

Mantenimiento y reparación de válvulas mecánicas para procesos de refinación de petróleo

Andreina Sirit

Universidad de Zulia (LUZ), Maracaibo, Venezuela

Contacto: asirit9@gmail.com



RESUMEN

El presente estudio consiste en realizar un análisis de fallas en válvulas mecánicas que se encuentran en las distintas líneas de procesos y de servicios dentro de una planta de refinación de hidrocarburos para su adecuado mantenimiento y reparación. Por lo que, se describe de forma breve la metodología y el proceso de desmontaje y montaje de una muestra de válvulas mecánicas en una parada de planta, junto a otra muestra enviada a talleres mecánicos. Tal que, se obtienen tendencias mecánicas y de fallas, como: 1. Predominio de cantidad de válvulas compuerta en la planta; 2. Criticidad en la sustitución del perno de aguja de acero al carbono en las válvulas de tipo compuerta y globo, seguido de la fabricación del anillo del cuerpo de los dispositivos; 3. Paridad en el desgaste de las válvulas mariposas en el cuerpo y elemento de cierre al requerir recubrimientos de elastómeros.

ABSTRACT

The present study consists of carrying out a failure analysis in mechanical valves that are found in the different process and service lines within a hydrocarbon refining plant for their proper maintenance and repair. Therefore, the methodology and the disassembly and assembly process of a sample of mechanical valves at a plant shutdown are briefly described, together with another sample sent to mechanical workshops. Such that, mechanical and failure trends are obtained, such as: 1. Prevalence of the number of gate valves in the plant; 2. Criticality in the replacement of the carbon steel needle bolt in the gate and globe type valves, followed by the manufacture of the body ring of the devices; 3. Parity in the wear of the butterfly valves in the body and closure element when applying elastomer coatings.

INTRODUCCIÓN

En una refinería de petróleo compuesta por procesos físicos de destilación atmosférica y destilación al vacío, sus mantenimientos y reparaciones mayores se dan en una parada de planta general. Tal que, se realiza la intervención de equipos estáticos y rotativos como: torres, tambores, intercambiadores, bombas y otros; Junto a la ejecución de trabajos generales en las válvulas mecánicas y tuberías, trabajos civiles, trabajos de instrumentación y trabajos eléctricos de forma general en la planta.

Dichas reparaciones o el mantenimiento preventivo son requeridos para cumplir un periodo de funcionamiento del ciclo operacional de la unidad de refinación comprendido en 5 años. Para los pasos preparación, planificación y ejecución de una parada se consideran factores críticos o barreras que alargan el tiempo de ejecución de la misma que inciden en costos y obtención de resultado. Cabe mencionar, que el desmontaje de válvulas mecánicas su mantenimiento y reparación u otro equipo en general es clave en el proceso de planificación debido a que ocurre durante todo el proceso de la parada de planta y en los pasos siguientes en relación a su seguimiento (ver Figura 1).

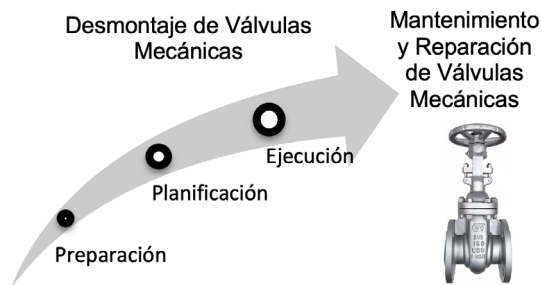


Figura 1. Determinantes del Mantenimiento y Reparación de Válvulas Mecánicas.

Fuente: Sirit. A (2022)

Por lo que, que se debe considerar un adecuado manejo de un programa de parada de plantas para el éxito del mantenimiento de una unidad de destilación, donde inciden aspectos importantes como: revisión de estudios en equipos y dispositivos mecánicos previos, uso de procedimientos normalizados, la estrategia de contratación, la estrategia de ejecución, seguimiento y el control de actividades, personal, costos de la obra, tiempos de la parada, adecuadas especificaciones técnicas, para al final consolidar las mejores prácticas y las lecciones aprendidas de la reparación.

Así mismo, el mantenimiento y reparación de válvulas mecánicas para el proceso de refinación

de petróleo es un tema crucial ya que son elementos mecánicos que se encuentra a lo largo de todas las tuberías en la planta y en grandes cantidades. Normalmente se estiman aproximadamente 1000 válvulas mecánicas mayores a 2"Ø en procesos que incluyan destilación atmosférica y destilación al vacío sin incluir válvulas menores a 2"Ø que de forma mínima llegan a aproximarse a unas 600 por ser dispositivos de control en tuberías de ½" Ø; ¾"Ø, 1 ½"Ø, otras. Tal que, dichos dispositivos mecánicos se hacen críticos por su gran número y distribución en el área, se hace imprescindible conocer sus fallas más comunes, tendencias mecánicas con el fin de ser dueños del conocimiento tecnológico para disminuir la vulnerabilidad de los procesos de refinación de hidrocarburos mediante el mejoramiento continuo del manejo del proceso de parada de planta.

VÁLVULAS MECÁNICAS

Como una válvula un dispositivo mecánico de control con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de fluidos, se delimita este estudio a dichos elementos indispensables para la operación y tareas de mantenimiento de una planta de refinación de petróleo, debido a que permiten redirigir los caudales entrantes o salientes de los sistemas, equipos estáticos y rotativos, bajo la criticidad anteriormente mencionada en los procesos de refinación. Para ello, se tienen válvulas mayores a 2"Ø de diferentes tipos: Compuerta, Globo, Mariposa, Check, Bola, D-Check, Seguridad, otras (ver Figura 2).

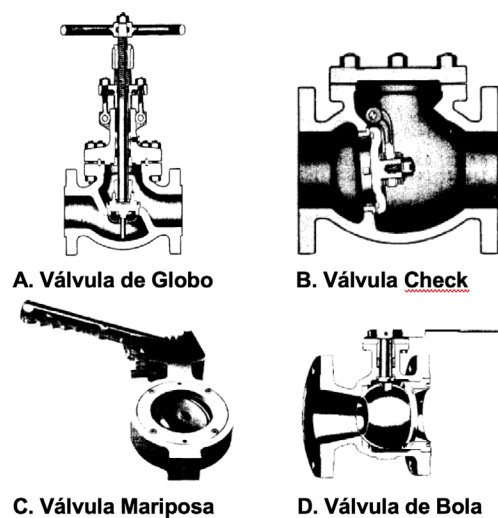


Figura 2. Tipos de Válvulas Mecánicas. Fuente: Crane. CO, (1977).

METODOLOGÍA

Desde el Centro de Refinación Paraguana (CRP), propiedad de PDVSA. Petróleo, S.A., específicamente en la Refinería Amuay, Jurisdicción del Municipio Los Taques del Estado Falcón, se aplica una Metodología Gerencial de Programa de Paradas de Planta (MG3P), definida como un proceso secuencial con retroalimentación lo que permite acercamientos a procesos de optimización de parada de plantas (Figura 2). Así mismo, comprende 4 fases, aplicables al mantenimiento y reparación de válvulas mecánicas: 1. Gerencia Integrada: se emplea una a) planificación estratégica, esta permite tomar decisiones, recursos, delimitar plazos, objetivos previstos donde se observen los posibles cambios incidentes, b) gerencia de lista de trabajo junto a los planes gerenciales departamentales que delimitan un horizonte que conlleva indicadores, aportes y logros. Desde esta fase los estudios previos, experiencias anteriores son cruciales para realizar una planificación inicial que implica estrategias adecuadas al nuevo contexto operacional del proceso de desmontaje, mantenimiento, reparación de válvulas mecánicas según lo antes mencionado. 2. Preparación de la Ejecución: consiste en el desarrollo de paquetes de trabajo planificados (PTP), respecto al desmontaje, mantenimiento, reparación y montaje de válvulas mecánicas se sustenta en un proceso de planificación, gerencia de materiales, definición de contrato y programación, es decir, se prepara un sistema de planificación y programación que permita controlar los desmontajes, montajes sucesivos y envíos a talleres para su mantenimiento y reparación que involucra (horas hombre, equipos, herramientas, materiales, otros); tiende a ser una herramienta previa al proceso de ejecución que responde a los cambios del alcance del trabajo. 3. Ejecución: Existen los tres procesos: preparada, parada, post-parada de planta sumado a cambios avances y actualizaciones. Inicialmente ocurre un proceso de etiquetado o identificación de las válvulas mecánicas, previamente se tiene una cantidad estimada a desmontar para cumplir con los tiempos y objetivos propuestos. Por otra parte, dentro de los rendimientos de desmontaje y montaje de válvulas inciden: diámetros, cantidad de espárragos y su oxidación, peso, tipo de válvula, tipo de tubería asociada, facilidades "andamios", ubicación "alturas", requerimiento de equipos "señorita, grúa, montacargas, otros", etc. También, el mantenimiento y reparación de las válvulas se hace en diferentes talleres según grado de respuesta en entregas de válvulas mecánicas con mantenimiento y reparación. Igualmente, las válvulas mecánicas son enviadas a taller dependiendo de la prioridad y estrategia de armado o montaje de las válvulas en

la planta, considerando una ruta crítica determinada en la fase 2 de la (MG3P). 4. Cierre de la Parada: consiste en la elaboración documentación formal de todo el resultado de la ejecución de la parada de planta, es decir, es un compendio que incluye lo derivado de la aplicación de los planes departamentales establecidos y lecciones aprendidas plasmadas en recomendaciones. Así mismo, en relación al proceso de mantenimiento y reparación de válvulas mecánicas, se elabora un informe que contiene cada válvula desmontada, enviada a taller e instalada sea el caso, se especifica todos los cuellos de botella o dificultades dentro del proceso que involucra los determinantes de "planificación y ejecución" (Figura 1). También, se observa la forma de desmontaje de las válvulas mecánicas preestablecida estratégicamente que puede ser según los diámetros, tipos de tubería, por equipo "estáticos o rotativos", otros, que inciden en la duración real del alcance del trabajo en relación a lo planificado que permitan "determinar la brecha entre los resultados obtenidos y los objetivos". Finalmente, se tienen las recomendaciones como una oportunidad de mejora para ser incluido dentro de la gerencia integrada en forma de retroalimentación en la próxima parada de planta, para el caso de estudio tiende a ser mejoras de las estrategias mencionadas y necesidades de herramientas contundentes de planificación dentro de la preparación de la ejecución.

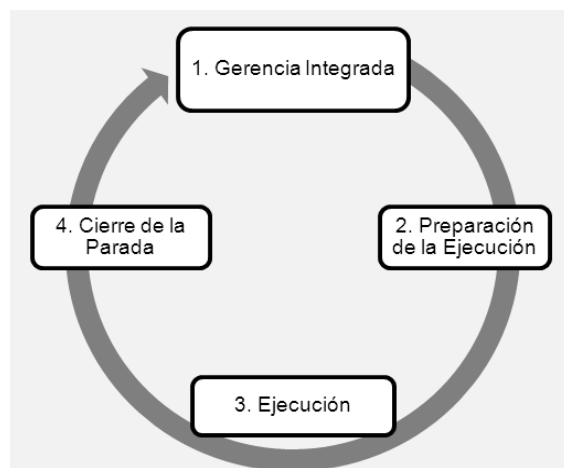


Figura 3. Fases de la Metodología Gerencial del Proceso de Paradas de Planta (MG3P), PDVSA Petróleo. S.A. Fuente: Sirit. A (2023).

DESARROLLO

Para el caso de la unidad Planta-4 del Centro de Refinación Paraguana (CRP), que comprende los mencionados equipos para los procesos de Destilación tienen una capacidad de procesamiento en dos áreas definidas como: PSAY-4 y PVAY-4 relativas a los Procesos de Destilación Atmosférica y

Vacío, se entienden como procesos continuos cuya configuración permite el procesamiento de crudo en la unidad para obtener productos en sus distintas fases. En las siguientes (Tabla 1) se visualizan las capacidades de refinación de cada torre.

Tabla. 1. Productos Planta-4. Fuente: PDVSA PETRÓLEO, S.A, (2023).

PSAY-4 Destilación Atmosférica (Procesamiento de Crudo); CARGA Min: 75.0 CARGA Max. 120.0 K B/D
GASES DE BAJA PRESIÓN
GASOLINA O NAFTA VIRGEN
KEROSÉN
HEATING OIL O GAS OIL LIVIANO
DIESEL MARINE Ó GAS OIL PESADO
RESIDUO LARGO, CRUDO REDUCIDO O FONDO ATMOSFÉRICO

PVAY-4 Destilación al Vacío (Procesamiento de Residuo Largo); CARGA Min: 65.0 CARGA Max. 92.5 K B/D
Diésel Recuperado
LVGO – Gasóleo Liviano
HVGO - Gasóleo Pesado
OVERFLASH
Fondo de Vacío, Residuo Corto o Brea

El proceso de Destilación de Planta-4 es soportada por una serie de equipos que permiten las diferentes fases de destilación como: hornos, torres, tambores, intercambiadores de calor, desaladores y equipos rotativos; los cuales, se comunican entre sí mediante líneas que a su vez contienen dispositivos de control de fluidos como son las válvulas mecánicas y las válvulas de control están presentes en todo momento en el proceso de refinación, igualmente se tiene como sistema de protección de la torre las Válvulas de Seguridad.



Figura 4. Torre de Destilación al Vacío (PVAY-4), CRP. Fuente: PDVSA PETRÓLEO, S.A, (2022).

El alcance del mantenimiento durante la reparación general en una primera fase consiste en el desmontaje de 987 válvulas mecánicas, 145 válvulas mecánicas adicionales, que se deben desmontar por requerimiento operacional y 23 válvulas comprometidas en líneas vivas con vapor para un total de 1155 válvulas mecánicas mayores a 2 pulgadas de diámetro lo que se conoce en el alcance de trabajo como: punto de etiqueta es importante mencionar que un punto de etiqueta se entiende como un listado de válvulas mecánicas con numeración del 1 al 986 caso Planta-4, que define: la ubicación de la válvula en la planta, tipo, libras de presión, materiales y si se debe enviar a taller para su reparación o si requiere reemplazo.

Actualmente, la parada de planta se ejecutó en su primera fase desde el 24 de junio al 30 de septiembre del 2022, en lo que respecta al desmontaje de válvulas mecánicas se alcanzó la meta de remoción de 986 válvulas correspondiente a los puntos de etiqueta las cuales fueron enviadas a los distintos talleres externos incluyendo al Taller Central Cardón de PDVSA. Petróleo, S.A.,

Para este estudio se presenta un desglose del desmontaje de 392 válvulas PVAY-4 y 505 válvulas PSAY-4 para un total de 897 válvulas mecánicas pertenecientes al punto de etiqueta (P.E) de las 986 que fueron enviadas a taller, como una muestra representativa del 78% de 1154 válvulas mayores totales requeridas en Planta-4, (Figura 5).

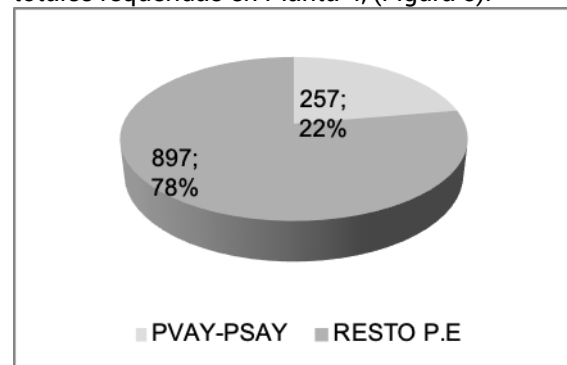


Figura 5. Muestra de Válvulas Mecánicas del (P.E), PVAY-PSAY, Planta 4. Fuente: Sirit. A (2023).

Así mismo, dentro de la muestra inicial seleccionada se observa la tendencia mecánica hacia las necesidades de mantenimiento y reparación de las válvulas del tipo compuerta con 785 válvulas equivalente 88% de la muestra de 987 válvulas, que representa un 68% de las 1155 válvulas totales. Igualmente, le siguen las válvulas del tipo mariposas con 103 válvulas equivalentes a un 11,4% de la muestra de 987 válvulas, ver (Tabla 2) y (Tabla 3).

Tabla 2. Clasificación de Válvulas de PVAY-4/ P.E, PDVSA PETRÓLEO, S.A. Fuente: Sirit. A (2022).

PVAY-4	Diam Pulg	Comp	Marip	Bola	Check	D-Check	Globo
	2	3	0	0	0	0	0
	3	39	0	0	7	0	4
	4	23	11	0	6	0	8
	6	60	2	0	2	1	8
	8	50	23	0	1	2	0
	10	55	17	0	3	0	0
	12	35	14	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	16	13	1	0	1	0	0
	20	2	0	0	0	0	0
	24	0	1	0	0	0	0
	Sub	280	69	0	20	3	20
	Total	392					

Tabla 3. Clasificación de Válvulas de PSAY-4/ P.E, PDVSA PETRÓLEO, S.A. Fuente: Sirit. A (2022).

PSAY-4	Diam Pulg	Comp	Marip	Bola	Check	D-Check	Globo
	2	22	2	0	0	0	0
	3	61	1	10	1	0	1
	4	50	0	0	6	0	3
	6	132	0	0	9	0	1
	8	85	6	0	6	0	3
	10	44	6	0	0	0	0
	12	27	6	0	2	0	0
	14	3	0	0	0	0	0
	16	5	7	0	0	0	0
	20	0	6	0	0	0	0
	24	0	0	0	0	0	0
	Sub	429	34	10	24	0	8
	Total	505					

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Para el mantenimiento y reparación de válvulas mecánicas mayores a 2 pulgadas de diámetro enviadas a talleres externos durante la parada de planta que involucra (PVAY-PSAY, Planta-4), se realizaron las siguientes actividades según el tipo de válvulas y sus requerimientos: 1. Desarme completo de la válvula; 2. Limpieza con chorro de arena (Sandblasting) y / o desengrasante; 3. Inspección y diagnóstico; 4. Rectificado o lapeado de anillos, elementos de cierre, vástago; 5. Rectificado de todas las bridas; 6. Armado y Lubricación; 7. Aplicar pintura de fondo y acabado color aluminio; 8. Identificación con placa metálica; 9. Realizar pruebas hidrostáticas; 10. Embalaje y despacho protegiendo las bridas y el vástago; 11. Reemplazo de empaques,

empacaduras del medio cuerpo y espárragos; 12. Soldadura de materiales o piezas; 13. Reemplazo de drenajes en las válvulas, otras.

También, conviene mencionar algunos referentes de calidad para la reparación de las válvulas compuerta y mariposa, debido a las tendencias mecánicas de la muestra en cuanto a cantidad de válvulas presentes, como:

1. Las válvulas compuerta no deben superar el 35% de carrera de cierre; 2. Las válvulas mariposa expuestas a sistemas de servicio de agua salada requieren: - Un acabado final de revestimiento vulcanizado liso sin granulometría que impidan el cierre y / o apertura de la mariposa, - El diámetro interno del vulcanizado debe ser completamente uniforme y se debe verificar con instrumentos de medición; 3. Las pruebas hidrostáticas de sello de la compuerta se realiza a una presión de 75 lbs/plg2, las pruebas de apertura y cierre se harán simulando condiciones operacionales. Así mismo, sobre la instalación de las válvulas mecánicas en general: 1. Los espárragos deberán ser de material tipo B.7 donde las válvulas deben ser reemplazadas en su totalidad. Las válvulas del tipo C5 (Cromo), los espárragos son del tipo B.16. Los mismos deben quedar con tres o cuatro hilos fuera de la tuerca para evitar la Corrosión Galvánica.

Finalmente, se aplican estándares de inspección, prueba y mantenimiento según los tipos de válvulas: API6D, API600, ANSI B16.1, ANSI B16.5, ANSI B16.10, MSS-SP-6, MSS-SP-44 y procedimientos (PDVSA).

FALLAS DE VÁLVULAS MECÁNICAS

A continuación, se presenta un conjunto de 261 válvulas desmontadas enviadas a talleres externos en varios lotes, diferentes tipos, diámetros y libras de presión de 125# hasta 1500#. Dicha muestra posee una inclinación con mayor cantidad de válvulas de diámetros de 2" - 4" ϕ con rangos de 125# hasta 150# libras de presión.

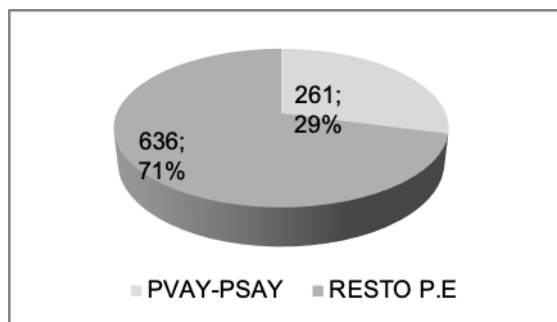


Figura 6. Muestra de Válvulas Mecánicas del (P.E) enviada a Talleres, PVAY-PSAY, Planta 4.

Fuente: Sirit. A (2023).

A partir de la muestra de lotes enviados a taller externo se observa una tendencia de mayor cantidad de piezas necesarias de reconstrucción en los elementos de las válvulas para diámetros entre 2" y 4"φ para un total de 527 piezas, ver Figura 5; esto coincide con la tendencia de la Tabla 4. Por lo que, los elementos de las válvulas tienen mucha importancia dentro del mantenimiento y reparación de las válvulas mecánicas por la cantidad de piezas de sus configuraciones.

Tabla 4. Válvulas enviadas a Talleres Externos, Lotes: 22/06/2022 al 25/08/2022, PVAY-PSAY, Planta 4.

Fuente: Sirit. A (2022).

Mantenimiento y Reparación de Válvulas de Compuerta, Globo y Retención.	
Serie 125#-150#	Cantidad
De 2"-4" φ	75
De 6"-8" φ	32
De 10"-12" φ	20
Sub-Total	127
Serie 300#	Cantidad
De 2"-4" φ	50
Sub-Total	50
Mantenimiento de Válvulas de Bola.	
Serie 150# - 1500#	Cantidad
De 2"-4" φ	10
Sub-Total	10
Mantenimiento de Válvulas Mariposa.	
Serie 150# - 1500#	Cantidad
De 2"-4" φ	3
De 6"-8" φ	21
De 10"-12" φ	40
De 14"-18" φ	10
Sub-Total	74
Total	261

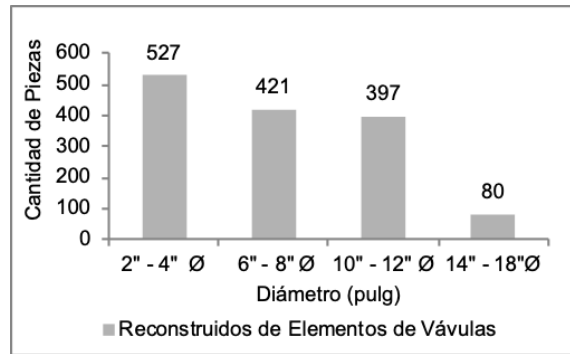


Figura 7. Reconstrucción de Elementos de Válvulas en Talleres Externos (Lotes: 22/06/2022 al 25/08/2022), Planta-4/CRP AMUAY.

Donde la tendencia de mayor cantidad de piezas necesarias de reconstrucción en los elementos de las válvulas para diámetros entre 2"-4"φ para un total de 527 piezas.

Así mismo, los elementos de las válvulas tienen mucha importancia dentro del mantenimiento y reparación de las válvulas mecánicas por la cantidad de piezas de sus configuraciones (ver Figura 6).

Tal que, las fallas más comunes presentes en las válvulas mecánicas (Compuerta, Globo, Retención, Bola) se tiene que:

El Perno Aguja en Acero al Carbono (g) es el elemento más crítico en el mantenimiento y reparación de una válvula mecánica, le sigue el Anillo del Cuerpo (e).

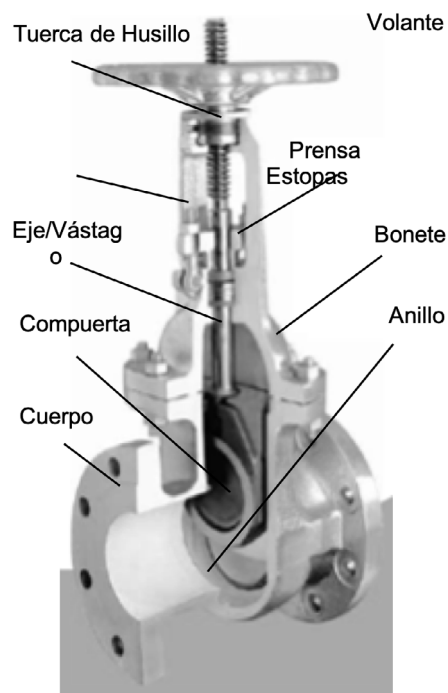


Figura 8. Partes de una Válvulas Mecánica.

Fuente: Sirit. A (2023).

Es el componente que más se fabrica alcanzando un total de 137 Pernos de Aguja y el anillo al cuerpo 70, fabricados para diámetros de 2"-4" Ø guardando una relación directa a la cantidad de válvulas en ese rango (ver Figura 9) y (ver Tabla 5).

La tendencia se mantiene para los diámetros de 6" - 8" Ø y 10" - 12" Ø, validando la falla en todo el rango diametral observado.

Existe variedad de tipos válvulas en la muestra aunque contiene mayor cantidad de válvulas de tipo compuerta respecto al total (ver Tabla 2 y 3).

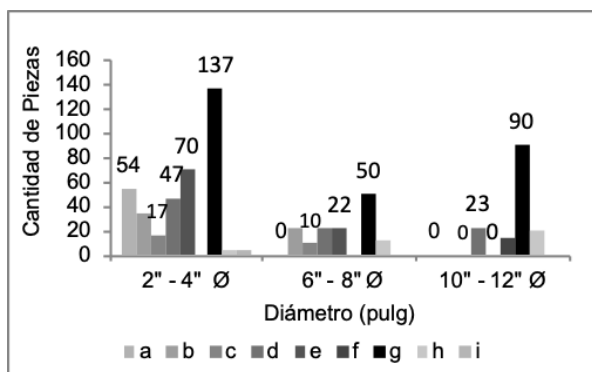


Figura 9. Fabricación de piezas de Válvulas en Talleres Externos (Lotes: 22/06/2022 al 25/08/2022), Planta-4/CRP AMUAY.

Tabla 5. Listado de piezas a fabricar de válvulas mecánicas en talleres externos.

Fabricación de piezas de Válvulas en Talleres Externos	
a	Fabricar vástago de acero inoxidable (316/419)
b	Fabricar cono de cierre inoxidable (316/419)
c	Fabricar prensa estopas y anillo acero al carbono
d	Fabricar tuerca de husillo (bronce)
e	Fabricar anillo del cuerpo (acero al carbono)
f	Fabricar volante y tuerca para volante acero al carbono
g	Fabricar perno de aguja acero al carbono
h	Fabricar palancas acero al carbono
i	Fabricar asientos blandos en teflón (válvulas C/G/B/CH/M)

FALLAS EN VÁLVULAS MARIPOSAS

Las válvulas tipo mariposa pertenecientes a las líneas de servicios de enfriamientos (agua salada) tiene una aplicación de recubrimientos internos necesarios para que la compuerta pueda sellar adecuadamente en una superficie lisa para proteger el material de la válvula de las condiciones de corrosión por su exposición al tipo de servicio.

Se aplica un recubrimiento de elastómero en el cuerpo y en el elemento de cierre (Compuerta) en algunos casos, respecto a cuál falla es más común diremos que el desgaste es uniforme para el cuerpo y para el elemento de cierre (ver Figura 10). Tal que, se tienen resultados numéricos como:

1. Existe paridad para diámetros de 2" - 4" Ø, 6" - 8" Ø y 10" - 12" Ø.
2. Para diámetros de 10" - 12" Ø, se aplicó ambos recubrimientos en 38 piezas de 40 como pico máximo en la gráfica (Ver tabla 7) por ser mayor la cantidad de válvulas respecto a los otros rangos.
3. Las 38 piezas comprenden el 95% del total de las válvulas tipos mariposas que fueron a mantenimiento y reparación reflejando el mismo patrón característico en los demás rangos.

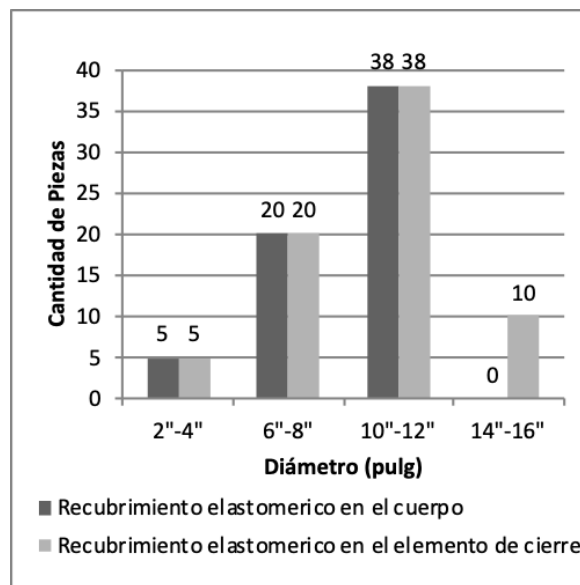


Figura 10. Aplicación de Recubrimientos Internos de Válvulas Mariposas Enviadas a Taller Externo (Lotes: 22/06/2022 al 25/08/2022), Planta-4/CRP AMUAY.

CONCLUSIONES

Conocer las tendencias mecánicas de las válvulas facilita el adecuado desarrollo de Paradas de Plantas, orientado a aspectos clave como:

- La determinación de la criticidad del dispositivo mecánico
- El conocimiento de la vulnerabilidad del proceso de refinación
- La estimación de los tiempos de ejecución de paradas de plantas
- La determinación del tipo de válvula que predomina en el proceso de desmontaje de equipos en la parada de planta

Un aporte significativo de este trabajo es brindar una experiencia real metodológica del montaje

y desmontaje de válvulas mecánicas respecto a su desglose mecánico estructural de su mantenimiento y reparación en una parada de planta en general.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Edgar Cazorla por su contribución en explicaciones didácticas en planta sobre la identificación y toma de data de válvulas mecánicas en los procesos de desmontaje de dichas válvulas durante una parada de planta.

A la Dra. Eneida Salgueiro por sus contribución metodológica en la redacción del artículo científico entorno al discurso del mantenimiento y reparación de válvulas mecánicas y mejoras en los componentes del mismo.

A las Ing. Kelly Holler por la toma de data de más de 1000 válvulas mecánicas desmontadas y retornada luego de su mantenimiento o reparación en un proceso técnico real de parada de planta del CRP/Planta 4; Junto con la Ing. Jennifer Quevedo por su contribución en la toma igualmente de data de válvulas mecánicas, sumado a la elaboración y análisis del sistema de bases de datos de las mismas, sin ellas no se tendría este aporte científico referente a las prioridades relativas de los mantenimientos necesarios de las unidades o sistemas asociados a los procesos de refinación del petróleo.

Al Ing. Pedro Romero e Ing. José Aldama por la recopilación fotográfica en planta 4/CRP y talleres externos.

REFERENCIAS

- [1] CRANE División de Ingeniería, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Revisión técnica: Clemente Reza García, Traducción VALFISA, S.A, UCEI-CID, McGraw-Hill; Unidades en los Sistemas Ingles e Internacional, 163-164.
- [2] PDVSA PP-02-05-03 (2003), Manual del proceso gerencial de parada de plantas, Volumen 2, Estrategias de paradas de planta, Lista de verificación gerencial / eventos claves. 1-18.
- [3] PDVSA MM- 03-01-01 (2005), Manual de mantenimiento, Volumen 3: Parada de planta, Metodología gerencial del proceso de paradas de plantas, Capítulo 1: Disposiciones generales. 1-9.