezal del pozo hasta la planta de transferencia o procesamiento. El petróleo o gas refinado pueden ser transportados al usuario final, que puede ser una planta petroquímica o termoelectrónica.

2.2.6.1. Impactos ambientales potenciales

La instalación de oleoductos en las áreas altas incluye las siguientes actividades:

- Levantamiento topográfico,
- Desbroce del derecho de vía,
- Excavación de zanjas;
- Colocación, doblado, soldadura, envoltura y revestimiento de la tubería;
- Pruebas de resistencia y hermeticidad de las cañerías;
- Instalación de la protección catódica para controlar la corrosión, o colocación en la zanja, en el caso de los oleoductos enterrados;
- Relleno y limpieza.

En los humedales, ocurren las mismas actividades generales; sin embargo, es necesario dragar y eliminar el lodo para poder colocar la tubería. En el caso de las tierras completamente saturadas y las lagunas, se emplean barcazas para dragar el suelo, fabricar la tubería y colocarla.

La instalación de los oleoductos costa afuera significa colocarlos en el fondo del mar. La tubería puede anclarse con bloques de cemento o un entubado de concreto. Si el oleoducto debe ser enterrado, entonces será necesario cavar una zanja y una barcaza coloca la tubería. Hay excavadoras submarinas que pueden cavar la zanja. En la mayoría de los casos se depende de la acción de las olas y la corriente para enterrar los oleoductos en las áreas costa afuera; sin embargo, también se los puede enterrar artificialmente. Es necesario enterrar los oleoductos en las áreas cerca de la orilla o en tierra.

Para asegurar la operación adecuada de los poliductos es necesario efectuar el mantenimiento y revisión de los equipos. Se realiza una inspección terrestre o área de la ruta de la tubería para detectar fugas. Los aparatos que se emplean para raspar o limpiar la parafina y escoria del interior de los oleoductos (relacionados con limpiadores, bolas o "conejos"), o para separar los diferentes materiales que se bombean por la tubería, o para extraer los líquidos o condensado (en los gasoductos)

pueden producir desechos que deberán ser eliminados. La vida del oleoducto depende de la tasa de corrosión y el desgaste interior de la tubería. Es necesario emplear protección contra la corrosión en la mayoría de los suelos, especialmente, en las áreas húmedas o saladas. Las fugas o roturas de los oleoductos o gasoductos pueden causar impactos importantes más allá de los alrededores inmediatos de la tubería.

Impactos positivos

En algunos casos, se puede considerar que los oleoductos y gasoductos contribuyen a la calidad del medio ambiente porque facilitan la disponibilidad de combustibles más limpios (p.ej., el gas con poco azufre versus el carbón con un alto contenido de azufre) para producir energía y/o para uso industrial. En las áreas costa afuera, los oleoductos no enterrados pueden crear un hábitat para los organismos marítimos que se sienten atraídos por el "arrecife artificial".

Impactos Negativos

Los oleoductos y gasoductos costa afuera, cerca de la orilla y en tierra alta causan diferentes impactos ambientales, según su tipo, como explican los siguientes párrafos. La magnitud de los impactos dependerá del tipo y tamaño de la tubería; su significado dependerá del grado en que se afecten los recursos naturales y sociales.

Impactos directos: oleoductos costa afuera

La instalación de oleoductos costa afuera o cerca de la orilla puede causar la pérdida de los organismos bénticos y los que se alimentan en el fondo, debido a la excavación de las zanjas y/o la turbiedad relacionada con la colocación de la tubería. El significado de estos impactos dependerá del tipo de recurso acuático que sea afectado y la magnitud del efecto.

La construcción del oleoducto puede producir la re-suspensión temporal de los sedimentos del fondo. Esa re-disposición puede alterar las características de los hábitats acuáticos y provocar cambios en la composición de las especies. El significado de estos efectos dependerá del tipo e importancia de los organismos acuáticos afectados. Por ejemplo, el significado de la alteración del hábitat de la hierba marina o de los arrecifes de coral, que son considerados importantes como hábitat para la alimentación y reproducción de los peces y otros animales, puede ser mayor que la alteración de hábitat béntico profundo costa afuera.

Si la excavación para el oleoducto ocurre en las áreas costa afuera o cerca de la orilla, donde los químicos tóxicos se hayan acumulado en los sedimentos (p.ej., en los puertos cerca de las descargas industriales de químicos tóxicos, como mercurio y bifenolpoliclorado (BPC), la colocación de la tubería puede causar la re-suspensión de estos sedimentos tóxicos y bajar, temporalmente, la calidad del agua sobre el oleoducto. Puede haber bio-acumulación de estos químicos tóxicos en los organismos acuáticos (p.ej., peces y moluscos).

En las áreas costa afuera y cerca de la orilla que se utilizan para pesca de fondo, los poliductos pueden interferir con la rastra del fondo, causando la pérdida o daños al equipo de pesca, así como rotura casual de la tubería. Al arrastrar un ancla, se puede causar daños al oleoducto y provocar derrames de petróleo.

Impactos directos: oleoductos en tierras altas

La instalación de los oleoductos puede causar erosión en el área de la tubería. En las áreas montañosas, esto puede provocar la inestabilidad de los suelos y causar derrumbes. El escurrimiento y sedimentación pueden bajar la calidad del agua de los ríos y arroyos durante la construcción.

La instalación de los oleoductos y caminos de mantenimiento puede alterar los modelos de drenaje, bloquear el agua, levantar el nivel freático en el lado ascendente del oleoducto, y esto puede causar la muerte o reducción de la

vegetación, como los árboles. Si el oleoducto pasa por un bosque grande, el impacto puede ser importante. Además, se puede alterar el suministro de agua a los humedales.

La creación del derecho de vía puede provocar una invasión de plantas exóticas que competirán con la vegetación nativa. Si no se controlan, puede haber un impacto significativo a largo plazo. Asimismo, la instalación de la tubería puede fragmentar el hábitat de las áreas naturales (p.ej., tierras silvestres), y provocar la pérdida de especies y reducir la biodiversidad.

En las áreas desarrolladas, los oleoductos y gasoductos pueden interferir con el uso del suelo y desplazar la población, debido a la instalación de la tubería y las subestaciones.

Algunos tipos de actividades agrícolas pueden ser afectadas, solamente a corto plazo, durante el periodo de construcción.

Los oleoductos que se colocan sobre la tierra pueden crear barreras para los seres humanos y la fauna migratoria. Esto puede ser importante, dependiendo de la extensión y ubicación de la tubería.

Los sitios arqueológicos están sujetos a daños o pérdida durante la construcción de oleoductos.

La construcción de oleoductos puede causar la interrupción temporal del tráfico. Esto puede ser significativo en las áreas desarrolladas, si el oleoducto cruza las rutas principales de transporte.

Las roturas y fugas, así como los desechos generados en las estaciones de bombeo y transferencia, pueden causar, potencialmente, la contaminación de los suelos, aguas superficiales y el agua freática. La importancia de esta contaminación depende del tipo y magnitud de la fuga, y el tipo y volumen de los desechos que se

generen, y el grado en el que se afecte el recurso natural. La rotura de los oleoductos que cruzan los ríos u otras extensiones de agua pueden causar importantes daños ambientales.

Las fugas o roturas de los gasoductos pueden causar explosiones e incendios. En las áreas desarrolladas, estos accidentes representan un riesgo importante para la salud humana.

Impactos indirectos

Los poliductos de tierra alta pueden inducir desarrollo secundario (p.ej., ocupación ilegal) dentro del derecho de vía del oleoducto. Este desarrollo no planificado puede sobrecargar la infraestructura existente del área afectada.

Los oleoductos de tierra alta pueden permitir acceso a las áreas que, de otra manera, serían inaccesibles (p.ej., tierras silvestres). Esto puede provocar la degradación y explotación de estas áreas.

TABLA 2.2.6.1. Potenciales impactos negativos - Medidas de atenuación

Impactos Negativos Potenciales	Medidas de Atenuación
Directos	
1. Re-suspensión de los sedimentos tóxicos como resultado de la construcción de oleoductos costa afuera;	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escoger un sitio alternativo para colocar el oleoducto; ➤ Utilizar técnicas alternativas para la construcción del oleoducto a fin de reducir la re-suspensión de los sedimentos (p.ej. colocar la tubería en vez de enterrarla); ➤ Colocar la tubería durante un período de circulación mínima;
2. Interferencia con las actividades de pesca debido a los oleoductos costa afuera y cerca	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escoger una ruta para el oleoducto fuera de las áreas de pesca conocidas;

de la orilla;	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Marcar y hacer un mapa de los oleoductos costa afuera; ➤ Enterrar el oleoducto si deberá pasar por áreas de pesca críticas;
3. Pérdida de hábitat y organismos junto al derecho de vía de los oleoductos costa afuera y en tierra alta, y en las estaciones de bombeo y compresores, y mayor acceso a las tierras silvestres;	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escoja el derecho de vía de tal manera que se eviten las áreas donde existen recursos naturales importantes. ➤ Utilizar las técnicas apropiadas de desbroce (p.ej. limpieza manual en vez de mecánica) en los derechos de vía de tierra alta para mantener la vegetación nativa junto al oleoducto; ➤ Resembrar los sitios trastornados; ➤ Utilizar técnicas alternativas de construcción;
4. Erosión, escurrimiento y sedimentación como resultado de la construcción del oleoducto, movimiento de tierras para los caminos de acceso y sub-estaciones;	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Seleccione el derecho de vía de tal manera que se eviten las extensiones de agua ➤ Instale trampas de sedimento o mallas, a fin de controlar el escurrimiento y sedimentación; ➤ Emplee técnicas alternativas para colocar la tubería que ayudan a disminuir los impactos; ➤ Estabilice los suelos, mecánica o químicamente, para reducir el potencial para causar erosión;
5. Alteración de los modelos hidrológicos;	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Seleccione el derecho de vía de tal manera que se eviten los humedales y planicies de inundación; ➤ Disminuya el uso de la tierra de relleno; ➤ Diseñe el drenaje de tal manera que no se produzcan efectos en los terrenos aledaños;
6. Invasión de las especies exóticas y fragmentación de los hábitat;	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escoja el corredor y el derecho de vía de modo que se eviten las tierras silvestres importantes y los hábitat frágiles; ➤ Mantenga la cubierta (vegetal) nativa sobre el oleoducto; ➤ Haga provisiones para no interferir con los regímenes naturales de incendio;

<p>7. Pérdida del uso de la tierra a causa de la colocación del oleoducto en tierra alta y la construcción de las subestaciones;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Seleccione el derecho de vía de tal manera que no se interrumpan los usos sociales (incluyendo la agricultura) y culturales importantes de la tierra; ➤ Diseñe la construcción de tal manera que se reduzca el tamaño del derecho de vía; ➤ Durante la construcción, reduzca al mínimo los impactos sobre el uso de la tierra fuera del sitio; ➤ En el caso de los oleoductos enterrados, restaurar la tierra que ha sido movida a lo largo del derecho de vía;
<p>8. Creación de barreras al movimiento de los seres humanos y fauna;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Seleccione el derecho de vía de tal modo que se eviten las rutas de movimiento y corredores utilizados por la fauna; ➤ Eleve o entierre el oleoducto para permitir movimiento;
<p>9. Mayor tráfico debido a la construcción;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coordine las actividades de construcción para controlar el tráfico; ➤ Construya rutas alternativas para el tráfico;
<p>10. Contaminación química a causa de los desechos y los derrames casuales de petróleo;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseñe planes de prevención de desechos y derrames, y de limpieza; ➤ Utilice técnicas de contención de derrames; ➤ Limpiar y restaurar las áreas afectadas;
<p>11. Peligros causados por las fugas o roturas de los gasoductos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Señale claramente la ubicación de los gasoductos en las áreas muy usadas; ➤ Diseñe los planes y procedimientos de evacuación de emergencia; ➤ Realice monitoreo para detectar las fugas; ➤ Instale alarmas para notificar al público en caso de que ocurra un accidente.
Indirectos	
<p>1. Desarrollo secundario inducido en el área circundante construcción;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar un plan amplio para orientar el desarrollo durante el secundario. ➤ Construir instalaciones y proveer apoyo financiero para la infraestructura existente;

2. Mayor acceso a las tierras silvestres	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar los planes de protección y manejo para estas áreas; ➤ Construir barreras (cercas) para prohibir el acceso a las tierras silvestres frágiles.
--	---

2.3. Seguridad industrial

2.3.1. Equipo de protección personal

Aun cuando es fundamental en cualquier esfuerzo en pro de la seguridad es modificar el ambiente físico, para hacer imposible que hechos no deseados se produzcan, en ocasiones hace falta , ya sea por razones económicas o de conveniencia salvaguardar al personal, equipando a este en forma individual o con dispositivos de protección personal.

Se evidencia que el uso de dispositivos de protección personal es una forma importante y necesaria en el desarrollo de un programa de seguridad. Sin embargo, como hasta cierto punto es necesario depender del equipo protector personal, en ocasiones existe la tentación de emplearlo sin intentar previamente en forma escrupulosa los métodos posibles para corregir la situación peligrosa.

El método correcto es siempre el mejor. Los trabajadores no ven con gusto, por su incomodidad, el empleo de dispositivos de protección personal. En consecuencia este equipo puede ser alterado por sus usuarios, tratando de obtener un ajuste más satisfactorio, lo que se puede traducir en un empeoramiento de su funcionamiento.

La mejor manera de prevenir los accidentes es eliminar los riesgos o controlarlos lo más cerca posible de su fuente de origen. Cuando esta acción de reducir los riesgos en su origen no es posible, se ve en la necesidad de implantar en los trabajadores algún tipo de ropa protectora u algunos otros dispositivos de protección personal.

El uso de equipos de protección personal, se debe considerar usarlo como último recurso, porque frecuentemente es molesto llevarlo puesto y limita la libertad de movimientos en el trabajador; de esta manera no es sorprendente que a veces este ni lo utilice. Como el objetivo fundamental del equipo es evitar que alguna parte del cuerpo del trabajador haga contacto con riesgos externos, al mismo tiempo impide también que el calor y la humedad se escapen del cuerpo, teniendo como consecuencia de que alta temperatura y el sudor incomoden al trabajador, haciendo evidente una fatiga más rápida.

Existen muchos dispositivos de protección porque hay que tener muy claro que el individuo, es decir, cuerpo humano, como ente es quien debe usar todos los dispositivos de protección personal. Esto trae como consecuencia que la elección debe corresponder de acuerdo al tipo de trabajo para analizar que partes del cuerpo estarán más expuestas a que les suceda algún tipo de lesión. Es por ello, que tenemos dispositivos de protección a nivel individual como:

a) Dispositivos de protección de piernas y pies

La gran mayoría de daños a los pies se deben a la caída de objetos pesados. Es fácil conseguir zapatos de seguridad que protejan en contra de esa clase de riesgo. Esa clase de zapatos pueden conseguirse en tamaños, formas, y estilos, que a la vez se adaptan bien a diferentes pies, y además tienen buen aspecto.

Para la protección de las piernas debemos tomar en cuenta la exposición del cuerpo, en este caso las piernas, y en el caso de las piernas viene de acuerdo a la altura de las botas, además del uso de zahones, lonetas, las cuales forman una capa de material especial adherido al cuerpo del trabajador por medio de correas o cintas debidamente fijadas o ajustadas.

b) Dispositivos de protección de dedos, manos y brazos.

Por la aparente vulnerabilidad de los dedos, manos y brazos, con frecuencia se deben usar equipos protectores, tales equipos como el guante y de acuerdo a sus

materiales y sus diversas adaptaciones hacen que tengan un amplio uso de acuerdo a las consideraciones correspondientes a su aplicación. Además del largo para proteger el antebrazo y brazo del obrero.

Los guantes, mitones, manoplas se impone usarse en operaciones que involucre manejo de material caliente, o con filos, o puntas, raspaduras o magulladuras.

Los guantes no se aconsejan el uso en operadores que trabajen en máquinas rotativas, ya que existe la posibilidad de que el guante sea arrastrado por la máquina en uso forzando así la mano del operario al interior de la máquina.

Si el guante a usar es de tamaño largo se aconseja que las mangas cubran la parte de afuera del final del guante.

Los mitones son una variedad de guante que se usan donde no se requieran las destrezas de los dedos. Pudiéndose fabricar de los mismos materiales que los guantes.

Las manoplas son formadas por una sola pieza de material protector cuya superficie es lo bastante amplia como para cubrir el lado de la palma de la mano, al igual que los mitones y los guantes están fabricados con el mismo grupo de materiales.

Los materiales que deberán usarse para la fabricación de los guantes, mitones, y manoplas dependerán en gran medida de lo que se vaya a manejar.

c) **Cinturones de seguridad**

Para su selección debe considerarse dos usos, el normal y el de emergencia. El normal son cinturones usados para soportar tensiones relativamente leves durante

el desempeño habitual de una tarea. Estas tensiones raramente excederán el peso total estático del usuario.

El de uso en emergencia sirve para retener con seguridad un hombre al caerse, tal uso puede presentarse en ciertas ocasiones donde sobrepasa el peso del uso del operario debido a caídas o situaciones inesperadas.

Los materiales usados para fabricar estos cinturones son fabricados por medio de correas tejidas de fibra sintética, o de cuero, en ambos casos se usan sistemas de acople de hebillas metálicas y colocados en tal manera que sean fácil su manipulación y graduación.

Para la selección del tipo de cinturón de uso general en la industria deben considerarse las necesidades de las tareas, las cuales deberán concordar con los cinturones disponibles.

d) Protección para la cabeza

La protección a la cabeza es una de las partes a ser mejor protegida, ya que es allí donde se encuentra nuestro centro de mando, es decir el cerebro y sus componentes.

Debe suministrarse protección para la cabeza a aquellos trabajadores que están expuestos a sufrir accidentes en esta parte del cuerpo, creados particularmente por la realización de trabajos como trabajo con árboles, construcción y montaje, construcción de buques navales, en minas, trabajos con aviones, trabajos con el manejo de metales básicos de gran tamaño (aceros y aluminios), y los de las industrias químicas, además de poder usarse donde se crea que exista el riesgo de algún golpe a la cabeza.

Los materiales en los cuales se fabrican los diferentes tipos de cascos y gorras, pueden ir desde telas para las gorras, como de plásticos de alta resistencia a impactos y chispas que puedan provocar incendios, como el uso de metales.

e) Dispositivos de protección auditiva

Los sonidos se escuchan en condiciones normales como una variación de diferencias de presión y llegan al oído para luego ser transmitidas por los mecanismos auditivos al cerebro, en donde se producen diferentes sensaciones, de acuerdo al tipo de ruido, los perjudiciales que excedan los niveles de exposición al ruido permitidos (85-90 dB) se deben realizar disminuciones en la fuente de emisión, pero a veces no es suficiente y se debe acudir a la protección del oído, sea en su parte interna, o directamente en los canales auditivos.

f) Dispositivos de protección facial y visual

El proteger los ojos y la cara de lesiones debido a entes físicos y químicos, como también de radiaciones, es vital para cualquier tipo de manejo de programas de seguridad industrial.

En algunas operaciones es necesario proteger la totalidad de la cara, y en algunos casos, se requiere que esta protección sea fuerte para que los ojos queden salvaguardados del riesgo ocasionado por partículas volantes relativamente pesadas.

Los materiales de fabricación van a depender del uso que se le dé a este, pero pueden ir de metales, plásticos de alta resistencias, como de lona.

Los dispositivos de protección visual, son básicamente cristales que no permiten el paso de radiaciones en forma de onda por un tiempo prolongado que perjudiquen a los diferentes componentes del aparato visual humano y objetos punzo penetrantes, desde los tamaños más pequeños, exposiciones a vapores irritantes, rociados de líquidos irritantes.

g) Dispositivos respiratorios

En los procesos industriales se crean contaminantes atmosféricos que pueden ser peligrosos para la salud de los trabajadores. Deben existir consideraciones

como aplicar medidas de controlar los contaminantes. Existen casos, en donde estas medidas no son suficientes, por lo que habrá que disponer de equipos protectores a nivel respiratorio.

Existen situaciones de emergencia donde el personal está expuesto a una condición insegura causada por accidente inesperado, por periodos cortos que pongan en peligro su salud.

Además de las situaciones de no emergencia, que son las generadas de acuerdo a la naturaleza del proceso en sus operaciones normales o de rutina, que exponen a los trabajadores a la exposición de una atmósfera que pueda producir enfermedades crónicas, incomodidad muy marcada, o puedan resultar daños permanentes físicos, o la muerte después de exposiciones repetidas o prolongadas.

Los dispositivos respiratorios obligan a mantener una serie de regímenes de mantenimiento muy exigente ya que su mecánica lo exige, por lo que deben ser revisados periódicamente y correctamente mantenidos para que al momento de verse la necesidad de usarlos estos estén en perfecto estado.

2.3.2. Seguridad en el sitio de trabajo

En el ámbito de la seguridad laboral, la referencia a las condiciones de trabajo se efectúa con la consideración de que el empresario debe controlar tales condiciones para que no supongan una amenaza para la seguridad y la salud del trabajador y, al mismo tiempo, se alcance una calidad de trabajo.

En este sentido, se trata de aquellas características del trabajo que pueden influir significativamente en la generación de riesgos laborales. Se incluye en ellas:

Condiciones de seguridad:

- Características generales de los locales (espacios, pasillos, suelos, escaleras, etc.)

- Instalaciones (eléctrica, de gases, de vapor, etc.)
- Equipos de trabajo (máquinas, herramientas, aparatos a presión, de elevación, de manutención, etc.)
- Almacenamiento y manipulación de cargas u otros objetos, de materiales y de productos.
- Existencia o utilización de materiales o productos inflamables.
- Existencia o utilización de productos químicos peligrosos en general.

Condiciones ambientales:

- Exposición a agentes físicos (ruido, vibraciones, radiaciones ionizantes, radiación ultravioleta, radiación infrarroja, microondas, ondas de radio, láser, campos electromagnéticos...)
- Exposición a agentes químicos y ventilación industrial.
- Exposición a agentes biológicos.
- Calor y frío.
- Climatización y ventilación general. Calidad del aire.
- Iluminación.
- Carga de trabajo: física y mental.
- Organización y ordenación del trabajo (monotonía, repetitividad, posibilidad de iniciativa, aislamiento, participación, descansos...). En la medida en que estas condiciones de trabajo puedan ser origen de daños para la salud, incluidas las lesiones (es decir, accidentes, patologías o enfermedades), o influyan significativamente en la magnitud de los riesgos, se las suele denominar factores de riesgoo también peligros, situaciones, actividades, condiciones, peligrosas, o como dice la Ley de Prevención: procesos, actividades, operaciones, equipos o productos potencialmente peligrosos.

2.3.2.1. Señalización del sitio o área de trabajo

Se define la señalización de seguridad y salud en el trabajo, como aquella indicación que proporciona una información relativa a seguridad o salud en el trabajo.

La utilización de la señalización en el campo de la prevención de riesgos laborales, tiene como objetivos:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones
- Alertar a los trabajadores cuando se produce una situación de emergencia
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de medios e instalaciones de evacuación, protección, emergencia y primeros auxilios
- Orientar e informar a los trabajadores que efectúan maniobras peligrosas

Conviene resaltar, que al igual que los equipos de protección individual, la señalización de seguridad no elimina el riesgo, por lo que deberán, además, adoptarse las medidas preventivas que correspondan.

Las señales pueden ser, básicamente, de dos tipos:

- a) Señales en forma de panel:

Tabla 2.3.2.1. Señales en forma de panel

COLORES DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES
Rojo	Prohibición	Comportamientos peligrosos
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia Evacuación
	Materiales de lucha contra incendios	Identificación y localización
Amarillo	Advertencia	Atención, precaución
Azul	Obligación	Comportamiento específico Obligación de uso de EPP
Verde	Salvamento	Puertas, salidas
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

b) Señales luminosas y/o acústicas:

Señales de advertencia



Riesgo de tropezar



Caída a distinto nivel



Vehículos de manutención

Señales de prohibición



Prohibido fumar



Prohibido fumar y llamas desnudas



Prohibido pasar

Señales de obligación



Protección obligatoria de los pies



Protección obligatoria del oído



Protección obligatoria de las manos

Señales indicativas



Salida de socorro



Primeros auxilios

Señales de salvamento o socorro



Manguera para incendios



Extintor



Escalera de mano

Fig. 2. Señales luminosas y/o acústicas

2.3.3. Charla diaria y A.R.T.

2.3.3.1. Charla Diaria

La charla diaria de seguridad, charla operacional diaria o también llamada charla de cinco minutos, poco a poco se ha ido adoptando como habitual en las empresas que inician un plan de protección de los recursos, de control del riesgo operacional o programa de control de pérdidas.

La charla permite demostrar el grado de compromiso de la empresa con la seguridad y los trabajadores, en ella se permiten analizar situaciones que pueden llegar a un accidente. Lo habitual es que en ella el supervisor a cargo de ejecutar el trabajo, analice el trabajo del día, comente los riesgos que en ella existen y sus formas de control.

La charla diaria es una instancia de participación de todos los trabajadores, ya que es el momento adecuado para dar sus opiniones, experiencias o aportes del trabajo que se va a realizar.

También es usada para analizar accidentes ocurridos en la empresa u otra empresa del rubro, que puede servir de ejemplo y ayudar a controlar riesgos que pueden producir accidentes con lesiones o daños.

2.3.3.2. A.R.T.

El análisis de Riesgo de Trabajo es una herramienta que nos ayuda a identificar los riesgos asociados con el trabajo:

- Condiciones del Sitio
- Estado de las Herramientas y Equipos
- Materiales y Productos
- Procedimiento de Trabajo

El primer paso en el proceso del ART es seleccionar el trabajo que se va a analizar. Cada trabajo se puede descomponer en una secuencia de pasos para su realización, por lo general hay un orden particular en los pasos que parece ser la mejor forma de ejecutar el trabajo. Es importante incluir al trabajador y al supervisor dentro de esta etapa del proceso ya que ellos están más familiarizados con cada actividad (pasos) y con el procedimiento en general.

Debemos de tener en cuenta que si dividimos el trabajo en muchos pasos detallados será difícil manejar la información pero tampoco es aconsejable dividir el trabajo en pocos pasos generalizados ya que se estarían omitiendo actividades significativas que son generadoras de peligros las cuales dejaríamos de controlar. No existe una regla general para determinar el número de pasos exactos en que se puede dividir un trabajo, cada trabajo debe ser evaluado de acuerdo con sus propias necesidades. La clave es la experiencia del supervisor y el aporte que nos puedan hacer los trabajadores, además de la experiencia que tenga la persona encargada de realizar el ART.

Después de descomponer el trabajo en pasos significativos, se debe analizar cada uno de ellos con el fin de determinar los peligros REALES o POTENCIALES asociados con cada paso en particular, en el momento de ejecutar el trabajo, por medio de un ejemplo aclarar los conceptos de reales y potenciales:

PELIGRO REAL: Es aquel que siempre se presenta con la actividad por ejemplo: El taladro o martillo: RUIDO, Corte o Soldadura: QUEMADURAS (por la exposición al calor)

PELIGRO POTENCIAL: el que se presenta dependiendo de las variables del equipo, capacitación, etc. Por ejemplo: Si el área de trabajo está rodeada de sustancias inflamables cuando hago actividades de corte y soldadura puedo provocar un incendio.

El ART continúa con las acciones de control para cada uno de los peligros reales o potenciales identificados en cada uno de los pasos; las medidas deben ir enfocadas primero a eliminar el peligro y después a controlarlo.

La participación del trabajador y del supervisor es primordial por dos cuestiones:

- El trabajador es el dueño del proceso, el supervisor es el dueño del área.
- Haciendo partícipe a la gente se puede minimizar o eliminar la resistencia al cambio.

No es una tarea difícil pero si es laboriosa y bastante útil para la elaboración de un procedimiento de trabajo completo (cumple con la función de operación pero también de seguridad), sirve para elaborar manuales de inducción, y sobre todo sirve para identificar los peligros a los que exponemos al trabajador.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PREVIOS A LA INSTALACIÓN DE LOS MEDIDORES DE DEFORMACIÓN.

Antes de iniciar a generar nuestro procedimiento específico para la instalación de los Medidores de Deformación, realizaremos un estudio de todos los elementos necesarios que se requiere para efectuar este trabajo.

Durante la realización del presente capítulo se seleccionará el personal adecuado e idóneo para que realice este trabajo de la mejor manera posible.

También, se diseñará un plan de entrenamiento para el personal seleccionado, ya que es de suma importancia que los involucrados en el proceso de instalación de los Medidores de Deformación se encuentren lo adecuada y suficientemente capacitados para realizar este trabajo.

Se realizará de igual manera una requisitoria previa de materiales, equipos y herramientas necesarias para ejecutar los trabajos de instalación de los strain gauge, los mismos que deberán ser estudiados durante la ejecución del plan de entrenamiento.

La seguridad en el sitio de trabajo es otro de los temas que son sumamente necesarios ser analizados dentro de este capítulo, por lo que se estudiará también la documentación con la que se debe contar, las normas de seguridad que se deben seguir antes y durante la realización de una tarea, la señalización con la que deberá contar el sitio de trabajo y la protección que se deberá proveer tanto al trabajador como al medio ambiente.

3.1. Requerimientos de personal:

Para la realización de la instalación de los Medidores de Deformación sobre oleoductos es necesario contar con el siguiente personal y que cumpla con el siguiente perfil:

3.1.1. Instructor.

Deberá ser una persona con alto grado de conocimiento y experiencia en el proceso de instalación de Medidores de Deformación; además, puede ser la persona encargada de la supervisión al momento de realizar la instalación de los Medidores.

Entre sus principales funciones a cumplir estarán:

- Realizar una capacitación adecuada a todo el personal que intervendrá en el proceso de instalación de los Medidores de Deformación.
- Delegar los deberes y responsabilidades individuales por cargo.
- Dar a conocer las fallas más comunes que se cometen e indicar la manera de cómo evitarlas.
- Indicar el uso correcto de todos los equipos, materiales y herramientas que se utilizaran durante el proceso de instalación de los Medidores de Deformación.

3.1.2. Supervisor.

Será la persona que tendrá la responsabilidad directa de la instalación de los Medidores de Deformación.

Sus principales funciones serán:

- Seleccionar al personal que estará involucrado en la instalación de los Medidores de Deformación.

- Controlar la realización correcta y en el tiempo adecuado de cada una de las actividades relacionadas con la instalación de los Medidores de Deformación.
- Realizar las conexiones del tablero de control.

Estará a cargo de todo el personal que esté relacionado con la instalación de los Medidores por lo que se debe seleccionar a una persona que tenga las siguientes virtudes:

- Alto grado de aprendizaje
- Liderazgo
- Capacidad de planificación y coordinación
- Trabajar bajo presión.
- Delegar responsabilidades

3.1.3. Supervisor Q.H.S.E.

Su principal responsabilidad será la de velar por la integridad física de todas y cada una de las personas que estarán en cada uno de los puestos de trabajo.

Deberá tener una experiencia mínima de 3 años como Supervisor de Seguridad Industrial.

Entre las funciones que deberá cumplir estarán:

- Capacitación diaria del personal
- Realizar los A.R.T. necesarios diariamente
- Concientización del personal
- Controlar el cumplimiento del procedimiento
- Verificar el cumplimiento de las normas de seguridad y ambientales durante la realización de cada una las actividades.

3.1.4. Tubero Calificado.

Será la persona encargada de realizar el trazado y señalización de los puntos sobre el oleoducto donde irán instalados los Medidores de Deformación.

Deberá ser una persona con amplia experiencia en este tipo de trabajos, ya que su función es sumamente delicada.

De la excelente realización de su actividad dependerá la exitosa colocación de los Medidores de Deformación.

3.1.5. Soldador Calificado.

Al igual que el tubero, el soldador será uno de los responsables directos en el éxito o en el fracaso de la instalación de los Medidores de Deformación.

Su función será la de soldar cada uno de los Medidores de Deformación sobre los puntos señalados anteriormente por el tubero sobre el oleoducto.

3.1.6. Asistentes de soldadura.

Serán los ayudantes directos del soldador y del tubero durante la ejecución de sus actividades.

No necesitan tener un alto grado de conocimiento, bastara con nociones básicas en la utilización de maquinas herramientas menores como amoladora y taladro.

3.1.7. Asistentes de albañilería.

Estarán a cargo de la construcción de la base donde se instalara el Gabinete de Control. Necesitan tener conocimientos básicos de albañilería.

3.1.8. Obreros.

Serán las personas que se harán cargo de la adecuación del sitio de trabajo, tendido de manguera y demás actividades relacionadas directa e indirectamente con el procedimiento de instalación de los Medidores de Deformación.

3.2. Materiales requeridos:

Para evitar pasar por alto alguna herramienta o material de trabajo requerido, vamos a dividir el procedimiento de los Medidores de Deformación en tres actividades principales y enumerando todos los elementos e implementos que se necesitaran para su ejecución; de la siguiente manera:

Para la adecuación del sitio de trabajo:

- Palas
- Picos
- Barretas
- Machetes
- Estacas de madera (5 x 5 x 150) cm
- Letreros de seguridad
- Flexómetros (5 y 3) m .
- Tablones o planchas metálicas
- Postes de madera de 3 m de alto y un diámetro no menor a 15 cm
- Gratas metálicas tipo copa
- Lijas para metal
- Faja de rayado
- Puntas metálicas (Rayadores)
- Escuadras
- Niveles

Para la colocación de los Medidores de Deformación

- Medidores de Deformación
- Repuestos de electrodos para la soldadora
- Masticpad 3M
- Tubería de PVC de 2"
- Accesorios de PVC de 2"
- Sikaboorm
- Pegamento para PVC
- Alcohol desnaturalizado

Para la instalación del tablero de control.

- Gabinete
- Cajas terminales de conexión de cables.
- Masking

3.3. Equipos necesarios

- Amoladora
- Generador de corriente eléctrica
- Soldadora de punto
- Unidad lectora de sensores.

3.4. Generación del plan de entrenamiento

Una vez que se ha determinado y escogido al personal que va a desarrollar la actividad de la instalación de los Medidores de Deformación es de suma importancia que los mismos participen de una capacitación o entrenamiento previo.

3.4.1. Objetivos del plan de entrenamiento

Los objetivos de la realización de este entrenamiento serán:

- Capacitar de la manera más adecuada a todas las personas sobre cada una de las actividades a desarrollarse durante la instalación de los Medidores de Deformación.
- Familiarizar a los trabajadores con las herramientas, materiales y equipos a utilizarse en la realización del trabajo.
- Motivar al equipo de trabajo.

3.4.2. Revisión detallada de las actividades a cumplir

Siempre tenemos que tomar en cuenta que un proceso es una sucesión de actividades; por lo cual, si cometemos algún tipo de error en la ejecución de alguna de ellas no se podrá continuar con la realización del resto de actividades.

Se debe por lo tanto crear un plan de entrenamiento en el cual no se pase por alto ninguna actividad por más sencilla que esta sea, para lo cual nos vamos a ayudar con la creación de un diagrama de proceso.

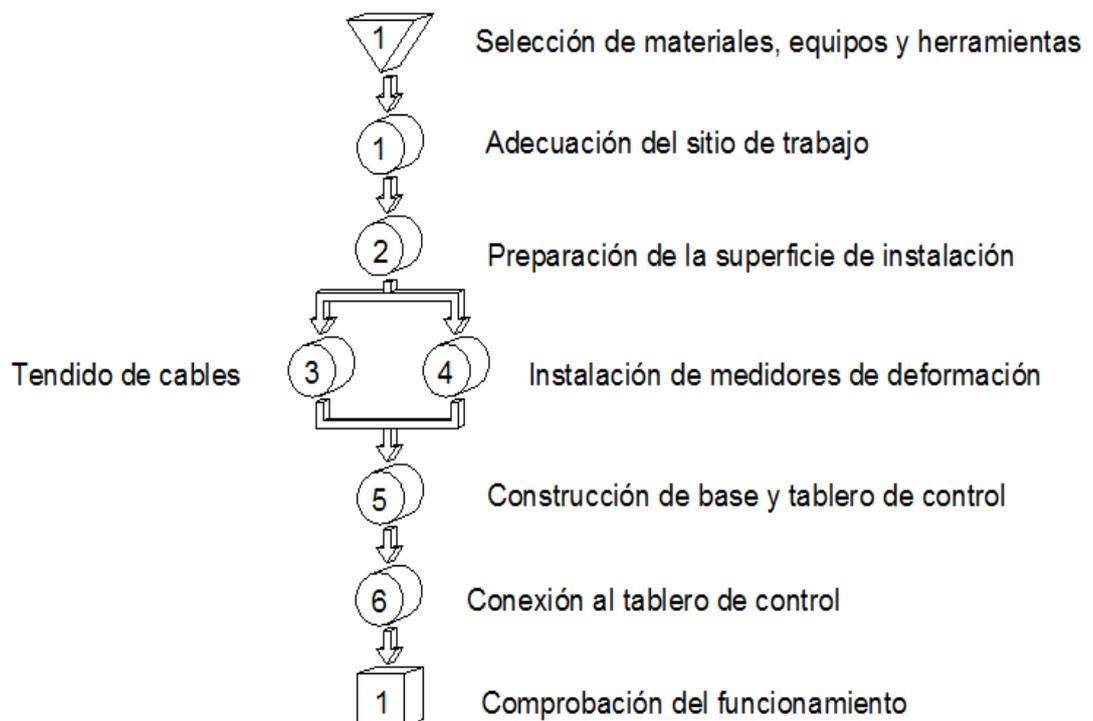


Fig. 3. Diagrama de proceso para la instalación de los Medidores de Deformación

a) **Selección de materiales, equipos y herramientas.**

El primer paso de nuestro plan de entrenamiento va a ser el de familiarizar a cada una de las personas seleccionadas con las herramientas, materiales y equipos que se van a utilizar durante la ejecución de cada una de las actividades que están inmersas con la instalación de los Medidores de Deformación, y que serán manipuladas o utilizadas por cada uno de ellos.

Por lo mencionado anteriormente se ha dispuesto un cuadro en el cual se ha seleccionado y distribuido todos los cargos del personal y los materiales, equipos o herramientas que deberán aprender a utilizar o maniobrar durante este paso de nuestro plan de entrenamiento.

TABLA 3.4.2. Herramientas, materiales y equipos a utilizarse por cargo

CARGO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPOS
Instructor	Todas	Todos	Todos
Supervisor	Todas	Todos	Todos
Q.H.S.E.	Todas	Todos	Todos
Tubero	Faja de rayado Nivel Escuadras	Lijas metálicas	Amoladora
Soldador	-	-	Soldadora de punto
Asistente de soldadura	Nivel Escuadras	Grata metálica tipo copa MasticPad Sikaboom	Amoladora
Asistente de albañilería	Palas Barretas Combos	-	-
Obreros	Palas Barretas Combos	-	-

b) Preparación del sitio de trabajo.

Una vez que todo el personal ha sido capacitado sobre la utilización de todos los materiales, equipos y herramientas vamos a revisar las condiciones en las cuales deben encontrarse los sitios donde realizaremos cada una de las actividades requeridas para la instalación de los Medidores de Deformación.

El oleoducto

Por ser la superficie donde se va a realizar la colocación de los Medidores de Deformación deberá estar descubierto a lo largo de toda la superficie de trabajo (dependerá de la longitud donde se vayan a colocar los Medidores de Deformación) y alrededor de todo su diámetro.

Su DDV debe estar libre de tierra (en caso de ser un oleoducto enterrado) al menos unos 3 metros a cada lado del eje de la tubería.

Las paredes de la zanja deberán estar soportadas por pantallas metálicas o de madera con ayuda de trinchos que brinden la seguridad necesaria a las personas que estarán laborando dentro de ella.

De igual manera tendrán que crearse rutas de escape por lo menos cada 5 metros.

Tablero de control

Para evitar hundimientos de tierra el tablero de control deberá estar ubicado sobre una base de concreto.

El sitio a colocarse deberá elegirse de la manera más adecuada posible pero que sea de fácil acceso para el momento de tomarse las lecturas.

Deberá tener protección de las tapas con seguros de caucho.

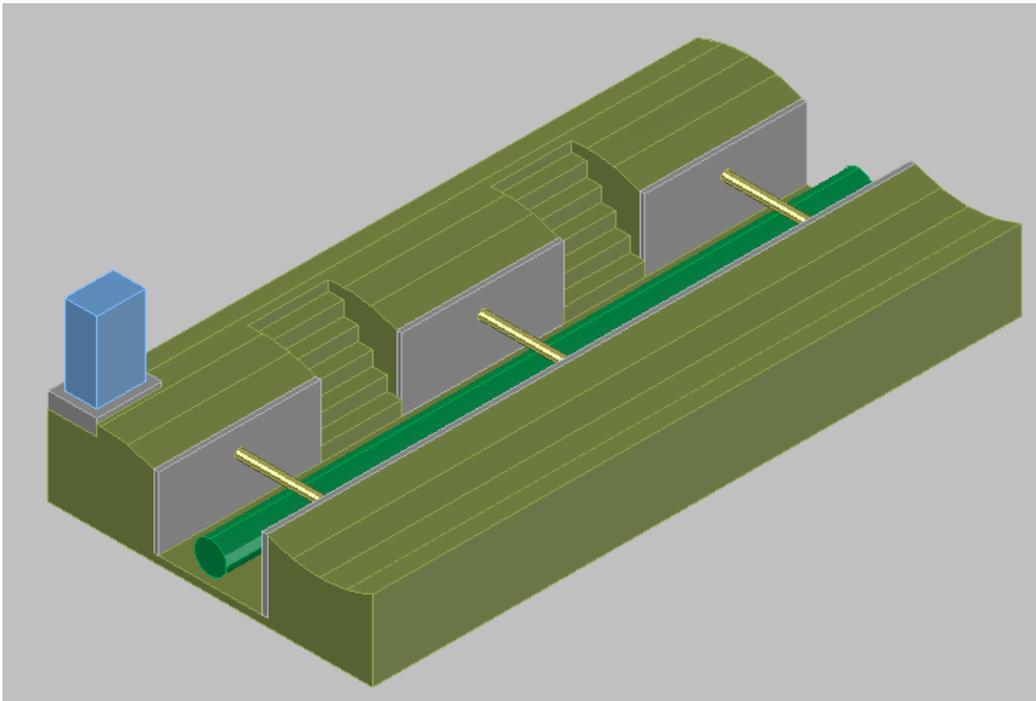


Fig. 4. Ubicación del tablero de control

Superficie de instalación.

Para poder instalar los Medidores de Deformación sobre el oleoducto tendremos que preparar la superficie sobre la cual irán ubicados los strain gauge, para lo cual seguiremos los siguientes pasos en su orden:

- El tubero tendrá que realizar la demarcación de todas las secciones sobre la tubería en las cuales irán instalados los Medidores de Deformación.
- Los asistentes de soldadura liberarán la superficie señalada por el tubero de la protección anticorrosiva con la ayuda de una amoladora y gratas metálicas tipo copa, dejando la superficie de instalación libre de limallas utilizando alcohol natural o thiñer.
- Con la ayuda de un rayador metálico el tubero demarcará los ejes sobre los cuales se instalarán los Medidores de Deformación.

El sector ya preparado deberá quedar como lo indica la figura 5.

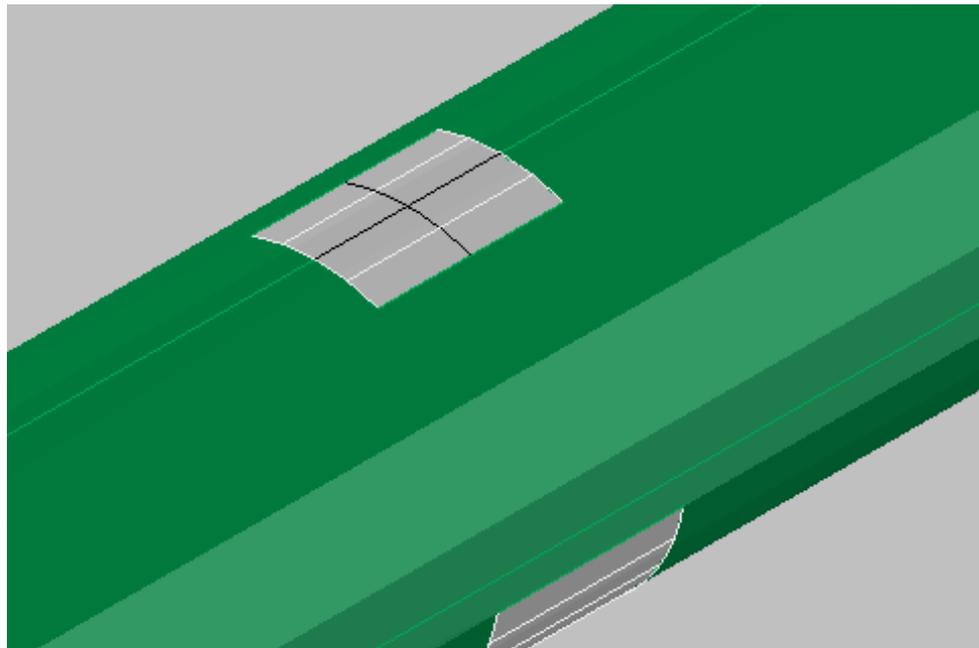


Fig. 5. Superficie preparada para la instalación de los Medidores de Deformación

Instalación de los Medidores de Deformación

Una vez que ya se ha detallado a todos los trabajadores sobre la manera de preparar la superficie de instalación de los Medidores de Deformación se indicará detenidamente sobre la forma correcta de instalar los strain gauges sobre el oleoducto.

En este punto se debe realizar un análisis detallado de cada una de las siguientes actividades:

- Colocación del strain gauge sobre el oleoducto
- Forma de realizar la soldadura del strain gauge sobre la tubería del oleoducto.
- Cuidados al momento de realizar la soldadura para evitar daños en el strain gauge.
- Forma de impermeabilizar la instalación del Medidor de Deformación.
- Realización del tendido de cables e instalación al tablero de control.
- Puesta a prueba de los Medidores de Deformación.

3.4.3. Determinación de las actividades críticas.

La instalación de los Medidores de Deformación debe desarrollarse de la manera más exacta posible, ya que una mala instalación de los mismos nos dará lecturas erróneas y una visión totalmente errónea sobre lo que realmente está sucediendo con el oleoducto; pasando de esta manera a ser una fuente de información falsa que nos llevara a pérdidas de tiempo considerables, realización de trabajos innecesarios, entre otros problemas.

Una vez que se hayan revisado detenidamente todas las actividades inmersas en la instalación de los Medidores de Deformación conjuntamente con todo el personal, se deberán realizar evaluaciones a cada uno de ellos para poder determinar los puntos que no fueron captados de una manera idónea y que podrían terminar en malos resultados de nuestra instalación final.

Se deberán detectar todas las posibles fallas que se puedan dar y realizar una nueva capacitación del personal sobre las falencias detectadas para evitarlas al máximo.

Durante la realización de las pruebas de aptitud del personal se deberá ir tomando notas sobre las falencias que tengan cada uno de ellos; todo esto con la finalidad de realizar una nueva capacitación sobre estas actividades críticas y ponerle principal atención a las mismas al momento de realizar la instalación de los Medidores de Deformación.

3.4.4. Creación del plan de entrenamiento

Ya revisadas todas las actividades a realizarse dentro del proceso de instalación de los Medidores de Deformación sobre oleoductos vamos a desarrollar un plan de entrenamiento el mismo que no será más que una guía básica para el instructor; el mismo que tendrá la posibilidad de ser mejorado o reestructurado en caso de ser necesario.

Nuestro plan de entrenamiento deberá contener la siguiente información:

3.4.4.1. Encabezado

Nuestro plan de entrenamiento tiene que estar plenamente identificado con la finalidad de evadir responsabilidades, por lo que es de suma importancia que en el encabezado de nuestro plan de entrenamiento conste necesariamente la siguiente información:

- Nombre de la Persona, Empresa o Institución responsable que realizará el curso de capacitación
- Nombre del Instructor
- Nombre del Cliente, Empresa o Institución que requiere los servicios de capacitación.
- Tiempo de duración
- Lugar de ejecución
- Fecha de inicio y culminación de la capacitación.

3.4.4.2. Objetivos

Los objetivos a cumplirse durante la realización del plan de entrenamiento deberán ser determinados conjuntamente entre la empresa que requiere los servicios de capacitación y la compañía contratada para realizarla; siendo el principal objetivo el de capacitar al personal de la manera más adecuada e idónea para realizar la instalación de Medidores de Deformación.

3.4.4.3. Actividades a cumplirse

La Persona, Empresa o Institución contratada para la realización de la capacitación del personal deberá presentar a la Empresa que requiere sus servicios una planificación por el tiempo acordado para el entrenamiento, detallando todas las

actividades planificadas a desarrollarse conjuntamente con una breve descripción de cada una de ellas en la cual se indicará la importancia de realizar esa actividad.

En esta planificación deberá constar necesariamente un tiempo prudente para la realización de pruebas al personal y una re-inducción de los puntos críticos determinados.

Esta planificación deberá ser aceptada en su totalidad por la contratista.

3.4.4.4. Conclusiones y recomendaciones

Al finalizar el periodo de entrenamiento se deberá detallar el porcentaje de cumplimiento de los objetivos trazados y las recomendaciones necesarias que deberán ser tomadas en cuenta al momento de realizar la instalación de los Medidores de Deformación.

Todos los puntos arriba detallados deberán constar sin excepción dentro del plan de entrenamiento a desarrollarse; en nuestro caso, el plan quedará como lo indica el anexo 1.

3.5. Requerimientos generales de seguridad

Una vez revisadas en forma general las actividades que se van a ejecutar durante la ejecución del plan de entrenamiento vamos a realizar un análisis de todas las normas de seguridad que se deberán cumplir antes de proceder con la realización de cualquier trabajo.

Se debe recordar siempre que el requisito primordial para poder iniciar con la realización de cualquier trabajo o actividad es cumplir con todas las normas de seguridad que exige la realización de dicho trabajo, las mismas que estarán acorde a los riesgos que conlleven la ejecución de esa tarea.

3.5.1. Análisis del área de trabajo

Para poder cumplir con todas las normativas tanto nacionales como internacionales dispuestas por la compañía que ejecutará los trabajos de instalación de los Medidores de Deformación se debe primeramente analizar las condiciones en las que se encuentra el sitio donde se realizarán los trabajos, determinando cuáles son las condiciones tanto estándar como sub-estándar que presenta el lugar para poder plantear y diseñar un plan de trabajo para la adecuación del mismo.

Se deberá tomar principal atención a la señalización del sitio de trabajo, utilización de equipos de protección personal y realización diaria del A.R.T.

El sitio deberá cumplir con todas las normas de seguridad, sin excepción.

3.5.2. Señalización del sitio de trabajo.

Una vez que se ha analizado detenidamente las condiciones en las que se encuentra el lugar de trabajo se debe realizar un diseño del mismo; que puede ser un plano en 2 dimensiones, una maqueta o una simulación en 3 dimensiones, con la finalidad de localizar los puntos exactos en los cuales se deberán colocar los paneles luminosos de advertencia o información según corresponda.

Las principales normas a tomarse en cuenta en la señalización del sitio de trabajos son:

- El área a utilizarse para la realización de la instalación de los Medidores de Deformación debe estar visiblemente demarcada mediante la utilización de cinta de peligro.
- Al ingreso, a la mitad y al final del sitio de trabajo debe colocarse una copia del plano previamente realizado, con la finalidad de proveer la información necesaria a todos y cada uno de los trabajadores, supervisores o personas ajenas que visiten el lugar de trabajo.

En el mapa se podrán identificar fácilmente todos los sectores que comprenden el lugar de trabajo, rutas de escape, localización de extintores, puestos de emergencia, entre los principales.

El mapa deber tener la característica de poder ser fácilmente leído y comprendido por cualquier persona que ingrese por primera vez al sitio de trabajo.

Colocar en sitios visibles los letreros luminosos ya sea que estos indiquen información de riesgos, prohibiciones u obligaciones, de tal manera que queden plenamente identificados todos los lugares que conforman el sitio de trabajo conjuntamente con los peligros que conlleva el transitar o laborar en ese sector.

Se debe tener presente que conforme se vayan realizando las actividades de adecuación del sitio de trabajo se van a retirar o adicionar nuevos letreros luminosos, dependiendo de la aparición de nuevos riesgos en el lugar.

3.5.3. Requerimiento de E.P.P.

Con la finalidad de precautelar la integridad física de todas las personas que ingresen al sitio de trabajo, estas deberán cumplir con todas las normativas impuestas, entre ellas la utilización del equipo de protección personal.

Como es de conocimiento general, en todo sitio donde se realice alguna actividad existen riesgos de accidentes, siendo la primera opción para evitar los mismos la utilización del equipo de protección personal por parte de todas las personas que estén dentro del lugar de trabajo.

La combinación de los implementos que conformen el equipo de protección personal puede variar conforme a los requerimientos, necesidades y riesgos presentes en la actividad que se está desarrollando o se va a realizar.

Los principales implementos que se utilizarán de manera más frecuente son:

- **El casco**, que provee protección a la cabeza contra golpes.
- **Los guantes**, que dependiendo de la actividad a realizar variara también su tipo, pero es frecuentemente utilizado para protección de las manos y manipulación de herramientas.
- **Botas industriales**, para la protección de los pies.
- **Protectores auditivos**, se debe seleccionar adecuadamente el tipo de protector en base a los requerimientos de la actividad a realizar, ya que este implemento puede ser muy molesto e incómodo.
- **Gafas de seguridad**, deberá ser seleccionada de la manera más adecuada y acorde a la tarea o actividad a realizar.

Ninguna persona; sin excepción, podrá ingresar al sitio de trabajo sino utiliza todos los implementos de seguridad requeridos y solicitados en el procedimiento de Instalación de Medidores de Deformación.

3.5.4. A.R.T. y charla diaria

Una de las actividades de mayor importancia para prevenir accidentes durante la preparación y ejecución de algún trabajo es la concientización de todo el personal involucrado en la realización del mismo.

La charla diaria es una herramienta sumamente útil para este fin, ya que al dialogar con todos los trabajadores sobre los riesgos o peligros que puede haber al momento de ejecutar alguna actividad pone en alerta a todas las personas encargadas de realizarla y los conlleva a hacerlo de una manera ordenada, planificada y segura para prevenir o reducir al máximo todos los riesgos sobre los cuales se hablo durante la charla diaria.

Conforme se va realizando la charla diaria se van a ir tomando apuntes en el formato de A.R.T. sobre cada uno de los riesgos y peligros encontrados en los trabajos a desarrollarse durante el día de labores y las medidas de seguridad a tomarse para prevenirlos.

Una vez completa la charla diaria de seguridad y lleno el formato de A.R.T. es muy importante que todos los asistentes a la misma firmen para poder sustentar que estuvieron en la pequeña capacitación y que son responsables de las acciones a realizar durante la ejecución de los trabajos.

El A.R.T. a más de ser un formato para detectar y dar a conocer los peligros existentes durante la realización de alguna actividad es un documento que indica el compromiso de todos los trabajadores con la empresa a tomar todos los recaudos necesarios para minimizar al máximo los riesgos y prevenir cualquier tipo de accidente.

Cabe aclarar que esta charla puede ser dictada por cualquier persona que vea que alguna actividad se está realizando de una manera errónea, inadecuada o peligrosa, a cualquier momento o en cualquier lugar.

3.5.5. Requerimientos ambientales

El trabajo de instalación de los Medidores de Deformación se lo realizará siempre a la intemperie, motivo por el cual se debe prevenir y proteger a todo el personal encargado de realizarlo de la exposición directa a algunas condiciones ambientales dañinas tales como:

- Agentes físicos tales como el ruido, radiación ultravioleta, entre los principales.
- Exposición a agentes químicos
- Exposición a agentes biológicos.
- Calor y frío.

Es sumamente necesario que el supervisor Q.H.S.E. determine antes de la realización de cualquier trabajo todas las condiciones ambientales en las cuales se van a desarrollar las actividades con el único fin de planificar y determinar cuáles serán las acciones a tomarse para minimizar los riesgos durante la ejecución de los trabajos.

En la mayoría de los casos será necesario dotar al personal del EPP adecuado para protegerlos cuando estén expuestos a algunos de los riesgos arriba señalados.

Adicional, se deberá considerar la colocación de una carpa en el sitio de trabajo con la finalidad de proteger al personal de las condiciones climáticas, y a su vez evitar posibles retrasos en los trabajos por motivo de lluvia.

CAPÍTULO IV

4. GENERACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Se entiende por procedimiento a una guía escrita en la cual se describen todos los pasos; de una manera detallada, para la ejecución de una determinada actividad; en nuestro caso la instalación de los strain gauge.

Una vez determinados todos los requerimientos de personal, materiales, equipos, herramientas, de capacitación y de seguridad necesarios para la ejecución de la instalación de los Medidores de Deformación tipo VW -SPOTWELD, vamos a generar nuestro procedimiento específico que era el objetivo principal de este estudio investigativo.

4.1. Objetivos del procedimiento

Iniciaremos con la creación de nuestro procedimiento con el establecimiento de los objetivos que pretendemos cumplir con la realización de la instalación de los Medidores de Deformación.

Bajo este concepto nuestro objetivo general será:

“Realizar la instalación de Medidores de Deformación tipo VW -SPOTWELD strain gauge sobre oleoductos”

Los objetivos específicos se desprenderán de nuestro general, indicando el cumplimiento de algunas necesidades durante la ejecución de las tareas:

“Determinar los requerimientos de personal, materiales, equipos, herramientas y de SSO que sean necesarios para la ejecución de las labores de instalación de los Medidores de Deformación”

“Indicar cuáles serán las responsabilidades de cada una de las personas que conformen el equipo de trabajo para la instalación de los strain gauge”

“Detallar cada una de las actividades que conforman el proceso de instalación de los Medidores de Deformación”.

4.2. Alcance y aplicación

El procedimiento a generarse tendrá una aplicación exclusiva a la instalación de Medidores de Deformación del tipo VW -SPOTWELD STRAIN GAUGE sobre oleoductos, ya sea que estos se encuentren enterrados o la intemperie.

No será aplicable a la instalación de dichos Medidores sobre oleoductos sumergidos.

4.3. Requerimientos generales, ambientales y de seguridad

4.3.1. Requerimientos generales (Documentación en el sitio de trabajo)

- Permiso de trabajo en frío indicando como tarea crítica el trabajo en zanjas.
- Permiso de trabajo en caliente estableciendo como tarea crítica los trabajos de soldadura.
- Certificados que acrediten la capacitación del personal.

4.3.2. Requerimientos ambientales (Documentación en el sitio de trabajo)

- Plan de manejo de desechos

4.3.3. **Requerimientos de Seguridad**

Documentación en el sitio de trabajo

- Análisis del estado de equipos y herramientas a utilizarse.
- Charla de diaria o de pre jornada
- ART (Análisis de riesgo en el trabajo)
- Inspección de estructuras de soportes de talud: pantallas de apuntalamiento, puntales, refuerzos de estructuras soportantes.
- Plan de evacuación y asistencia médica

Requerimientos de Seguridad (Implementos, herramientas o condiciones del sitio de trabajo)

- Equipo de protección personal (EPP)
- Disponer de escaleras y salidas de emergencia en la zanja
- Cinta para delimitación del Área de Trabajo
- HandieTalkie para comunicación interna y externa
- Equipos de primeros auxilios (botiquín, camilla, inmovilizadores)

4.4. **Delegación de responsabilidades**

Es de suma importancia dar a conocer a cada uno de los integrantes del equipo de trabajo las responsabilidades que tendrán durante la ejecución de las labores de instalación de los Medidores de Deformación, todo esto con la finalidad de evitar subordinaciones y problemas en general de índole organizacional.

Por lo mencionado, vamos a establecer cuáles serán las responsabilidades de cada uno de los integrantes y un pequeño diagrama organizacional del equipo de trabajo.

4.4.1. Diagrama organizacional

El equipo de trabajo estará organizado de la siguiente manera:

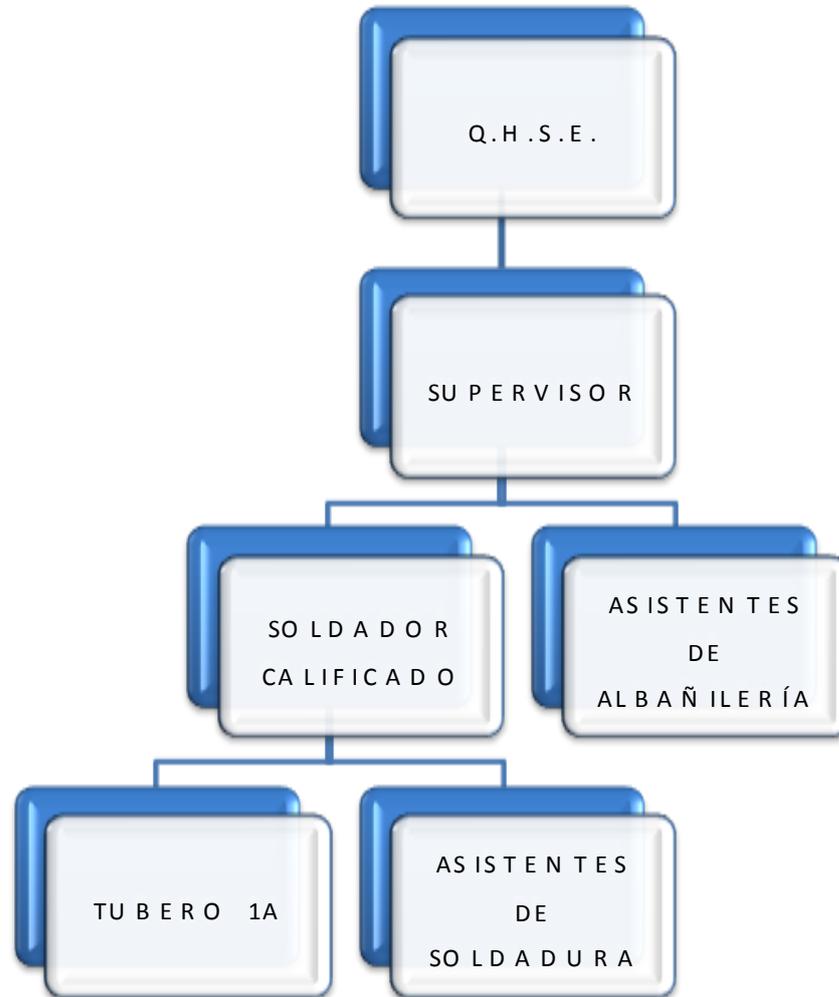


Fig. 6. Diagrama organizacional

4.4.2. Determinación de las responsabilidades individuales y por cargo

Supervisor de Obra

Estará a cargo de la inspección de la obra y ejecución de la orden de servicio en cumplimiento a los procedimientos de trabajo, seguridad y medio ambiente.

Asistentes de soldadura y eléctricos

Responsables del servicio de colocación de Medidores de Deformación en cumplimiento de los procedimientos descritos.

Asistentes de albañilería

Responsables de la obra civil, limpieza de la tubería y construcción de la base donde se colocará el Gabinete que contendrá los tableros de control.

Supervisor QHSE

Es el responsable de verificar la aplicación y el cumplimiento de este procedimiento. Igualmente será el encargado de realizar la capacitación procedimientos e instructivos de tareas críticas que relacionan a los trabajos de esta orden.

Realizará la apertura y cierre de los respectivos permisos de trabajo.

Tubero Calificado

Es la persona encargada de realizar todos los procedimientos de señalización de los puntos sobre la superficie de la tubería del oleoducto en el cual se ubicarán los Medidores de Deformación.

Es de suma importancia que esta actividad sea realizada de la manera más exacta posible para que al momento de realizar la medición de datos, estos no sean erróneos, y al contrario de ser una ayuda para localizar posibles fallas en el oleoducto nos produzca una información totalmente fuera de la realidad.

Soldador calificado.

Será el responsable directo de la instalación de los Medidores de Deformación sobre la superficie del oleoducto.

4.5. Desarrollo de las actividades

En este ítem vamos a detallar cada una de las actividades a ser cumplidas durante la ejecución de las tareas y los riesgos y dificultades más probables que encontraremos en la realización de cada una de ellas.

4.5.1. Preparación del sitio de trabajo

Previamente a los inicios de los trabajos de instalación de los Medidores de Deformación se analizará el sitio donde se realizaran estos trabajos con la finalidad de determinar el estado actual del mismo, los requerimientos de materiales, de seguridad y principalmente poder establecer un diagrama de procesos a seguirse durante la ejecución de los trabajos.

Los resultados de este análisis dependerán del sector donde se encuentre instalado el oleoducto, si se encuentra a la intemperie sobre marcos H o si está enterrado completamente, según estas condiciones cambiarán los requerimientos:

Oleoducto sobre marcos H.

Si el oleoducto se encuentra sobre marcos H los trabajos a realizarse básicamente serán sencillos, se analizará las condiciones de la naturaleza que rodea al oleoducto, tratando principalmente de que los puntos donde se vayan a instalarse los strain gauge se encuentren bajo sombra.

Se realizarán, de ser necesarias, labores de desbroce de maleza que pueda dificultar los trabajos en los puntos seleccionados para la instalación de los Medidores de Deformación.

Oleoducto enterrado.

En este caso se debe preparar las actividades necesarias para desenterrar al oleoducto sin provocar daños en su superficie.

Adicional a esto se debe establecer las normas de seguridad que deben regir para los trabajos en zanjas, proporcionando de esta manera a los trabajadores un sitio seguro para la realización de las tareas.



Fig. 7. Desenterrado del oleoducto

El sitio de trabajo para los dos casos anteriormente señalados deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) El sitio debe estar completamente libre de agua de lluvia y escombros.
- b) Debe haber el espacio suficiente para que trabajen 4 personas.
- c) La tubería del oleoducto debe estar descubierta en su totalidad en un ancho de 2 m a cada lado del eje del oleoducto.
- d) Los sectores de la tubería donde se van a instalar los Medidores de Deformación deben estar bajo sombra.
- e) Las paredes de la zanja deben estar reforzadas mediante pantallas y trinchos para evitar derrumbes que puedan ocasionar accidentes al momento de realizar los trabajos.

Para ambos casos, el área utilizada para la realización de los trabajos deberá estar visiblemente delimitada con cinta de peligro.



Fig. 8. Delimitación del sitio de trabajo

4.5.2. Instalación de los Medidores de Deformación

El proceso de instalación de los Medidores de Deformación comprenderá las siguientes actividades que deberán ser cumplidas en el orden abajo descrito.

4.5.2.1. Localización de los puntos de instalación.

Mediante trabajos de topografía se marcarán con exactitud los puntos en la parte superior del oleoducto sobre los cuales se instalarán los Medidores de Deformación. A partir de estos puntos y con la ayuda de una faja de marcación el tubero se encargará de localizar los puntos restantes alrededor de la circunferencia del oleoducto sobre los cuales se colocarán los strain gauge, teniendo en cuenta que deberán estar separados entre sí 120° , tal como se lo muestra en la figura 8.

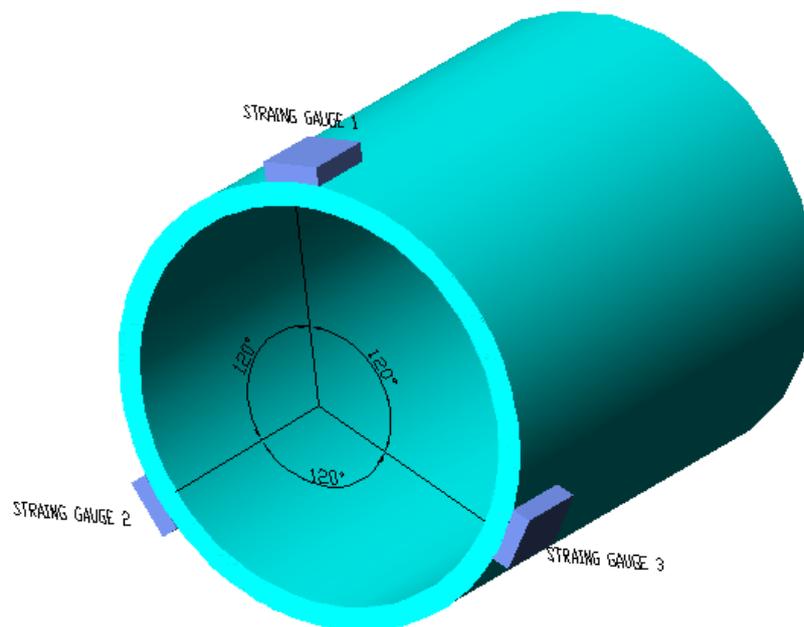


Fig. 9. Ubicación de los strain gauge sobre el oleoducto

4.5.2.2. Retiro del recubrimiento FBE.

Una vez localizados los puntos donde serán instalados los Medidores de Deformación se realizara la limpieza del recubrimiento FBE de la superficie de estos

puntos, para ello se utilizará una plantilla rectangular de 25 cm x 30 cm y se seguirá el siguiente proceso:

- Demarcar el área con la plantilla, dejando centrado el punto localizado para la instalación del Medidor de Deformación.
- Con la ayuda de una amoladora y una grata metálica retirar el recubrimiento FBE de la superficie del oleoducto en las áreas previamente señaladas con la plantilla.



Fig. 10. Retiro del recubrimiento FBE

4.5.2.3. Trazado de los ejes.

Con la finalidad de colocar los Medidores de Deformación sobre la superficie en un eje paralelo al del oleoducto, es necesario trazar los ejes con la mayor precisión posible.

Para ello nos apoyaremos en la utilización de escuadras y niveles.



Fig. 11. Trazado de los ejes

4.5.2.4. Colocación de los Medidores de Deformación.

Una vez ya preparada la superficie de instalación se procederá a realizar la instalación de los strain gauge con la mayor precisión del caso.

Esta actividad se la debe realizar siguiendo las especificaciones siguientes:

Colocación del strain gauge.

Para la colocación del strain gauge, se tomarán en cuenta ciertos parámetros que deberán ser tomados muy en cuenta:

- Colocar de la manera más exacta posible el strain gauge sobre las líneas marcadas previamente por el tubero.

- Evitar que al momento de soldar la chispa, en caso de producirse, ésta tope el strain gauge y ocasione de esta manera su deterioro.



Fig. 12. Colocación del strain gauge

Esquema de soldadura

Para la realización de la soldadura de los strain gauge y con la finalidad de proporcionarles a la misma una fijación más estable al oleoducto, los puntos de soldadura se colocarán como lo indica la figura 12.

Colocación del sensor.

Una vez colocado el strain gauge, se colocará sobre este el sensor, el mismo que será soldado a la superficie del oleoducto con la ayuda de unas láminas metálicas (llamadas correas de soldadura) que se encargarán de proveer una sujeción lo

suficientemente fuerte como para evitar que el sensor se pueda mover y provocar de esta manera se produzcan lecturas erróneas.

Colocación de la cubierta protectora.

Para evitar la corrosión o la influencia de agentes externos, se deberá colocar la cubierta protectora sobre el sensor.

La colocación de esta cubierta se la realizará de igual manera con la utilización de la soldadura de punto, y posteriormente se colocará silicona sobre los bordes de la superficie soldada, para evitar la filtración de la humedad.

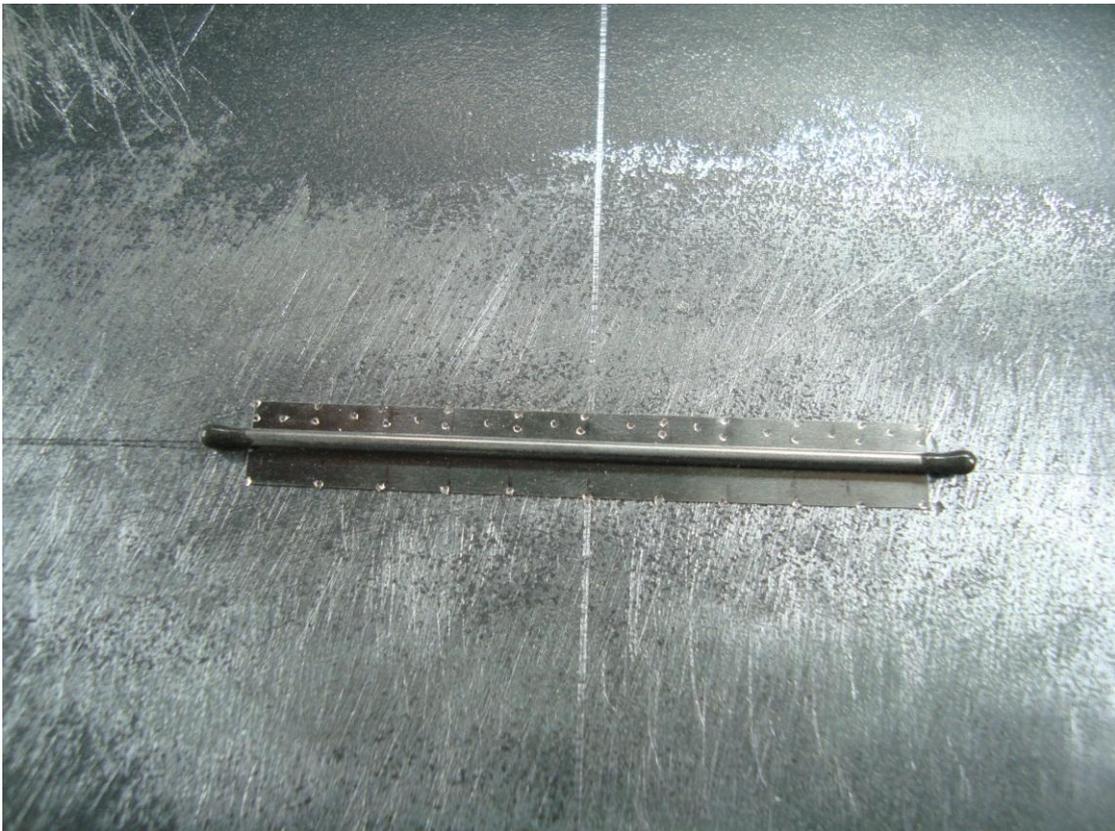


Fig. 13. Esquema de colocación de puntos de soldadura

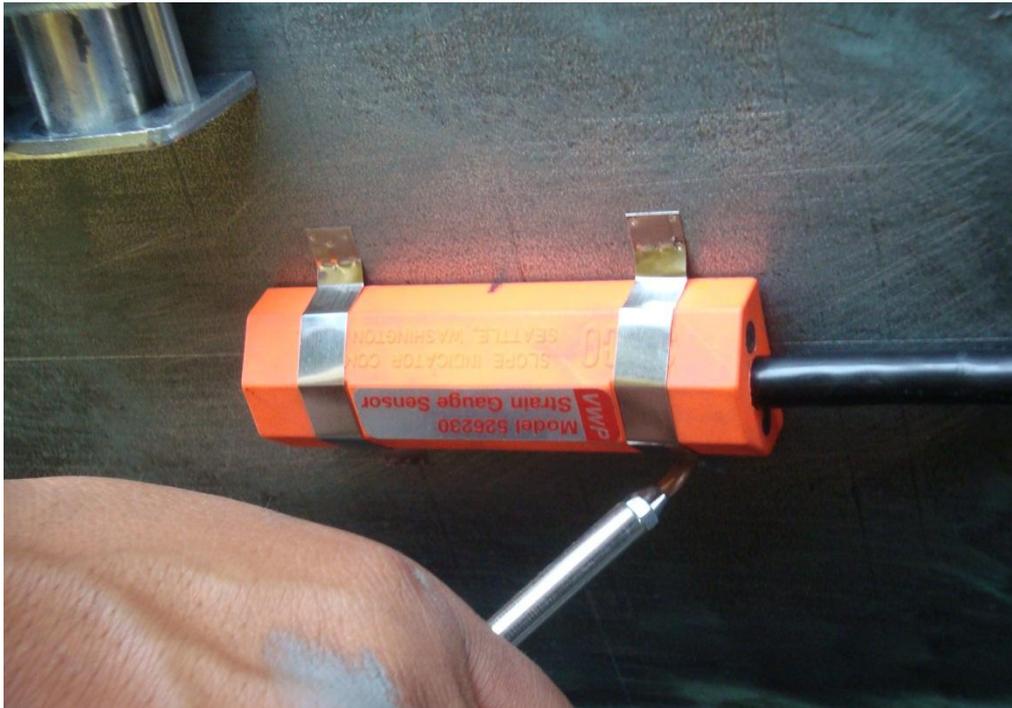


Fig. 14. Colocación del sensor



Fig. 15. Colocación de la capa protectora



Fig. 16. Sellado con silicona



Fig. 17. Colocación del masticpad

Colocación de masticpad.

Una vez colocada la cubierta protectora, se colocará sobre esta un pedazo de masticpad de 15 cm x 15 cm, como unidad de refuerzo a la protección del conjunto previamente instalado sobre el oleoducto tal como se lo puede ver en la figura 16.

4.5.2.5. Recubrimiento con pintura anticorrosiva

Con la finalidad de evitar el pronto deterioro de la capa superficial del oleoducto se procederá a recubrir la superficie donde se encuentran instalados los Medidores de Deformación y por consiguiente libre del recubrimiento FBE, previniendo de esta manera la exposición directa del oleoducto con los agentes corrosivos externos del medio ambiente.

Para ello, utilizaremos pintura anticorrosiva, la misma que será aplicada en dos o tres capas, dependiendo del riesgo de deterioro de la superficie del oleoducto.



Fig. 18. Recubrimiento con pintura anticorrosiva

4.5.3. Tendido de cable.

El cable que llevará la información desde los puntos de instalación de los strain gauge hasta el Gabinete donde se encuentran los tableros de lectura, deberán igualmente estar lo suficientemente protegidos para evitar su pronto deterioro que a su vez culminaría con un cambio total del strain gauge dañado; para esto se tomarán en cuenta los siguientes parámetros a cumplirse:



Fig. 19. Construcción de la zanja para el tendido de cable

- Se debe realizar una zanja a una distancia no mayor a 1 m. medido desde el eje longitudinal del oleoducto, tomando como consideración básica un análisis previo de los dos sectores para construir la zanja en el que menos riesgos presente hacerlo.
- Toda la sección de la tubería de PVC deberá estar herméticamente cerrada desde el punto de inserción de los cables hasta el ingreso al Gabinete de los tableros de control.

- Dentro de la tubería no se colocarán más de 9 cables a lo largo de toda su longitud. Se instalarán los trayectos de tubería que sean necesarios pero no se podrá colocar una mayor cantidad de cables dentro de la misma que el número de cables mencionados.
- Se deberá señalar, numerar o codificar cada uno de los cables antes de colocarlos dentro de la tubería, para no tener dificultades en su posterior conexionado al tablero de control.

4.5.4. Construcción de la base de soporte del Gabinete de Control.

En caso de que en los alrededores del sitio de colocación de los Medidores de Deformación no exista una superficie lo suficientemente plana y resistente (generalmente una superficie de concreto) como para colocar sobre ella el Gabinete de Control, se deberá construir una base de concreto en un sitio previamente definido y que nos proporcione las facilidades necesarias como para poder instalar en ella sin ningún tipo de inconvenientes los cables que llegarán a este punto desde los puntos de instalación de los strain gauge.



Fig. 20. Construcción de la base para la colocación del Gabinete de Control

Al momento de construirse la base se deberán colocar dos pedazos de tubería de PVC lo necesariamente anchos y largos, para que sean el punto de ingreso de los cables al interior del Gabinete, tal como se la muestra la figura 19.

4.5.5. Instalación del Gabinete de Control

El Gabinete de Control deberá colocarse sobre la base fija previamente construida y fijada al piso. Dentro del Gabinete se colocarán las cajas que sean necesarios.



Fig. 21. Colocación del Gabinete de Control

4.5.6. Conexión de los Medidores de Deformación a las cajas de control

Una vez que ya se tengan los cables dentro del Gabinete de Control y colocadas las cajas dentro del mismo, se procederá a realizar el conexionado respectivo; para ello será fundamental la señalización realizada de cada uno de los cables provenientes de los strain gauge.

Cada strain gauge se encuentra compuesto por 5 cables caracterizado por colores y cada uno de ellos debe ser colocado dentro de una sola ranura de la caja de control en el siguiente orden:

TABLA 4.5.6. Guía de conexión de cables en la caja de control

# de terminal de la caja	Color del cable	Función
5	Azul	Temperatura
6	Blanco con anaranjado	V W
7	Blanco con azul	Temperatura
8	Anaranjado	V W
10	Cable desnudo	Protección

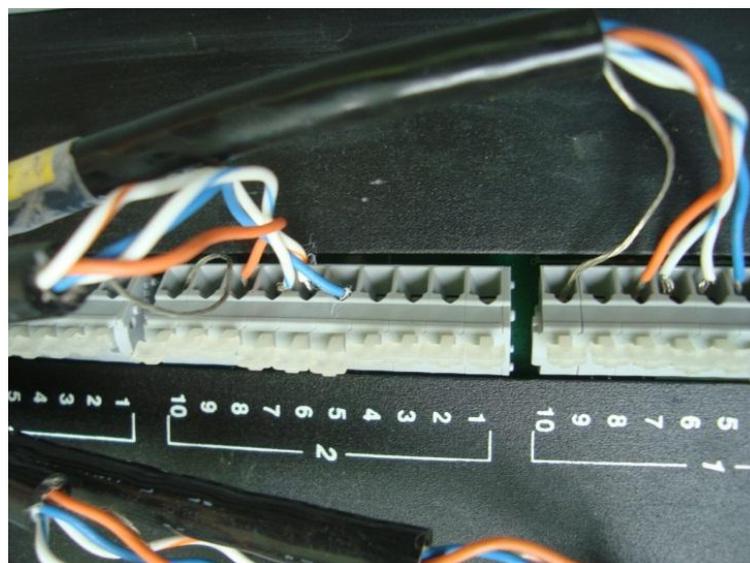




Fig. 21. Conexión del strain gauge a la caja de control

4.5.7. Lectura de la información

Para proceder a realizar las mediciones de cada uno de los Medidores de Deformación, seguiremos los siguientes pasos en su orden:

1. Conectar el cable VGA al registrador de datos y a la caja de control.
2. Mover la perilla de la caja de control para seleccionar el strain gauge del cual queremos realizar la medición
3. Encender el Registrador de datos
4. Si queremos medir la vibración del cable seleccionaremos en el Registrador de Datos el rango de 800 a 2000 Hz y en el caso de querer medir la temperatura seleccionaremos la opción de Grados Celsius.
5. Presionar enter para generar la medición.
6. Transformar la medida obtenida en Hz a microdeformación utilizando la siguiente fórmula:

$$\mu\varepsilon = A(F^2) + C$$

donde:

$$A = 0.0007576$$

$$F = \text{medida en Hz}$$

$$C = -2030.1$$

7. A la medida obtenida se le debe restar el valor de microdeformación inicial. (medida tomada inmediatamente después de haber realizado la instalación) para así obtener el valor real de microdeformación.

$$\Delta \mu \varepsilon = \mu \varepsilon \text{ medida} - \mu \varepsilon \text{ inicial}$$

Tomando en base esta medida obtenida se podrá determinar la situación de esfuerzo a la que se encuentra sometida la tubería y en base a los datos del material de la misma se tomarán los correctivos necesarios.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

- Con la realización del presente trabajo investigativo se elaboró un procedimiento específico para la instalación de Medidores de Deformación tipo VW -SPOTWELD STRAIN GAUGE sobre oleoductos; el mismo que servirá como instrumento básico para el desarrollo o ejecución de esta actividad en oleoductos que se encuentren enterrados o sobre marcos H.
- Con la creación del plan de entrenamiento para el personal que estará encargado de la instalación de los Medidores de Deformación, se tratará de reducir casi en su totalidad los errores humanos que se puedan presentar dentro del proceso de instalación de este dispositivo sobre los oleoductos, los mismos que llegar a presentarse pueden ocasionar grandes pérdidas económicas por el daño de algunos Medidores; en el mejor de los casos, o el fracaso total de la obra en caso de ser colocados de manera errónea.
- Se determinaron los requerimientos de seguridad que previamente deben cumplir los sitios de trabajo para evitar accidentes que pueden terminar con lesiones o daños para el personal; o en el peor de los casos, su fallecimiento.

5.2. Recomendaciones:

- Se recomienda utilizar el presente procedimiento como base para el desarrollo de otros para la realización de la misma actividad, tomando como consideraciones principales los objetivos a plantearse y el alcance, ya que su texto debe definir claramente las limitaciones de cada uno de ellos y ser interpretado de la misma manera tanto por la persona que lo realiza como por la persona que lo lea.
- Cumplir de una manera consciente y eficiente con el plan de entrenamiento para que los resultados sean óptimos al momento de realizar la instalación de los strain gauge.
- Tener presente siempre que lo principal ante todo es la seguridad de las personas y nunca considerar alguna condición laboral como segura cuando verdaderamente sabemos que no lo es.

Linkografía

SOTE

<http://www.sote.com.ec/sote/general/home.do>

2011/01/25

OCP ECUADOR

<http://ocpecuador.com/>

2011/01/25

SEGURIDAD EN OLEODUCTOS

<http://www.clh.es/GrupoCLHCastellano/ResponsabilidadCorporativa/ProteccionOleoductos/>

2011/02/23

OLEODUCTOS

http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Oleoductos_y_gasoductos

2011/02/23

STRAIN GAUGE

<http://www.slopeindicator.com>

2011/04/16

A N E X O S

A N E X O 1

CRISTIAN GEOVANNY BETANCOURT GUACHAMBALA

Cliente: Instructor:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

**PLAN DE ENTRENAMIENTO DE PERSONAL
PREVIO A LA INSTALACIÓN DE MEDIDORES
DE DEFORMACIÓN TIPO VW -SPOTWELD
STRAIN GAUGE SOBRE OLEODUCTOS**

Cliente: Instructor:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

1. OBJETIVOS:

1.1. OBJETIVO GENERAL:

- Capacitar al personal que estará a cargo de realizar la instalación de los medidores de deformación sobre oleoductos de la manera más idónea y adecuada.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Dar a conocer a cada uno de los trabajadores que estarán implicados en el desarrollo de las actividades de instalación de los medidores de deformación tipo VW-SPOTWELD STRAINING GAUGES sobre oleoductos cada una de sus responsabilidades y las actividades que deberán realizar durante la realización del trabajo.
- Describir y practicar sobre la correcta utilización de todas las herramientas, maquinaria y equipo que serán utilizadas durante la instalación de los medidores de deformación.
- Capacitar individual y grupalmente a todo el personal sobre cada una de las actividades que deban desarrollar: la manera correcta de hacerlo, los cuidados y precauciones que deben tomar al momento de realizarlas.
- Indicar detenidamente los riesgos más comunes que se presentan durante la ejecución de los trabajos.
- Demostrar al personal lo primordial de la utilización de todos los implementos que conforman el E.P.P. durante cada una de las actividades a realizarse.

Cliente: Instructor:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

2. ACTIVIDADES A DESARROLLARSE:

a) Realización de una pequeña introducción descriptiva y motivacional; en la cual se detallaran:

- Los objetivos propuestos alcanzarse durante el desarrollo del plan.
- La importancia del desarrollo del curso de entrenamiento.
- Una breve descripción de las actividades a desarrollarse.

b) Charla de seguridad industrial, la misma que contendrá:

- Importancia de la utilización de E.P.P.
- Reconocimiento de condiciones estándar y sub-estándar de los sitios de trabajo.
- Acciones seguras e inseguras.

c) Reconocimiento del sitio de ejecución del plan de entrenamiento, indicando la localización de las áreas: de trabajo, de emergencia y localización de maquinaria.

d) Realización de una breve descripción y reconocimiento de la maquinaria y herramientas a utilizarse.

e) Desarrollo de la capacitación

- Adecuación del sitio de trabajo
- Preparación de la superficie de instalación
- Instalación correcta de los medidores de deformación.
- Tendido de cable
- Construcción de la base para la colocación del gabinete de control
- Conexión de los medidores de deformación al tablero de control
- Manera correcta de realizar la toma de datos.

Cliente: Instructor:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

f) Al final de la capacitación se realizará una evaluación a cada uno de los integrantes del equipo de trabajo con el fin de detectar falencias y compensar los conocimientos o falta de práctica.

3. RESULTADOS DEL ENTRENAMIENTO Y DATOS DE IMPORTANCIA

Supervisor:

.....

.....

Supervisor Q.H.S.E.:

.....

.....

Tubero:

.....

.....

Soldador:

.....

.....

Asistentes de soldadura:

.....

Asistentes de albañilería:

.....

Obreros:

.....

Cliente: Instructor:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Introducción	█																
Charla de seguridad industrial.		█															
Reconocimiento de las instalaciones.		█	█														
Reconocimiento de la maquinaria, equipos y herramientas.		█	█														
Adecuación del sitio de trabajo			█														
Preparación del sitio de instalación.				█	█												
Instalación de los medidores de deformación				█	█	█	█	█	█								
Tendido de cable.									█	█							
Construcción de la base del gabinete de control.										█							
Conexión de los strain gauges al gabinete de control											█						
Recolección de la información												█	█				
Evaluación del personal													█	█			
Capacitación de refuerzo.														█	█	█	█

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

.....

.....

.....

CRISTIAN GEOVANNY BETANCOURT GUACHAMBALA

Cliente:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

A N E X O 2

CRISTIAN GEOVANNY BETANCOURT GUACHAMBALA

Cliente:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA LA
INSTALACIÓN DE MEDIDORES DE
DEFORMACIÓN TIPO VW-SPOTWELD STRAIN
GAUGE SOBRE OLEODUCTOS**

1. OBJETIVOS:

1.1.OBJETIVO GENERAL:

- Realizar la instalación de medidores de deformación tipo VW - SPOTWELD strain gauges sobre oleoductos.

1.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar los requerimientos de personal, materiales, equipos, herramientas y de SSO que sean necesarios para la ejecución de las labores de instalación de los medidores de deformación.
- Indicar cuáles serán las responsabilidades de cada una de las personas que conformen el equipo de trabajo para la instalación de los strain gauges.
- Detallar cada una de las actividades que conforman el proceso de instalación de los medidores de deformación.

2. ALCANCE Y APLICACIÓN:

El procedimiento a generarse tendrá una aplicación exclusiva a la instalación de medidores de deformación del tipo VW -SPOTWELD STRAIN GAUGES sobre oleoductos, ya sea que estos se encuentren enterrados o a la intemperie.

No será aplicable a la instalación de dichos medidores sobre oleoductos sumergidos.

3. REQUERIMIENTOS GENERALES, AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD

3.1. Requerimientos generales (Documentación en el sitio de trabajo)

- Permiso de trabajo en frío indicando como tarea crítica el trabajo en zanjas.
- Permiso de trabajo en caliente estableciendo como tarea crítica los trabajos de soldadura.
- Certificados que acrediten la capacitación del personal.

3.2. Requerimientos ambientales (Documentación en el sitio de trabajo)

- Plan de manejo de desechos

3.3. Requerimientos de Seguridad

Documentación en el sitio de trabajo

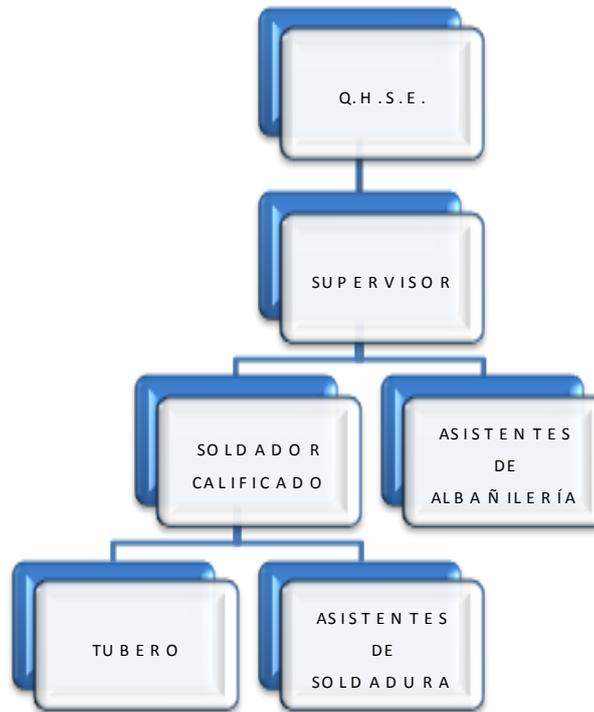
- Análisis del estado de equipos y herramientas a utilizarse.
- Charla de diaria o de pre jornada
- ART (Análisis de riesgo en el trabajo)
- Plan de evacuación y asistencia médica

Requerimientos de Seguridad (Implementos, herramientas o condiciones del sitio de trabajo)

- Equipo de protección personal (EPP)
- Disponer de escaleras y salidas de emergencia en la zanja
- Cinta para delimitación del Área de Trabajo
- HandieTalkie para comunicación interna y externa
- Equipos de primeros auxilios (botiquín, camilla, inmobilizadores)

4. DELEGACIÓN DE RESPONSABILIDADES

4.1. Diagrama organizacional



4.2. Determinación de las responsabilidades individuales y por cargo.

4.2.1. Supervisor de Obra

- Estará a cargo de la inspección de la obra y ejecución de la orden de servicio en cumplimiento a los procedimientos de trabajo, seguridad y medio ambiente.

4.2.2. Asistentes de soldadura y eléctricos

- Responsables del servicio de colocación de medidores de deformación en cumplimiento de los procedimientos descritos.

4.2.3. Asistentes de albañilería

- Responsables de la obra civil, limpieza de la tubería y construcción de la base donde se colocará el gabinete que contendrá los tableros de control.

4.2.4. Supervisor QHSE

- Es el responsable de verificar la aplicación y el cumplimiento de este procedimiento. Igualmente será el encargado de realizar la capacitación, procedimientos e instructivos de tareas críticas de los trabajos de esta orden.
- Realizará la apertura y cierre de los respectivos permisos de trabajo.

4.2.5. Tubero Calificado

- Es la persona encargada de realizar todos los procedimientos de señalización de los puntos sobre la superficie de la tubería del oleoducto en el cual se ubicarán los medidores de deformación.

4.2.6. Soldador calificado.

- Será el responsable directo de la instalación de los medidores de deformación sobre la superficie del oleoducto.

5. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

5.1. Preparación del sitio de trabajo

- El sitio debe estar completamente libre de agua de lluvia y escombros.
- Debe haber el espacio suficiente para que trabajen 4 personas.
- La tubería del oleoducto debe estar descubierta en su totalidad en un ancho de 2 m a cada lado del eje del oleoducto.

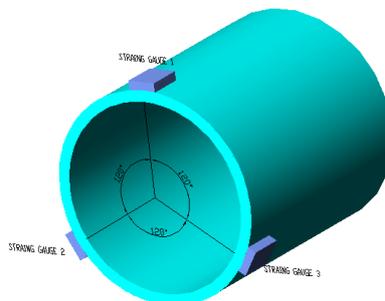
- Los sectores de la tubería donde se van a instalar los medidores de deformación deben estar bajo sombra y libre de maleza.
- Las paredes de la zanja deben estar reforzadas mediante pantallas y trinchos para evitar derrumbes que puedan ocasionar accidentes al momento de realizar los trabajos.
- Para ambos casos, el área utilizada para la realización de los trabajos deberá estar visiblemente delimitada con cinta de peligro.

5.2. Instalación de los medidores de deformación

5.2.1. Localización de los puntos de instalación.

Mediante trabajos de topografía se marcarán con exactitud los puntos en la parte superior del oleoducto sobre los cuales se instalarán los medidores de deformación. A partir de estos puntos y con la ayuda de una faja de marcación el tubero se encargará de localizar los puntos restantes alrededor de la circunferencia del oleoducto sobre los cuales se colocarán los strain gauges, teniendo en cuenta que deberán estar separados entre sí 120° , tal como se lo muestra en la figura 1.

Fig. 1. Ubicación de los strain gauges sobre el oleoducto



5.2.2. Retiro del recubrimiento FBE.

Una vez localizados los puntos donde serán instalados los medidores de deformación se realizara la limpieza del recubrimiento FBE de la superficie de estos puntos, para ello se utilizará una plantilla rectangular de 25 cm x 30 cm y se seguirá el siguiente proceso:

- Demarcar el área con la plantilla, dejando centrado el punto localizado para la instalación del medidor de deformación.
- Con la ayuda de una amoladora y una grata metálica retirar el recubrimiento FBE de la superficie del oleoducto en las áreas previamente señaladas con la plantilla.

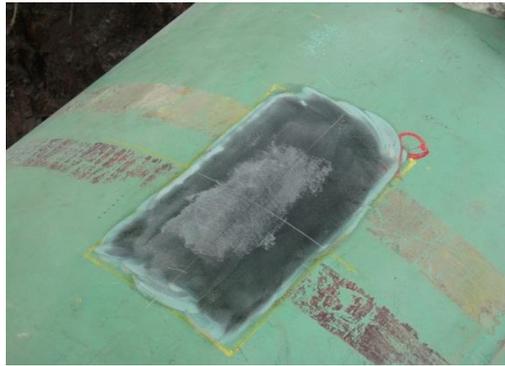
Fig. 2. Retiro del recubrimiento FBE



5.2.3. Trazado de los ejes.

Con la finalidad de colocar los medidores de deformación sobre la superficie en un eje paralelo al del oleoducto, es necesario trazar los ejes con la mayor precisión posible, para ello nos apoyaremos en la utilización de escuadras y niveles.

Fig. 3. Trazado de los ejes



5.2.4. Colocación de los medidores de deformación.

Una vez preparada la superficie de instalación se procederá a realizar la instalación de los strain gauges con la mayor precisión del caso.

Esta actividad se la debe realizar siguiendo las especificaciones siguientes:

Colocación del strain gauge.

Para la colocación del strain gauge, se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

- Colocar de la manera más exacta posible el strain gauge sobre las líneas marcadas previamente por el tubero.
- Evitar que al momento de soldar la chispa, en caso de producirse, ésta tope el strain gauge y ocasione de esta manera su deterioro.

Fig. 4. Colocación del strain gauge



Cliente:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

Esquema de soldadura

Para la realización de la soldadura de los strain gauges y con la finalidad de proporcionarles a la misma una fijación más estable al oleoducto, los puntos de soldadura se colocarán como lo indica la figura 5.

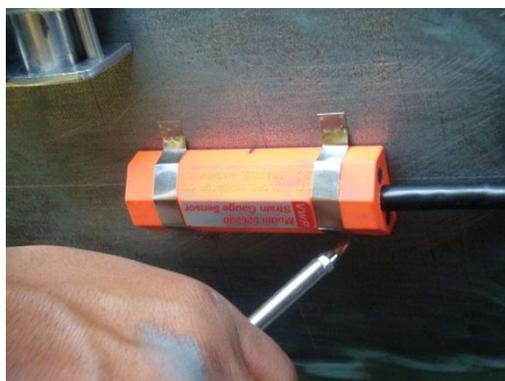
Fig. 5. Esquema de colocación de puntos de soldadura



Colocación del sensor.

Una vez colocado el strain gauge, se colocará sobre este el sensor, el mismo que será soldado a la superficie del oleoducto con la ayuda de unas láminas metálicas (llamadas correas de soldadura) que se encargarán de proveer una sujeción lo suficientemente fuerte como para evitar que el sensor se pueda mover y provocar de esta manera se produzcan lecturas erróneas.

Fig. 6. Colocación del sensor



Colocación de la cubierta protectora.

Para evitar la corrosión o la influencia de agentes externos, se deberá colocar la cubierta protectora sobre el sensor.

La colocación de esta cubierta se la realizará de igual manera con la utilización de la soldadura de punto, y posteriormente se colocará silicona sobre los bordes de la superficie soldada, para evitar la filtración de la humedad.

Fig. 7. Colocación de la capa protectora



Fig. 8. Sellado con silicona



Colocación de masticpad.

Una vez colocada la cubierta protectora, se colocará sobre esta un pedazo de masticpad de 15 cm x 15 cm, como unidad de refuerzo a la protección del conjunto previamente instalado sobre el oleoducto tal como se lo puede ver en la figura 9.

Fig. 9. Colocación del masticpad



5.2.5. Recubrimiento con pintura anticorrosiva

Con la finalidad de evitar el pronto deterioro de la capa superficial del oleoducto se procederá a recubrir la superficie donde se encuentran instalados los medidores de deformación y por consiguiente libre del recubrimiento FBE, previniendo de esta manera la exposición directa del oleoducto con los agentes corrosivos externos del medio ambiente.

Para ello, utilizaremos pintura anticorrosiva, la misma que será aplicada en dos o tres capas, dependiendo del riesgo de deterioro de la superficie del oleoducto.

Fig. 10. Recubrimiento con pintura anticorrosiva



5.2.6. Tendido de cable.

El cable que llevará la información desde los puntos de instalación de los strain gauges hasta los gabinetes donde se encuentran los tableros de lectura, deberán igualmente estar lo suficientemente protegidos para evitar su pronto deterioro que a su vez culminaría con un cambio total del strain gauge dañado; para esto se tomarán en cuenta los siguientes parámetros a cumplirse:

Fig. 11. Construcción de la zanja para el tendido de cable



- Se debe realizar una zanja a una distancia no mayor a 1 m. medido desde el eje longitudinal del oleoducto, tomando como consideración básica un análisis previo de los dos sectores para construir la zanja en el que menos riesgos presente hacerlo.
- Toda la sección de la tubería de PVC deberá estar herméticamente cerrada desde el punto de inserción de los cables hasta el ingreso al gabinete de los tableros de control.
- Dentro de la tubería no se colocarán más de 9 cables a lo largo de toda su longitud. Se instalarán los trayectos de tubería que sean necesarios pero no se podrá colocar una mayor cantidad de cables dentro de la misma que el número de cables mencionados.
- Se deberá señalar, numerar o codificar cada uno de los cables antes de colocarlos dentro de la tubería, para no tener dificultades en su posterior conexionado al tablero de control.

5.2.7. Construcción de la base de soporte del gabinete de control.

Fig. 12. Construcción de la base para la colocación del gabinete de control



Se deberá construir una base de concreto en un sitio previamente definido y que nos proporcione las facilidades necesarias como para poder instalar en ella sin ningún tipo de inconvenientes los cables que llegarán a este punto desde los puntos de instalación de los strain gauges.

Al momento de construirse la base se deberán colocar dos pedazos de tubería de PVC lo necesariamente anchos y largos, para que sean el punto de ingreso de los cables al interior del gabinete, tal como se la muestra la figura 12.

5.2.8. Instalación del gabinete de control

El gabinete de control deberá colocarse sobre la base fija previamente construida y fijada al piso. Dentro del gabinete se colocarán las cajas que sean necesarios.

Fig. 13. Colocación del gabinete de control



5.2.9. Conexión de los medidores de deformación a las cajas de control

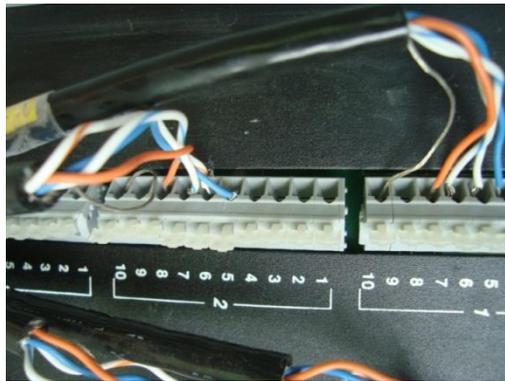
Una vez que ya se tengan los cables dentro del gabinete de control y colocadas las cajas dentro del mismo, se procederá a realizar el conexionado respectivo; para ello será fundamental la señalización realizada de cada uno de los cables provenientes de los strain gauges.

Cada strain gauge se encuentra compuesto por 5 cables caracterizado por colores y cada uno de ellos debe ser colocado dentro de una sola ranura de la caja de control en el siguiente orden:

Tabla 1. Guía de conexión de cables en la caja de control

# de terminal de la caja	Color del cable	Función
5	Azul	Temperatura
6	Blanco con anaranjado	VW
7	Blanco con azul	Temperatura
8	Anaranjado	VW
10	Cable desnudo	Protección

Fig. 14. Conexión del strain gauge a la caja de control



5.2.10. Lectura de la información

Para proceder a realizar las mediciones de cada uno de los medidores de deformación, seguiremos los siguientes pasos en su orden:

1. Conectar el cable VGA al registrador de datos y a la caja de control.
2. Mover la perilla de la caja de control para seleccionar el strain gauge del cual queremos realizar la medición
3. Encender el Registrador de datos

Cliente:

Lugar de ejecución: Duración: Fecha de inicio:

4. Si queremos medir la vibración del cable seleccionaremos en el Registrador de Datos el rango de 800 a 2000 Hz y en el caso de querer medir la temperatura seleccionaremos la opción de Grados Celsius.

5. Presionar enter para generar la medición.

6. Transformar la medida obtenida en Hz a microdeformación utilizando la siguiente fórmula:

$$\mu\varepsilon = A(F^2) + C$$

donde:

$$A = 0.0007576$$

$$F = \text{medida en Hz}$$

$$C = -2030.1$$

7. A la medida obtenida se le debe restar el valor de microdeformación inicial. (medida tomada inmediatamente después de haber realizado la instalación) para así obtener el valor real de microdeformación.

$$\Delta\mu\varepsilon = \mu\varepsilon_{\text{medida}} - \mu\varepsilon_{\text{inicial}}$$

Tomando en base esta medida obtenida se podrá determinar la situación de esfuerzo a la que se encuentra sometida la tubería y en base a los datos del material de la misma se tomarán los correctivos necesarios.

6. ANEXOS

- > Planos de la ubicación de los puntos de instalación.
- > Listado de cables de los medidores de deformación.

