

# Plan de Reparación y Mejoras en Válvulas de Compuerta de Gran Diámetro

Leonardo Mir

Mubarraz Complex, Core Area, South Admin. Bldg., Ofic. S128

## Resumen

El Plan descrito a continuación obedece a una estrategia integral enmarcada dentro de la gestión de activos y continuidad del negocio del Departamento de Inyección de Agua de Mar de Saudi Aramco, tiene como propósito superar la condición de falla funcional de las válvulas instaladas a lo largo de tres diferentes tendidos de tuberías de transporte, de 60 y 56 pulgadas de diámetro y 97 kilómetros de recorrido, que conducen el agua de mar tratada desde la Planta de Tratamiento Qurayyah hasta la Planta de Distribución Uthmaniyah.

La implementación del Plan ha comenzado el 2018, concebido para un lapso de cinco años, con el fin de adaptarse a las ventanas operacionales disponibles, y las metas de inyección, incluyendo la construcción de fosas para garantizar la accesibilidad de actividades de mantenimiento preventivo, conversión de los cuerpos de la válvulas de extremos soldados a bridados, actualización y mejora de los componentes internos de las válvulas e instalación de dispositivos de mantenimiento en línea (válvulas de venteo y drenaje, y puertos de engrase), todo ello con la finalidad de mejorar su confiabilidad, mantenibilidad, y extender el ciclo de vida útil del activo.

Mediante la recuperación de la funcionalidad de dichas válvulas, los tendidos de tubería recobrarán su condición de diseño, permitiendo el aislamiento seccionado, disminución del tiempo de parada debido a fugas, y en consecuencia la reducción de las pérdidas de producción, en cumplimiento con las normas internacionales relativas a tendidos de tuberías, así como también con las normativas vigentes en el Reino de Arabia Saudita.

## Objetivos

1. Restaurar la capacidad de seccionamiento de tres tendidos de transferencia de agua de mar tratada, denominados QUU-1, QUU-2, y QUU-3 respectivamente, con el fin de ejecutar labores de mantenimiento de forma rápida y expedita, evitando la pérdida de grandes cantidades de producto debido al drenaje total del mismo.
2. Devolver la funcionalidad de las válvulas de compuerta instaladas a lo largo de los tendidos de transferencia mencionados anteriormente, para restituir la capacidad de seccionamiento.

## Antecedentes

Puestos en marcha en 1977-78 (QUU-1 y 2) y en 1991 (QUU-3), el diseño incluye:

- Tuberías y válvulas parcialmente enterradas (acceso al operador eléctrico y/o hidráulico) conectadas mediante extremos soldados (ver Figuras 1 y 2).
- Un total de catorce válvulas (tamaños: 60 "y 56") se encuentran instaladas a lo largo de los tres tendidos de transferencia.
- Válvulas de compuerta tipo conducto diseñadas de acuerdo a API<sup>(1)</sup>6D[1], para permitir paso de raspador, de accionamiento inverso ("*Reverse Acting*"), con cuerpo fabricado en acero al carbono.
- Las facilidades para mantenimiento de las válvulas no se consideró adecuadamente durante la etapa de diseño, al no contemplar válvulas de drenaje y venteo, ni puertos de engrase de asientos y/o sello de emergencia.

---

<sup>(1)</sup> American Petroleum Institute, 1220 L Street, Northwest Washington DC

- Condición de las válvulas: Incapaces de aislar las tuberías.



Fig 1

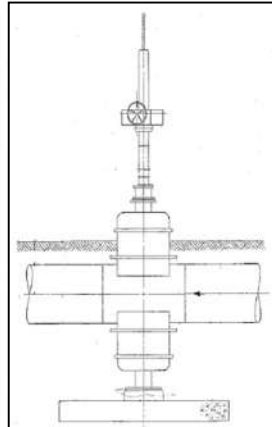


Fig 2

### Análisis de Fallas

Se realizó el análisis de falla en función de las particularidades de las válvulas de compuerta tipo conducto, sus materiales de construcción y los mecanismos de falla, con el objetivo de determinar la causa raíz junto con los factores contributivos.

Fluido de servicio: Agua de Mar Tratada <sup>(2)</sup>

#### Condiciones de Diseño:

- Presión Máxima de Trabajo = 740 psig.
- Temperatura máxima de servicio = 65°C
- Temperatura de servicio mínima = 5°C

#### Condiciones de Operación:

- Presión = 120 to 710 psig.
- Temperatura = 20 to 25°C

#### Descripción de la falla:

Las válvulas no son capaces de aislar la tubería cuando se requiere (ver Figura 3).



Fig 3

### Análisis de Causa Raíz

Se identificaron dos factores causales (a) y (b), junto a sus causas potenciales asociadas:

- a. Corrosión severa sobre componentes internos

Causas potenciales:

- Selección de materiales incompatibles con el servicio (*contribuyente principal*)
- Envejecimiento: 40 años de servicio (*contribuyente secundario*).
- Falta de mantenimiento preventivo sobre asientos: Engrase de cavidad de los resortes de los asientos flotantes (*contribuyente secundario*).

- b. Corrosión en las superficies internas cuerpo

Causas potenciales:

- Ataque del fluido de servicio sobre el acero desnudo (*contribuyente principal*)
- Falta de revestimiento interno (*contribuyente secundario*).
- Falta de mantenimiento preventivo la cavidad interna del cuerpo: Drenaje y lavado (*contribuyente secundario*).

La causa raíz se identificó como: “**Ataque del fluido sobre los componentes internos y superficies internas de acero desnudas**”. La figura 4 muestra la corrosión sobre el obturador/compuerta y la figura 5, la corrosión sobre los asientos.

<sup>(2)</sup> El tratamiento sobre el agua de mar, que se lleva a cabo en la Planta Qurayyah, consta de un sistema de tratamiento químico para eliminar bacterias (inyección de hipoclorito de sodio), sistema filtrado mediante lechos de arena, y finalmente un sistema remoción de oxígeno (incluyendo la inyección de dióxido de azufre y nitrógeno) para reducir la corrosión sobre equipos y facilidades aguas abajo.



Fig 4



Fig 5

### **Mejoras Propuestas**

#### Mantenibilidad potenciada

Obras civiles:

1. Preliminares: Excavación en los alrededores de las válvulas (figuras 6 y 7)
2. Construcción de fosas de concreto, con el fin de otorgar accesibilidad para las actividades de mantenimiento preventivo en línea (figura 8)



Fig 6



Fig 7

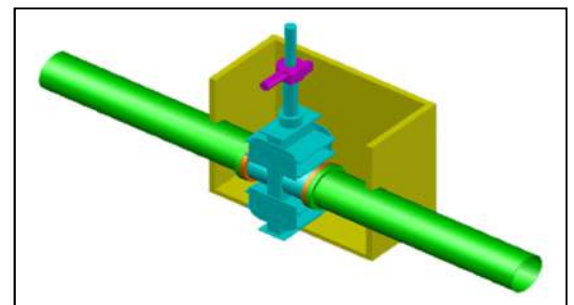


Fig 8

Obras mecánicas sobre cuerpo de válvulas (mejoras externas):

1. Conversión de los extremos del cuerpo, de soldados a bridados mediante la instalación de bridas ASME B-16.47<sup>(3)</sup>

<sup>(3)</sup>The American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY

Serie A [2], tanto en la válvula como en la tubería (ver figura 9)

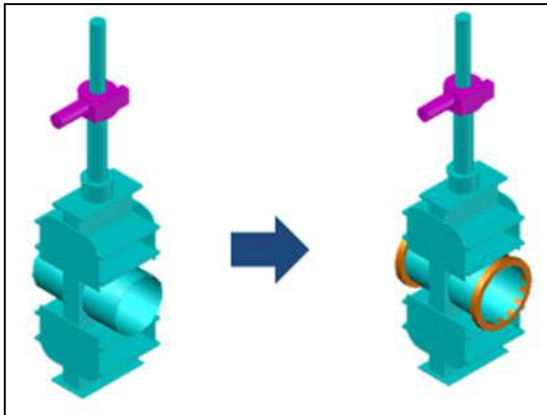


Fig 9

### Mejoras en materiales y componentes internos

Actualización de los componentes internos de las válvulas con materiales aptos para el servicio de agua de mar tratada:

1. Anillos de asiento mejorados de acero inoxidable austenítico tipo forjado ASTM<sup>(4)</sup> A-182 grado F316L [3].
2. Revestimiento con soldadura sobre los bolsillos de los asientos con aleación de níquel (INCONEL 625<sup>(5)</sup>) [3](figuras 10 y 11)
3. Revestimiento con soldadura sobre área de alojamiento del empaque con aleación de níquel (INCONEL 625<sup>(5)</sup>) [3](figura 10)
4. Revestimiento con soldadura sobre el área de sellado de la compuerta con aleación de níquel (INCONEL 625<sup>(5)</sup>) [3](figuras 12 y 13), junto con la aplicación del sistema de revestimiento APCS-28<sup>(6)</sup> (sistema a base de aplicación de Belzona 1341[4]) sobre

áreas remanentes de acero al carbono desnudas de la compuerta.

5. Recubrimiento interno del cuerpo con sistema de revestimiento APCS-28<sup>(5)</sup> (Belzona 1341[4]).

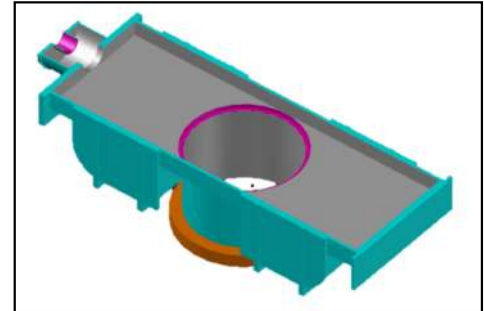


Fig 10



Fig 11

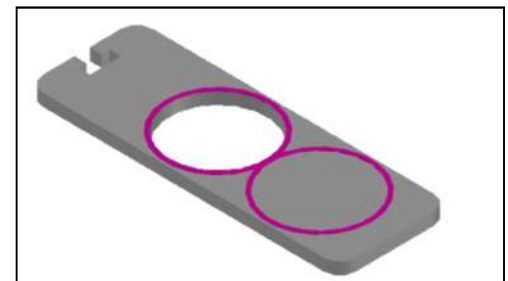


Fig 12



Fig 13

<sup>(4)</sup> ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken

<sup>(5)</sup> Superalcación a base de níquel con propiedades de alta resistencia y notable protección contra la corrosión y la oxidación.

<sup>(6)</sup> Saudi Aramco Approved Protective Coating System 28 [5], Es un estándar de pintura y revestimiento desarrollado por Saudi Aramco.



### Instalación de dispositivos para aplicación de mantenimiento preventivo sobre componentes internos

1. Instalación de puertos de inyección de engrase/sellado de emergencia para asientos en el cuerpo de la válvula, con el fin de aplica mantenimiento preventivo en línea (limpieza y engrase de asientos) (ver figura 14)
2. Instalación de válvulas de ventilación y drenaje en el cuerpo de la válvula, para eliminar residuos, lodos y arena acumulados en el fondo de la misma, mediante el drenado y lavado regular en línea (ver figura 15)

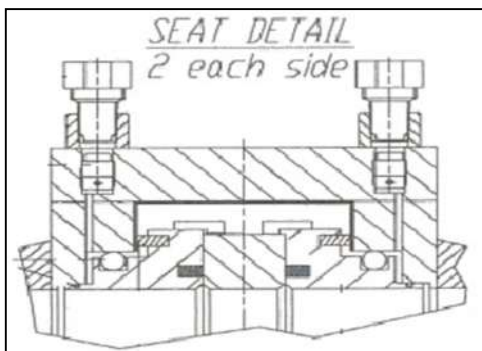


Fig 14

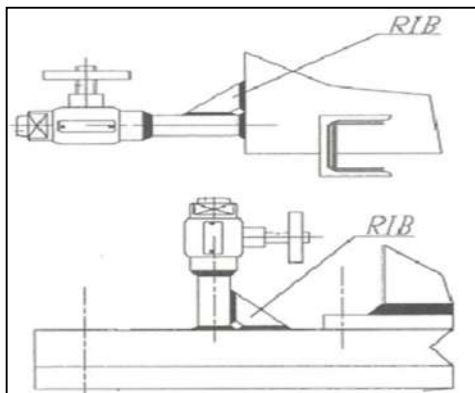


Fig 15

### Mejoras funcionales

1. Reemplazo de unidades de actuación eléctrica (ver figuras 16 y 17).

2. Reparación y modernización de unidades de actuación hidráulica (ver figura 18)



Fig 16



Fig 17



Fig 18

### Desafíos

1. Recopilar y organizar la data disponible de las válvulas existentes en el archivo físico, para su digitalización
2. Trabajar en conjunto con el Departamento de Investigación y Desarrollo del Fabricante con el fin de obtener los detalles de los repuestos actualizados
3. Adquisición y planificación de materiales (largo tiempo de entrega)
4. Gestión y planificación de paradas
5. Proceso de reparación y pruebas
6. Aseguramiento de la calidad de los trabajos de reparación

### Costos de Inversión y Ahorro de Costos

#### Costos de inversión:

Desglose del costo de inversión por válvula (costo total asciende a 430 M USD):

- Reparación y actualización: 230 M USD. Incluye: Materiales actualizados para el servicio, set de bridas, costos de reparación, nuevas unidades de actuación y pruebas.
- Trabajos mecánicos (tuberías): 50M USD. Incluye: Corte, biselado, preparación, soldadura, materiales y equipo pesado.
- Obras civiles: 150 M USD. Incluye: Excavación, transporte y disposición, equipo pesado, preparación de terreno, construcción de fosas de concreto, materiales y fabricación de plataformas metálicas.

Costo total de inversión estimado para catorce unidades asciende a **6 MM USD**.

#### Ahorro de costes:

Se establece como premisa para la determinación del ahorro de costo, la comparación con el costo de adquisición reciente de unidades similares. En este caso, dos unidades se adquirieron durante el año 2017, por un costo de 550 USD cada una.

En tal sentido, el ahorro de costos por válvula asciende a **320 M USD**.

Ahorro total de costos para catorce unidades asciende a **4,5 MM USD**.

#### Plan de Implementación 2017-2023

La figura 19 muestra el cronograma de implementación 2017-2023, para la reparación de las catorce válvulas objeto del presente plan, listadas en base a su etiqueta de identificación, incluyendo las fases preliminares (Ingeniería y Procura de Materiales):

1. Fase de Ingeniería
2. Procura de Materiales

3. Válvulas tendido QUU-1:  
497-MOV-10621/31/51 y HOV-10601/03
4. Válvulas tendido QUU-2:  
497-MOV-10623/33/53 y HOV-10602/04
5. Válvulas tendido QUU-3:  
497-MOV-10721 y HOV-0001/2/3

Tendido	2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	Ingeniería								Procura de Materiales																			
QUU-2									MOV-10623								HOV-10602											
													MOV-10633/10653								HOV-10604							
QUU-1																	MOV-10631/10651											
													MOV-10621												HOV-10601			
QUU-3																	MOV-10721											
																					HOV-0002							
																					HOV-0001							
																									HOV-0003			

Fig 19

#### Conclusiones

La reparación y modernización de las válvulas de tuberías descritas en el presente trabajo, permitirá al Departamento de Inyección de Agua de Mar de Saudi Aramco:

1. Recuperar la funcionalidad de catorce válvulas de compuerta tipo conducto, instaladas a lo largo de tres tendidos denominados QUU-1, QUU-2, y QUU-3.
2. Restaurar la capacidad de aislamiento de los tendidos de tubería, brindando flexibilidad de seccionamiento, tal como se diseñó originalmente, en cumplimiento con estándares locales [6][7] y los estándares internacionales [8].
3. Mantenimiento potenciado al incorporar infraestructura propicia para llevar a cabo trabajos sobre dichas válvulas.

4. Extender el ciclo de vida útil de las válvulas mediante la implementación de programas de mantenimiento preventivo.
5. Fomentar el crecimiento de la economía del Reino, mediante el fomento de la reparación local de equipos.
6. Ahorro de costos por encima de los cuatro millones de dólares americanos.

### **Agradecimientos**

Especial agradecimiento al personal del Departamento de Inyección de Agua de Mar de Saudi Aramco, por su apoyo continuo a las mejoras de confiabilidad, la gestión de activos y continuidad del negocio.

### **Bibliografía**

- [1] Pipeline Valves API 6D. Northwest Washington DC. American Petroleum Institute, pp. 7, 2005.
- [2] ASME B16.47 Large Diameter Steel Flanges, NPS 26 through NPS 60. New York. The American Society of Mechanical Engineers, pp. 1, 2011.
- [3] Saudi Aramco Engineering Standard SAES-L-108. Saudi Aramco, pp. 19-20, 2016.
- [4] Product Specification Sheet Belzona 1341. Belzona International Limited, pp. 1-4, 2018.
- [5] Saudi Aramco Engineering Standard SAES-H-001. Saudi Aramco, pp. 109-110, 2016.
- [6] Saudi Aramco Engineering Standard SAES-L-410. Saudi Aramco, pp. 20-21, 2016.
- [7] Saudi Aramco Engineering Standard SAES-B-064. Saudi Aramco, pp. 5-17, 2017.
- [8] ASME B31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquids Hydrocarbons and Other Liquids. New York. The American Society of Mechanical Engineers, pp. 1, 2016.

Leonardo Mir cuenta con 15 años de experiencia en el campo de válvulas y tuberías, en los sectores de petróleo, gas y petroquímica. Ingresó a Saudi Aramco en el año 2013, para apoyar en la gestión de integridad de válvulas, mediante el desarrollo de un programa de mantenimiento integral para la mejora de la confiabilidad de los activos, aumentando significativamente el tiempo medio entre fallas, generando ahorros de costos por el orden de 4MM USD desde su implementación. Es un profesional certificado en mantenimiento y confiabilidad (CMRP), titulado en Ingeniería Mecánica por la Universidad Central de Venezuela y posee una Maestría en Ingeniería Mecánica de la universidad de Carabobo.

1. Autor: Leonardo Mir
2. Teléfono: +966-(0)508556473
3. Dirección: Mubarráz Complex
4. Oficina 128
5. Email:  
[leonardo.castarlenasmir@aramco.com](mailto:leonardo.castarlenasmir@aramco.com)
6. Al-Hasa
7. Reino de Arabia Saudí