

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 1 de 18



ÍNDICE DE REVISIONES

Fecha	Revisión	Observaciones
23-11-17	A	Para Aprobación
03-01-18	B	Para Aprobación

 Rodrigo Zárate Ing. Proyectos	Manuel Rodríguez Coord. de Ingeniería	Xavier Sejas Gerente de Ingeniería
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR



ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE YPFB TRANSPORTE S.A. Y NO DEBERA SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA UNA FINALIDAD DIFERENTE DE AQUELLA PARA LA QUE HA SIDO SUMINISTRADO.

ARCHIVO: SC-E01-IC-00-MC-01 MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)_REV.B

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 2 de 18

CONTENIDO

1.	OBJETIVO	3
2.	ALCANCE	3
3.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	3
4.	DIMENSIONAMIENTO DE ACTUADORES	3
4.1.	REQUERIMIENTOS GENERALES	4
4.2.	COMPONENTES DE TORQUE	6
4.3.	FACTORES DE SEGURIDAD	9
4.4.	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	11
5.	RESULTADOS	12
6.	CONCLUSIONES	17

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 3 de 18

1. OBJETIVO

El presente documento tiene como objeto presentar el dimensionamiento de los nuevos actuadores a ser instalados en el área de los tanques esféricos en Refinería Guillermo Elder Bell.

2. ALCANCE



El alcance de este documento se limita a presentar los resultados y el procedimiento empleado para el dimensionamiento de los actuadores de las válvulas de los tanques TK-2935, TK-2936, TK-2937 y TK-2946 de propiedad de YPFB Transporte S.A, así como el actuador de la válvula que permite operar las bombas booster de GLP LPG-P-200 y LPG-P-201 en serie. Una válvula mariposa de desfase triple (triple offset valve, TOV) es considerada para la selección de los actuadores.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- [1] ANSI/ISA-96.02.01 Guidelines for the Specification of Electric Valve Actuators
- [2] IEEE Std 1290 IEEE Guide for Motor Operated Valve (MOV) Motor Application, Protection, Control and Testing in Nuclear Power Generation Stations
- [3] IEC 15714-2 Industrial Valves – Actuators. Part 2: Electric Actuators for Industrial Valves – Basic Requirements
- [4] ISO 5211 Industrial Valves – Part-turn Actuator Attachment
- [5] AWWA M19 Butterfly Valves: Torque, Head Loss, and Cavitation Analysis

4. DIMENSIONAMIENTO DE ACTUADORES

En el dimensionamiento de actuadores para válvulas rotatorias se debe determinar el torque requerido para la operación de la válvula. El torque necesario para el accionamiento de una

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 4 de 18

válvula está influenciado por diferentes factores; algunos de ellos están relacionados con el diseño y el material de la válvula, mientras que otros dependen de las condiciones de operación.

Entre los factores de diseño se encuentran el tipo y material de asientos de válvula. Los factores de operación incluyen la presión, el tipo de fluido y la frecuencia de operación de la misma.



4.1. Requerimientos Generales

En general, el actuador de una válvula rotatoria debe cumplir los siguientes objetivos:

1. Desplazar el elemento de cierre de la válvula a la posición deseada. Este debe proveer suficiente torque para cumplir esta función bajo las condiciones más desfavorables de operación.
2. Mantener el elemento de cierre de la válvula en la posición deseada.
3. Ejercer sobre el elemento de cierre un torque adecuado para cumplir con las especificaciones de cierre de la válvula.
4. Proveer un estado definido de falla (cerrada, abierta, última posición) dependiendo de la aplicación.
5. Poseer un ángulo de rotación adecuado (90°, 180°, etc.).
6. Proveer la velocidad de operación requerida.

Puesto que los actuadores eléctricos están compuestos de motores con reductores mecánicas, la velocidad de operación de actuadores eléctricos no puede ser incrementada por encima de su valor nominal. De ser necesario, el mecanismo de reducción puede ser reemplazado; sin embargo, esto resulta también en una modificación del torque de salida. Por otro lado, un control de velocidad electrónico puede es empleado para reducir la velocidad de operación sin afectar el torque.

El actuador elegido debe ser compatible con el suministro eléctrico disponible en el lugar de instalación. Además, este debe ser adecuado para ser instalado en áreas clasificadas; se deben

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 5 de 18

cumplir los requerimientos de la NEC para instalaciones eléctricas en áreas donde pueden existir gases explosivos.



Los motores actuadores eléctricos están diseñados comúnmente para ciclos de trabajo de 25%. Debido a que usualmente las válvulas actuadas ON-OFF permanecen inactivas la mayor parte del tiempo, esto no es una limitación. Por otro lado, ciclos de trabajo más elevados resultan en esfuerzos y desgaste adicionales en los componentes de la válvula.

El mecanismo de los actuadores eléctricos, que impulsa al elemento de cierre de la válvula, no puede ser bloqueado, ya que el calor debido al consumo excesivo de corriente puede causar daños en el motor. Dispositivos para la medición de torque o temperatura, así como sensores de corriente son empleados comúnmente para proteger a estos equipos.

El mecanismo de reducción de un actuador eléctrico esta dimensionado de acuerdo a los torques de apertura y operación provistos por el fabricante. El motor debe ser dimensionado de acuerdo al voltaje mínimo que se espera y un factor de seguridad de 1.5. Por lo general, se consideran variaciones de $\pm 10\%$ en el voltaje y $\pm 5\text{Hz}$ en la frecuencia de alimentación. Para operaciones de regulación el motor debe producir por lo menos el doble del torque de operación de la válvula.

En el caso de actuadores eléctricos, se requiere de mecanismos adecuados, tales como frenos, embragues o reductores mecánicos con bloqueo automático, para asegurar que suficiente torque puede ser mantenido en la posición cerrada.

Los actuadores eléctricos comúnmente no poseen un mecanismo de retorno por resorte, sin embargo, un sistema de respaldo por batería es una alternativa si se requiera de una posición predefinida en el caso de fallas en la alimentación.

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 6 de 18

Por otro lado, los actuadores eléctricos deben estar aislados de los efectos de la intemperie para impedir la introducción de humedad a los mecanismos internos. Se debe considerar el uso de calentadores internos para evitar la condensación debido a ciclos de temperatura.

4.2. Componentes de Torque

El torque requerido por válvulas mariposa consta de diferentes componentes que contribuyen al torque de operación de la válvula dependiendo de la posición del elemento de cierre y el tipo de instalación.

En general, las siguientes expresiones son empleadas para determinar el torque total de la válvula en la posición de cierra y durante su operación.

Torque total de cierre en la posición de cierre (total seating torque):

$$T_{ts} = T_{b0} - T_{cg0} - T_h + T_s + T_p - T_{ecc}$$

Torque total de apertura en la posición de cierre (total unseating or break torque):

$$T_{tus} = T_{b0} + T_{cg0} + T_h + T_{us} + T_p + T_{ecc}$$

Torque total durante una operación de apertura (total opening or run torque):



$$T_{to\theta} = T_{b\theta} + T_{cg\theta} + T_{d\theta} + T_p$$

Torque total durante una operación de cierre (total closing or run torque):

$$T_{tc\theta} = T_{b\theta} - T_{cg\theta} - T_{d\theta} + T_p$$

donde:

$T_{b\theta}$ componente de torque debido a la fricción en los puntos de apoyo del eje de la válvula (bearing torque) para un ángulo de apertura $\theta \geq 0$.

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 7 de 18

$T_{cg\theta}$ componente de torque debido al centro de gravedad del elemento de cierre (center of gravity torque) para un ángulo de apertura $\theta \geq 0$.

$T_{d\theta}$ componente de torque debido al flujo dinámico (dynamic torque) para un ángulo de apertura $\theta \geq 0$.

T_{ecc} componente de torque debido a la excentricidad del elemento de cierre (eccentricity torque)

T_h componente de torque debido a la presión hidrostática del fluido (hydrostatic torque)

T_p componente de torque debido a la fricción en los sellos angulares de la válvula (packing torque)

T_s componente de torque debido a la fricción en los asientos de válvula durante el cierre (seating torque)



T_{us} componente de torque debido a la fricción en los asientos de válvula durante la apertura (unseating torque)

Las componentes de torque activas ($T_{d\theta}$, T_h , $T_{cg\theta}$, y T_{ecc}) son consideradas positivas cuando estas tienden a cerrar la válvula y negativas cuando tienden a abrirla. El signo de torques estáticos de fricción ($T_{b\theta}$, T_p , T_s , T_{us}) se considera siempre positivo ya que estas se oponen siempre al movimiento del actuador.

De esta forma, el torque total requerido en la dirección de apertura es la suma de todas las componentes de torque, mientras que las componentes de torque activas son substraídas en la dirección de cierre.

En general, los torques debido a fricción estática son preponderantes en la posición de cierre mientras que efectos de flujo dinámico se presentan a lo largo de la apertura de la válvula.

En válvulas simétricas y de desfase simple (single-offser valves), T_s y T_{us} son causadas por la fricción que se genera entre el elemento de cierre y el asiento de la válvula. En válvulas de

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 8 de 18



desfase doble o triple (double and triple offset valves) T_s puede depender además del torque requerido para obtener el nivel de cierre deseado.

El mecanismo de excentricidad permite que las superficies de cierre de la válvula se separen rápidamente, de manera que el contacto solo ocurre en la posición de cierre. De esta forma T_s y T_{us} alcanzan su máximo en la posición de cierre y tienen un valor nulo para otros ángulos de apertura. T_s y T_{us} dependen de varios factores, incluyendo, el tipo de asiento de válvula, material, el tamaño de la válvula, la temperatura del fluido y la caída de presión a lo largo del elemento de cierre. Puesto que estas componentes de torque son específicas para cada tipo de válvula y son dependientes del ángulo de rotación, las mismas deben ser determinadas a través de pruebas de laboratorio.

Por otro lado, T_p es causado por la fricción entre el sello angular (packing) y el eje de la válvula. Su valor se determina para un tamaño específico de válvula. La componente de torque T_p es aproximadamente constantes a lo largo del rango de rotación de la válvula y está determinada principalmente por los coeficientes de fricción de los diferentes materiales. Esta componente de torque es pequeña en comparación al torque total de la válvula y puede ser despreciada en válvula grandes.

De igual forma, $T_{b\theta}$ en una válvula mariposa es una función del coeficiente de fricción en los puntos de apoyo de la válvula, el tamaño y peso de las partes móviles de la válvula, la orientación de su eje y la caída de presión existente. Esta componente de torque es máxima cerca de la posición de cierre debido a la presión diferencial elevada y es nula cuando la válvula alcanza la posición de apertura.

Aparte de las componentes de torque de fricción, se deben considerar también las componentes de torque activas.

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 9 de 18

La componente de torque inducida por el movimiento del fluido $T_{d\theta}$ es una función de la geometría, el tipo de fluido y la posición de la válvula. El valor máximo que alcanza $T_{d\theta}$ ocurre normalmente en una posición intermedia entre 0 y 50°, donde el valor del diferencial de presión es elevado. La caída de presión resultante depende tanto de la posición de la válvula como de las características del sistema de tuberías.

La componente de torque $T_{cg\theta}$ es causada por un desfase del centro de gravedad del elemento de cierre y ocurre cuando su eje está localizado cerca del plano horizontal; $T_{cg\theta}$ depende de la posición de apertura, peso del elemento de cierre y la distancia del eje de rotación. Normalmente, la misma puede ser despreciada.



Por otra parte, T_{ecc} está relacionada al desfase lateral o excentricidad y el diferencial de fuerzas hidrostáticas sobre el elemento de cierre de la válvula y es considerada solamente en la posición cerrada.

Finalmente, T_h es causada por la presión hidrostática del fluido que actúa sobre el elemento de cierre cuando la válvula está cerrada y un lado de la línea está vacía. T_h ocurre cuando el eje de la válvula es horizontal.

Los valores de las componentes de torque mencionadas anteriormente son determinados por los fabricantes de válvulas a través de simulaciones o bancos de prueba especializados para distintos diferenciales de presión.

4.3. Factores de Seguridad

Los datos de torque proporcionados por los fabricantes de válvulas son obtenidos normalmente a través de pruebas de laboratorio empleando agua como fluido.

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 10 de 18

Si la válvula es operada en un proceso que maneja líquidos limpios a presiones y temperaturas moderadas, los datos del fabricante son, por lo general, adecuados para el dimensionamiento del actuador.



Sin embargo, bajo ciertas condiciones, los requerimientos de torque pueden ser mayores. En este caso, un factor de seguridad puede ser empleado basado en las recomendaciones provistas en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Factores de seguridad de acuerdo al tipo de fluido

Tipo de fluido	factor
Vapor saturado	1
Líquido limpio (sin partículas)	1
Líquido contaminado	1.8
Gas limpio y húmedo	1.2
Gas limpio y seco	1
Gas contaminado	1.5

Tabla 2. Factores de seguridad de acuerdo al tipo de servicio

Tipo de servicio	factor
Operaciones simples ON-OFF	1
Regulación manual	1.25
Control con posicionador	1.5
Operaciones una vez por día (ON-OFF)	1.2
Operaciones cada dos días y operaciones críticas (ON-OFF)	1.5

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 11 de 18

Operaciones una vez por mes (ON-OFF)	2
Aplicaciones por debajo de -20°F	1.25

4.4. Procedimiento de Cálculo



El dimensionamiento del actuador debe basarse en una comparación del torque máximo de la válvula con la capacidad de torque del actuador. Se debe elegir un actuador con un torque de arranque que exceda los requerimientos de torque de apertura de la válvula. El siguiente procedimiento debe emplearse para la selección del actuador:

1. Se debe determinar el torque de la válvula a través de curvas o tablas provistas por el fabricante. Para ello se requiere el diferencial máximo de presión y el tamaño de la válvula.

El diferencial de presión máximo de una válvula mariposa está definido como la diferencia máxima de las presiones aguas arriba y abajo de la válvula, cuando ésta se encuentra cerrada. Durante la operación de la válvula, el diferencial de presión varía de acuerdo a las condiciones de operación y la posición de la válvula. Para un análisis conservativo, la presión aguas abajo puede considerarse igual a cero.

Es una práctica común en el dimensionamiento de actuadores para válvulas rotatorias el uso de toques estáticos de fricción en la posición de cierre para determinar el torque requerido por una válvula. En el caso de válvulas ON-OFF, la presión diferencial en la posición abierta es considerablemente menor a aquella cerca de la posición de cierre. En consecuencia, la operación de la válvula puede ser garantizada sin el conocimiento exacto del torque de flujo, si se aplican factores de seguridad adecuados.

2. Se multiplica el valor obtenido por uno o más factores de seguridad (ver Sec. 4.3). El valor del factor de seguridad resultante debe ser menor o igual a 2. Estos valores de torque

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 12 de 18

corregidos son adecuados en la mayor parte de las aplicaciones para la selección de un actuador.



- Una vez que los requerimientos de torque han sido determinados, el actuador puede ser seleccionado. Se debe verificar que el valor de torque provisto por el fabricante del actuador sea adecuado para operar la válvula. El torque de arranque debe ser considerado para la selección de un actuador eléctrico.

El torque de arranque (pull-up torque) es la cantidad de torque inicial producida por el actuador cuando este comienza a operar. Por otro lado, el torque requerido por la válvula debe permanecer en todo momento por debajo del torque de bloqueo (stall torque) del actuador. El torque de bloqueo es el torque producido por el actuador justo antes que el motor sea bloqueado.

5. RESULTADOS

Se requiere que las siguientes válvulas en el área de tanques esféricos en RGEB puedan ser actuadas a través del sistema DCS:

- válvula de salida de 10" del tanque de GLP TK-2935 (MOV-110),
- válvula de entrada de 4" del tanque GLP TK-2935 (MOV-111),
- válvula de entrada de 8" del tanque GLP TK-2935 (MOV-112),
- válvula de entrada de 4" del tanque GLP TK-2936 (MOV-113),
- válvula de entrada de 8" del tanque GLP TK-2936 (MOV-114),
- válvula de entrada de 4" del tanque GLP TK-2937 (MOV-115),
- válvula de entrada de 8" del tanque GLP TK-2937 (MOV-116),
- válvula de entrada de 4" del tanque GLP TK-2946 (MOV-117),
- válvula de entrada de 8" del tanque GLP TK-2946 (MOV-118),

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 13 de 18

- la válvula bypass de 8" que permite operar las bombas booster de GLP LPG-P-200 y LPG-P-201 en serie (MOV-119).

Se considera una válvula de desfase triple (triple offset valve, TOV) Vanessa serie 30-RS en el dimensionamiento de los actuadores.



Para la determinación del diferencial de presión máximo se adopta el valor de la presión de operación de las válvulas de alivio en la descarga de las bombas de transferencia. Además, se considera que la presión en los tanques es cero. De esta manera, las válvulas de los tanques esféricos deben operar a temperatura ambiente y a una presión diferencial de 1866 kPa o 18.66 bar (aprox. 270 psi). En el caso de la válvula bypass de las bombas booster de GLP se considera una presión diferencial de 1485 psi o 102 bar (aprox. 1479 psi), correspondiente a la presión máxima de descarga.

Los datos de torque publicados para las válvulas TOV Vanessa serie 30,000 son empleados para determinar los requerimientos de torque de la válvula. Se consideran un trim tipo C para las válvulas de los tanques esféricos y una presión diferencial de 25 bar (aprox. 362 psi). De igual forma, se considera un trim tipo D y una presión diferencial de 110 bar (aprox. 1595 psi) para la válvula bypass de las bombas booster de GLP.

Los siguientes valores de torque son obtenidos:

El torque total de cierre en la posición de cierre T_{ts} (total seating torque) corresponde al valor provisto de torque al final del cierre de la válvula (end to close torque).

MOV-110	969 Nm
MOV-111	188 Nm
MOV-112	551 Nm

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 14 de 18



MOV-113	188 Nm
MOV-114	551 Nm
MOV-115	188 Nm
MOV-116	551 Nm
MOV-117	188 Nm
MOV-118	551 Nm
MOV-119	1666 Nm

El torque total de apertura en la posición de cierre T_{tus} (total unseating or break torque) corresponde al valor provisto de torque al inicio de la apertura de la válvula (start to open torques).

MOV-110	1163 Nm
MOV-111	226 Nm
MOV-112	661 Nm
MOV-113	226 Nm
MOV-114	661 Nm
MOV-115	226 Nm
MOV-116	661 Nm
MOV-117	226 Nm
MOV-118	661 Nm
MOV-119	3084 Nm

El torque total durante una operación de apertura $T_{to\theta}$ (total opening or run torque) y el torque total durante una operación de cierre $T_{tc\theta}$ (total closing or run torque) son iguales al valor provisto de torque de operación (run torque).

MOV-110	420 Nm
MOV-111	79 Nm

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 15 de 18



MOV-112	321 Nm
MOV-113	79 Nm
MOV-114	321 Nm
MOV-115	79 Nm
MOV-116	321 Nm
MOV-117	79 Nm
MOV-118	321 Nm
MOV-119	608 Nm

El tipo de instalación con el eje de la válvula dispuesta en dirección del flujo (shaft side installation) es la dirección preferida ya que el fluido ayuda a cerrar el sello anular. La dirección de instalación opuesta requiere un torque mayor de cierre ya que la acción del fluido es opuesta.

El torque al final del cierre de la válvula es el torque en la posición de cierre ($\theta = 0$) requerido para alcanzar el nivel cierre deseado. Los valores de torque indicados ya incluyen los factores de seguridad para condiciones de prueba y operación. Por otro lado, el torque al inicio de la apertura de la válvula es el torque en la posición de cierre ($\theta = 0$) necesario para iniciar la separación del sello anular. Tras unos pocos grados de rotación la separación es completa y los valores de torque disminuyen considerablemente.

Por otro lado, el torque de operación es el torque requerido para operar al válvula entre 0 y 90° durante la apertura o cierre de la misma. Se considera que el torque de flujo dinámico $T_{d\theta}$ es relevante solamente para velocidades por encima de 3m/s para líquidos y 50 m/s para gases.

Se adopta un factor de seguridad de acuerdo al tipo de fluido igual a 1 (líquido limpio, sin partículas) y un factor de seguridad de acuerdo al tipo de servicio igual a 1 (operaciones simples ON-OFF).



	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 16 de 18

De los datos de desempeño de actuadores de cuarto de giro (part-turn, 90° rotation) publicados para actuadores EIM TEC2000 se obtienen los siguientes torques máximos y tiempos de operación.

Actuador	Serie	Torque máximo (Nm)	Tiempo de operación (s) a 50 Hz
MOV-110	R	2035	18 a 432
MOV-111	P	285	18 a 72
MOV-112	Q	1020	6 a 144
MOV-113	P	285	18 a 72
MOV-114	Q	1020	6 a 144
MOV-115	P	285	18 a 72
MOV-116	Q	1020	6 a 144
MOV-117	P	285	18 a 72
MOV-118	Q	1020	6 a 144
MOV-119	M/MG02	3390	12 a 720

El valor de torque de los actuadores elegidos excede el valor de torque requerido. Además, provee un margen de seguridad que puede compensar cualquier divergencia en las condiciones asumidas en la obtención de los datos publicados por los fabricantes de la válvula y actuador.



Finalmente, se comprueba que el torque máximo de los actuadores elegidos se encuentra por debajo del torque máximo de apertura y cierre permitido (maximum allowable torque) de la válvula correspondiente.

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 17 de 18

6. CONCLUSIONES

A partir del dimensionamiento de los nuevos actuadores eléctricos en el área de tanques esféricos se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- Bajo las condiciones de operación asumidas, el uso de los valores de torque de cierre publicados por el fabricante de la válvula son adecuados para el dimensionamiento del actuador.
- Los actuadores elegidos proveen el torque necesario para actuar las válvulas correspondientes en las condiciones más desfavorables de operación. Además, se cuenta con un margen de seguridad adecuado para compensar cualquier divergencia en las condiciones empleadas para la obtención los datos de torque por los fabricantes de la válvula y actuador, así como otros factores tales como el tipo de fluido y la degradación de los componentes de la válvula. Se considera también el torque máximo que se puede aplicar a la válvula.
- Si se prevé que la válvula puede operar bajo condiciones diferentes a las asumidas, se debe contar con un incremento importante de las componentes de torque estáticas. Por ejemplo, los coeficientes de fricción se incrementan a altas temperaturas debido a la expansión de los elementos de las válvulas. De igual forma, las componentes de torque de fricción pueden incrementarse en algunos casos cuando la válvula no es operada por mucho tiempo. En estos casos, se deben considerar factores de seguridad adecuados para compensar las variaciones de temperatura, presión y características de flujo que puedan existir.
- Puesto que las válvulas rotatorias son empleadas cada vez más para operaciones de regulación. Si se prevé que la válvula pueda operar en estas condiciones, es posible que exista un diferencial de presión elevado en el rango de ángulos de apertura de la válvula.

	PROYECTO: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE MEJORAS OPERATIVAS DE TERMINAL SANTA CRUZ	CÓDIGO DE DOCUMENTO: SC-E01-IC-00-MC-01
	TITULO: MEMORIA DE CÁLCULO ACTUADORES (ÁREA ESFERAS GLP)	HOJA: 18 de 18

En estos casos, pueden existir torques más elevados para posiciones distintas a la posición de cierre.

- El torque total de operación debe ser calculado independientemente para las direcciones de cierre y apertura ya que algunas componentes de torque dependen de la dirección de rotación. Por ello, en el dimensionamiento de los actuadores, a excepción del actuador MOV-119, se considera un flujo bidireccional de forma que no se supone una dirección de instalación específica de la válvula.