

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“PROCEDIMIENTOS MECÁNICOS PARA LA INSTALACIÓN Y
MONTAJE DE UNA VÁLVULA DE BLOQUEO AUTOMÁTICO EN ZONAS
DE DERRAME DE PETROLEO EN EL TRAMO II DEL OLEODUCTO NOR
PERUANO PETROPERÚ S.A.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ARCE RADO, PERCY IVAN

Villa el Salvador

2020

DEDICATORIA

A mis padres, María y Percy, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos: Cesar, Angela, Dánae y Karina por estar siempre presentes y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa.

A mis profesores, por su arduo trabajo en transmitir sus conocimientos, gracias a los cuales estoy cumpliendo mis metas profesionales.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por brindarme su apoyo incondicional e invaluable en el transcurso de mi vida profesional.

A la Ingeniería Margarita Murillo por su tiempo y apoyo durante el desarrollo del informe de trabajo, el cual no hubiera sido posible desarrollar y concluir sin su asesoramiento.

También, quiero agradecer a la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur y a todos los docentes que formaron parte de mi desarrollo profesional, cuyas enseñanzas, consejos y experiencias han sido de gran apoyo en el desarrollo de mi persona.

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | IX |
| INTRODUCCION | 1 |
| OBJETIVOS | 2 |
| a) Objetivo General..... | 2 |
| b) Objetivo Especifico | 2 |
| CAPITULO I: MARCO TEORICO..... | 3 |
| 1.1 Bases Teóricas..... | 3 |
| 1.1.1 Marco Teórico General | 3 |
| 1.1.2 Marco Teórico Especifico | 5 |
| 1.1.2.1 Válvula de bloqueo automático | 5 |
| a. Definición | 5 |
| b. Tipos de válvulas de bloqueo | 6 |
| c. Actuador..... | 9 |
| d. Ingeniería de la soldadura en tuberías..... | 11 |
| 1.1.2.2 Procedimientos mecánicos para la instalación de la válvula..... | 17 |
| a. Procedimiento de hincado de pilotes | 17 |
| b. Procedimiento de izaje de tubería | 18 |
| c. Procedimiento de operaciones generales Hot Tap y Line Stop..... | 22 |
| d. Procedimiento de trabajos preliminares y operaciones generales Hot Tap y Line Stop ¹³ | 23 |
| e. Procedimiento Line Stop ¹² | 25 |
| f. Procedimiento de corte y biselado de tubería con equipo de corte automático en frio | 38 |
| g. Procedimiento de intervención Oleoducto Nor Peruano..... | 39 |
| h. Procedimiento prueba hidrostática de la válvula | 41 |
| i. Procedimiento de montaje de válvula y actuador | 43 |
| 1.2 Definición de términos básico..... | 47 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL..... | 51 |
| 2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo | 51 |
| 2.1.1 Temporal..... | 51 |
| 2.1.2 Espacial | 51 |

| | |
|--|----|
| 2.2 Determinación y análisis del problema | 51 |
| 2.2.1 Descripción del problema | 51 |
| 2.2.2 Justificación del problema..... | 51 |
| 2.3 Modelo de solución propuesto..... | 52 |
| 2.3.1 Actividades mecánicas preliminares para la instalación y montaje de la válvula de bloqueo automático..... | 52 |
| a. Medición de espesores en la tubería..... | 52 |
| b. Instalación de pilotes para soporte de equipos de Hot Tap y Line Stop.. | 54 |
| c. Montaje de los Split tee para montaje de los equipos Hot Tap y Line Stop | 57 |
| d. Montaje de la válvula tipo sándwich | 58 |
| e. Instalación del TOR de 2”..... | 59 |
| f. Instalación y corte del cupon con equipo Hot Tap..... | 61 |
| g. Instalación de equipo Line Stop y bloqueo del flujo de petróleo..... | 63 |
| 2.3.2 Actividades mecánicas para la instalación de la válvula de bloqueo Automatico | 64 |
| a. Drenaje del crudo de la tubería | 64 |
| b. Corte de la tubería con equipo de corte y biselado | 65 |
| c. Desmontaje de la tubería cortada | 66 |
| d. Montaje de la válvula de bloqueo | 67 |
| e. Montaje e instalación del actuador..... | 69 |
| 2.3.3 Pruebas hidrostáticas para que entre en operación la válvula de bloqueo automático y tapado de zanjas | 70 |
| a. Prueba hidrostática a los Split tee..... | 70 |
| b. Prueba hidrostática a tor | 72 |
| c. Tapado de zanjas..... | 72 |
| 2.4 Resultados | 73 |
| CONCLUSIONES..... | 78 |
| RECOMENDACIONES | 79 |
| BIBLIOGRAFÍA | 80 |
| ANEXOS | 82 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01: Dibujo de una válvula de bloqueo | 5 |
| Figura 02: Válvula de bola..... | 6 |
| Figura 03: Tipos de asiento de la válvula de bola | 7 |
| Figura 04: Tipos de sellado de los vástagos de la válvula de globo..... | 7 |
| Figura 05: Válvula de compuerta..... | 8 |
| Figura 06: Válvula de mariposa..... | 9 |
| Figura 07: Actuador hidráulico lineal con cilindro de acción doble | 10 |
| Figura 08: Cilindro de acción doble | 10 |
| Figura 09: Ubicación de la probeta de ensayo de soldaduras a tope para ensayos de calificación del soldador | 13 |
| Figura 10: Posiciones de cordón de soldadura en ranura de tubos | 14 |
| Figura 11: Condiciones de rechazo según elemento | 22 |
| Figura 12: Secuencia de soldadura de derivación con camisa de refuerzo | 24 |
| Figura 13: Secuencia de soldadura de derivación con montura de refuerzo del TOR..... | 24 |
| Figura 14: Inspección visual del Fitting (Split Tee) | 26 |
| Figura 15: Puertos de bypass interno y drenaje | 27 |
| Figura 16: Vista detallada del TOR de Split tee..... | 28 |
| Figura 17: Dimensiones para perforación de 2'' | 29 |
| Figura 18: Equipo de perforación de 2'' | 30 |
| Figura 19: Ensamble de equipo perforación 6'' o mayores..... | 31 |
| Figura 20: Medición para perforación mayores a 6'' | 32 |
| Figura 21: Distancia de corte..... | 32 |
| Figura 22: Elemento de sello..... | 34 |
| Figura 23: Mediciones de obturación | 35 |
| Figura 24: Equipo de obturación | 36 |
| Figura 25: Vista interna del equipo de obturación | 36 |
| Figura 26: Tapón de completamiento..... | 37 |
| Figura 27: Colocación de tapón de completamiento | 37 |
| Figura 28: Ubicación de Pin de Contacto con Engranaje de Accionamiento..... | 38 |
| Figura 29: Instalación de Cuchilla Biseladora..... | 38 |
| Figura 30: Enfriamiento en zona de corte. | 39 |
| Figura 31: Pasos para realizar el montaje de la válvula. | 44 |
| Figura 32: Vista isométrica de la válvula de bloqueo automático. | 45 |
| Figura 33: Conjunto actuador con HPU..... | 45 |
| Figura 34: Angulo de elevación. | 46 |
| Figura 35: Indicador de posición del actuador..... | 47 |
| Figura 36: Vista isométrica de ubicación de juntas de la válvula..... | 52 |
| Figura 37: Limpieza del área para tomar la medida de los espesores de pared .. | 53 |
| Figura 38: Colocación del gel y medición de espesor con el transductor ultrasónico | 53 |

| | |
|--|----|
| Figura 39: Posición inclinada de la toma de medidas de espesor..... | 54 |
| Figura 40: Flujograma de hincado de pilotes..... | 54 |
| Figura 41: Equipo Sideboom..... | 55 |
| Figura 42: Martillo de 3 toneladas | 56 |
| Figura 43: Construcción y inspección de soldadura de marco H..... | 56 |
| Figura 44: Acabado final de la estructura tipo H..... | 56 |
| Figura 45: Montaje y armado de los Split tee | 58 |
| Figura 46: Aplicación de END a los Split tee | 58 |
| Figura 47: Pasos para la instalación de la válvula tipo sándwich..... | 59 |
| Figura 48: Instalación del Tor y aplicación de END..... | 60 |
| Figura 49: Perforación de TOR con equipo Hot Tap manual | 60 |
| Figura 50: Armado del equipo Hot Tap | 61 |
| Figura 51: Instalación del equipo Hot Tap..... | 61 |
| Figura 52: Prueba hidrostática y desmontaje del equipo Hot Tap | 62 |
| Figura 53: Extracción del cupón..... | 62 |
| Figura 54: Flujograma de procedimientos de operaciones generales de Hot Tap..... | 63 |
| Figura 55: Pasos para la instalación de Line Stop | 64 |
| Figura 56: Recipientes de almacenamiento de crudo | 65 |
| Figura 57: Pasos para cortar la tubería con equipo..... | 66 |
| Figura 58: Desmontaje de la tubería cortada | 67 |
| Figura 59: Izaje de la válvula de bloqueo automático..... | 67 |
| Figura 60: Instalación de la válvula bloqueo automático | 68 |
| Figura 61: Inspección visual de la junta con galga tipo high low | 68 |
| Figura 62: Soldadura y aplicación de END..... | 68 |
| Figura 63: Vista panorámica de la válvula de bloqueo | 69 |
| Figura 64: Verificación del nivel de hidrolina y equipo EH y ELB | 69 |
| Figura 65: Montaje de la válvula de bloqueo y actuador | 70 |
| Figura 66: Montaje de la válvula de bloqueo y actuador | 71 |
| Figura 67: Prueba de hermeticidad de la brida ciega de Split tee | 71 |
| Figura 68: Vista panorámica de los Split tee | 71 |
| Figura 69: Prueba hidrostática del Tor | 72 |
| Figura 70: Trabajo de tapado de zanja..... | 73 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Velocidad acústica..... | 12 |
| Tabla 2: Tabla de presiones de cuerpo y estanquidad..... | 42 |
| Tabla 3: Ubicación de la junta soldada de referencia..... | 52 |
| Tabla 4: Valores tomados con equipo B-Scan | 74 |
| Tabla 5: Cuadro de tolerancia de espesor de pared de la tubería..... | 74 |
| Tabla 6: Toma de medidas de perforación | 76 |
| Tabla 7: Toma de medidas obstrucción | 77 |
| Tabla 8: Toma de tapón de complemento | 77 |
| Tabla 9: Resultados de la prueba de hermeticidad | 77 |

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los departamentos de Loreto y Amazonas donde se instalaron 19 válvulas de bloqueo automático a lo largo del Oleoducto Nor Peruano (ONP), dicho oleoducto se usa para el transporte de petróleo desde los pozos en el interior de la selva Peruana hasta el Puerto de Bayóvar en el departamento de Piura.

Las válvulas se instalaron en zonas estratégicas del ONP donde el derrame de petróleo es más frecuente con la finalidad de disminuir el impacto ambiental ocasionado por los constantes derrames de petróleo ocasionados por el desgaste del espesor de la tubería a lo largo del Oleoducto. Para la instalación de la válvula se usó diferentes procedimientos mecánicos, eléctricos y civiles, enfocándonos principalmente en los procedimientos mecánicos.

Para instalar la válvula de bloqueo automático se utilizó los equipos de Hot Tap y Line Stop marca TD WILLIAMS, con el objetivo de detener el flujo en la tubería y proceder hacer el montaje e instalación de la válvula de globo con el actuador y para que entre en funcionamiento se hicieron pruebas hidrostáticas de los Split tee y Tor, también se instaló un cerco perímetro que incluyo una caseta de control y paneles solares para el control vía satélite de cada válvula con el sistema SCADA.

INTRODUCCION

El Oleoducto Nor Peruano (ONP) operado por la empresa estatal Petroperú desde hace más de cincuenta años, es la más importante infraestructura de transporte de petróleo crudo del Perú. Está compuesto por un Oleoducto Principal que comprende dos tramos y alcanza un total de 854 kilómetros de extensión, así como por un Oleoducto Secundario, denominado Ramal Norte, que mide 252 kilómetros transportando el petróleo crudo desde los yacimientos de la selva hasta el Terminal Bayóvar, atraviesa cinco departamentos, Loreto, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque y Piura.

De esta manera, el presente trabajo tiene por objetivo la implementación de válvulas de bloqueo automático para cerrar el flujo de petróleo en caso de fugas 'utilizando los equipos de Hot Tap y Line Stop como principal procedimiento mecánico cuyo fin es cerrar el paso de flujo de petróleo de manera remota para instalar la válvula.

Así mismo para el desarrollo del trabajo de investigación se a dividido en dos capítulos, el primer capítulo se presenta el marco teórico la cual está dividido en bases teóricas y definición de términos básicos, en el segundo capítulo se presenta la metodología de desarrollo del trabajo profesional que contiene la delimitación temporal y espacial del trabajo, determinación y análisis del problema, modelo de solución propuesto y resultados del trabajo.

Finalmente se redacta las conclusiones, recomendaciones y se describe la referencia bibliográfica utilizada como también se consideran los anexos con información que valida la investigación realizada.

OBJETIVOS

a) Objetivo General

Desarrollar los procedimientos mecanicos para la instalacion y montaje de una valvula de bloqueo automatico en zonas de derrame de petroleo en el tramo II del Oleoducto Nor Peruano PETROPERU S.A.

b) Objetivo Especifico

1. Desarrollar los procedimientos mecanicos para la instalacion y montaje de la valvula de bloqueo automatico como equipo de cierre y apertura en zonas de derrame de petroleo.
2. Realizar la instalacion y montaje de los equipos mecanicos de Hot tap y Line Stop para la instalacion de la nueva valvula de bloqueo automatico.
3. Establecer las pruebas hidrostaticas para que entre en operaci3n la nueva valvula de bloqueo automatico.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1 Bases Teóricas

1.1.1 Marco Teórico General

Marcelo,F. (2002),publico la tesis titulada “Diseño de la aplicación para el control del sistema de válvulas de bloqueo del sector atlántico del poliducto de RECOPE” sustentada en el instituto Tecnologico de Costa Rica para obtener el grado de bachiller en Ingenieria Electronica concluyendo que el estudio del sistema de trasiego de producto por el poliducto sirvió para establecer los parámetros de programación de las terminales remotas,terminal principal y el programa de control de las válvulas, en el resumen indica es necesario aislar secciones de tuberia por valvulas con el fin de evitar derrames de producto en caso de rupturas garantizando de manera practica la disminicion de perdidas de producto por derrames.

Medrano,U. (2019),sustenta la tesis de Post Grado titulada “Análisis de la fiscalización ambiental de los derrames de petróleo en el oleoducto norperuano desde el enfoque de la regulación” sustentada en la Universidad Pontificia Católica del Perú para obtener el grado de Magister en regulación de servicios publico concluyendo en cuanto a la distribución de los derrames en función de las instalaciones que forman parte del ONP, se observa que la mayor cantidad de derrames se produjo en los ductos que conforman el Oleoducto Principal (Tamos I y II) y al Oleoducto Secundario (Ramal Norte) en comparación con las cifras registradas en las Estaciones de Bombeo y el Terminal Bayóvar. Asimismo, se observó que la cantidad de derrames de petróleo crudo ocurridos en el periodo materia de análisis se distribuye de manera relativamente proporcional a la extensión de cada uno de estos.

Adicionalmente Medrano nos indica que en el periodo de 2010 a 2018, se derramaron en total 29 183, 87 barriles de petróleo crudo, de los cuales 21 286, 99 corresponden a los derrames ocurridos en la región Loreto; 2

723, 27 a la región Piura; 4 423, 62 a la región Amazonas y 750 a la región Cajamarca. De estas cuatro regiones, Loreto fue la que presentó el mayor porcentaje de derrames, con un 46 % del total de derrames, seguido del 23% en Piura, 18% en Amazonas y 13% en Cajamarca.

Samane, T. (2014)., publico la tesis titulada “Diseño y análisis de un sistema de contingencia en el ducto peruano de líquidos de gas natural NGL – sector sierra” sustentada en la Universidad Ricardo Palma para optar el título de Ingeniero Electrónico concluyendo que el proceso de Hot Tap aplicado en el Sistema de Transporte de Líquidos de Gas Natural demuestra el modelo de cálculo determinante y real que facilitará la perforación y extracción del cupón (material obtenido después de la perforación al ducto de NGL) en la atención de la anomalía en la localidad de Cachi-Ayacucho.

Flores, C., (2014)., publico la tesis titulada “Estimación numérica de las pérdidas de carga del flujo en el interior de válvulas” sustentada en la Universidad Nacional Autónoma de México para obtener el título de Ingeniero Mecánico concluyendo que, a lo largo de la trayectoria, el flujo atraviesa por una geometría característica que determina el tipo de válvula. Esta geometría genera diferentes cambios en el valor de la velocidad del flujo, debido a la trayectoria que éste recorre dentro de la válvula a través de secciones con diferentes áreas transversales y a la propia estrangulación que experimenta el flujo. A la salida, el valor de la velocidad tiende a tomar valores uniformes, cuando pasa nuevamente por una sección de área transversal igual a la de la entrada.

Camarena, A. (2016)., sustento la tesis titulada “Influencia de parámetros de soldeo en unión de tuberías del proyecto línea impulsión de agua desalinizada – cerro lindo – milpo” sustentada en la Universidad Nacional del Centro del Peru para obtener el Título de Ingeniero mecánico, donde concluyo las condiciones climáticas donde son las más adversas y desfavorable en el proceso de soldeo se debe realizar un pre calentamiento al material y el uso de carpas, para no tener defectos de

porosidad en el soldeo debido al demasiado porcentaje de humedad contenido en el aire.

1.1.2 Marco Teórico Especifico

1.1.2.1 Válvula de bloqueo automático

a. Definición

Las válvulas se emplean, por lo general, para dos funciones básicas: cierre y estrangulación. Las válvulas utilizadas para aislar equipo, instrumentos y componentes de la tubería (coladores, trampas de vapor, filtros en la tubería, etc.) cuando se necesita mantenimiento se llaman válvulas de bloqueo o de cierre. Además, las válvulas de bloqueo se utilizan en los múltiples para desviar las corrientes a diversos lugares según se desee. En esencia, cualquier válvula que no está ni abierta del todo ni cerrada del todo durante el funcionamiento de la planta, se puede considerar como válvula de bloqueo. Estas válvulas suelen ser del tamaño de la tubería y tienen un orificio más o menos del tamaño del diámetro interior del tubo (Ver figura 01). (Greene,1998, p 4)

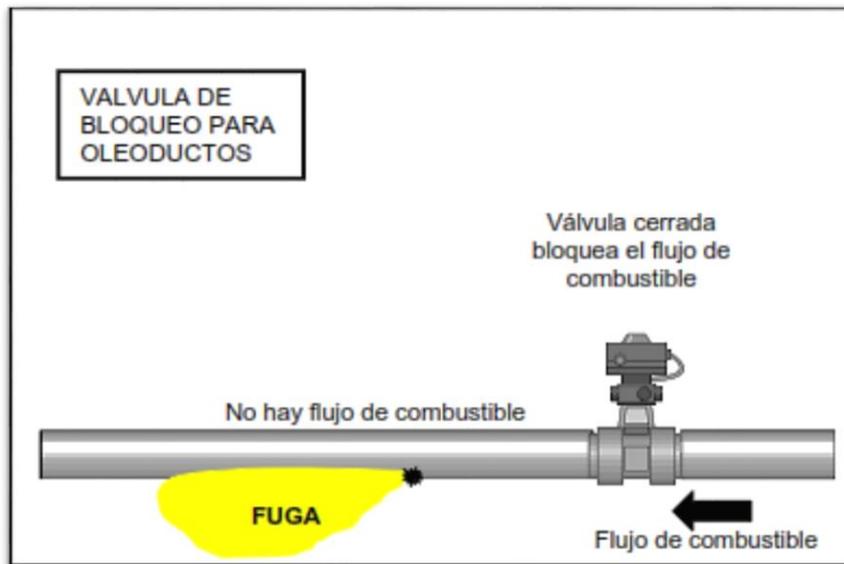


Figura 01: Dibujo de una válvula de bloqueo

Fuente: <https://es.slideshare.net/humberto1989/valvulas-53248034>¹

¹ Esquema general de una válvula de bloqueo encontrado en <https://es.slideshare.net/humberto1989/valvulas-53248034> indicando el funcionamiento de la válvula de bloqueo

b. Tipos de válvulas de bloqueo

- **Válvula tipo bola**

La válvula de bola (Ver figura 02), como indica su nombre, contiene un obturador con forma de bola dentro del cuerpo de la válvula que regula el flujo. La bola presenta un orificio circular o paso de flujo por su centro, y cuando gira un cuarto de vuelta, el flujo se detiene, las válvulas de bola responden a tres patrones generales que son paso Venturi, reducido y total (a veces denominado paso normal), estos patrones de paso indican el diámetro interno del paso de flujo de la bola. Las válvulas de bola también se pueden clasificar por su estilo de cuerpo. (Emerson,2019, p. 194)

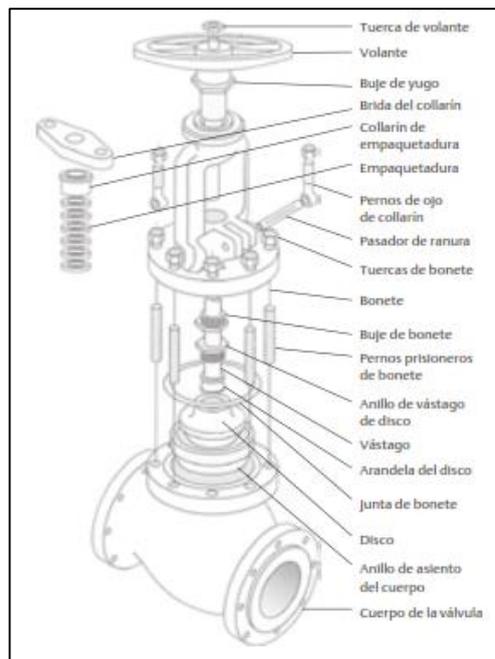


Figura 02: Válvula de bola

Fuente: Guía de válvulas de control quinta edición²

En el manual de Flowserve Flow Control nos indica que la válvula de bola se clasifica por tipos de asientos (Ver figura 03) y sistema de sellado de los vástagos (Ver figura 04).

² Conceptos encontrados en la guía de válvulas de control edición 2019 elaborado por Emerson Automation Solutions indicando el uso y mantenimiento de las válvulas de control.

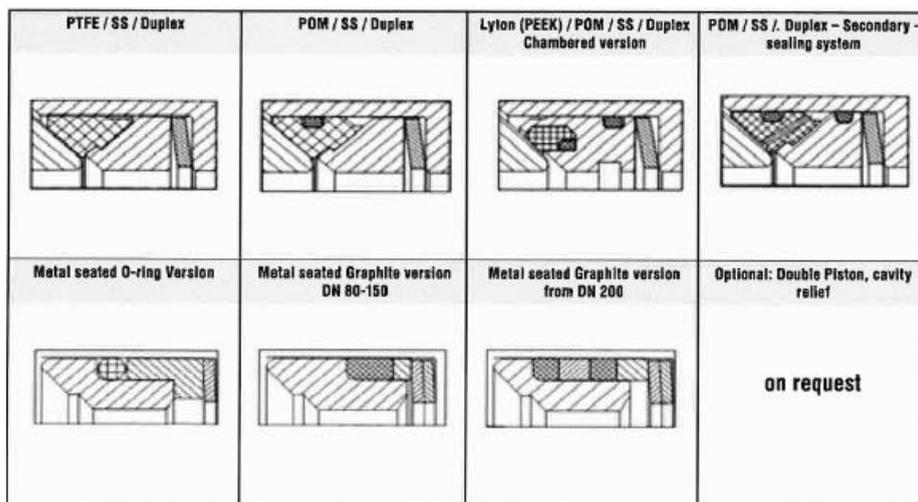


Figura 03: Tipos de asiento de la válvula de bola
Fuente: Manual de Flowserve Flow Control³

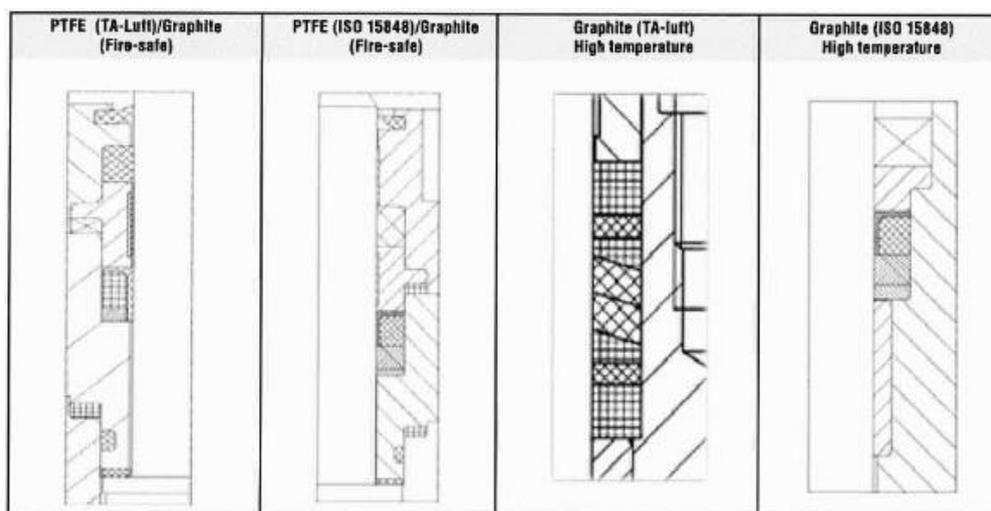


Figura 04: Tipos de sellado de los vástagos de la válvula de globo
Fuente: Manual de Flowserve Flow Control³

- **Válvula tipo compuerta**

Las válvulas de compuerta (Ver figura 05) se utilizan para el servicio de apertura/cierre y se diseñan para funcionar de forma totalmente abierta o totalmente cerrada. Debido al exceso de vibraciones y el desgaste producido por compuertas parcialmente cerradas, las válvulas no están diseñadas para el estrangulamiento o la regulación de flujo. (Emerson, 2019, p. 187)²

³ Tipos de asiento y sello de la válvula de globo o bola encontrado en el manual de Flowser Flow Control, este indica las especificaciones técnicas de la válvula según su modelo

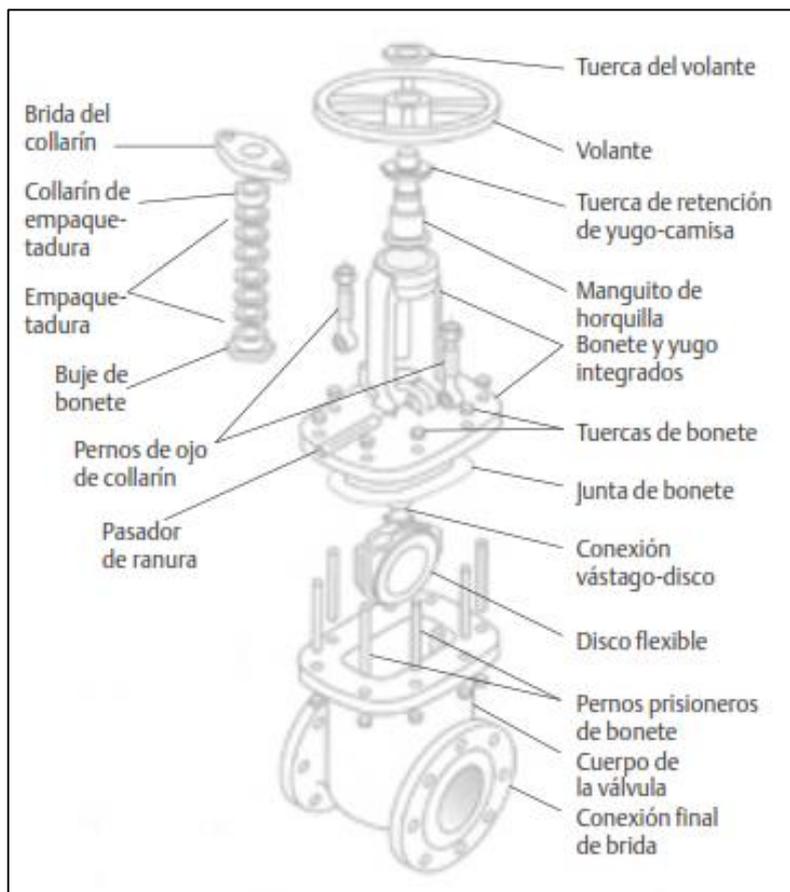
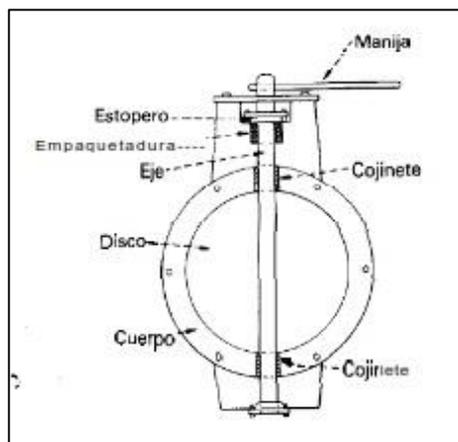


Figura 05: Válvula de compuerta

Fuente: Guía de válvulas de control quinta edición2

- **Válvula tipo mariposa**

La válvula de mariposa presenta un diseño sencillo que es ligero, compacto y económico, en particular en válvulas de gran tamaño. Incorpora un disco circular plano y articulado en su centro que se cierra o abre totalmente con un cuarto de vuelta. El asiento del disco es metálico o de materiales de tipo resiliente como elastómeros y plásticos debido a los beneficios derivados del material de asiento, las válvulas de mariposa tienen una amplia aceptación en los sectores del petróleo, gas, químicos, de agua y de procesos. La válvula se utiliza habitualmente en lugar de una válvula de compuerta, con el beneficio añadido de la regulación de flujo. (Ver figura 06). (Emerson,2019, p. 194)²



*Figura 06: Válvula de mariposa
Fuente: Richard W. Greene*

c. Actuador

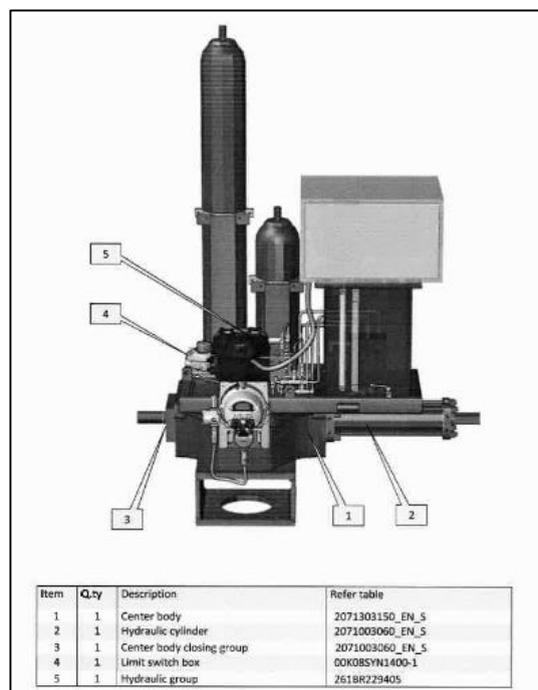
Los actuadores (llamados también operadores y posicionadores) levantan al vástago y al macho del asiento o mueven al macho en el cilindro del asiento. Las válvulas de mariposa o de bola tienen actuadores de montaje lateral porque el vástago del actuador hace girar el eje de la válvula. El varillaje entre el vástago del actuador y el eje de la válvula puede influir en las características del macho. La cubierta o cuerpo de la válvula y el yugo del operador son piezas separadas. Por ello, después de instalar una válvula, se puede girar el actuador alrededor del vástago o del eje de la válvula, con relación al cuerpo. Esto permite colocar el actuador en una posición conveniente para tener acceso al mecanismo de la válvula. (Greene, p.150)

Existen variedad de tipos de actuadores como son los hidráulicos, eléctricos, neumáticos y electrohidráulicos, en este capítulo nos enfocaremos en los actuadores hidráulicos lineales.

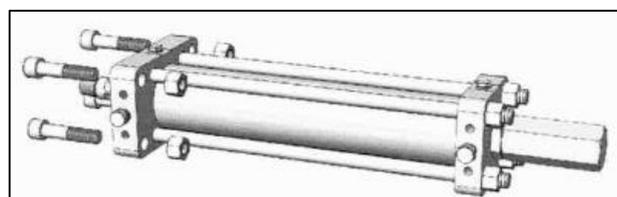
- **Actuadores hidráulicos lineales**

Los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados, estos cilindros hidráulicos pueden ser de simple efecto, de doble efecto y

telescópicos. Para este capítulo mencionaremos el actuador de cilindro de acción doble (Ver figura 07), este utiliza la fuerza generada por el fluido hidráulico para mover el pistón en los dos sentidos, mediante una válvula de solenoide. El cilindro de acción doble (Ver figura 08), es el accionador hidráulico más común utilizado actualmente y se usa en los sistemas del implemento, la dirección y otros sistemas donde se requiera que el cilindro funcione en ambas direcciones, en el anexo 01 muestra de manera detallada las partes internas del cilindro hidráulico.



*Figura 07: Actuador hidráulico lineal con cilindro de acción doble
Fuente: Manual de Rotork fluid System,2019⁴*



*Figura 08: Cilindro de acción doble
Fuente: Manual de Rotork fluid System,2019⁴*

⁴ Partes del actuador para la válvula de globo o bola encontrado en el manual de Rotork Fluid System, este indica las especificaciones técnicas del actuador según el modelo.

d. Ingeniería de la soldadura en tuberías

- **Medición de espesores de pared**

Las normas ASME B31.4⁵ y API 1104⁶ determina con anterioridad que se debe considerar la verificación de los espesores de los materiales. Para ello afirman que antes de realizar trabajos de soldadura en tuberías nuevas o en servicio, se debe inspeccionar utilizando mecanismos no destructivos, un ensayo común es la medición por ultrasonido. Teniendo el espesor de la sección de tubería, iremos a la norma API 5L - 2018⁷ donde nos indica la tolerancia dimensional de espesor mínimo de pared para que una tubería se pueda soldar.

La norma API 1104 nos indica que el ensayo de medición por Ultrasonido mediante el método de pulso-eco, genera la medición del espesor (T) como producto de la Velocidad del Sonido (V) y el tiempo de tránsito (t = viaje ida y retorno al transductor) a través de un material, la fórmula es:

$$T = \frac{v \cdot t}{2} \dots \dots \dots (1)$$

Para determinar la velocidad en el material a ser examinado iremos a la norma ASTM E-494⁸ (Ver tabla 01), este valor es comúnmente asumido como constante para ciertas clases de materiales o pueden ser determinados empíricamente mediante el uso de uno o más Bloques de Referencia de material y espesor conocido.

⁵ Norma ASME 31.4 empleada en Tuberías de Transporte de Hidrocarburos líquidos y otros líquidos, edición 2019.

⁶ Norma API 1104 utilizada para soldaduras de tuberías e instalaciones relacionadas

⁷ Norma API 5L nos indica los requisitos técnicos estándar para tuberías de conducción

⁸ Norma ASTM E-494 utilizada para procedimientos de prueba para medir en materiales con equipo convencional de detección de fallas por eco de pulso ultrasónico en el que los resultados se muestran en una pantalla B-scan.

Tabla 1: Velocidad acústica

| Material | Longitudinal Velocity | | | Shear Velocity | |
|-------------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| | Density kg/m ³ | (m/s) | ×10 ³ (in./s) | (m/s) | ×10 ³ (in./s) |
| Aluminum | 2700 | 6300 | 250 | 3130 | 124 |
| Beryllium | 1850 | 12 40 0 | 488 | 8650 | 340 |
| Bismuth | 9800 | 2180 | 85 | 1100 | 43 |
| Brass | 8100 | 4370 | 173 | 2100 | 83 |
| Bronze | 8860 | 3530 | 139 | 2230 | 88 |
| Cadmium | 8600 | 2780 | 109 | 1500 | 59 |
| Columbium | 8580 | 4950 | 194 | 2180 | 85 |
| Copper | 8900 | 4700 | 185 | 2260 | 88 |
| Gold | 19 30 0 | 3240 | 127 | 1200 | 47 |
| Hafnium | 11 30 0 | 3860 | 152 | 2180 | 82 |
| Inconel | 8250 | 5720 | 325 | 3020 | 119 |
| Iron, electrolytic | 7900 | 5960 | 235 | 3220 | 128 |
| Iron, cast | 7200 | 3500 to 5600 | 138 to 222 | 2200 to 3200 | 87 to 131 |
| Lead | 11 400 | 2160 | 85 | 700 | 27 |
| Lead antimony | 10900 | 2160 | 85 | 810 | 32 |
| Magnesium | 1740 | 5740 | 227 | 3080 | 122 |
| Monel | 8830 | 6020 | 227 | 2720 | 107 |
| Nickel | 8800 | 5630 | 222 | 2960 | 118 |
| Plastic (acrylic resin) | 1180 | 2670 | 105 | 1120 | 44 |
| Platinum | 21 45 0 | 3960 | 155 | 1670 | 65 |
| Fused quartz | 2200 | 5930 | 233 | 3750 | 148 |
| Silver | 10 50 0 | 3600 | 141 | 1590 | 62 |
| Silver nickel | 8750 | 4620 | 182 | 2320 | 91 |
| Stainless steel (304) | 7910 | 5790 | 226 | 3100 | 122 |
| Stainless steel (405) | 7670 | 5900 | 232 | 3300 | 130 |
| Steel | 7700 | 5900 | 232 | 3230 | 127 |
| Tin | 7300 | 3320 | 130 | 1670 | 65 |
| Titanium | 4540 | 6240 | 245 | 3215 | 126 |
| Tungsten | 19100 | 5460 | 214 | 2620 | 103 |

Fuente: Norma ASTM E-494⁷

- **Calificación de la habilidad del personal de soldadura**

La norma API 1104 establecen que el personal, antes de iniciar cualquier soldadura de producción o construcción, debe estar debidamente calificado, en la extensión y en los términos especificados, ya sea que se trate de procedimientos calificados, precalificados o estándar. En términos generales para calificar la habilidad de soldadores y operadores para hacer soldaduras a tope o ranurada (Ver figura 09), se requieren además de la inspección visual, una probeta de doblado de raíz, una de doblado de cara o dos de doblado lateral y también requiere pruebas de tensión y de rotura de probeta ranurada.

Adicionalmente nos indica que para cada prueba aprobada debe generarse un registro de Calificación Habilidad del soldador–CHS (Record Welder Qualification Record- WPQ or WPOR). En este

documento se registran las condiciones y los valores reales de las variables que uso el soldador u operador al soldar su cupón de prueba de calificación, así como el intervalo (limites) de las variables en las que queda calificado. También se deben registrar los resultados de la inspección visual del cupón y de los ensayos mecánicos o exámenes radiográficos, como muestra el anexo 2 y 3.

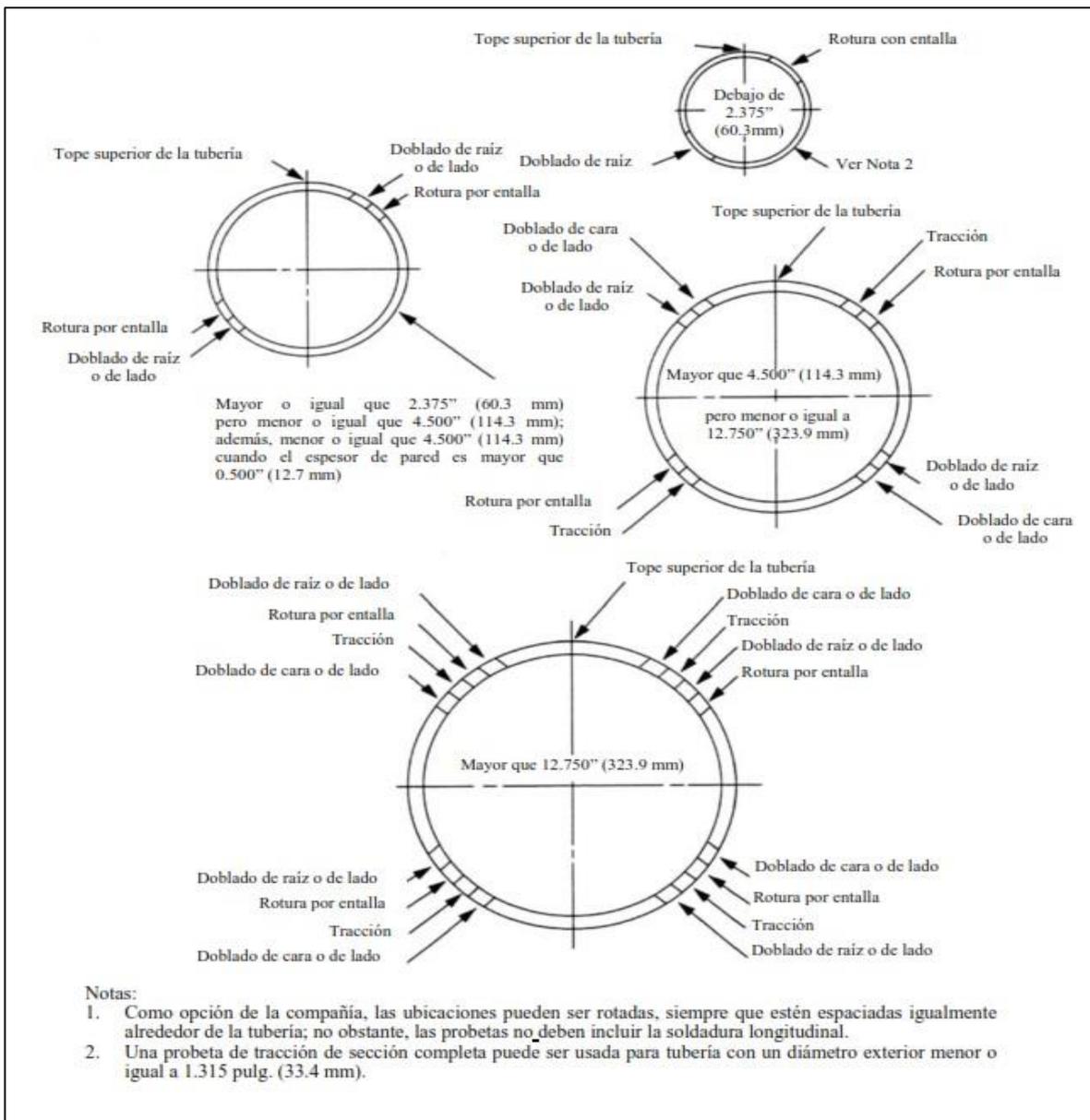


Figura 09: Ubicación de la probeta de ensayo de soldaduras a tope para ensayos de calificación del soldador
Fuente: Norma API 1104⁶

- **Posiciones de prueba de soldadura**

Existen diferentes tipos de posiciones para calificación de soldaduras en ranura para tuberías (Ver figura 10).

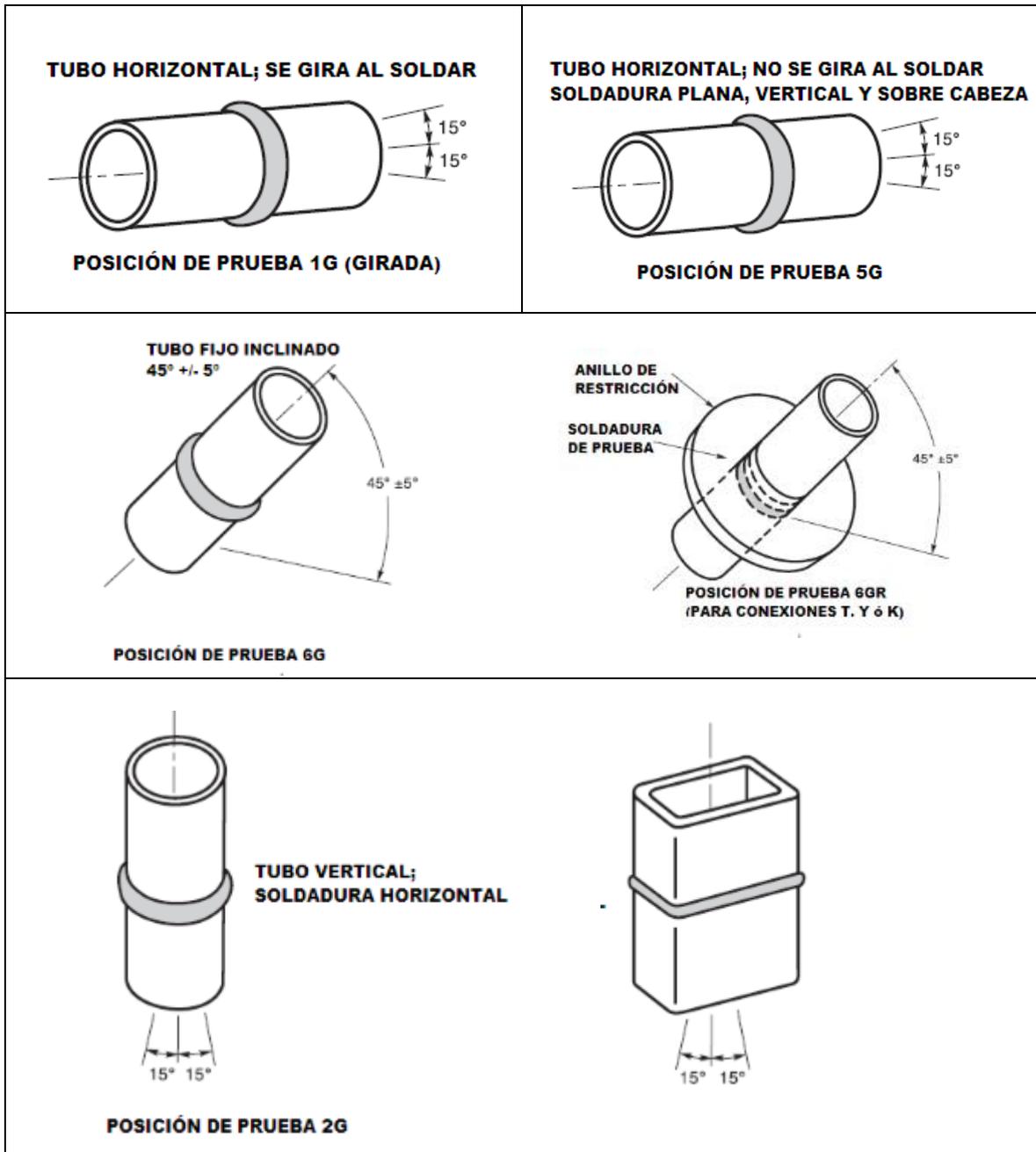


Figura 10: Posiciones de cordón de soldadura en ranura de tubos
Fuente: Manual del soldador

- **Calificación del procedimiento de soldadura (WPS)**

La norma ASME B31.4 sección V nos indica que la calificación de un procedimiento consiste en soldar un ensamble o cupón de prueba empleando las variables establecidas en la especificación de procedimiento de soldadura (preliminar) a calificar y obtener de este las probetas o especímenes para realizar los ensayos que establece la norma. El propósito de la calificación de un procedimiento es determinar la ensambladura soldada que se propone (en la WPS) para construcción, es capaz de tener las propiedades requeridas para la aplicación intentada. El tipo y el número de ensayos que se deben realizar depende del tipo de soldadura involucrado (de ranura o de filete, por ejemplo) y para un mismo tipo de soldadura, los requisitos de cada código son diferentes, por lo que es necesario consultar cada norma particular a fin de identificar sus requisitos específicos.

Para el caso de soldaduras de ranura y de la mayoría de las aplicaciones el código ASME requiere dos pruebas de tensión, dos de doblado de cara y dos de doblado de raíz (o cuatro de doblado lateral, en sustitución de las de caras y raíz, cuando los espesores del cupón de prueba son de 3/8" o mayores).

Por su parte, la especificación API 1104, dependiendo del espesor de pared y de diámetro del tubo (cupón), además de establecer un número variable y diferente de ensayos de tensión (que varía de 0 a 4) y doblado de raíz, cara o lateral (de 2 a 8), también especifican de 2 a 4 pruebas de rotura en probeta ranurada (nick- break) como muestra el anexo 3. Si las pruebas realizadas a los especímenes cumplen los criterios de aceptación de resistencia a la tensión de aceptación de resistencia a la tensión, de ductilidad (doblado) y "sanidad" (nick break), se comprueba que la unión soldada obtenida con el procedimiento propuesto para construcción tiene las propiedades requeridas

para la aplicación intentada y la clasificación satisfactoria. Los resultados de estos ensayos y los valores reales de las variables empleadas para soldar el ensamble de prueba deben ser documentadas en un registro de calificación de procedimiento – RCS (Procedure Qualification Record –PQR).

- **Especificación de procedimiento de soldadura (EPS)
(Welding Procedure Specification–WPS)**

Lo norma ASME B31.3 nos indica que una especificación de procedimiento de soldadura es un documento que contiene y describe las variables que aplican a los procesos y operaciones de soldadura a emplearse, así como los límites de los valores dentro de los que estas variables están calificadas y pueden emplearse en producción o construcción.

También la norma indica que la WPS se preparan con el propósito de dirigir a soldadores y operadores para que hagan soldaduras de manera que se asegure que se cumplen los requisitos de las normas aplicables, indicando que todo fabricante o contratista que realiza trabajos bajo un código, debe preparar por escrito (ya sea que se trate de procedimientos precalificados o a calificar con pruebas) todas las especificaciones de procedimiento de soldadura a emplear, de manera que queden cubiertas todas las variables, operaciones y aplicaciones de cada trabajo o proyecto y cumpliendo con los requisitos específicos del código, también se debe proceder a su calificación y aprobación⁹.

- **Ensayos no destructivos (END)**

La norma API 1104 nos indica que un cordón de soldadura para que sea aceptado se tiene que hacer ensayos de inspección visual, líquidos penetrantes, ultrasonido y partículas magnéticas,

⁹ Norma B31.1 utilizada para tuberías a presión

indicando que los END no deben ser usados para seleccionar soldaduras que están sujetas a ensayos destructivos, el objetivo de estos ensayos es ubicar las imperfecciones que hay en el cordón de soldadura y según la norma nos indica si la penetración del cordón de soldadura es aceptable o rechazado.

1.1.2.2 Procedimientos mecánicos para la instalación de la válvula de bloqueo automático

a. Procedimiento de hincado de pilotes

- **Hincado del pilote con SIDEBOOM**

Este procedimiento es el de uso más difundido y consiste en hincar a percusión los pilotes con ayuda de un martillo de impacto; los factores significativos que deben considerarse son, la masa y longitud del pilote, el peso y energía del martillo y el tipo de suelo en que se hinca. El hincado del pilote será con equipo Sideboom que consiste en golpear al pilote de forma vertical con un martillo metálico, este martillo es izado con la pluma y luego soltado sobre el pilote. (Rodriguez,2017, p12)¹⁰.

- **Hincado de pilote manual**

Se realizan con calicatas en los puntos a hincar los pilotes a una profundidad mínima de 1.50m haciendo uso del cavador, guantes y zapatos dieléctricos teniendo cuidado a la presencia de cables eléctricos y/o tuberías (en zona requerida). Posterior a ello se colocará la tubería dentro de la calicata.

- **Cálculo de rechazo para pilotaje con equipo SIDEBOOM usando la formula holandesa para martillo de 3 ton y una altura de caída 1.8 metros¹¹**

$$e = \left(\frac{1}{Fs} \times \frac{M}{M + P} \right) (MxH) \dots\dots\dots(2)$$

¹⁰ Tesis titulada “Cálculo de la capacidad de carga en pilotes y su evaluación por medio de pruebas de carga dinámicas”, donde indica los tipos de pilotes y sus aplicaciones.

¹¹ Calculo basado en la norma holandesa para estructuras metálicas

- Carga total (ct): Valvula+actuador+tuberia (ϕ'')+peso crudo+ fittings
- Cantidad de pilotes enterrados (cp)
- Cantidad de pilotes por soporte (cps)
- Rd= Capacidad de carga (Tn)=cp/cps
- Fs= Factor de seguridad
- M= Peso del maso (Tn)
- H=Altura de caída del martillo (mm)
- P=Peso de pilote
- R=Rechazo = (100/e)
- e=Penetración

b. Procedimiento de izaje de tubería

Las maniobras se clasificarán de acuerdo a la magnitud de la carga con respecto a la capacidad de la grúa, las características de los equipos, al número de grúas involucradas y a otras consideraciones, de la siguiente manera:

- **Izaje no crítico**

Cuando se determina que un izaje es No crítico es necesario completar un plan de izaje modificado. Se reconoce que esta clase de izaje tiene menos tendencia a resultar en una pérdida catastrófica de modo que los requerimientos de planeamiento se han disminuido proporcionalmente. Para un izaje de Rutina y de Bajo Riesgo, se requerirá un Formulario de Evaluación del izaje No-Crítico, completado y firmado por los supervisores apropiados para asegurar que se hayan realizado las revisiones adecuadas en forma oportuna. (Ruda,2015, p81)¹²

Consideraciones a tomar según Ruda¹²:

¹² Para mayor detalle visite el siguiente manual "Elaboración de un manual de operación para izaje de carga de la empresa colombia crane & service".

- I. El izaje se efectúa con la pluma principal de la grúa sin utilizar extensiones del plumín con peso de la carga que debe elevarse menor o igual a 5 ton.
- II. El peso que debe elevarse más el peso de los elementos auxiliares asociados no supera el 80% de la capacidad nominal de elevación de carga de la grúa, según la curva o tabla de carga del fabricante.
- III. El área del montaje está libre de instalaciones en servicio, líneas eléctricas o edificaciones que puedan ser afectados por un accidente durante la maniobra.
- IV. La velocidad del viento durante la maniobra no debe superar las recomendaciones del fabricante. Esta variable debe monitorearse constantemente.

- **Izaje Crítico**

En todos los izajes se deben considerar los factores críticos de la carga y del lugar. La documentación de estas consideraciones para izajes Rutina y Bajo Riesgo es el Formulario de Evaluación de Izaje y el Registro Diario de la Operación de Grúas, respectivamente. La documentación para un izaje Crítico es un Plan de Izaje Crítico. (Ruda,2015, p81).

Consideraciones a tomar según ruda¹²:

- I. Para este procedimiento se considera que, el izaje es crítico cuando el peso total estimado de la carga que debe izarse supera el 80% de la capacidad nominal de elevación de carga de la grúa, según la curva o tabla de carga del fabricante.
- II. Se utiliza para el izaje una grúa provista de dispositivos “Heavy-lift” para incrementar la capacidad de izaje de la misma con respecto a su versión normal, tales como: pistas auxiliares, contrapesos o plumas adicionales, u otros que impliquen una metodología no habitual.
- III. Cuando existe interferencias críticas en el área de montaje o instalaciones en servicio, tales como: tuberías

presurizadas, líneas eléctricas o edificaciones que puedan ser afectados por un accidente en la maniobra. La distancia de seguridad en líneas aéreas de A.T. es de 4m hasta 66.000 V y de 5 m para tensiones superiores. Aun cuando no se presente ninguna de las condiciones indicadas en los ítems precedentes, pero existan obstáculos o limitaciones se recomienda la realización de un análisis detallado de la maniobra de izaje.

- IV. Revisar los puntos de enganche para cargar y descargar y utilizar los grilletes adecuados respectivamente como también barras espaciadoras cuando así se requiera.
- V. Durante el enganchado de la carga adecuadamente, hacer una prueba inicial de levantamiento corto, para verificar la estabilidad de la grúa, en los puntos donde asientan los estabilizadores. Si, el terreno se deforma en algún punto, tender otra camada de durmientes y realizar la prueba nuevamente.
- VI. Se debe monitorear constantemente la velocidad del viento con un anemómetro, esta variable no debe superar las recomendaciones del fabricante.
- VII. Cuando se ha determinado que el trabajo puede efectuarse, asegúrese que los extremos de la carga estén atados con sogas para controlar el giro y estabilización de la carga desde el terreno.

- **Elementos de izaje**

Los elementos de izaje deben tener el certificado de operatividad vigente bajo normas internacionales aplicables de frecuencia anual emitido por un ente especializado que son las normas ASME y/o OSHA. Consideraciones a tomar según la norma OSHA:

- I. No está permitido el empalme de elementos de izaje con el uso de pernos, soldar partes de los mismos, ni algún tipo

de modificación de estos con el fin de alcanzar longitudes necesarias para el izamiento de cargas.

- II. Los elementos de izaje deberán ser inspeccionados diariamente antes de su uso por el operador. Los elementos de izaje que no se encuentren en buenas condiciones deberán ser marcados y removidos del lugar de trabajo (Ver figura 11).

| Elemento | Condición de rechazo |
|--|--|
| <p data-bbox="263 723 400 797">Eslinga de acero</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la eslinga dañada o faltante • 10 alambres rotos en un paso de cable considerados aleatoriamente ó 5 alambres en un torón • Abrasión localizada severa • Dobleces • Aplastamientos • Jaulas de pájaro • Cualquier otro daño resultante en la estructura del cable mecánico |
| <p data-bbox="263 1137 400 1211">Eslinga de cadena</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación ilegible ó faltante • Fisuras ó quiebres • Desgaste mayor al 10% respecto a la dimensión de cada eslabón de cadena • Eslabones ó componentes estirados ó elongados • Eslabones ó componentes doblados, torcidos ó deformados • Evidencia de daño por calor, corrosión ó picado excesivo • Cadena ó componentes que no articulan libremente • Salpicadura de soldadura • Otras condiciones, incluyendo daño visible, que causen duda en cuanto al uso futuro de la eslinga |

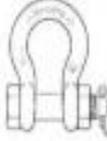
| | |
|---|---|
| <p>Grillete</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación del grillete ilegible o faltante • Reducción del 10% de la dimensión original • Perno suelto o faltante • Fisuras y desgaste • Picadura y corrosión • Evidencia de soldadura no autorizada • Perno deformado o gastado • Daño por calor incluyendo salpicaduras de soldadura • Componente de sustitución de perno no autorizado • Cualquier otro daño resultante que causa serias dudas en cuanto al uso futuro del accesorio |
|---|---|

Figura 11: Condiciones de rechazo según elemento
Fuente: Norma OSHA.

c. Procedimiento de operaciones generales Hot Tap y Line Stop¹³

Los siguientes pasos pertenecen al manual de instalación y montaje del equipo marca T.D. WILLIAMSON.

- **Pasos para el cálculo de medidas para recorrido de perforación (Hot tap)**

- Medición de la cara del adaptador de la máquina perforadora a dientes del cortador.
- Cara de la válvula a la parte superior del ducto.
- Sacar de planillas de cálculo la distancia de tapping hasta la distancia máxima de corte donde se tiene el coupon libre y la broca ha terminado de realizar la limpieza.

- **Pasos para el cálculo de medidas para poner line stop.**

- Calcular distancia desde brida del housing al talón del cabezal.
- Medir distancia desde el espejo de la válvula a la parte superior del ducto.
- Diámetro exterior del ducto menos un espesor de pared.
- La distancia total de recorrido será desde el talón a la parte inferior interna del ducto.

¹³ Procedimiento basado en el Manual del equipo Hot Tap y Line Stop marca TD WILLIAMSON

- **Cálculo de medidas para poner tapón del line stop.**
 - Medir desde la ranura superior del tapón a la parte inferior del tapón.
 - Medir desde parte inferior del tapón a la cara del adaptador.
 - Medir desde la cara superior de la válvula sándwich a la parte superior de los segmentos (uñetas) y Marcar en el segmento el número de giros

d. Procedimiento de trabajos preliminares y operaciones generales Hot Tap y Line Stop¹³

- **Cálculo de la presión permitida para soldadura en recipientes bajo presión interna de acuerdo a norma ASME sección V.**

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{2 S (t-c)}{D} \dots\dots\dots (3)^{14}$$

Dónde:

- P máx. = Presión (PSIG)
- S = SMYS de la cañería (psi)
- t = Espesor de pared (pulgadas)
- D = Diámetro externo (pulgadas)
- c =Tolerancia de pérdida de resistencia por calentamiento del Metal

- **Procedimiento de soldadura de los fitting directamente a la línea en operación**

Según la norma API RD 2201 primeramente se soldarán las costuras longitudinales hasta terminar completamente (Ver figura 12) y luego se soldará uno de los anillos del fitting igualmente hasta terminar completamente (Se esperará el tiempo necesario para que enfríe la soldadura y luego se soldará el otro anillo hasta concluir), posteriormente podrán soldarse los TOR's utilizando electrodos de 1/8" y 5/32" (Ver figura 13).

¹⁴ Formula encontrada en la norma ASME sección V, para calcular la presión permitida en recipientes a presión.

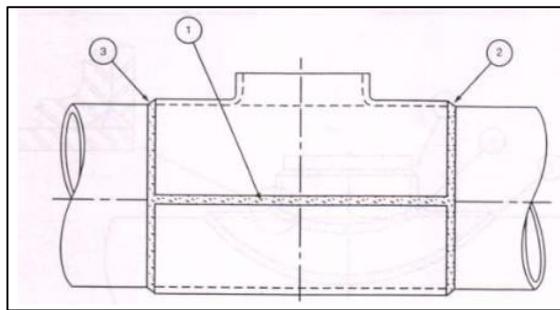


Figura 12: Secuencia de soldadura de derivación con camisa de refuerzo
Fuente: Manual del soldador.

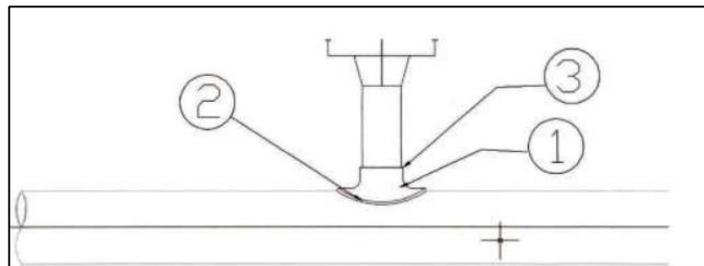


Figura 13: Secuencia de soldadura de derivación con montura de refuerzo del TOR
Fuente: Manual del soldador.

- **Prueba hidráulica de fugas de los fittings y tor's**

Lo norma API RD 2201¹⁵ indica que una vez concluida la soldadura se procederá a realizar una prueba hidráulica de fugas del fitting ya soldado, así como de los TOR's ya soldados. Las presiones para la prueba hidráulica de fugas previo al hot tap para una conexión ya soldada a la línea principal para hot tap o stopple no debe exceder la presión determinada por una de las fórmulas siguientes, dependerá de los datos tomados.

$$P1 = 10.67 S (t - c)^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$P2 = 2 S (t - D) (0.40) \dots\dots\dots (5)$$

- P1 = Máxima presión de prueba (psig).
- P2 = Máxima presión de prueba (psig).

¹⁵ Norma API RD 2201 titulada *Procedures for welding or hot tapping on equipment in service* donde encontraremos con mas detalle los pasos para realizar Hot tap.

- d = diámetro interno de la cañería de derivación (pulgadas).
- D = diámetro externo de la línea principal (pulgadas).
- t C = Espesor de pared de la línea principal (pulgadas).
- c = Tolerancia de pérdida de resistencia por calentamiento del Metal.
- S = Specified Minimum Yield Strength (SMYS) de la línea principal (psi).
- Gr.B=35,000, X-42=42,000, etc.) Si desconoce este valor utilice 24,000.

e. Procedimiento Line Stop¹²

Los siguientes pasos pertenecen al manual de instalación y montaje del equipo marca T.D. WILLIAMSON.

- **Montaje de fitting (Split Tee)¹⁶**

- Se realizará una inspección visual (Ver figura 14) con el fin de verificar la inexistencia de soldaduras circunferenciales, abolladuras amasados, aperturas de arco y corrosión en el área donde será realizada la conexión, también el espesor de la tubería existente con un medidor de espesores por ultrasonido. La verificación de espesor se realizará en la posición del extremo del fitting y en todo el contorno en un área de 150 mm en cada lado de la región central de la soldadura a ser ejecutada.
- Se eliminará todo residuo del acoplante empleado previo al montaje del Fitting. Si la existencia de un refuerzo o sobre monta de la costura longitudinal de la tubería existente pudiese impedir un correcto asentamiento de la pieza y fuese necesario amolar para retirar tal refuerzo, se realizará una inspección por ultrasonido manual antes de la ejecución del amolado a fin de descartar discontinuidades que pudieran

¹⁶ Procedimiento basado en el manual de instalación y montaje de accesorios para la instalación de equipos Hot tap, para la marca TD WILLIAMSON.

quedar expuestas. De existir dichas discontinuidades, no se podrá realizar la operación.

- El Fitting será montado en posición vertical mediante la utilización de un equipo de izaje, con longitud de brazo suficiente para no interferir en el área de operación, se montarán las dos media-caña que componen Fitting y se las sujetará presionándolas entre sí con gato y cadena.



*Figura 14: Inspección visual del Fitting (Split Tee)
Fuente: Manual del equipo TD WILLIAMSON.*

- **Procedimiento de instalación de la válvula tipo sándwich¹⁷**

El manual de instalación de la válvula tipo sándwich de marca TD WILLIAMSON son los siguiente:

- Verificar que el bypass y los puertos de drenaje (Ver figura 15) funcionen correctamente y habilitarlos con válvulas de bloqueo (bola o compuerta) para usar en caso de ser necesario.
- Alinear la válvula de tal forma que ésta quede paralela a la cara de la brida del accesorio.
- Limpiar la superficie de acople de la válvula en la cara realzada y instalar empaques en todas las bridas Bajar la válvula lentamente sobre el accesorio, manteniendo los espárragos libres en los orificios para los tornillos (espárragos) de la brida. Abrir la válvula SANDWICH. Liberar

¹⁷ Los pasos a realizar para la instalación de la válvula tipo sándwich marcan con más detalle se encuentra en manual para la instalación de la válvula sándwich marca TD WILLIAMSON

la presión sobre el vástago de la válvula, girando media ($\frac{1}{2}$) vuelta en sentido de las manecillas del reloj.

- Alinear diámetro interior de la válvula con diámetro interior del accesorio tan perfecto como sea posible y instalar tuercas y apretar de manera uniforme utilizando la secuencia apropiada y torque recomendado por el fabricante
- Extender y retraer segmentos de la brida LOCK-O´RING de nuevo para garantizar que operen libremente, ya que pueden ser afectados al ajustar los pernos de la válvula SANDWICH.
- Medir y registrar la distancia desde la parte superior de la válvula hasta la parte superior de los segmentos, esta medida debe ser tomada en este punto y anotada como referencia para colocar el tapón LOCK-O´RING. Si se va a colocar un cupón (sección cortada) al tapón, proceder a medir desde la parte superior de la tubería hasta la parte superior de los segmentos y registrar esta dimensión. Finalmente instalar empaque sobre la parte superior de la válvula.



Figura 15: Puertos de bypass interno y drenaje
Fuente: Manual de la válvula de sándwich marca TD WILLIAMSON.

- **Instalación de válvulas diámetro 2" roscadas en los niples
THREAD-O´RING**

- Verificar que los niples THREAD-O´RING estén limpios y roscar tapón THREAD-O´RING en su lugar manualmente para chequear las roscas y finalmente retirar el tapón.

- Chequear que la válvula sea de 2" de diámetro, roscada, de paso interior total (fullbore) y que su operación de apertura y cierre sea normal (Ver figura 16).
- Instalar la válvula utilizando sellante para la rosca y dejar la válvula abierta.
- Roscar de nuevo el tapón THREAD-O´RING en su lugar, manualmente, para chequear que rosque fácil. Finalmente, retirar el tapón. Si el tapón THREAD-O´RING no rosca dentro del niple completamente y de manera fácil, se debe chequear que la válvula de 2" no esté demasiado apretada en el niple.



*Figura 16: Vista detallada del TOR de Split tee
Fuente: Manual del equipo TOR marca TD WILLIAMSON.*

- **Ejecución de las perforaciones de 2" en caliente**

- Ensamblar la broca y el adaptador roscado de 2" a la máquina de perforación T-101 (Ver figura 18) o similar y retraer la máquina hasta la lectura "0" en el cuerpo de la carcasa.
- Medir y registrar la distancia desde la parte superior de la válvula hasta la parte superior de la tubería y añadir la distancia donde se aloja la broca dentro del adaptador roscado de 2" (Dimensión A y B en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación). Al total de las medidas réstele (aproximadamente 11/16"), y esta será la distancia que debe recorrer la broca para hacer contacto la broca con la tubería.
- Medir desde la parte superior de la válvula hasta la parte superior del niple THREAD-O´RING de 2". (Registrar la

dimensión "J" en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación) Ver figura 17.

- Instalar máquina de perforación T-101 o similar sobre la válvula cerrada e instalar válvula de drenaje de ¼" en la máquina.
- Abrir la válvula y extender la broca hasta que haga contacto con la tubería y utilizar la manivela o un motor neumático, girar la broca hasta que la tubería apenas sea penetrada. Cuando el aire sea liberado del adaptador por el fluido de la línea, cerrar la válvula de drenaje.
- Retraer la broca completamente hasta que la maquina este en "0" y cerrar la válvula y abrir válvula de drenaje de ¼" en la máquina para liberar presión y retirar la máquina

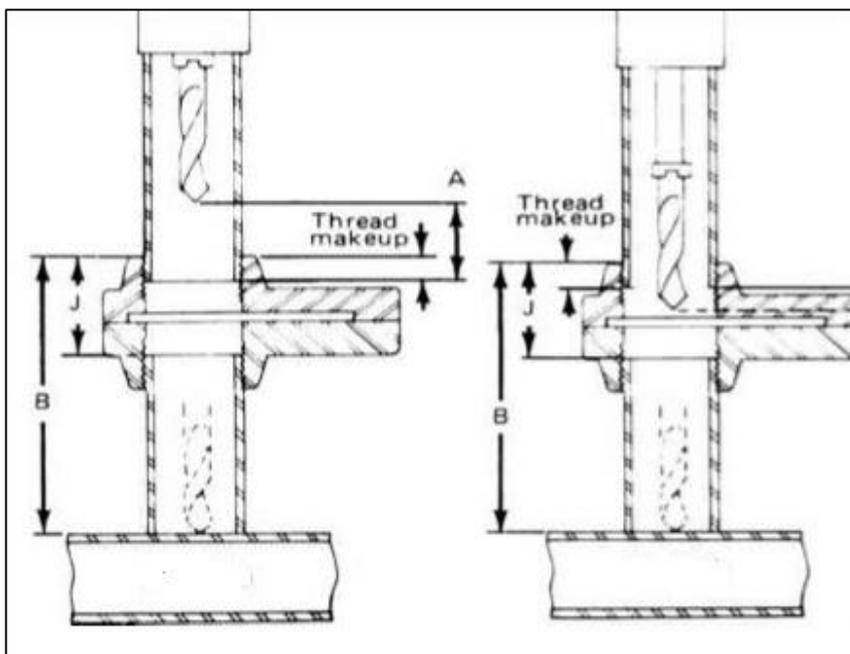


Figura 17: Dimensiones para perforación de 2''
Fuente: Manual del equipo hot tap marca TD WILLIAMSON

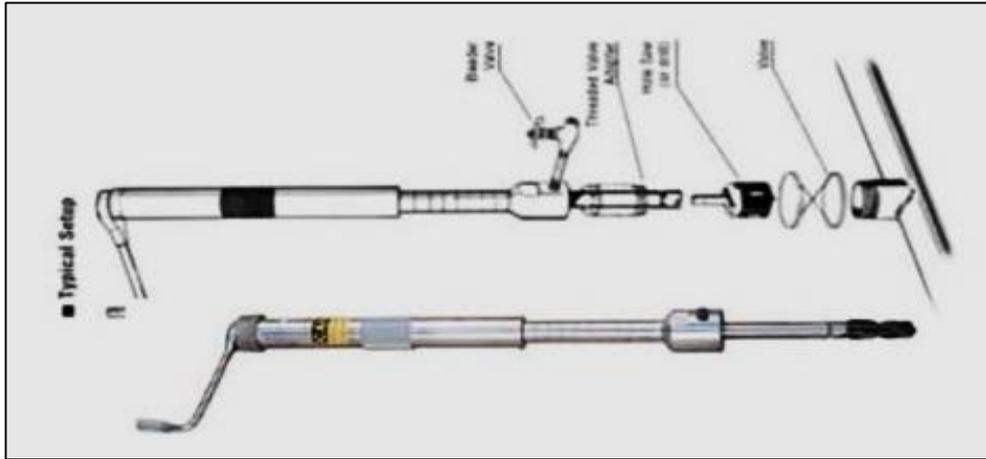


Figura 18: Equipo de perforación de 2''
 Fuente: Manual del equipo hot tap manual marca TD WILLIAMSON.

- **Perforaciones en caliente HOT TAP**

Los siguientes pasos están basados en la norma API RD 2201 y el manual de equipo hot tap:

- Instalar el adaptador en la máquina de perforación, ajustar los dos tornillos superiores, dejando los otros sin apretar y extender barra de perforación más allá de la brida del adaptador.
- Instalar porta cortador en la barra de perforación. Apretar varilla de retención manualmente con la varilla de medición y pasador o pin con sus chavetas de seguridad.
- Inspeccionar alambres retenedores, insertar la punta de la broca y pin de bloqueo de nylon en la rosca de la broca piloto, luego instalar broca piloto en el porta cortador y apretar, excepto si la broca piloto está soldada.
- Alinear el adaptador con el cortador y apretar tornillos del adaptador. Como referencia de alineamiento, medir desde el diámetro externo del cortador hasta la pared interna de la brida. Girar el cortador 180° y volver a chequear la alineación. Si la alineación cambia cuando el cortador gira, chequear que no existan daños en el cortador, porta cortador y/o barra de retención y utilice la manivela para retraer totalmente la barra

de perforación y el cortador. Se debe verificar la medida con la varilla de medición

- Finalmente se termina de ensamblar el equipo de perforación de Hot Tap marca T.D. Williamson (Ver figura 19).

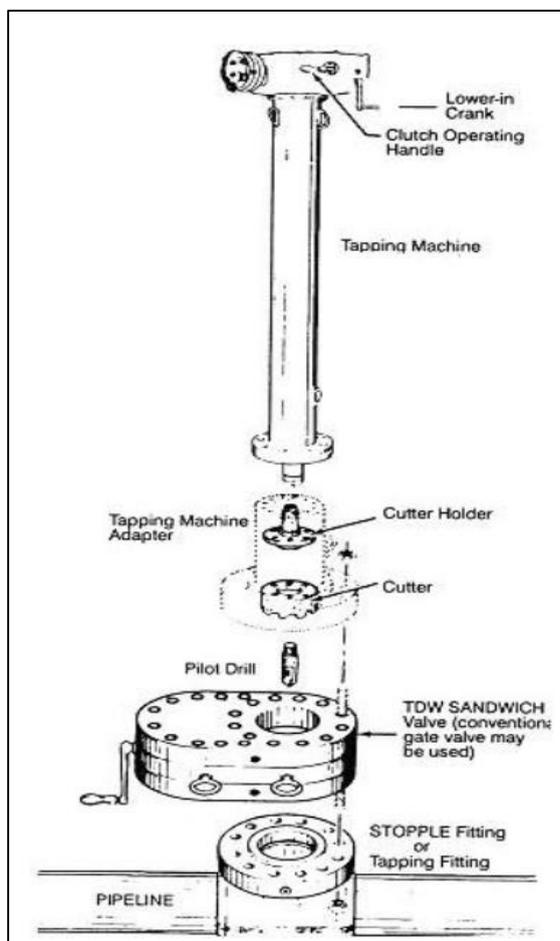


Figura 19: Ensamble de equipo perforación 6'' o mayores
Fuente: Manual del equipo hot tap marca TD WILLIAMSON.

- **Calcular Distancia de Perforación**

Pasos a realizar para la medición de distancia según el manual de equipo Hot tap para la tarjeta de medición como referencia para la instalación en otros tramos:

- Medir y registrar la distancia desde la punta de la broca del piloto hasta la cara de la brida del adaptador. (Dimensión A en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación).

- Medir y registrar la distancia desde la parte superior de la válvula hasta la parte superior de la tubería. (Dimensión B en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación).
- El total de $A + B$ es igual a la distancia que la broca piloto debe recorrer para hacer contacto con la parte superior de la tubería (Ver figura 20).
- Medir y registrar la distancia hasta donde la punta del piloto se extiende más allá de los dientes del cortador.
- Chequear el manual del equipo o hacer cálculo para verificar la distancia aproximada que la broca piloto y el cortador deben recorrer para completar la perforación después de que el piloto hace contacto con la tubería (Ver figura 21).
- Registrar todas las dimensiones en la tarjeta apropiada.

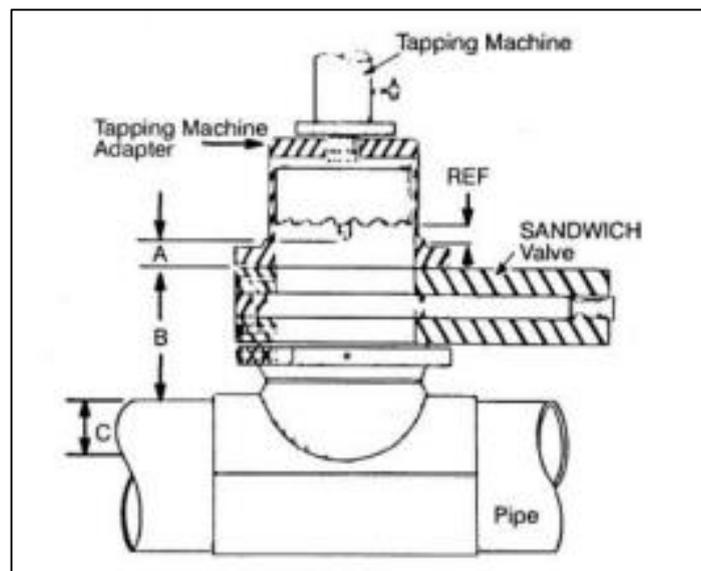


Figura 20: Medición para perforación mayores a 6''
Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON.

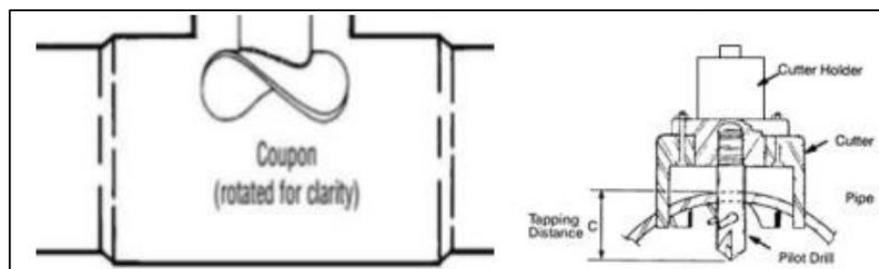


Figura 21: Distancia de corte
Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON

- **Obtención de la tubería**

Según el manual del equipo Hot tap marca TD WILLIANSON se procederá a realizar una prueba de hermeticidad de los equipos de fitting, válvula de sándwich y hot tap. Esta prueba debe ser realizada a la presión de la línea en ese momento y lugar, se empleará agua como fluido teniendo una duración de 15 min. Una vez concluida la prueba de hermeticidad, se drenará el agua del sistema por el drenaje del equipo, el agua restante en el sistema se introducirá a la línea en el momento de la perforación

- **Pasos para la instalación de elementos de sello del Obturador (Line stop)**

- Instalar los tornillos de la barra de control y tuercas y el yugo debe girar libremente sobre el eje de este y los rodillos de la nariz deben girar libremente.
- Retirar los tornillos y el suplemento de nariz y limpiar el sucio del frente del yugo y dentro del suplemento de la nariz y aplicar una capa fina de lubricante (grasa o similar).
- El diámetro externo del ala (labio) principal del elemento de sello debe corresponder con el diámetro interno de la tubería más 1/8". Se debe verificar el espesor del cupón retirado en la perforación para verificar el espesor y recalcular el diámetro interno del ducto en la sección a obturar y lubricar el O-ring incorporado en el elemento sello y instalar elemento de sello y suplemento de nariz y apretar uniformemente y lubricar la circunferencia entera del elemento sello y retraer la cabeza obturadora dentro del adaptador, teniendo cuidado de no dañar el elemento de sello (Ver figura 22).

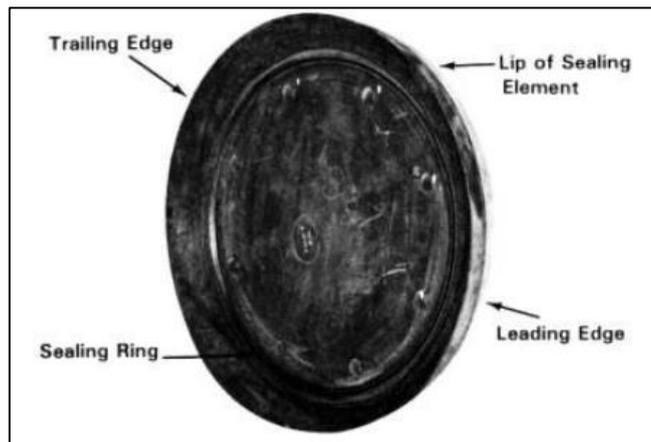


Figura 22: Elemento de sello

Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON.

- **Calcular la distancia requerida para instalar la Cabeza obturadora en la línea**
 - Medir y registrar la distancia desde la parte superior de la válvula hasta la parte superior de la tubería. (Dimensión B en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación).
 - El total de B + el diámetro interno de la tubería menos un espesor de la pared (Dimensión E en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación) es la medida requerida para que el rodillo de la cabeza obturadora toque el fondo de la tubería. Esta es la dimensión de la referencia si se quiere barrido.
 - Medir y registrar la distancia desde la cara de la brida del alojamiento hasta el borde de la barra de control de la Cabeza Obturadora. (Dimensión D en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación).
 - El total de B + D + el diámetro interno de la tubería más el espesor de la pared (Dimensión E en la tarjeta de medición para Perforación y Obturación) será la distancia requerida para asentar completamente la cabeza obturadora en posición. Registrar todas las mediciones en la tarjeta apropiada (Ver figura 23).

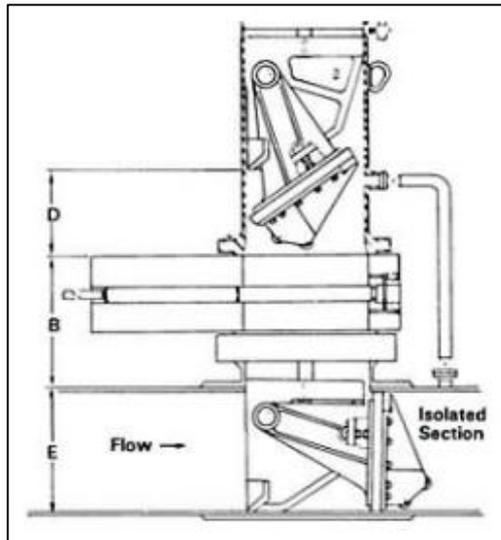


Figura 23: Mediciones de obturación
 Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON.

- **Instalar Cabeza Obturadora (Line stop)**

- Instalar las máquinas obturadoras sobre las válvulas SANDWICH con las salidas de 2" en los adaptadores y los suplementos de nariz de la cabeza obturadora mirando uno al otro y alineados con la tubería principal y apretar los tornillos uniformemente y instalar válvulas de 2" de drenaje en ambas máquinas de obturación y dejar válvulas de drenaje abiertas. Conectar tubería de equalización y dejar abierta la válvula de 2" en la máquina de obturación. No abrir la válvula de 2" de la tubería. (TOR). (Ver figura 24 y 25)
- Purgar el aire del adaptador de la cabeza obturadora. Para ello se debe abrir la derivación interna de la válvula SANDWICH, estas válvulas deben ser abiertas totalmente y las vueltas deben ser contadas para asegurar que efectivamente lo está y. liberar un poco la fuerza sobre el vástago de la válvula girando ½ vuelta, al contrario.
- Bajar primero la Cabeza Obturadora aguas abajo, la distancia calculada será mostrada en la barra de control a través del orificio en el cuerpo del cilindro, anclar las cabezas de obturación utilizando el freno del cilindro hidráulico, si la máquina los posee y cerrar la válvula de 2" en el adaptador del obturador.

- Bajar la Cabeza Obturadora aguas arriba utilizando el mismo procedimiento. Una vez instaladas, chequear ambas máquinas obturadoras para asegurarse de que permanezcan bien ancladas en su lugar y cerrar las válvulas de 2" en el adaptador.



Figura 24: Equipo de obturación

Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON.

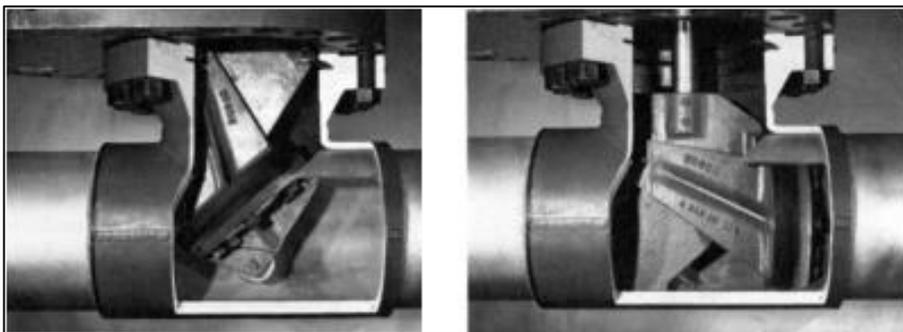


Figura 25: Vista interna del equipo de obturación

Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON.

- **Pasos de instalación de tapones Lock-O´Ring**

- Limpiar la parte interior del adaptador de la máquina de perforación y instalar el porta tapón en la barra de perforación. Utilizando la varilla de medición, girar la varilla de retención en

el porta tapón hasta que quede bien apretado. El tapón no debe girar.

- Utilizar el calibrador de la bola del cheque del LOCK-O´RING para inspeccionar la válvula de retención o cheque interno. (Ver figura 26)
- Limpiar O ´ring, verificar que no existen daños, lubricar e instalar
- Soplar a través de la válvula de retención para asegurarse que esté abierta, una vez tomadas las medidas, retraer el tapón completamente (Ver figura 27) hasta que toque fondo en el adaptador (posición ‘cero’ en la varilla de medición).

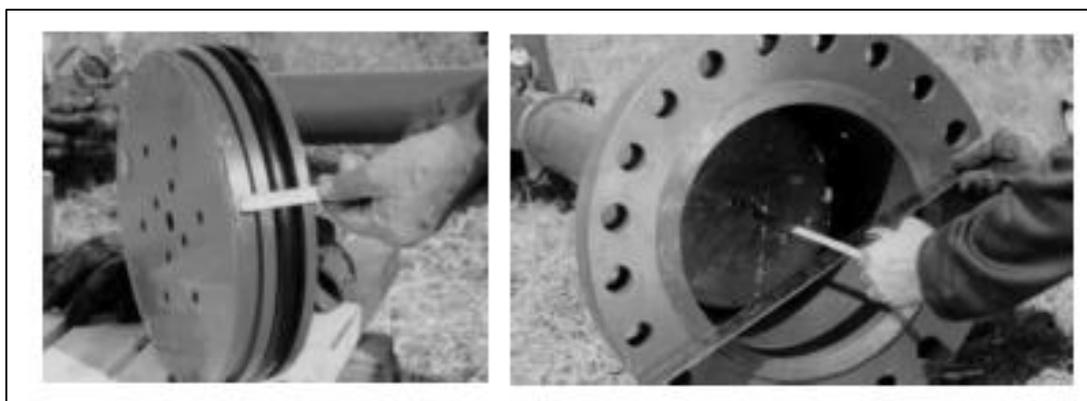


Figura 26: Tapón de completamiento

Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON.

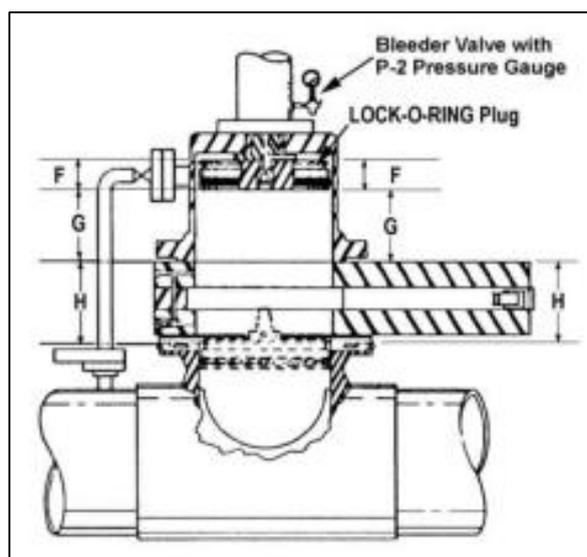


Figura 27: Colocación de tapón de completamiento

Fuente: Manual del equipo Line stop marca TD WILLIAMSON.

f. Procedimiento de corte y biselado de tubería con equipo de corte automático en frío¹⁸

Pasos de corte de tubería con el equipo de corte

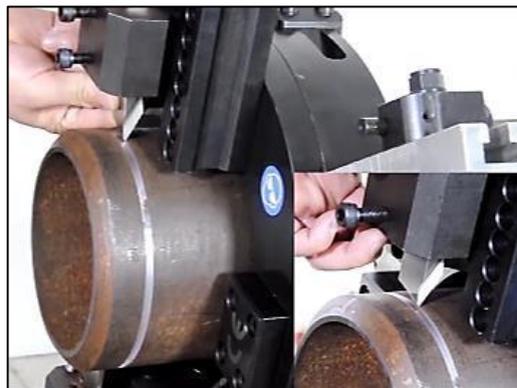
- Posicionar un pin fijo que hará contacto continuo con el engranaje de accionamiento ubicado en las portas cuchillas (Ver figura 28), cada giro del anillo el engranaje tendrá un solo contacto con el pin y este contacto generará cada vez un avance en la profundidad de corte de la cuchilla igual a una profundidad de 0.07mm (Tri triol,2018,p23)

➤



*Figura 28: Ubicación de Pin de Contacto con Engranaje de Accionamiento
Fuente: Manual del equipo de corte en frío TRI TOOL.*

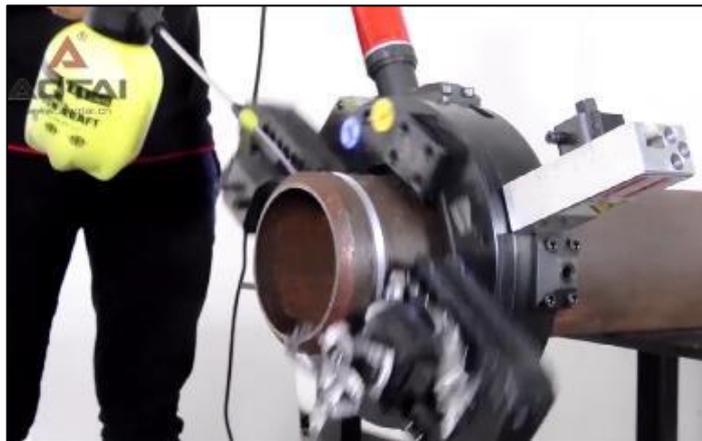
- Confirmado el paso anterior, detenemos el equipo e instalamos la cuchilla de corte biseladora (Ver figura 29)



*Figura 29: Instalación de Cuchilla Biseladora
Fuente: Manual del equipo de corte en frío TRI TOOL.*

¹⁸ Procedimiento basado en el manual del equipo de corte en frío marca TRI TOOL.

- Durante el corte de la tubería se debe realizar continuamente el enfriamiento de la herramienta de corte (cuchillas). La fricción de la cuchilla generará un sobrecalentamiento tanto en el material base como en la cuchilla de corte, generando esto que se pierda rápidamente el filo de la cuchilla. Para aliviar esto se aplicará de forma constante y manual un líquido refrigerante durante todo el proceso, hasta que se termine el corte de la tubería (Ver figura 30). (Tri tool, 2018,p25).



*Figura 30: Enfriamiento en zona de corte.
Fuente: Manual del equipo de corte en frío TRI TOOL.*

- Finalmente, por medio de una amoladora con disco o una lima manual, procederemos a eliminar cualquier presencia de rebaba y filo cortante que presente el bisel luego se verificará el bisel y talón esta deberá cumplir con WPS aplicado.

g. Procedimiento de intervención Oleoducto Nor Peruano¹⁹

El siguiente procedimiento esta basado en los procedimientos proporcionados por la empresa PETROPERU S.A.:

- **Vaciado de tramo**

Una vez asegurada la obturación en ambos puntos, se procederá a retirar el hidrocarburo atrapado entre los puntos de bloqueo, para este propósito se empleará una bomba que será

¹⁹ Procedimiento basado en las fuentes de PETROPERU

conectada en el punto de actualización (TOR), punto que posteriormente podrá ser utilizado para la conexión de los transmisores de presión.

- **Corte y biselado en frío**

Este equipo opera de manera hidráulica y cuenta con su propia unidad de potencia, será operado por un personal calificado, el tiempo de duración del corte estará en función al tipo de acero de la línea y su espesor. El equipo estará en óptimas condiciones de operación al momento de corte y biselado manteniendo las superficies lubricadas y refrigeradas (se empleara refrigerante industrial), el recipiente se colocara por debajo del corte para recibir el remanente de líquidos que puedan quedar en la línea, para evitar el sobre llenado de este recipiente en caso de que el volumen de líquido quede en la linear posterior al vaciado sea superior a la capacidad del mismo se contara con una bomba manual de trasvasijado para pasar el líquido de este recipiente a otro final, el niple cortado se enviara a la estación de bombeo más cercano.

- **Inertizado**

Una vez concluido el corte, se procede a inertizar la línea, para esto se instalará en ambos extremos a un muro de bentonita terminando el proceso se procederá a liberar la línea y proceder al biselado.

- **Biselado**

Es importante mencionar que el equipo de corte orbital entrega la línea biselada, sin embargo, en muchos casos es importante afinar esta terminación para tener un mejor resultado al momento de soldar, para proceder a soldar el personal de seguridad deberá asegurar que no exista mezcla explosiva y que la actividad sea segura.

- **Presentación y soldadura de niple**

Se realizará la presentación del nuevo niple la cual contiene la válvula, se empleará grúa o Sideboom y personal operador con rigger calificados para esta actividad, concluida la presentación y la alineación del nuevo niple se da inicio a la soldadura acompañados por un personal de seguridad monitoreando permanentemente el área y se asegurará que no exista mezcla explosiva, concluyendo la soldadura en ambos puntos se deberá liberar inmediatamente por END.

- **Retiro de elementos de obturación de la línea**

Una vez se tenga la aprobación de los resultados de END de ambas juntas circunferenciales, se procede a retirar los cabezales de obturación de la línea, primero se retirara el cabezal de obturación aguas abajo (Tiene mayor presión) luego el de aguas arriba.

h. Procedimiento prueba hidrostática de la válvula

- **Prueba de estanqueidad**

La norma API 6L indica que toda válvula debe someterse a pruebas hidrostáticas para verificar la existencia de fugas en los sellos de las válvulas, esto será verificado a través de un pequeño orificio ubicado en la cavidad central de la válvula a presión

- **Presiones de prueba de acuerdo a la norma API 6D²⁰**

La tabla 2 nos indica la presión a que deben ser sometidos según la clase y su diámetro.

²⁰ Norma API 6D usada para válvula de bola en tuberías

Tabla 2: Tabla de presiones de cuerpo y estanquidad.

| PRESIONES DE PRUEBA NORMA API 6D | | | | |
|----------------------------------|---|---------------------|------------------------|---------------------|
| CLASE | PRESION MINIMA PSI (Kgf/cm ²) | | | |
| | PRUEBA DE CUERPO | | PRUEBA DE ESTANQUEIDAD | |
| | PSI | Kgf/cm ² | PSI | Kgf/cm ² |
| 150 | 425 | 29.89 | 300 | 21.10 |
| 300 | 1.100 | 77.36 | 800 | 56.26 |
| 400 | 1.450 | 101.97 | 1.060 | 74.54 |
| 600 | 2.175 | 152.95 | 1.600 | 112.52 |
| 900 | 3.250 | 228.55 | 2.400 | 168.78 |
| 1500 | 5.400 | 379.75 | 4.000 | 281.29 |

| TABLA N°2 DURACION DE PRUEBA DE ACUERDO A LA NORMA API 6D | | |
|--|--------------------|-------|
| DIAMETRO NOMINAL (PULGADAS) | DURACION (MINUTOS) | |
| | CUERPO | SELLO |
| 2" a 4" | 2 | 2 |
| 6" a 10" | 5 | 5 |
| 12" a 18" | 15 | 5 |
| 20" a mas | 30 | 5 |

Fuente: Norma API 6D versión 2018

- **Ejecución de la prueba**

La norma API 6D nos indica que se probará el cuerpo mismo de la válvula, para ello se montará un banco de pruebas previendo conexiones para la entrada de agua, drenaje e instrumentos. El manómetro de prueba deberá estar con plaqueta de certificación de calibración por lo máximo de 6 meses de antigüedad. Toda la conexión (codos, bridas, etc.) deberán ser de una resistencia igual o mayor que el sistema que está probando. La prueba de cuerpo de las válvulas se ejecutará tanto en presiones como en tiempos.

- **Prueba de cuerpo**

La norma API 6D indica que la válvula deberá estar abierta y apoyada en posición vertical para la expulsión de aire atrapado y deberá estar tapada con otra brida ciega por el otro lado de la válvula, luego se procederá a presurizar el ensamble completo al 50% de la presión de prueba y se verificará la existencia de fugas. Una vez terminada la inspección se resumirá la

presurización hasta obtener el 75% de la presión de prueba, se verifica las fugas a esta presión y luego pasa al 100% de la presión de prueba. El tiempo serán determinados según la norma API 6L²¹, los datos obtenidos se registrarán y se procederá a la liberación de la presión en su totalidad.

- **Prueba de estanquidad**

La norma API 6L indica que se iniciará la prueba de estabilización en cada uno de los lados de la válvula a las presiones y tiempos estipulados probando con presión en ambos lados separadamente. Se mantendrá la presión de 50% por un lapso de 2 minutos mientras se hace una inspección visual de fugas especialmente en los orificios previstos en la parte inferior de la válvula. Al completarse este periodo de 2 minutos se incrementará al 75% y luego al 100% haciendo una inspección visual de las fugas de la válvula.

- **Condición y preparación**

Posterior a la prueba hidrostática de cada válvula, deberá ser secada con aire comprimido o tela seca en su posición de totalmente abierta, inmediatamente después la válvula será cerrada y en todas sus superficies interiores, allí donde no tenga pintura será cubierta con grasa, luego será colocadas en posición totalmente abierta y colocada en una plataforma de madera p según como fueron almacenadas cuando llegaron de fábrica.

i. Procedimiento de montaje de válvula y actuador

- **Montaje de la válvula de bloqueo automático**

Cuenta con 6 pasos para realizar el montaje de la válvula (Ver figura 31).

²¹ Norma API 6L esta norma indica el tipo de válvula que se va hacer la prueba hidrostática

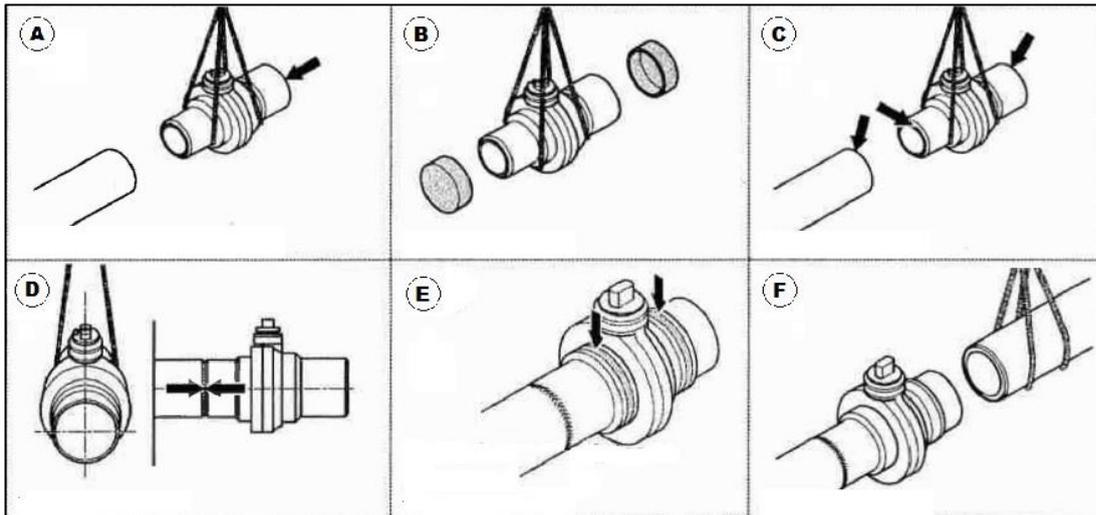


Figura 31: Pasos para realizar el montaje de la válvula²².
Fuente: Manual de la válvula de bola marca FLOWSERVE.

- **Limpieza general de la válvula de bloqueo**

El manual de FLOWSERVE indica que después del soldeo y verificación de la misma, se procede a limpieza de superficie de la válvula verificando que no haya partículas en las hendiduras que posee a los lados (6 a cada lado) donde irán colocados los Anillos Separadores (Ver figura 46) después se procederá a retirar la envoltura plástica de protección del vástago, cuando se haya terminado de hacer limpieza en la válvula, se verificará buen estado del vástago (no debe existir suciedad y si es necesario, aplicar aceite o grasa fina) sobre ella se colocará el carrete adaptador que será el acople entre la válvula y el actuador (Ver figura 32).

²² . A: Transporte de la válvula esférica; B: Retiro de las tapas protectoras; C: Limpiar la tubería; D: Soldar la primera unión; E: Soldadura de unión entre la tubería y el niple de la válvula, F: Montaje y soldadura de la segunda unión

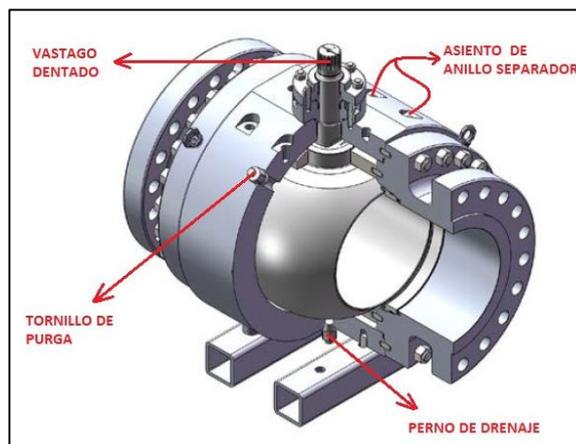


Figura 32: Vista isométrica de la válvula de bloqueo automático.
Fuente: Manual de la válvula de bola marca FLOWSERVE²³.

- **Izaje con actuador y HPU**

El manual de ROTORK FLUID SYSTEMS nos indica que el actuador EH debe levantarse con dos arneses de argolla textiles. Coloque las eslingas de ojo textil en el centro del cuerpo (Ver figura 33) y el ángulo β debe estar entre 0° y 45° (Ver figura 34) y para equilibrar el peso, enganche una eslinga de cadena de doble pierna en las orejetas de elevación del soporte de la HPU y colóquese una eslinga textil en el apoyo de los acumuladores.

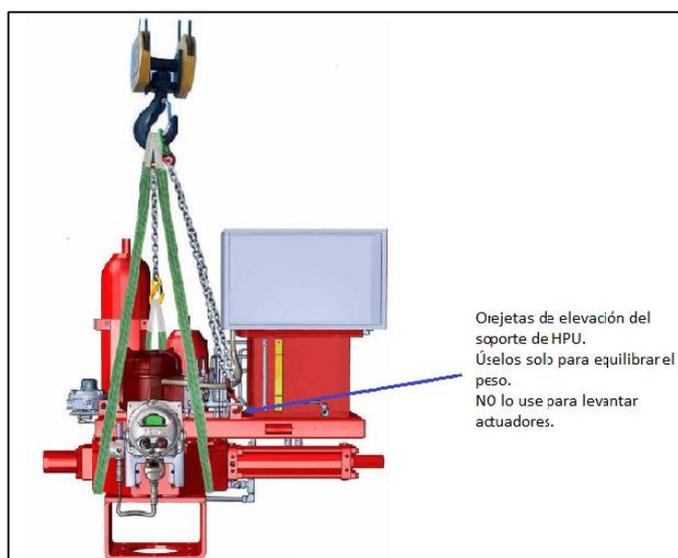


Figura 33: Conjunto actuador con HPU.

²³ Procedimiento basado en el manual de FLOWSERVE, donde indica los pasos de instalación y la ficha técnica de la válvula.

Fuente: Manual del actuador marca ROTORK FLUID SYSTEMS.

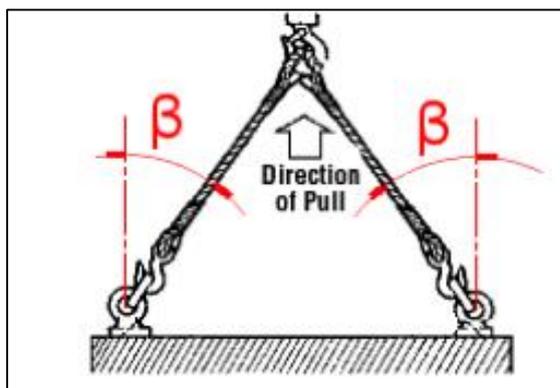


Figura 34: Angulo de elevación.

Fuente: Manual del actuador marca ROTORK FLUID SYSTEMS.

- **Pasos para el ensamble Actuador con Válvula**

Los siguientes pasos se encuentran en el manual de la Empresa ROTORK FLUID SYSTEMS²⁴:

- Verifique las dimensiones del acoplamiento de la brida y el vástago de la válvula; deben cumplir con las dimensiones de acoplamiento del actuador.
- Coloque la válvula en posición abierta. El actuador se suministrará en posición abierta (Válvula y actuador deben estar en el mismo estado abierto). Es posible comprobar la posición del actuador por medio del indicador de posición en la caja del interruptor de límite (Ver figura 35).
- Limpiar la brida de acoplamiento de la válvula y eliminar todo aquello que pueda impedir una perfecta adherencia al actuador brida. Asegúrese de que la grasa se haya eliminado por completo y lubrique el vástago de la válvula con aceite o grasa, para facilitar el montaje.
- Levante el actuador de acuerdo con las instrucciones dadas en el presente procedimiento referente al izaje y monte la junta de acoplamiento (carrete adaptador) en el vástago de la válvula antes de proceder con el ensamblaje del actuador.

²⁴Procedimiento basado en el manual de ROTORK FLUID SYSTEMS, donde indica los pasos de instalación y la ficha técnica del actuador.

- Baje el actuador sobre la válvula para introducir el vástago de la válvula en el yugo del actuador sin ejercer ninguna fuerza, pero utilizando únicamente el peso del actuador.



Figura 35: Indicador de posición del actuador
Fuente: Manual del actuador marca ROTORK FLUID SYSTEMS.

1.2 Definición de términos básico

Adaptador: Este accesorio va apernado a la brida de la máquina taladradora, dentro de este se alojará el cortador, broca, sostenedor del cortador y la sección cortada o cupón, y a su vez este va apernado a la válvula sándwich.

Actuador: Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre elemento externo.

Broca Piloto: La broca piloto se utiliza como guía, ya que es la primera en estar en contacto con el tubo. Esta misma es quien sostendrá el tejo o cupón con sus seguros.

Biselado de Tubería: Actividad que consiste en realizar en el extremo de la tubería cortada un bisel o chaflán, al grado de ángulo que se requiera. Para el presente proyecto se regirá a lo que indique el WPS (Procedimiento de Soldadura).

Cortador: Consiste en una corona de acero al carbono con dientes para cortar la tubería. Dentro de este se alojará la sección cortada o cupón. Este va atornillado al sostenedor del cortador, con un kit de tornillos allen por dentro y por fuera con tuercas de seguridad.

Corte de Tubería: Actividad que consiste en realizar un corte transversal a la tubería mediante elementos mecánicos (cuchillas, discos de corte) o por

aplicación de calor a altas temperaturas (oxicorte). Para el presente proyecto aplicará el corte mediante cuchilla de corte en frío.

Cabeza Obturadora: Este accesorio es el que entra a la tubería y hace la obturación con el elemento sellante.

Elemento sellante o de sello: Este es el que logra el sello del fluido, ya que, al ser de un elastómero, se adapta a la forma del tubo y por medio de diferencial de presiones logra el sello o paro del producto del lado a aislar.

Equipo Obturador: Este equipo consiste en un cilindro hidráulico, el cual se conecta a la unidad de potencia por medio de las mangueras hidráulicas y por medio de la válvula de control la cabeza obturadora baja a través del Housing, de la válvula sándwich o slim, de la silleta de obturación y llega al fondo de la tubería para obturar el flujo.

Housing: Este adaptador va acoplado a al cilindro hidráulico y dentro de este se aloja la cabeza obturadora y el elemento sellante y en la brida de este adaptador se atornilla a la válvula sándwich o slim.

Inertizado: Significa eliminar uno de los componentes que produce el fuego, en caso se eliminara el combustible.

Line Stop: (Line stopping) significa el bloqueo temporal del flujo del ducto en operación, line stopping puede ser usado para aislar un sistema de ductos para realizar reparaciones, alteraciones o relocalizaciones.

Line Stopping u Obturación: Consiste en insertar una cabeza obturadora que tiene un elemento sellante dentro de la tubería a través de la silleta o Fitting, con un equipo obturador especialmente diseñado para este tipo de operaciones, después de haber realizado la perforación, sin necesidad de drenar o desocupar toda la línea para su reparación sin parar la producción mediante un bypass o derivación.

Niple soldable: Sirve para la colocación accesorios para toma de muestras del producto interior de la tubería, y también para la colocación de indicadores de paso de herramientas de limpieza interna de tubería. Este accesorio incluye un tapón y una tapa o copa roscada.

Perforadora: Esta máquina es un taladro para perforar tuberías de baja, media y alta presión y también de baja, media y alta temperatura. Está diseñada para que su barra perforadora baje a través de su cuerpo con la broca y el cortador sin que el producto salga a través de ella.

Pilote: Tubería que ha sido introducida al suelo a través de una operación de martilleo o pilotaje que será empleada como soporte base de algún elemento.

Presión de operación: Presión real la cual opera el sistema en condiciones normales.

Presión de diseño: Es la presión con la que se diseña un ducto y su valor debe ser mayor o igual que la presión máxima de operación.

Prueba hidrostática: Es la parte de la presión o fuerza debida al peso de un fluido en reposo que pueda llegar a provocar en tuberías para certificar su hermeticidad.

Presión de prueba: Es una prueba de presión hidrostática que se efectúa a una válvula determinada, para verificar la integridad estructural de las partes contenedoras de presión que por lo general es 1.5 veces la máxima presión de trabajo.

Sideboom: Es un equipo pesado, Diesel, similar a una tractor oruga, con la principal diferencia que cuenta con una pluma (izamiento de cargas), contrapeso (para balancear la carga izada), malacate (sistema de winche, frenos, cables acerados).

Sección cortada o cupón: Es el pedazo de tubería que se corta cuando se realiza el hot tapping, este queda dentro del cortador y atorado en los seguros de la broca piloto.

Soldar: Unir 2 partes o dos cosas, generalmente fundiendo su material o por medio de una materia parecida a ellas.

Trabajo en caliente: Es aquel que involucra o genera trabajos a llama abierta, chispas o desprendimiento de calor como en los trabajos de oxicorte o soldadura.

Tapón de completamiento: Este accesorio se ocupa para la finalización de una operación, este se se coloca en las bridas de las sillas para obturación y en las de by pass. Tiene una ranura circunferencial en la cual entran los segmentos que están dentro de las bridas de obturación y by pass para sostenerlo. Este accesorio también cuenta con una junta tórica u O-Ring que hará que el producto dentro de la tubería no escape o fugue por el tapón.

Válvula Sándwich o Slim: Esta válvula es especial para obturaciones y derivaciones, ya que es una válvula que se diseñó para instalaciones temporales y operación continua, y se recupera después de haber colocado el tapón de completamiento.

Válvula de bola o válvula de esfera: Es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza por que el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.

Vástago: Pieza en forma de varilla que se usa para transmitir un movimiento, en especial la que se halla inserta en la base de un émbolo para traspasarle su propio movimiento o activar el existente en potencia.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo

2.1.1 Temporal

Comprende el periodo de agosto a diciembre del 2020.

2.1.2 Espacial

El proyecto se desarrollará en el Oleoducto Nor Peruano, departamento de Iquitos.

2.2 Determinación y análisis del problema

2.2.1 Descripción del problema

En el Oleoducto Nor Peruano las tuberías de transporte de petróleo sufren constantemente desgaste del espesor, corrosión generalizada o específica, factores climáticos y vandalismos que hay en la zona. Estos factores causan derrame de petróleo, grandes pérdidas monetarias, impacto ambiental, impacto en la biodiversidad dañando el equilibrio de la flora y fauna y contaminación de las fuentes de agua. Actualmente en las tuberías se encuentran instaladas válvulas de bloqueo de forma manual ubicados en lugares no accesibles para su reparación de manera rápida cuando hay un problema de derrame de petróleo ocasionando pérdidas monetarias y gran impacto ambiental en la zona.

2.2.2 Justificación del problema

La implementación de una válvula de bloqueo automático con un actuador electroneumático y transmisores de presión en las tuberías del Oleoducto Nor Peruano permitirá evitar de manera considerable los derrames de petróleo, activando la alarma cuando la diferencia de presión monitoreada no se encuentra en los estándares permitidos, cerrando la válvula de manera remota, para la instalación se utilizara el procedimiento de Hot Tap y Line Stop esto permite detener el flujo de petróleo temporalmente facilitando la perforación y extracción del material perforado

disminuyendo el tiempo de parada, evitar las pérdidas de petróleo y emisiones de CO2.

2.3 Modelo de solución propuesto

2.3.1 Actividades mecánicas preliminares para la instalación y montaje de la válvula de bloqueo automático

a. Medición de espesores en la tubería

- **Ubicación de la junta soldada de referencia**

Se realizó la inspección visual desde la junta de referencia 77660 hasta la junta de referencia 77670, según las coordenadas UTM en referencia que comprende una longitud axial aproximada de 11200 mm. (Ver figura 36), en la tabla 3 indica la ubicación de la junta soldada

Tabla 3: Ubicación de la junta soldada de referencia

| Junta Referencial | Cordón Helicoidal | | Coordenadas UTM | |
|-------------------|-------------------|-------------|-----------------|---------|
| | Entrada (Hr) | Salida (Hr) | Este | Norte |
| 77660 | 10:11 | 03:48 | 0707951 | 9331575 |
| 77670 | 10:10 | 04:40 | 0707941 | 9331578 |

Fuente: Petroperú S.A.

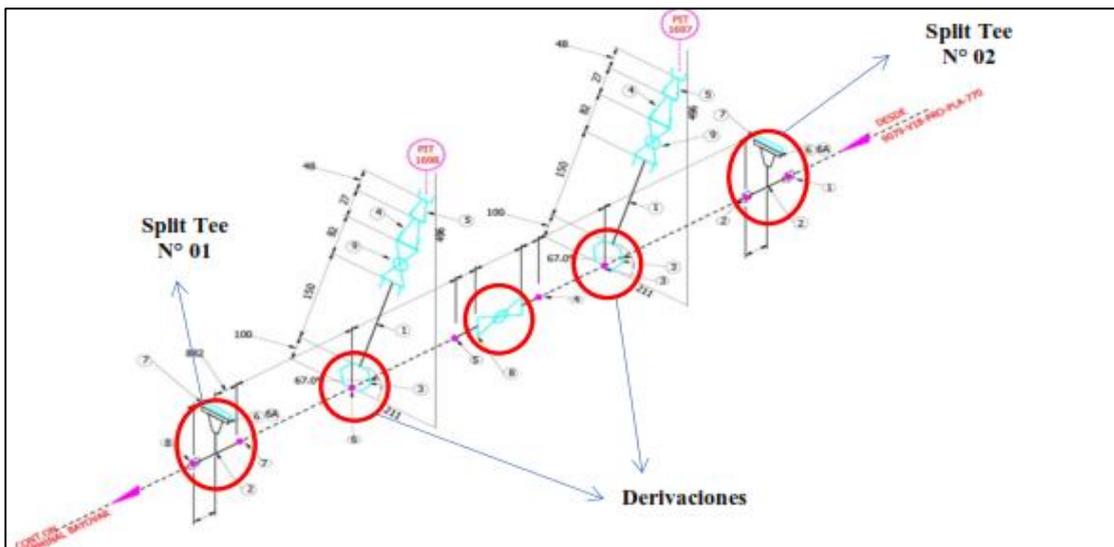


Figura 36: Vista isométrica de ubicación de juntas de la válvula

Fuente: Elaboración Propia

- **Medición de espesores de pared del ducto con equipo de ultrasonido**

Antes de realizar la toma de medidas se procede a limpiar la tubería (Ver figura 37) ,luego procedió a realizar el Ensayo de medición de espesores por ultrasonido industrial con el equipo B-Scan en las zonas circunferenciales donde irán soldados 02 Split tee de 36"Ø, válvula 36"Ø y sus respectivos accesorios de 2"Ø (TOR),antes de realizar la toma de medidas se pone un gel alrededor de la tubería (Ver figura 38) para que no tenga vacíos al momento de colocar el transductor ultrasónico del equipo B-Scan,(Ver figura 38 y 39)



*Figura 37: Limpieza del área para tomar la medida de los espesores de pared
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 38: Colocación del gel y medición de espesor con el transductor ultrasónico
Fuente: Elaboración Propia*



Figura 39: Posición inclinada de la toma de medidas de espesor
Fuente: Elaboración Propia

b. Instalación de pilotes para soporte de equipos de Hot Tap y Line Stop

• **Flujograma de procedimiento de instalación de pilotes**

Este flujograma (Ver figura 40) está basado en los procedimientos de hincado de pilotes mencionado líneas atrás.

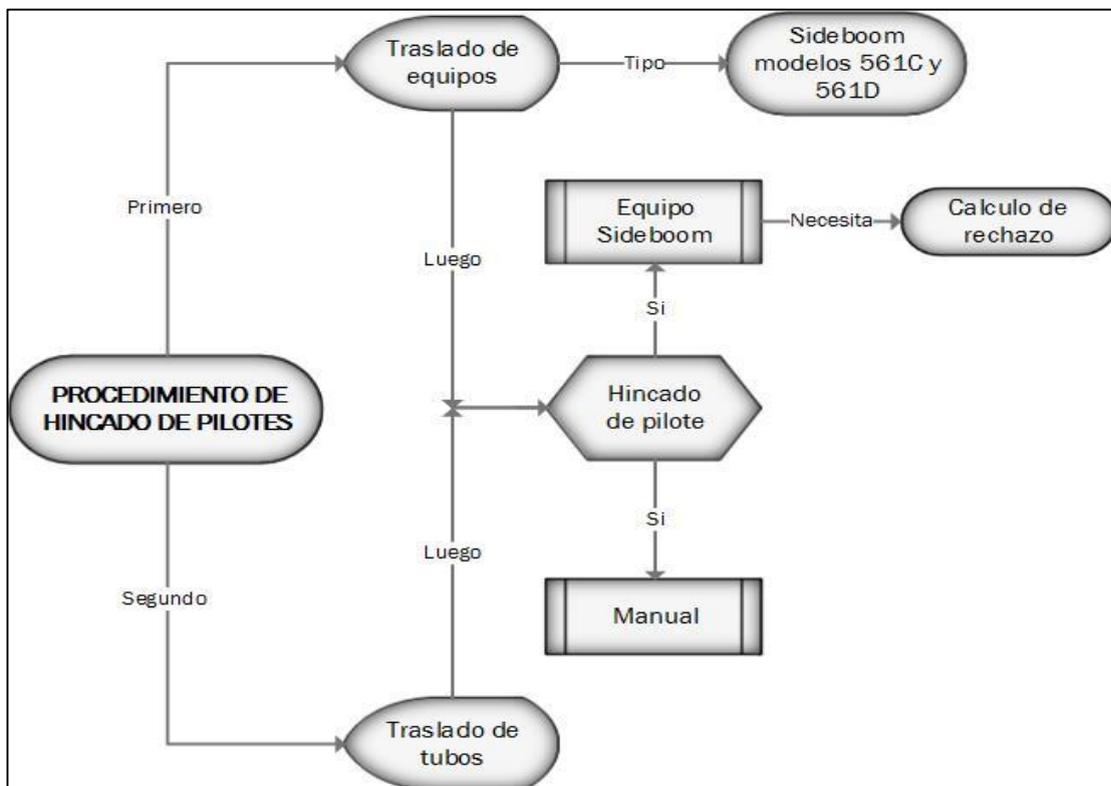


Figura 40: Flujograma de hincado de pilotes
Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de rechazo de hincado de pilotes**

Según la fórmula 2 del procedimiento de hincado de pilotes necesitamos los siguientes datos:

$R_d=3.5\text{tn}$; $F_s.= 4$; $H=1800\text{mm}$; $M=3.0\text{tn}$; $P(\phi 6''\times 6\text{m SHC } 40)=0.170\text{tn}$

La penetración es = 365.03 mm/golpe

El rechazo por 10 cm = $100/365.03=0.2739506$ golpe/mm

Convirtiendo a pies = 3golpes/ pies

Con factor de seguridad de 1.5 se considera **5golpes/pies**

- **Instalación de hincado de pilotes**

Instalación del martillo de 3 toneladas del equipo Sideboom (Ver figura 41) para poder enterrar la tubería (Ver figura 42), para esta maniobra necesitaremos un rigger que guie al operador del equipo al momento de realizar el trabajo, terminando los trabajos se procederá a construir la estructura tipo H (Ver figura 43) para el soporte del equipo Hot Tap, Line Stop, válvula tipo sándwich y la válvula de bloqueo , finalmente se hará un inspección general por el inspector de calidad para su liberación (Ver figura 44).En el anexo 6 muestra el plano en 3d de la instalación de pilotes.



*Figura 41: Equipo Sideboom
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 42: Martillo de 3 toneladas
Fuente: Elaboración propia*

| | |
|---|---|
| | |
| <p><i>Construcción de estructura tipo H posición 5g</i></p> | <p><i>Inspección de soldaduras por líquidos penetrantes</i></p> |

*Figura 43: Construcción e inspección de soldadura de marco H
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 44: Acabado final de la estructura tipo H
Fuente: Elaboración propia*

c. Montaje de los Split tee para montaje de los equipos Hot Tap y Line Stop

El procedimiento de line stop nos detalla los pasos que tenemos que hacer para su correcto montaje, también el procedimiento de trabajos preliminares operaciones generales Hot Tap y Line Stop detalla cómo debe ser soldado los Split tee (Ver figura 45) y finalmente para su respectiva verificación y liberación del cordón haremos ensayos no destructivos de líquidos penetrantes (Ver figura 46).

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p><i>Apertura de la caja y inspección de los Split tee</i></p> | <p><i>Limpieza y corrección de biseles de los Split tee</i></p> |
|  |  |
| <p><i>Montaje general de los Split tee con apoyo de dos gatos hidráulicas y tecles tipo rache</i></p> | <p><i>Armado de los Split tee respetando el procedimiento WPS con separador de 3mm</i></p> |



*Figura 45: Montaje y armado de los Split tee
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 46: Aplicación de END a los Split tee
Fuente: Elaboración propia*

d. Montaje de la válvula tipo sándwich

Está basado en el procedimiento de Line Stop donde indica los pasos para la instalación (Ver figura 47).

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p><i>Armado de andamios para montaje de la válvula tipo sándwich</i></p> | <p><i>Izaje de la válvula tipo sándwich con grúa Mantis de 70tn</i></p> |
|  |  |
| <p><i>Maniobras para montaje de la valvula</i></p> | <p><i>Válvula de sándwich instalada</i></p> |
|  |  |
| <p><i>Maniobras para montaje de la valvula</i></p> | <p><i>Válvula de sándwich instalada</i></p> |

*Figura 47: Pasos para la instalación de la válvula tipo sándwich
Fuente: Elaboración propia*

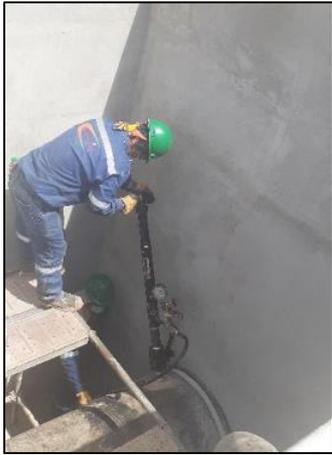
e. Instalación del TOR de 2"

Para la instalación de este accesorio se precalentó la tubería, se soldó y se procedió a la inspección por END (Ver figura 48), al finalizar la

instalación se procedió a perforar la tubería con el equipo Hot Tap manual (Ver figura 49). El procedimiento de Line stop detalla los pasos para la instalación del TOR.

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p><i>Pre calentamiento de la tubería donde se instalará el Tor</i></p> | <p><i>Soldadura del tor posición 3g</i></p> |
|  |  |
| <p><i>Aplicación de líquidos penetrantes</i></p> | <p><i>Vista panorámica de la instalación</i></p> |

*Figura 48: Instalación del Tor y aplicación de END
Fuente: Elaboración propia*

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p><i>Instalación del equipo Hot Tap manual</i></p> | <p><i>Perforación de la tubería con equipo Hot Tap manual</i></p> |

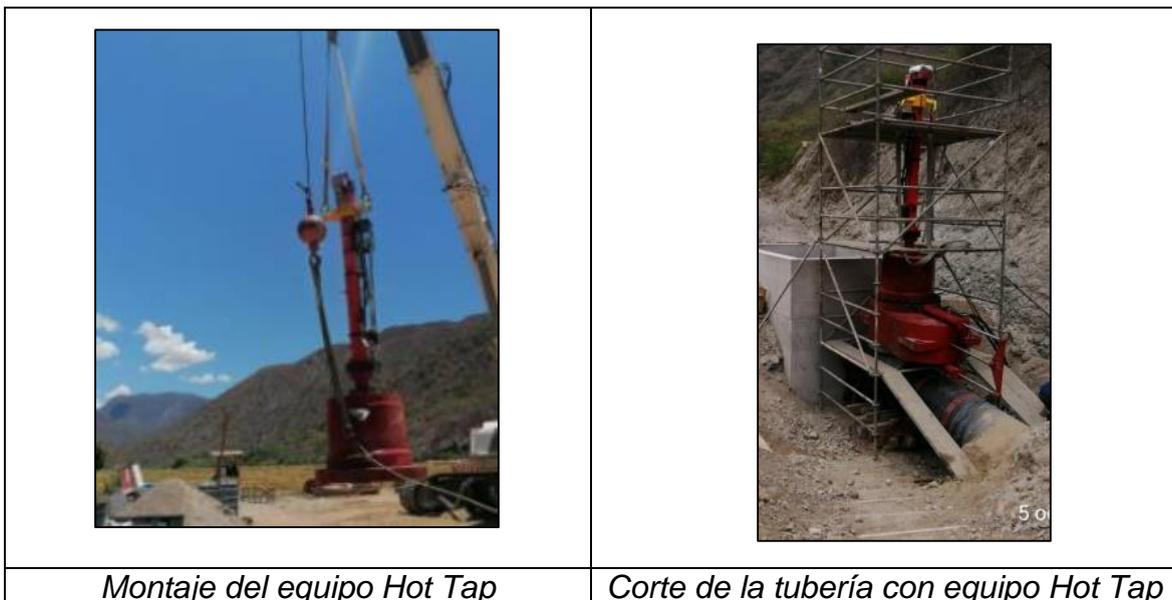
*Figura 49: Perforación de TOR con equipo Hot Tap manual
Fuente: Elaboración propia*

f. Instalación y corte del cupon con equipo Hot Tap

Está basado en el procedimiento de operaciones generales Hot Tap y Line Stop donde detalla los pasos el armado del equipo como la porta cuchillas, cortadora, entre otros (Ver figura 50), montaje de este equipo (Ver figura 51), prueba hidrostática y el desmontaje del equipo (Ver figura 52), extraer la pieza cortada (Ver figura 53) y flujograma del procedimiento (Ver figura 54).



*Figura 50: Armado del equipo Hot Tap
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 51: Instalación del equipo Hot Tap
Fuente: Elaboración propia*



Prueba hidrostática del equipo Hot Tap



Desmontaje del equipo Hot Tap

*Figura 52: Prueba hidrostática y desmontaje del equipo Hot Tap
Fuente: Elaboración propia*



Extracción de del cupón



Cupón extraído

*Figura 53: Extracción del cupón
Fuente: Elaboración propia*

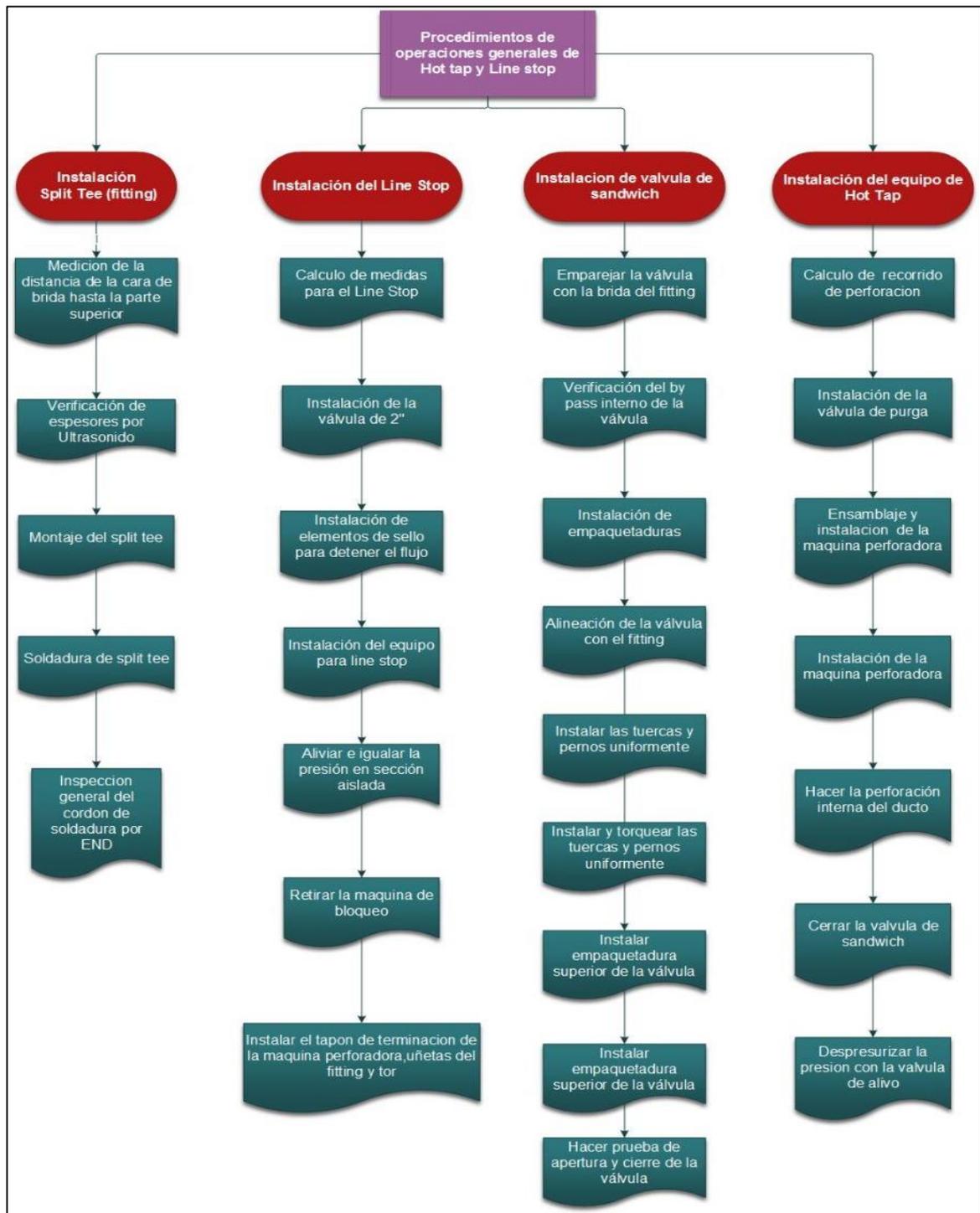


Figura 54: Flujograma de procedimientos de operaciones generales de Hot Tap
Fuente: Elaboración propia

g. Instalación de equipo Line Stop y bloqueo del flujo de petróleo

El procedimiento de Line stop detalla los pasos para la instalación del equipo Line Stop. Este accesorio tiene como objetivo detener el flujo de petróleo de la tubería (Ver figura 55).

| | |
|---|---|
|  <p>C</p> |  |
| <p><i>Equipos Line Stop</i></p> | <p><i>Armado de los equipos Line Stop</i></p> |
|  <p>17M-707960-9331581 31 ago. 2020 5:03:12 p. m.</p> |  |
| <p><i>Montaje de los equipos Line Stop</i></p> | <p><i>Vista panorámica del bloqueo de flujo con los equipos Line Stop</i></p> |

*Figura 55: Pasos para la instalación de Line Stop
Fuente: Elaboración propia*

2.3.2 Actividades mecánicas para la instalación de la válvula de bloqueo Automático

a. Drenaje del crudo de la tubería

El drenaje se hará a través de dos derivaciones instaladas en la tubería que posterior se utilizará para los transmisores de presión TOR (Ver figura 56).



*Figura 56: Recipientes de almacenamiento de crudo
Fuente: Elaboración propia*

b. Corte de la tubería con equipo de corte y biselado

El procedimiento de corte y biselado de tubería con equipo de corte automático en frío y de intervención del oleoducto nor peruano detalla los pasos para realizar los trabajos en campo (Ver figura 57)

| | |
|------------------------------------|---|
| | |
| <p><i>Equipo de corte frío</i></p> | <p><i>Instalación del equipo de corte en frío de la tubería</i></p> |

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p><i>Inspección de la instalación del equipo</i></p> | <p><i>Corte de la tubería</i></p> |
|  |  |
| <p><i>Colocación de bentonita para trabajos de corrección de biselado</i></p> | <p><i>Inspección del ángulo de bisel con galga tipo bridge cam según el WPS</i></p> |

*Figura 57: Pasos para cortar la tubería con equipo
Fuente: Elaboración propia*

c. Desmontaje de la tubería cortada

Se procedió al levantamiento de la tubería corta sostenida por correas que se unen al tecele junto con la pluma de la grúa, esta maniobra es dirigida por un rigger y supervisada por el residente del tramo (Ver figura 58).



Figura 58: Desmontaje de la tubería cortada
Fuente: Elaboración propia

d. Montaje de la válvula de bloqueo

Se realizó el montaje de la válvula utilizando una grúa de 70 tn, esta válvula es sostenida por correas y dirigida por un rigger y supervisada por el residente del tramo (Ver figura 59), para alinear la tubería (Ver figura 60) se necesitara dos soldadores homologados, un ayudante y un supervisor de calidad, el tipo de electrodo para soldar se raíz electrodo es 6010 PT y para el relleno y acabado 7018 ,previamente el inspector inspeccionara la junta donde se va ah soldar con una galga tipo higt low (Ver figura 61), la distancia será 3 mm según el WPS, se procederá a soldar la tubería con la válvula (Ver figura 62), finalmente se supervisara de forma general los trabajos realizados para instalación de la válvula (Ver figura 63), con mayor detalle iremos al procedimiento de izaje de válvula y actuado.



Figura 59: Izaje de la válvula de bloqueo automático
Fuente: Elaboración propia



*Figura 60: Instalación de la válvula bloqueo automático
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 61: Inspección visual de la junta con galga tipo high low
Fuente: Elaboración propia*



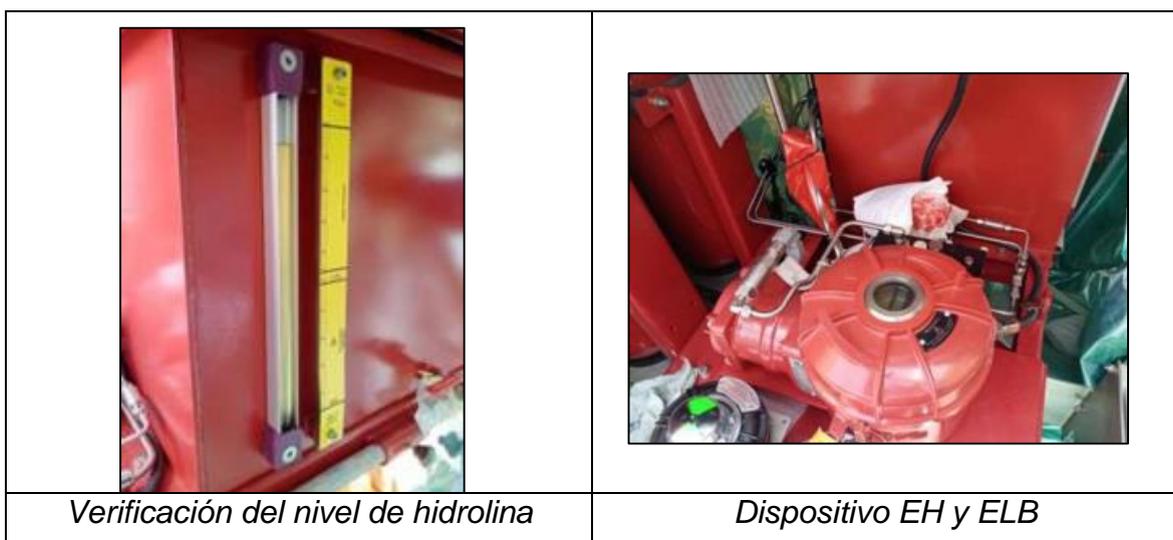
*Figura 62: Soldadura y aplicación de END
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 63: Vista panorámica de la válvula de bloqueo
Fuente: Elaboración propia*

e. Montaje e instalación del actuador

Antes de realizar el montaje del actuador se tendrá que verificar el nivel de hidrolina del tanque hidráulico junto con el vástago, tablero y manifold, finalmente se procede a hacer el montaje de la válvula con actuador (Ver figura 64), el dispositivo EH y ELB dispositivo que indica el correcto alineamiento del actuador con la válvula (Ver figura 65) , el procedimiento de izaje de la válvula y actuador se detalla los pasos para realizar el montaje. En el anexo 4 se muestra el plano de ensamblaje de la válvula con actuador y el anexo 5 muestra el certificado de pruebas.



*Figura 64: Verificación del nivel de hidrolina y equipo EH y ELB
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 65: Montaje de la válvula de bloqueo y actuador
Fuente: Elaboración propia*

2.3.3 Pruebas hidrostáticas para que entre en operación la válvula de bloqueo automático y tapado de zanjas

Estas pruebas se realizan con el fin de garantizar el correcto ensamble de los Split tee y Tor y válvula de bloqueo con la ausencia de fugas o defectos posibles, para el caso de la válvula de bloqueo las pruebas lo hicieron el fabricando, este brindo un informe de los datos obtenidos.

a. Prueba hidrostática a los Split tee

Para la realización de la prueba hidrostática se tiene que instalar primeramente los Lock Oring y la brida ciega la cual sellara el Split tee (Ver figura 66), se procederá a realizar la prueba (Ver figura 67), finalmente se tapara los split tee con arena fina (Ver figura 68) Para mayor detalle véase el procedimiento de pruebas hidrostática de la válvula.



*Figura 66: Montaje de la válvula de bloqueo y actuador
Fuente: Elaboración propia*



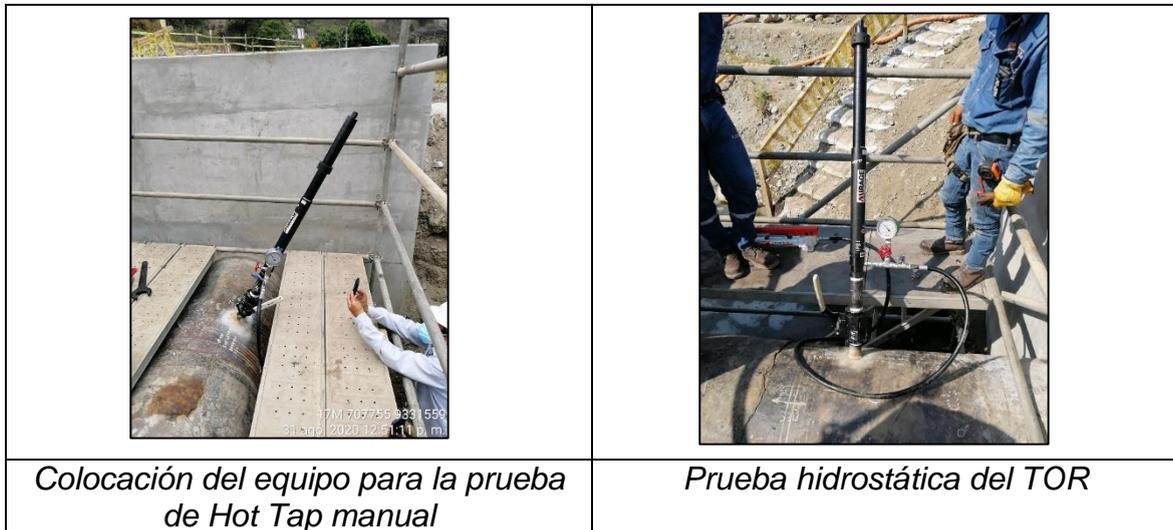
*Figura 67: Prueba de hermeticidad de la brida ciega de Split tee
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 68: Vista panorámica de los Split tee
Fuente: Elaboración propia*

b. Prueba hidrostática a tor

La prueba se realizó bajo el procedimiento hidrostático de la válvula, se realizó los trabajos en campo bajo este procedimiento (Ver figura 68).



*Figura 69: Prueba hidrostática del Tor
Fuente: Elaboración propia*

c. Tapado de zanjas

Se cubrió los Split tee con arena fina (Ver figura 70) como trabajo final con la finalidad protegerlo en caso daños externos, en el anexo 7 muestra la ficha técnica de la válvula de bloqueo automático.





Figura 70: Trabajo de tapado de zanja

Fuente: Elaboración propia

2.4 Resultados

- **Resultados de los procedimientos mecánicos para la instalación y montaje de la válvula de bloqueo automático como equipo de cierre y apertura en zonas de derrame de petróleo.**

- **Evaluación de espesores**

La medición de espesores se realizó con el fin de descartar pérdidas de espesor relevantes y liberar el área para el soldeo de los accesorios salvaguardando la integridad del ducto ya que este se encuentra en servicio, tomando como referencia el espesor promedio nominal de 8.7 mm que fue proporcionado por el cliente PETROPERU, se tomó los valores en el lugar donde se instaló los Split tee, Tor y válvula con el equipo B-Scan (Ver tabla 4), según la especificación del material API 5L -2018 la tolerancia dimensional de espesor de pared para la tubería API 5L grado X-52 OD 36" es $\pm 0.1t$, espesor nominal 8.7 mm (Ver tabla 5), concluyendo que el espesor de la tubería es mayor al valor mínimo requerido para el soldeo de los accesorios. También como modo de aseguramiento de integridad del ducto hacemos referencia a la norma ASME B 31.4 la cual indica en su acápite 451.6.2.2 la tolerancia permisible de corrosión máxima es del 20%, la cual no excedemos ya que el área donde se instalarán los accesorios se encuentra dentro de lo permisible por la norma.

Tabla 4: Valores tomados con equipo B-Scan

| AREA DONDE SE SOLDARA EL CORDON 1 | | | | | AREA DONDE SE SOLDARA EL CORDON 2 | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------|
| ELEMENTO | ESPEJOR MINIMO (mm) | ESPEJOR MAXIMO (mm) | PROCENTAJE MAXIMO DE CORROSION (%) | ZONA HORARIA (HORAS) | ELEMENTO | ESPEJOR MINIMO (mm) | ESPEJOR MAXIMO (mm) | PROCENTAJE MAXIMO DE CORROSION (%) | ZONA HORARIA |
| SPLIT TEE N° 1 | 7.98 | 8.15 | 8.33 | 1 @ 2 | SPLIT TEE N° 1 | 8.01 | 8.12 | 7.90 | 3 @ 4 |
| SPLIT TEE N° 2 | 7.83 | 7.95 | 9.97 | 2 @ 3 | SPLIT TEE N° 2 | 7.83 | 7.89 | 10.00 | 4 @ 5 |
| VALVULA | 7.84 | 7.96 | 9.86 | 9 @ 10 | VALVULA | 7.85 | 7.94 | 9.80 | 5 @ 6 |
| TOR 2" N° 1 | 8.00 | 8.05 | 8.08 | --- | | | | | |
| TOR 2" N° 2 | 8.08 | 8.13 | 7.15 | --- | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Cuadro de tolerancia de espesor de pared de la tubería

| Wall Thickness t mm (in.) | Tolerances ^a mm (in.) |
|---|--|
| SMLS Pipe^b | |
| ≤ 4.0 (0.157) | +0.6 (0.024) -0.5 (0.020) |
| > 4.0 (0.157) to < 25.0 (0.984) | +0.150 t -0.125 t |
| ≥ 25.0 (0.984) | +3.7 (0.146) or +0.1 t , whichever is the greater -3.0 (0.120) or -0.1 t , whichever is the greater |
| Welded Pipe^{c,d} | |
| ≤ 5.0 (0.197) | ± 0.5 (0.020) |
| > 5.0 (0.197) to < 15.0 (0.591) | $\pm 0.1t$ |
| ≥ 15.0 (0.591) | ± 1.5 (0.060) |
| ^a If the purchase order specifies a minus tolerance for wall thickness smaller than the applicable value given in this table, the plus tolerance for wall thickness shall be increased by an amount sufficient to maintain the applicable tolerance range. ^b For pipe with $D \geq 355.6$ mm (14.000 in.) and $t \geq 25.0$ mm (0.984 in.), the wall thickness tolerance locally may exceed the plus tolerance for wall thickness by an additional 0.05 t , provided that the plus tolerance for mass (see 9.14) is not exceeded. ^c The plus tolerance for wall thickness does not apply to the weld area. ^d See 9.13.2 for additional restrictions. | |

Fuente: Norma API 5L-2018 (Tabla 11)

- **Cálculo de rechazo de hincado de pilotes**

Este resultado sirvió para calcular la profundidad máxima que se va enterar el tubo, estos servirán calcular el material y hacer los planos la construcción de la estructura tipo H para el soporte de carga que tendrá la tubería.

- **Resultados de los procedimientos mecánicos para la instalación y montaje de los equipos Hot Tap y Line Stop**

- **Calculo para diseñar la conexión de derivación previa a la ejecución**

Las fórmulas para este cálculo se encuentran en el procedimiento de trabajos preliminares operaciones generales Hot Tap y Line Stop, estos resultados sirven para medir la presión interna de la tubería y el espesor de refuerzo, a continuación, se muestra los cálculos:

- a. Cálculo de diseño de conexión del ramal:**

Basado en la formula número 3 del procedimiento de trabajos preliminares y operaciones generales Hot Tap y Line Stop.

S: SMYS = 35000 PSI

t: Espesor de pared = 0.252"

D: Diámetro exterior = 24.000"

df: Factor de diseño = 0.600

0,6 factor utilizado para trabajos en línea

0,5 factor utilizado para trabajos dentro de planta

Presión calculada 440.8 PSI (Presion ejercida de los TOR)

- b. Cálculo de diseño del espesor del refuerzo:**

Basado en la formula número 4 del procedimiento de trabajos preliminares y operaciones generales Hot Tap y Line Stop.

S: SMYS = 35000 PSI

D: Diámetro exterior = 24.00"

df: Factor de diseño = 0.600"

MAOP: Maximum Admisible Operating Pressure

Espesor requerido: 0.366" (plancha de refuerzo para instalar los TOR)

c. Cálculo de la presión permitida para soldadura en recipientes bajo presión

Basado en la formula número 5 del procedimiento de trabajos preliminares y operaciones generales Hot Tap y Line Stop.

S: SMYS = 35000 PSI

t: Espesor de pared = 0.252"

D: Diámetro exterior = 24.00"

FS: Factor de seguridad = 1

Presión calculada: = 461.4 PSI (Presion permitida de los Split tee)

- **Medidas de perforación del equipo Hot Tap**

El resultado de la toma de mediciones en campo (Ver tabla 6) sirvió para realizar trabajos similares en otro tramo, está basado el procedimiento de Line Stop y Hot Tap,

Tabla 6: Toma de medidas de perforación

| MEDIDAS PARA PERFORACIÓN | | FRENTE DE TRABAJO |
|--------------------------|---|-------------------|
| A | BROCA PILOTO A CARA DEL ADAPTADOR | 140 mm |
| +B | EXTREMO DE LA VÁLVULA A EXTREMO DE LA TUBERÍA | 618 mm |
| = | DISTANCIA DE APROXIMACIÓN | 758 mm |
| Ref1 | DISTANCIA CORTADOR A PUNTA DE BROCA | 15 mm |
| C1 | DISTANCIA DE PERFORACIÓN SEGÚN LA FORMULA. | 244 mm |
| C | C1 + Ref1 | 259 mm |

Fuente: Elaboración propia

- **Medidas de obstrucción y tapón complementario del equipo Line Stop**

El resultado de la toma de mediciones en campo de obstrucción (Ver tabla 7) y tapón de complemento (Ver tabla 8) sirvió para realizar trabajos similares en otro tramo.

Tabla 7: Toma de medidas obstrucción

| | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|
| Ref1 | DISTANCIA DESDE LA RUEDA A LA CARA DEL HOUSING | 22.2 mm |
| +B | EXTREMO DE LA VÁLVULA A EXTREMO DE LA TUBERÍA | 618 mm |
| +E | DE TUBO - 1ESPESOR | 603.25 mm |
| | RUEDA AL CENTRO DE LA LINEA Ref2 +B +(DE TUBERIA / 2) | 945 mm |
| | RUEDA AL FONDO DE LA LINEA Ref2 +B +E | 1243.45 mm |
| D | PIE DE LA CABEZA A CARA DEL HOUSING | 421 mm |
| DISTANCIA TOTAL DE INSTALACIÓN | | D + B + E 1642.25 mm |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Toma de tapón de complemento

| | | |
|-------------------------------------|---|---------|
| A | BROCA PILOTO A CARA DEL ADAPTADOR | 140 mm |
| +B | EXTREMO DE LA VÁLVULA A EXTREMO DE LA TUBERÍA | 618 mm |
| = | DISTANCIA DE APROXIMACIÓN | 758 mm |
| Ref₁ | DISTANCIA CORTADOR A PUNTA DE BROCA | 15 mm |
| C₁ | DISTANCIA DE PERFORACIÓN SEGÚN LA FORMULA. | 244 mm |
| C | C ₁ + Ref ₁ | 259 mm |
| DISTANCIA TOTAL DE RECORRIDO | = (DIST DE APROX) + C | 1017 mm |

Fuente: Elaboración propia

- **Resultados de las pruebas hidrostáticas de se muestra a continuación**
- **Realización de pruebas de hermeticidad**

Esta prueba se realizó con la finalidad de detectar fugas y las caídas de presión de los Split tee, la presión a considerar según la norma API 6D es de 200 PSI, el tiempo de duración es de 20 minutos y la temperatura promedio es de 29°C. (Ver tabla 9)

Tabla 9: Resultados de la prueba de hermeticidad

| RESULTADOS DE LA PRUEBA | | | | | | |
|-------------------------|---------------|----------------|------------|------------------|-----------|-----------|
| PRUEBA | PRESIÓN (psi) | HORA DE INICIO | HORA FINAL | TIEMPO (minutos) | TEMP (°C) | ESTATUS |
| PRESION DE PRUEBA | 200 | 17:42 | 18:02 | 20 | 29 | Sin fugas |

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Se concluye que las norma ASME B31.4 se usa para evaluar la integridad de la tubería mientras que la norma API 1104 se usa para evaluar cualquier soldadura hecha en el ducto mediante ensayos no destructivos., adicionalmente podemos decir que nos apoyamos en norma API 5L para evaluar el espesor de la tubería. Así mismo se elaboraron procedimientos de trabajo en base a los trabajos que se realizaron en campo las cuales tienen sus respectivos controles.
2. La instalación de los equipos de hot tap y line stop facilito el corte interno y la interrupción del fluido para poder instalar la válvula de bola, esto evito que se produzcan derrames de petróleo y permitió ahorrar tiempo, también se usó la norma API RD 2201 que me indica la recomendación para hacer un Hot tap.
3. Se realizaron pruebas de presión a los equipos de hot tap, line stop y válvulas concluyendo que estas pruebas son necesarias para evitar las posibles fugas de petróleo al momento de realizar el corte y la obturación del ducto de 36 pulg. Así mismo se utilizó la norma API 6D donde indica los parámetros para realizar estas pruebas.

Finalmente, el diseño e implementación de las válvulas de bloqueo de control automático en diferentes puntos del tramo del Oleoducto Nor Peruano ofrece un método de contingencia ante situaciones de emergencia con el fin de evitar el derrame de petróleo, ayudando a disminuir el impacto ambiental producido por fugas de petróleo

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener en cuenta factores aplicados a la calidad de los accesorios que se instalaran con el fin de obtener mayor durabilidad una vez instalados.
- Se recomienda tener una lectura constante de las presiones de los equipos line stop ya que estos tienen que estar ecualizados con la finalidad de evitar un golpe de ariete, este efecto causa daño a los equipos y como consecuencia ser perdería horas hombres al momento de realizar el mantenimiento correctivo.
- Se recomienda tener un sistema que deba permitir una salida de aire o una trampa de aire al momento de realizar las pruebas hidrostáticas de las válvulas. En lo posible, el llenado debe hacerse en los puntos bajos del sistema, los cuales pueden aprovecharse para purgar posteriormente la tubería. Para las pruebas de hermeticidad se recomienda tener en cuenta los límites de presión que indica el fabricante de cada accesorio.
- Se recomienda una revisión periódica a los instrumentos instalados en cada válvula, a los equipos de radio comunicación, así como a los dispositivos mecánicos y neumáticos utilizados en las válvulas de bloqueo del ONP.

BIBLIOGRAFÍA

- American, P.. (1995). Norma API RP 2201 Procedures for welding or hot tapping on equipment in service. USE: Fourth edition.
- Automation Solutions, E., & Controls International, F. (2019). *Manual de Valvulas de Control. Brasil: Marshalltown.*
- Camarena, A. (2016). Influencia de parámetros de soldeo en unión de tuberías del proyecto línea impulsión de agua desalinizada Cerro Lindo Milpo. Ica.
- Control, F. F. (2019). Technical Bulletin Ball Valve. Germany: Flowserve Corporation.
- Flores Alba, C. (2016). Estimación Numérica de las Pérdidas de Carga del Flujo en el Interior de Válvulas. Mexico.
- Flores Calderón, M. (2002). *Diseño de la aplicación para el control del sistema de válvulas de bloqueo del sector atlántico del poliducto de RECOPE.* Cartago, Costa Rica. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2238/102>
- Greene, R. (1995). Válvulas Selección, Uso y Mantenimiento. Madrid, España: Mgraw-hill.
- Hernandez Riesco, G. (2020). Manual del Soldador (19 ed.). Madrid, España: Cesol. Obtenido de https://neuroeducacionjoseantonio.files.wordpress.com/2018/02/manual-del-soldador_c-19c2aaedicic3b3n.pdf
- Institute, A. P. (2015). Norma API 1104 Soldadura de Tuberias e Instalaciones Relacionadas (Vigesima Edicion ed.). USE.
- Institute, A. P. (2018). Norma API 5L Line Pipe (Forty-Sixth ed.). Washington, USA: API Publishing Services.
- Internacional, A. (1995). E494 Standard Practice for Measuring Ultrasonic Velocity in Materials.
- Internacional, A. (1995). Standard Practice for Measuring Ultrasonic Velocity in Materials. United State.

Medrano, R., U. S. (2019). Análisis de la Fiscalización Ambiental de los Derrames de Petróleo en el Oleoducto Norperuano Desde el Enfoque de la Regulación. Lima, Perú: Tesis de Post grado.

Ricardo, R. (2015). Elaboración de un manual de operación para izaje de carga de la Empresa Colombia Crane & Service. Colombia.

Systems, R. F. (2019). Self Contained Electro Hydraulic Actuators. UK: Rotork Controls.

TD, W. (2019). Manual de equipo Hot tap y Line stop.

TD, W. (2019). Manual de la valvula de sandwich.

Tri Tool Building Performance. (2018). Operation Manual. Rancho Cordova, USA: The Old Methodist Chapel.

Anexo 2: Certificado de homologación del soldador (WPQR)

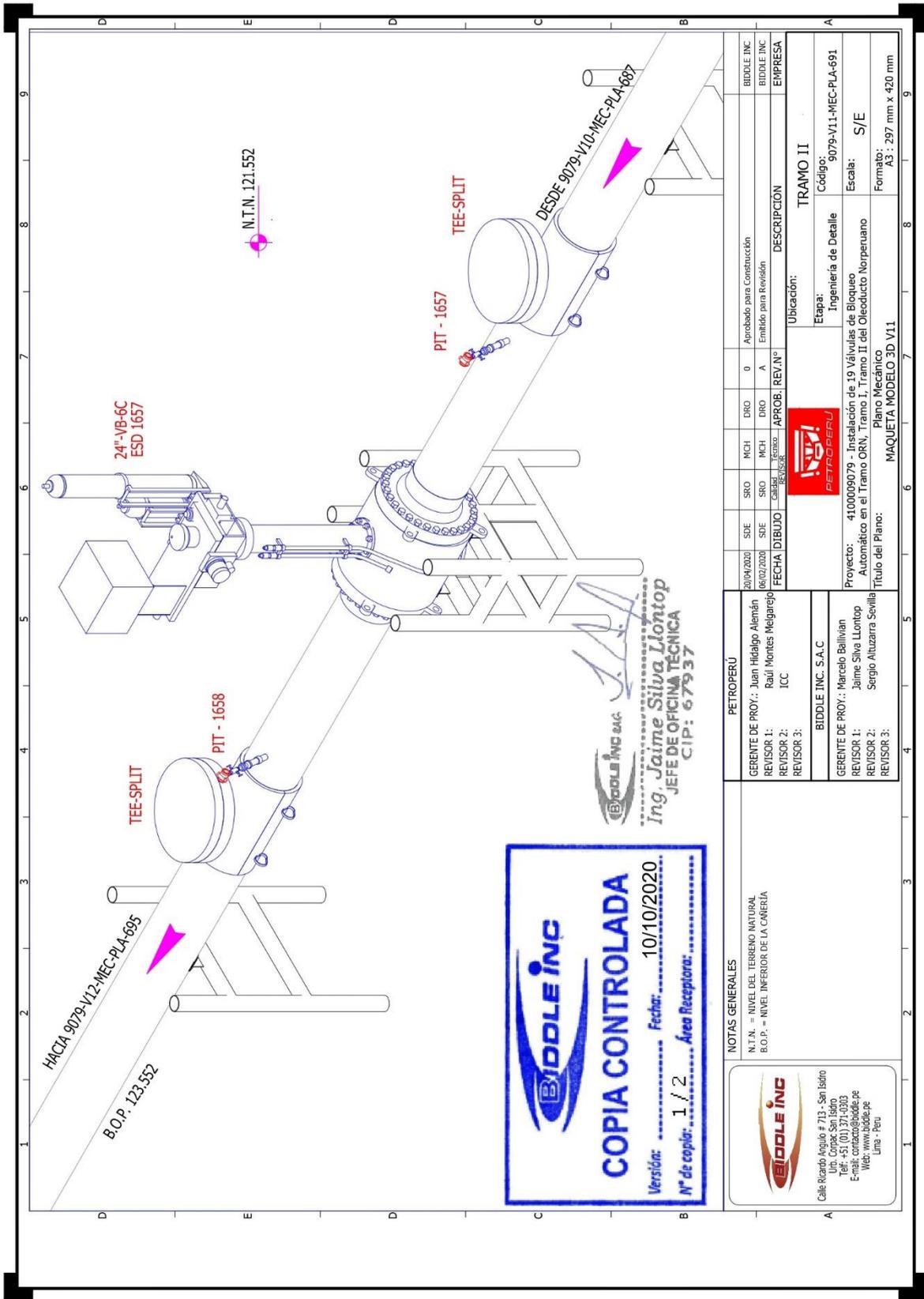
| | | | | | | |
|--|---|--|------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|
|  | REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR (WPQ) API 1104 - 2013 | API-WPQ Rev. 0 Fecha: Mar - 17 Pag. 1 de 1 | | | | |
| EMPRESA : BIDDLE INC. | | | | | | |
| WPQ N° : 69-20 | WPS DE SOPORTE: WPS-08 | | | | | |
| NOMBRE DE SOLDADOR: JOSE NARVASTA RISCO | | DNI: 42228994 | | | | |
| ESTAMPA N°: JNR | PROCESO DE SOLDADURA: SMAW | | | | | |
| Fecha Ejecución Prueba | 02-07-2020 | API 1104 - APENDICE B | | | | |
| Variable de soldadura | Valores reales | Rango Calificado | | | | |
| Proceso de soldadura | SMAW | SMAW | | | | |
| Diseño de Junta | Derivacion (Tipo Branch) , bisel en V | Derivacion (Tipo Branch) , bisel en V y a filete | | | | |
| Metal Base | API 5L / ASTM A53 | --- | | | | |
| Tipo / Grado | X52 / B | --- | | | | |
| Grupo | Grupo (b) / Grupo (a) | --- | | | | |
| Diámetro exterior | 406.40mm / 60.30mm | Menores o iguales a 60.3mm | | | | |
| Espesor de pared | 9.52mm / 3.91mm | Todos los espesores | | | | |
| Metal de Aporte: N° Grupo/ Especificación / Clasificación | Grupo 3 / AWS A5.1 / E7018-1H4R | Grupo 3 - AWS A5.1 | | | | |
| Polandad (+/-) | DCEP | --- | | | | |
| Posición de soldeo | Según Figura B-2 ,Fija | Todas las posiciones para derivaciones | | | | |
| Dirección de soldeo | Ascendente | Ascendente | | | | |
| Temperatura Ambiente | --- | --- | | | | |
| Pre calentamiento | 80 °C | --- | | | | |
| Tratamiento Térmico post soldadura | --- | --- | | | | |
| Temperatura entre pases | 80°C min. - 150 °C max. | --- | | | | |
| Tiempo entre pases | 5 minutos entre el final del 1° pase y el inicio del 2° pase | --- | | | | |
| ENSAYO DE TRACCIÓN N° DE REPORTE: --- | | | | | | |
| Muestra N° | Ancho (mm) | Espesor (mm) | Area (mm²) | Ultima Carga total (N) | Esfuerzo Ultimo Unitario (MPa) | Tipo de Falla y Ubicación |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ENSAYO DOBLADO GUIADO : N° DE REPORTE: --- | | | | | | |
| Descripción | Código Probeta | Tipo | Resultado | Probeta | Tipo | Resultado |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ENSAYO DE NICK BREAK : N° DE REPORTE: LC-205-2020 | | | | | | |
| Descripción | Código Probeta | Tipo | Resultado | Probeta | Tipo | Resultado |
| 1 | JNR-NB1 | NICK BREAK | ACEPTABLE | | | |
| 2 | JNR-NB2 | NICK BREAK | ACEPTABLE | | | |
| 3 | JNR-NB3 | NICK BREAK | ACEPTABLE | | | |
| 4 | JNR-NB4 | NICK BREAK | ACEPTABLE | | | |
| OTROS ENSAYOS | | | | | | |
| RADIOGRAFIA | | --- | | | | |
| ULTRASONIDO | | --- | | | | |
| OTROS | | --- | | | | |
| Certificamos que los resultados y antecedentes expuestos en este informe, son correctos y que las probetas de soldadura fueron preparadas, soldadas y ensayadas, de acuerdo con los requerimientos de la Norma API 1104-2013 | | | | | | |
| Calificado Por: | | | | Aprobado por: | | |
| Nombre: | | | | Nombre: | | |
| Firma: | | | | Firma: | | |
|  Luis Mariano Chiara Loayza CWI 20032801 QC1 EXP. 3/1/2023 | | | | | | |
| Fecha: 08-07-2020 | | | | Fecha: | | |

Anexo 5: Certificado de pruebas del actuador electrohidráulico

VÁLVULA ESD KM 469

|  QUALITY CONTROL PLAN FOR PNEUMATIC, HYDRAULIC AND ELECTRO-HYDRAULIC ACTUATORS | | CQP024 Rev:12 | |
|--|---|------------------|--|
| Customer: | ROTORC GERMANY | Job N°: | PO N°: |
| End user: | PETROPERU | Project: | NORPERUANO PIPELINE |
| | | BR2254 | P014082 |
| | | | QCP revision per job: |
| | | | 16/07/2019 |
| | | | Revision date: |
| BY ROTORK FLUID SYSTEMS | | | |
| EVENT | ACTION | R | A |
| Order received | Review order against quote | X | X |
| Order entry | Order placed on the informative system | X | X |
| Order acknowledgment | Acknowledge receipt of order | X | X |
| Engineering design | Commence engineering | X | X |
| Material order | Purchase of long lead material | X | X |
| Material acceptance | Good Inwards Inspections | X | X |
| First assembly | Actuator body assembly | X | X |
| Intermediate test | Please refer to QS024 | X | X |
| Painting and inspection | Please refer to QS024 | X | X |
| Second assembly | Control system assembly | X | X |
| Final inspection | Please refer to QS024 | X | X |
| Release | Final inspection and release | X | X |
| Packing | Marking, packing | X | X |
| Shipping | Preparation of shipping documentation and shipping arrangement | X | X |
| Final documentation | Final documentation issue | X | X |
| A. INTERMEDIATE STANDARD TESTING | | | |
| TEST CODE | TEST | REFERENCE | ACCEPTANCE CRITERIA |
| A.1.1 | Painting check | QS024 | Zero leakage. |
| A.2 | Visual and dimensional check | QS024 | Zero leakage. |
| A.3.1 | Leak test - pneumatic / hydraulic circuit | QS024 | Values in accordance with the range shown in the FAT certificate. |
| A.3.2 | Actuator stroking time | QS024 | Smooth operation (no juddering). |
| B. INTERMEDIATE TEST 'I' OF CATALYTOWER REQUEST ONLY | | | |
| TEST CODE | TEST | REFERENCE | ACCEPTANCE CRITERIA |
| C. FINAL TESTING | | | |
| TEST CODE | TEST | REFERENCE | ACCEPTANCE CRITERIA |
| C.1 | Painting check | QS024 | Single measurements -40% + 300%, average between -20% and 150% of TDFT. For SKILMATIC actuators, see the applicable painting cycle |
| C.2 | Visual and dimensional check | QS024 | Dimensions must be within +30%, if not differently specified in the overall dimensions drawing |
| C.3 | Leak test of pneumatic / hydraulic circuit | QS024 | Zero leakage. |
| C.4 | Control system functional test | QS024 | Correct functional operation. |
| C.5 | Actuator stroking time | QS024 | Times recorded shall be minor or equal of the times required by the customer. |
| C.7 | Functional tests for Electro-Hydraulic actuators (EH) | QS024 | In accordance with QS024 |
| RESULTING DOCUMENTATION | | | |
| FAT - Factory acceptance testing certificate | | | |
| Actuator JE declaration of conformity (Only for PED actuators); DoC for SKILMATIC actuators | | | |
| LEGEND | | | |
| A | Activity = RFS hold point. | | |
| R | Review of documents. | | |
| WT | Hold points may require notification of the customer by RFS. RFS can proceed with or without the presence of customer. | | |
| RFS | Hold points require mandatory verification points by RFS. RFS can't proceed until the customer gives notification to proceed. | | |
| al/na | Applicable / Not applicable. | | |
| Customer APPROVAL  Date: 08 JUL 2019 B. Schmitt Name: Signature | | | |
| Time Open 62 sec Time Close 73 sec | | | |
| NOTES *To be intended applicable for 1 actuator for each model and type if not differently required | | | |

Anexo 6: Vista isométrica de la instalación de pilotes



| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| NOTAS GENERALES N.T.N. = NIVEL DEL TERRENO NATURAL B.O.P. = NIVEL INFERIOR DE LA CÁMERA | | GERENTE DE PROY: Juan Hidalgo Alemán REVISOR 1: Raúl Montes Melgarojo REVISOR 2: ICC REVISOR 3: | | FECHA DIBUJO: 20/09/2020 FECHA: 06/02/2020 APROB. REVISOR: | | DESCRIPCION: TRAMO II Ubicación: Etapa: Ingeniería de Detalle Código: 9079-V11-MEC-PLA-691 Proyecto: 4100009079 - Instalación de 19 Válvulas de Bloqueo Automático en el Tramo ORN, Tramo I, Tramo II del Oleoducto Norperuano Escala: S/E Título del Plano: Plano Mecánico Formato: A3 : 297 mm x 420 mm MAQUETA MODELO 3D V11 | |
| GERENTE DE PROY: Juan Hidalgo Alemán REVISOR 1: Raúl Montes Melgarojo REVISOR 2: ICC REVISOR 3: | | FECHA DIBUJO: 20/09/2020 FECHA: 06/02/2020 APROB. REVISOR: | | DESCRIPCION: TRAMO II Ubicación: Etapa: Ingeniería de Detalle Código: 9079-V11-MEC-PLA-691 Proyecto: 4100009079 - Instalación de 19 Válvulas de Bloqueo Automático en el Tramo ORN, Tramo I, Tramo II del Oleoducto Norperuano Escala: S/E Título del Plano: Plano Mecánico Formato: A3 : 297 mm x 420 mm MAQUETA MODELO 3D V11 | | BIDDLE INC BIDDLE INC EMPRESA | |

BIDDLE INC
COPIA CONTROLADA
 Versión: Fecha: 10/10/2020
 N° de copias: 1 / 2 Área Receptora:

BIDDLE INC
 Calle Ricardo Angulo # 713 - San Isidro
 Urb. Conac San Isidro
 EIRL - +51 (0)11 391-9030
 Email: ventas@biddle.pe
 Web: www.biddle.pe
 Lima - Peru

BIDDLE INC S.A.C.
 Ing. Jaime Silva Llantop
 JEFE DE OFICINA TÉCNICA
 CIP: 67937

Anexo 7: Especificaciones técnicas de la válvula de bloqueo

| | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------|-------------|--------------------------|----------------|-----|
|  | HOJA DE DATOS | 9079-V19-MEC-HDA-413 | REV A | Pág.2 de 2 | | | | |
|  | VÁLVULAS BOLA | | | | | | | |
| COD. | CANT. | TAG | SITIO | | | ÁREA Y/O SERVICIO | | |
| 1 | 1 | 1698 | Válvula ESD 1697 | | | Tramo II / Válvula 6 | | |
| 2 | 1 | 1700 | Válvula ESD 1697 | | | Tramo II / Válvula 6 | | |
| GENERAL | | MARCA | Por Proveedor | | | | | |
| | | MODELO | Por Proveedor | | | | | |
| | | P&ID | 9079-V19-PRO-PLA-771 | | | | | |
| | | TIPO | Esférica | | | | | |
| | | TAMAÑO (NPS) | 2" | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS GENERALES | | EXTREMOS | NPT | | | | | |
| | | PASO | Total | | | | | |
| | | MONTAJE TIPO | - | | | | | |
| MATERIALES | | CUERPO | ASTM A-105 | | | | | |
| | | BOLA | A351 | | | | | |
| | | VÁSTAGO | Acero inoxidable | | | | | |
| | | ASIENTO | Teflon © | | | | | |
| ACCIONAMIENTO | | OPERADOR | Accionado por palanca | | | | | |
| | | MAX.PRES. DIF. (Psig) | - | | | | | |
| CONDICIONES DEL PROCESO | | FLUIDO | Petróleo 26,6 °API, 38 cSt@70°F | | | | | |
| | | FLUJO | - | | | | | |
| | | PRESIÓN, kg/cm2 | Min. | 31,76 | Máx. | 47,64 | Diseño: | 100 |
| | | TEMPERATURA, °C | Min. | 26,64 | Máx. | 39,96 | Diseño: | 93 |
| ACCESORIOS | | ETIQUETA DE CARACTERÍSTICAS | Placa | | | | | |
| | | A PRUEBA DE FUEGO | SEGÚN API 6FA | | | | | |
| | | PRUEBAS | API 6D | | | | | |
| | | PINTURA | PROC. STD. FABRICANTE | | | | | |
| | | CERTIFICACIÓN | API 6D | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Notas: | | | | | | | | |
| Este documento una vez impreso se convertirá en una copia no controlada, antes de su uso contraste con la información de la red | | | | | | | | |