

**INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE INGENIERÍAS EN LA
SELECCIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE ACTUADORES
ELECTROMECAÓNICOS PARA VÁLVULAS.**

LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA, NOVIEMBRE DE 2010**

**INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE INGENIERÍAS EN LA
SELECCIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE ACTUADORES
ELECTROMECAÓNICOS PARA VÁLVULAS.**

LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ

PROYECTO DE GRADO

**JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA, NOVIEMBRE DE 2010**

Nota de Aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, 30 de Noviembre de 2010

Bucaramanga, 30 de Noviembre de 2010

Dedico este proyecto y mi carrera universitaria a DIOS por darme la vida y sabiduría para derrumbar todas las barreras que se me presentaron en este camino.

A mi mamá y mi papá, gracias a ellos que me formaron en un ser integral compartiéndome sus consejos, cariño, educación y valores. Por sus esfuerzos realizados para cumplir esta meta.

Al cariño de mis hermanos que siempre han estado a mi lado ayudándome en las situaciones que se me han presentado.

Luis Henry Gutiérrez R.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Álvaro Gonzáles y Dra. Omaira Cárdenas por darme la oportunidad de pertenecer a la organización INSURCOL LTDA y dejarme realizar este proyecto para facilitar a sus especialistas el desarrollo de ingenierías para instalaciones de actuadores.

A mi hermano Ing. Fredy F. Gutiérrez R. por sus recomendaciones, capacitación y orientación en el desarrollo del proyecto.

Al Ingeniero Juan Carlos Mantilla por su exigencia, disposición, colaboración, calidad humana e intervención para dar solución a situaciones presentadas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
GLOSARIO.....	2
1. ACTUADORES.....	3
1.1. ACTUADORES ELECTRICOS.....	3
1.1.1. Actuadores Multivuelatas.....	6
1.1.2. Actuadores Cuarto de Giro.....	6
1.2. ACTUADORES NEUMATICOS.....	8
1.3. ACTUADORES HIDRAULICOS.....	9
1.4. ACTUADORES MANUALES.....	9
2. SELECCIÓN.....	11
2.1. NORMATIVIDAD.....	11
2.2. CALCULOS PARA SELECCIÓN DEL MODELO.....	13
2.2.1. Cálculos para Actuadores Multivuelatas.....	13
2.2.2. Cálculos para Actuadores Cuarto de Giro.....	15
2.3. ESPECIFICACIÓN ISA S-20 PARA DATASHEET DE ACTUADORES.....	16
2.4. TIPOS DE CONTROL.....	19
2.4.1. Control a Dos Hilos.....	19
2.4.2. Control a Tres hilos.....	23
2.4.3. Control a Cuatro hilos.....	23
2.4.4. Control Proporcional 4–20 mA.....	23
2.4.5. Control On - Off.....	24

2.5. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	24
2.5.1. Controlinc.....	24
2.5.2. Modbus.....	25
2.5.3. Profibus.....	25
2.5.4. Device net.....	27
2.6. TOPOLOGIAS.....	27
2.6.1. Bus Multipunto Sencillo.....	27
2.6.2. Bus Multipunto Redundante.....	28
2.6.3. E>Net Sencillo.....	29
2.6.4. E>Net Redundante.....	29
2.6.5. Red Anillo.....	29
2.6.6. Red Anillo Redundante.....	29
2.7. SIMBOLOGIA.....	32
3. MONTAJE.....	33
3.1. NORMATIVIDAD.....	33
3.2. DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTO PARA MONTAJE DE ACTUADOR	
EIM PARA VÁLVULA DE COMPUERTA CON VOLANTE MANUAL.....	34
3.2.1. Toma de Datos y Diseño de Acoples.....	34
3.2.2. Adecuación Mecánica de la Válvula.....	36
3.3. DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTO PARA MONTAJE DE ACTUADOR	
EIM PARA VÁLVULA DE COMPUERTA CON CAJA	
REDUCTORA.....	40
3.3.1. Toma de Datos y Diseño de Acoples.....	41

3.4. DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTO PARA MONTAJE DE ACTUADOR	
EIM PARA VÁLVULA TIPO BOLA CON CAJA REDUCTORA.....	42
3.4.1. Toma de Datos y Diseño de Acoples.....	42
3.4.2. Retirar Volante, Realizar Mantenimiento a Caja Reductora y	
Realizar Montaje del Actuador.....	43
3.5. BRIDAS.....	45
3.5.1. Torque Máximo de la Brida.....	47
3.5.2. Dimensiones de la Brida.....	47
4. INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA.....	49
4.1. NORMATIVIDAD.....	49
4.2. ACOMETIDAS.....	49
4.2.1. Especificación Técnica de Tubería.....	50
4.2.2. Especificación Técnica de Cables.....	50
a. Cable de Comunicación.....	50
b. Cable de Alimentación.....	51
4.2.3. Protecciones.....	52
a. Puesta a Tierras.....	52
b. Breakers.....	53
c. Relés Térmico.....	54
4.3. PUESTA EN MARCHA.....	54
RECOMENDACIONES.....	58
CONCLUSIONES.....	60

BIBLIOGRAFIA.....	61
ANEXOS.....	63

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Normas aplicables para Selección de Actuadores.....	12
Tabla 2. Especificaciones para Datasheet`s de Actuadores.....	20
Tabla 3. Descripción de especificaciones técnicas de Motor / Actuador y Accesorios para Actuador.....	22
Tabla 4. Comparación de características entre algunos buses y Protocolos.....	31
Tabla 5. Normas aplicables para Montaje de Actuadores.....	33
Tabla 6. Valores de torque máximo de brida.....	47
Tabla 7. Normas aplicables para Instalación y Puesta en Marcha de Actuadores.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de los Actuadores según su fuente de Alimentación.....	3
Figura 2. Actuador Eléctrico EIM Controls.....	4
Figura 3. Control Modular del Paquete Eléctrico del Actuador.....	5
Figura 4. Clasificación Actuadores Multivuelatas.....	7
Figura 5. Clasificación Actuadores Cuarto de Giro.....	7
Figura 6. Actuador Neumático 2000 LP de EIM Control.....	8
Figura 7. Actuador Hidráulico de ROTORK.....	9
Figura 8. Actuador manual serie WO de EIM Control.....	10
Figura 9. Modelos de Actuadores Eléctricos Multivuelatas.....	17
Figura 10. Relación Tamaño de Válvula vs. Torque.....	18
Figura 11. Modelos de Actuadores Eléctricos Cuarto de Giro.....	18
Figura 12. Circuito de Control a Dos Hilos.....	19
Figura 13. Circuito de Control a Tres Hilos.....	23
Figura 14. Circuito de Control a Cuatro Hilos.....	24
Figura 15. Topología de Red Bus Multipunto Sencillo.....	28
Figura 16. Topología de Red Bus Multipunto Redundante.....	28
Figura 17. Topología de Red E>Net Sencillo.....	30
Figura 18. Topología de Red E>Net Redundante.....	30
Figura 19. Topología de Red Anillo.....	32

Figura 20.	Topología de Red Anillo Redundante.....	32
Figura 21.	Símbolos de Actuadores.....	32
Figura 22.	Válvula de Compuerta con Volante Manual.....	34
Figura 23.	Toma de Datos Tapa de Válvula.....	35
Figura 24.	Acople Mecánico para Válvula.....	35
Figura 25.	Acople Mecánico para Actuador.....	35
Figura 26.	Toma de Datos Vástago de Válvula.....	36
Figura 27.	Maquinado de Bushing.....	36
Figura 28.	Retirar Piezas para Operación Manual de Válvula.....	36
Figura 29.	Realizar Bisel de Torre de Válvula.....	37
Figura 30.	Roscar Acople Mecánico en Torre de Válvula.....	37
Figura 31.	Limpieza Zonas Próximas a Soldar.....	38
Figura 32.	Aplicación de Soldadura.....	38
Figura 33.	Prueba Tintas Penetrantes.....	38
Figura 34.	Aplicación de Pintura en Acoples Mecánicos y Torre de Válvulas.....	39
Figura 35.	Montaje de Acople Mecánico a Actuador.....	39
Figura 36.	Acople de Actuador sobre la Válvula.....	39
Figura 37.	Montaje de Bushing y Cuña.....	40
Figura 38.	Montaje Actuador a válvula terminado.....	40
Figura 39.	Válvula de Compuerta con Caja Reductora.....	41
Figura 40.	Retirar Caja Reductora de la Válvula.....	42

Figura 41.	Válvula de bola con Caja Reductora.....	43
Figura 42.	Eje de Caja Reductora sin Volante.....	43
Figura 43.	Mantenimiento y Limpieza de Caja Reductora.....	44
Figura 44.	Montaje de Caja Reductora sobre la Válvula.....	44
Figura 45.	Acople de Actuador sobre Caja Reductora.....	44
Figura 46.	Welding Neck (con cuello para soldar de tope).....	45
Figura 47.	Slip-On (deslizable).....	45
Figura 48.	Lap-Joint (de traslape).....	45
Figura 49.	Theaded (con hilo).....	45
Figura 50.	Socket Weld (para soldar embutido).....	45
Figura 51.	Blind (ciego).....	45
Figura 52.	Orifice (de orificio o restricción).....	46
Figura 53.	Cara plana (Face to Face).....	46
Figura 54.	Cara con resalte (raised Face).....	46
Figura 55.	Unión con solapa (lap-joint).....	46
Figura 56.	Unión Ring-joint (o-ring).....	46
Figura 57.	Unión macho-hembra (male and female).....	46
Figura 58.	Unión surco-espiga (tongue and groove).....	48
Figura 59.	Dimensiones de la brida.....	48
Figura 60.	Identificaion y Aplicación de SAES al respectivo Breaker de la MOV.....	59
Figura 61.	Compartimiento Electrico Actuador.....	60

Figura 62. Pruebas de Megueo Cables de Potencia y
Comunicaciones..... 61

Figura 63. Conexionado Acometida de Potencia y
Comunicaciones..... 62

Figura 64. Verificacion de Alarmas en DCS y Estacion Maestra..... 63

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. DIMENSIONES DE BRIDA.....	64
ANEXO 2. DIAGRAMA ELECTRICO ACTUADOR TEC 2000.....	65
ANEXO 3. DIMENSIONES ACTUADOR TEC 2000.....	66
ANEXO 4. DIAGRAMA ELECTRICO ACTUADOR M2CP.....	67
ANEXO 5 DESPIECE MECANICO VÁLVULA DE COMPUERTA.....	68
ANEXO 6 DESPIECE MECANICO VÁLVULA DE BOLA.....	69

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE INGENIERÍAS EN LA SELECCIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE ACTUADORES ELECTROMECAÓNICOS PARA VÁLVULAS.

AUTOR: LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR(A): JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

RESUMEN

El proyecto tuvo como resultado un instructivo para la elaboraci3n de ingenierías en la selecci3n, montaje e instalaci3n de actuadores electromecánicos para válvulas, describiendo algunos aspectos que se deben considerar antes de realizar la selecci3n del equipo como por ejemplo su aplicaci3n, tipo de control, entre otros.

Al mismo tiempo se describieron los diferentes cálculos, procedimientos y planos a tener en cuenta para realizar el Montaje e Instalaci3n de los Actuadores, en los cuales se detallaron algunas directrices que permitirá dar cumplimiento a normas nacionales e internacionales.

Cada capítulo cuenta con una secci3n normativa muy importante sobre la aplicaci3n de algunas normas nacionales e internacionales que son utilizadas para la estandarizaci3n en la selecci3n, montaje e instalaci3n de los equipos.

PALABRAS CLAVE: Válvula, Actuador, Control, Norma, Montaje, Instalaci3n.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: **INSTRUCTIVE FOR THE ELABORATION OF ENGINEERING IN
THE SELECTION, ASSEMBLY AND INSTALLATION OF
ELECTROMECHANICAL ACTUATORS FOR VALVES**

AUTHOR: **LUIS HENRY GUTIERREZ RODRIGUEZ**

DEPARTAMENT: **ELECTRONIC ENGINEERING**

DIRECTOR: **JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA**

ABSTRACT

The project had as result an instructive for the elaboration of engineering in the selection, assembly and installation of electromechanical actuators for valves. Describing some aspects to consider before making the selection of equipment such as its application, type of control, among others.

At the same time the different calculations, procedures and planes to consider in the Assembling and Installation the Actuators were described. Some guidelines which will allow giving fulfillment to national and international standards were detailed.

Each chapter has a very important normative section on the application of some national and international standards that are used for the standardization in the selection, assembly and installation of the equipments.

KEYWORDS: Valve, Actuator, Control, Standard, Assembly, Installation.

V° B° THESIS DIRECTOR

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los procesos industriales han sido automatizados con el fin de asegurar una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso. Adicionalmente las industrias optan por la automatización de sus procesos para reducir costos, tiempo dedicado al mantenimiento, disminución de la contaminación y daño ambiental y aumento en la seguridad de sus instalaciones y la protección de sus trabajadores.

Las válvulas motorizadas (MOV`s) son equipos fundamentales en la automatización de procesos y se usan con frecuencia cuando hay un área peligrosa o poco accesible en una planta para el operador, donde se requiere una acción rápida para el control de los procesos, o donde se requiere una acción inmediata y segura para la protección de la planta. Otro parámetro que lleva a motorizar una válvula es su gran tamaño o porque está trabajando a presiones muy altas y el torque puede ser demasiado alto para operarla manualmente.

INSURCOL Ltda. Es una organización que ofrece una línea de sistemas de control e instrumentación electrónica que ostenta una amplia trayectoria en el suministro, adecuaciones de las válvulas y maquinados, para realizar el montaje, instalación y puesta en marcha de actuadores electromecánicos para realizar el control remoto de las válvulas.

Este proyecto plantea una herramienta de apoyo para los profesionales que realizan ingenierías en el área de automatización de válvulas, con la cual se podrán emitir los documentos, procedimientos y planos requeridos para la selección, montaje e instalación de Actuadores para válvulas, teniendo en cuenta la aplicación y cumplimiento de normas nacionales e internacionales aplicables para garantizar el buen funcionamiento de los equipos, la seguridad de los procesos, la salud de los trabajadores y la protección del entorno.

El contenido de las normas mencionadas no será divulgado completamente, en caso de requerirla la persona interesada deberá pagar por los derechos de adquisición.

GLOSARIO

Actuador: Cualquier dispositivo de accionamiento mecánico utilizado para operar una válvula local o remotamente.

Actuador Multivuelatas: Actuador que transmite el torque a la válvula para una rotación de 0° a 360°.

Actuador cuarto de giro: Actuador que transmite el torque a la válvula para una rotación de 0° a 90°.

Caja reductora: Mecanismo diseñado para reducir el torque necesario para el funcionamiento de una válvula.

Bushing: Pieza mecánica utilizada para realizar el acople entre actuador y el vástago de la válvula.

PBM o RDM (Push Button Module o Remote Display Module) Módulo del actuador para ejecutar un comando local de apertura o cierre a la válvula.

MOV: Válvulas operadas con motor. Conjunto válvula y actuador.

LSM Module (Limit Switch Module) Módulo del Interruptor de Limite. Este módulo del paquete eléctrico incluye los interruptores de posición, los interruptores de torque, pulsadores e indicadores luminosos.

TBM Module (Terminal Board Module) Módulo Tarjeta de Terminales. El módulo provee acceso a través de sus 48 puntos de conexión a las señales de entrada/salida, tanto analógicas como digitales, y los controles externos.

PWR (Power Module) Módulo de poder. Módulo del paquete eléctrico al cual se conecta la alimentación del equipo.

FMC (Futronic Modulating Control) Módulo de control capaz de manejar tanto la posición como el control de procesos a través de una señal de 4-20 mA

DCM (Digital Control Module) Módulo de Control Digital, módulo del paquete eléctrico requerido para las comunicaciones y configuración del actuador.

CAM (Communication Adapter Module) Módulo Auxiliar de comunicación utilizado para realizar topologías redundantes. Contiene los canales redundantes C y D.

1. ACTUADORES

Un Actuador se puede definir como un dispositivo que se puede utilizar para operar una válvula local o remotamente. El dispositivo está diseñado para funcionar utilizando la energía que puede ser eléctrica, neumática, hidráulica, manuales o una combinación de estos. El movimiento es restringido por los límites, torque o empuje. [1]

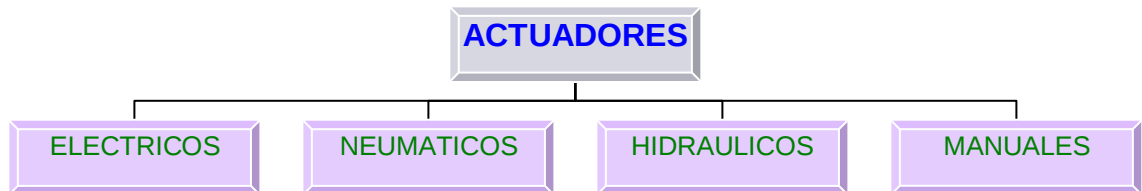


Figura 1. Clasificación de los Actuadores según su fuente de alimentación [2].

1.1. ACTUADORES ELÉCTRICOS

Los Actuadores Eléctricos están en uso en miles de sitios alrededor del mundo y son considerados por muchos como los Actuadores más robustos y actualizables en el mercado actual. Ver figura 2.

Algunas de sus características son:

- Ofrece una gran variedad de tamaños, torques y velocidades de actuación.
- Poseen características constructivas que se adaptan a la mayoría de las aplicaciones.
- Clasifican para áreas NEMA 4X/NEMA 7/ sumergibles, etc.
- Hay Variedad de alternativas para encontrar el adecuado a su requerimiento de velocidad y torque, capacidad de modificar estos valores en campo, realizados de una manera sencilla y rápida.

- Tienen protecciones térmicas para evitar daños en el motor.
- Tienen volante manual incorporado, con palanca de desacople (embrague) que evita el uso simultáneo del volante y el motor.
- Cuentan con sistema detector de límite de torque y sistema de detección de posición (fin de carrera), ambos con ajustes independientes al cierre y la apertura, desconectan al motor al activarse estos contactos.
- Tienen compatibilidad con equipo Host existente (PLC, DCS, SCADA).



Figura 2. Actuador Eléctrico EIM Controls [3]

A continuación se describen los módulos que componen un paquete eléctrico del actuador.

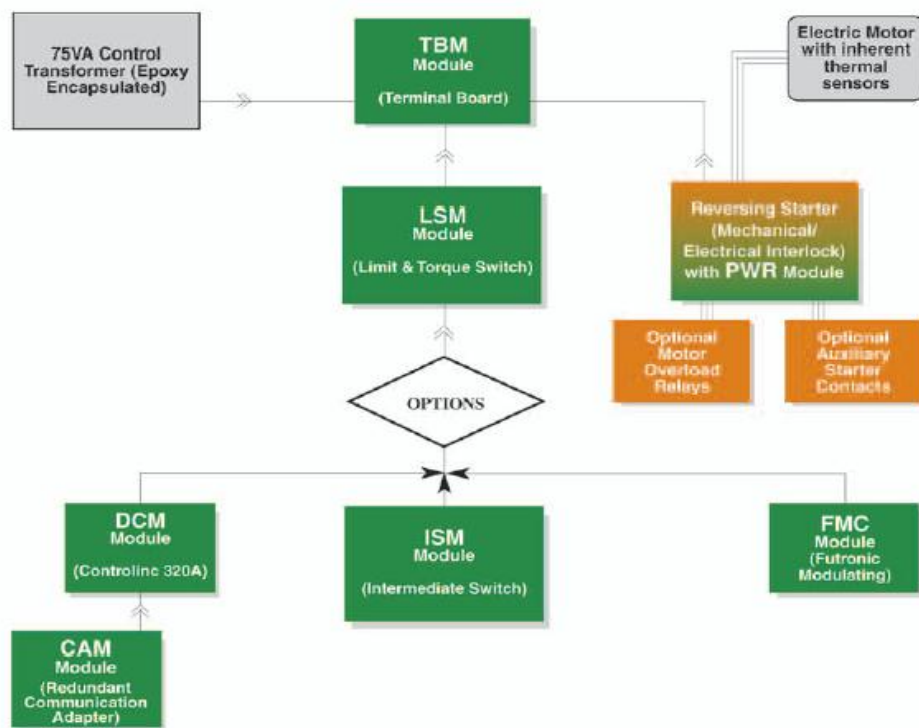


Figura 3. Control Modular del Paquete Eléctrico del Actuador [4]

TBM Module (Terminal Board Module) Proporciona un fácil acceso a sus 48 puntos de conexión. En este módulo convergen las señales de entrada/salida de señales analógicas y digitales y el voltaje de control del paquete eléctrico.

ISM Module. (Intermediate Switch Module) Este módulo del Paquete Eléctrico posee los interruptores límites de posición LSA (Limit Switch Open) y LSB (Limit Switch Close), con los cuales se verifica si la válvula tiene calibrados los límites intermedios. En este módulo se realiza la calibración de límites de posición de la válvula. Este módulo proporciona una señal de 4-20mA, que es utilizada para enviar al host la posición de la válvula, la cual es indicada por el valor de la resistencia del MDPI.

PWR (Power Module) En este módulo se realiza las conexiones de los cables de alta tensión para alimentación externa del actuador también contiene el fusible del transformador primario.

FMC (Futronic Modulating Control) Módulo de control capaz de manejar tanto la posición como el control de procesos a través de una señal de 4-20 mA

DCM (Digital Control Module) En este módulo se realiza la configuración del control del proceso y otros parámetros funcionales del actuador. También contiene la dirección de la comunicación del equipo y proporciona una señal de 4-20mA, que es utilizada para enviar al host la posición de la válvula.

CAM (Communication Adapter Module) Módulo utilizado para realizar topologías redundantes. Contiene los canales redundantes C y D.

1.1.1. Actuador Multivuelas

Son aquellos actuadores necesarios para válvulas como compuerta, globo, compuerta deslizante que requieren giros de 360° de su vástago para apertura o cierre total de la válvula. También se clasifican según el tipo de montaje, fuerza (Ej: Modelo 1000, máx. Empuje 10.000 lb.), torque máximo, velocidad máxima y dimensiones. [4] Su clasificación se muestra en la figura 4.

1.1.2. Actuadores Cuarto de Giro

Son actuadores necesarios para válvulas que requieren un giro de 90° de su vástago para apertura o cierre total de la válvula. Se clasifican según el tipo de montaje, fuerza, torque máximo (Ej: modelo Q, máx. P/O Torque 750 ft-lb.) , velocidad máxima y dimensiones. [4] Su clasificación se muestra en la figura 5.

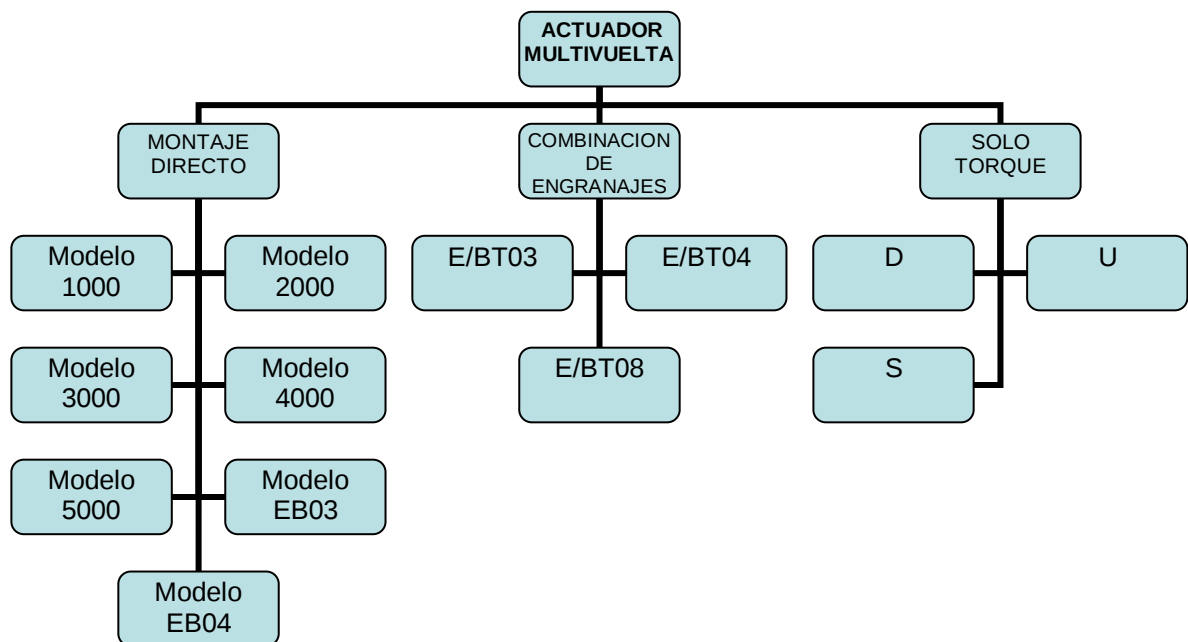


Figura 4. Clasificación Actuadores Multivueeltas. [2]

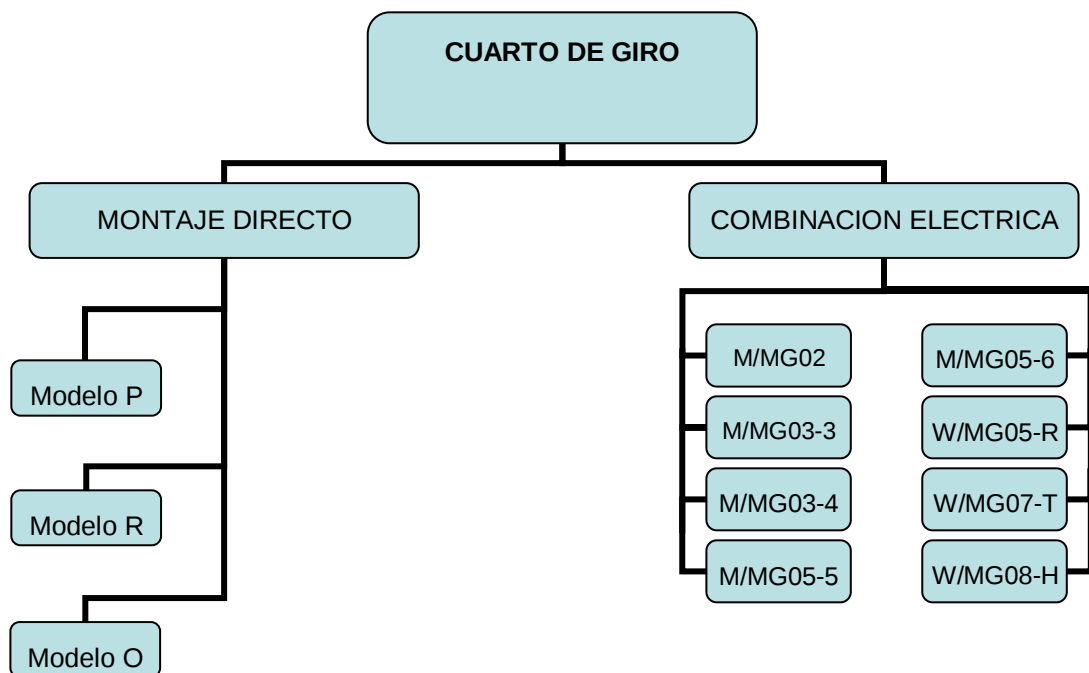


Figura 5. Clasificación Actuadores Cuarto de Giro. [2]

1.2. ACTUADORES NEUMÁTICOS

Son aquellos que necesitan como fuente de alimentación el suministro de aire o gas. Brindan soluciones efectivas a las necesidades de sus clientes con excelente relación costo-beneficio. Algunas de sus características son:

- Proporcionan servicios de emergencia fiable de cierre.
- Menos partes móviles que cualquier unidad similar, para un mantenimiento más fácil y mínimo tiempo de reparación.
- Tienen caja mecánica y paquete de control.
- Son adaptables a aplicaciones multivueltas y cuarto de giro.
- Se puede realizar montajes directos sobre las válvulas.
- Tienen indicación y Control local y remoto.
- Cuentan con límites de torque y posición Abrir / cerrar.
- Tienen visibilidad del indicador de posición.
- Tienen volante que permite la operación manual de la válvula en caso de emergencia por pérdida de aire o gas. [5]

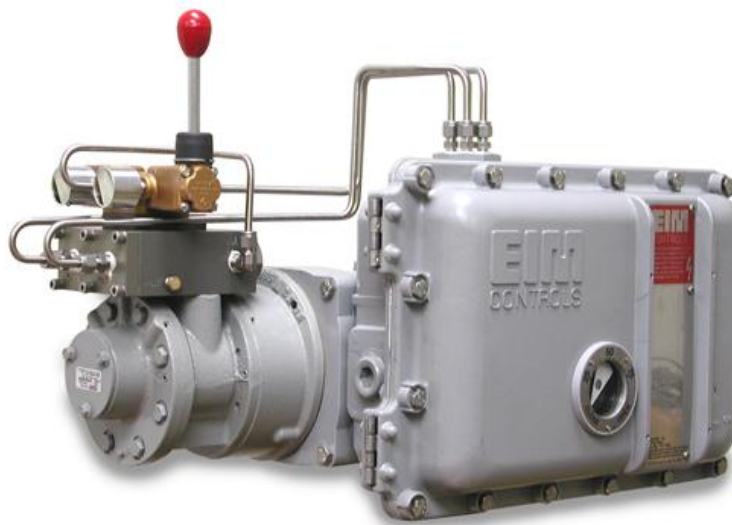


Figura 6. Actuador Neumático 2000 LP de EIM Control [5].

1.3. ACTUADORES HIDRÁULICOS

Se clasifican en Actuadores Lineales, llamados Cilindros, y actuadores rotativos en general denominados motores hidráulicos. Los actuadores son alimentados con fluido a presión y se obtiene un movimiento con una determinada velocidad y fuerza a partir de la pérdida de presión de un determinado caudal del fluido en cuestión [6]. Algunas de sus características son:

- Sus vástagos son cromados.
- Cilindros electrolíticos niquelados.
- Acoplamiento estándar sobre la válvula.
- Cuentan con un torque máximo de hasta 5.500.000 N (1.236.000 lb/f).
- Son intrínsecamente seguros.



Figura 7. Actuador Hidráulico de ROTORK [7].

1.4. ACTUADORES MANUALES

Son Actuadores de engranaje manual disponibles para válvulas de mariposa, bola y válvulas de tapón. Existen cuatro series de este tipo de actuador:

- WO (Cuarto de giro) para servicio sobre tierra.
- WB (Cuarto de giro) para servicio sepultado.
- WD (Cuarto de giro) para servicio sepultado con dial indicador.

- WG (Multivuelas) para servicio sobre tierra.

Algunas características estándar son:

- Totalmente compatible con las especificaciones AWWA.
- Bushing desacoplable.
- Carcasa de alta resistencia de hierro dúctil.



Figura 8. Actuador manual serie WO de EIM Control [8].

2. SELECCIÓN

Para la selección del actuador se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Condiciones del proceso (caudal, presión de entrada, presión de salida, temperatura, densidad, viscosidad, presión de vapor). Para más información véanse la norma **ANSI B31.4 1998** Sistemas de transporte de petróleo líquido por tubería, Pág. 9-14 y Pág. 27-28.
- Tipo de válvula (tipo, tamaño, tipo vástago,). Para más información véanse la norma **API 6D Marzo 1994**, Especificaciones para válvulas de tuberías, sección 2 General, Pág. 7-8 y sección 4 Categorías y tipos de válvulas, Pág. 13-22. **API RP-550** 1985 Sección 6. accesorios y control de válvulas, Pág. 1-22. **API RP-574** Capítulo 4.3 componentes de tubería. Pág. 7.
- Especificación de la línea en que se encuentra la válvula a motorizar.
- Clasificaciones de las áreas peligrosas. Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables y los polvos o fibras combustibles que pueda haber en ellos y por la posibilidad de que se produzcan concentraciones o cantidades inflamables o combustibles. Para mas información véase las normas **NTC 2050** capítulo 5 sección 500-7,8 y 9, Pág. 491-493. **API RP-500** Clasificación de áreas peligrosas, capítulos 5,6 y 7, Pág. 7-16.

2.1. NORMATIVIDAD

Los códigos y normas que aplican para la selección de los actuadores se presentan en la tabla 1. Las normas mencionadas se consideran complementarias entre sí, pero en caso de discrepancias regirá la más exigente vigente.

Tabla 1. Normas aplicables para Selección de Actuadores. [3]

ORGANIZACIÓN EMISORA DE LA NORMA	ESPECIFICACION DE LA NORMA	DESCRIPCION DE LA NORMA
IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.	IEEE1202	Norma para pruebas de propagación de fuego de cables.
ANSI: American National Standards Institute.	B31.4 1974	Sistemas de transporte de petróleo líquido por tubería.
NEMA: National Electrical Manufacturers Association.	ICS 6-88	Encerramientos para sistemas de control industrial.
	250-91	Encerramientos para equipos eléctricos.
API: American Petroleum Institute.	RP-550 1985 Sección 6. Válvulas de control y accesorios.	Manual de instalación de instrumentos y sistemas de control para refinería.
	API 6D Ed. 21 Marzo 1994	Especificaciones para válvulas de tuberías.
	RP-500 Ed. 2 Noviembre 1997.	Clasificación de áreas peligrosas.
	API 574 Ed. 2 June 1998	Practicas de inspección de los componentes del sistema de tuberías.
NFPA: National Fire Protection Association.	496-2003	Norma para encerramientos de equipos eléctricos en áreas peligrosas.
ISA: Instrument Society of America.	ISA 5.1 1984	Símbolos de instrumentación e identificación.
	ISA-S20 1981	Especificaciones para las formas de medición de procesos e instrumentos de control, elementos primarios y válvulas de control.
UL: Underwriters Laboratories.	UL 1685	Pruebas de propagación de fuego para bandejas porta cables y liberación de humo para cables de fibra óptica y eléctrica.
NTC: Norma Técnica Colombiana.	NTC 2050	Código Eléctrico Colombiano.

2.2 CÁLCULOS PARA SELECCIÓN DEL MODELO

2.2.1. Cálculos para Actuadores Multivuelatas

En este capítulo se explicarán los cálculos que se deben tener en cuenta para la selección del modelo del actuador multivuelatas. Para esto se debe tener información del proceso y datos de la válvula a motorizar. Ejemplo:

Datos del proceso:

- ΔP : presión diferencial: 150 PSI
- Fluido: Gas
- Temperatura: 100 °F
- Tiempo de uso de la válvula: 4 – 6 años
- Mantenimiento: 1 vez al año o cada parada de planta
- Frecuencia de operación: promedio 1 vez día.

Datos de la Válvula:

- Fabricante: Velan
- Tipo: Compuerta
- Tamaño: 24 in
- Diámetro asiento: 23,25 in
- Clase: 150
- Tipo vástago: ascendente
- Diámetro vástago: 2,25 in
- Numero de hilos: 2
- Paso: 0,33 in
- Avance: 0,66 in
- Factor de seguridad = 0,3

Cálculos

- **Empuje pico (P/O THRUST)**

$$\text{P/O EMPUJE} = \text{Valve seat force} + \text{Packing load} + \text{Stem piston factor}$$

Valve seat force: Fuerza de fluido sobre la válvula

Packing load: Fricción del vástago con el empaque

Stem piston factor: Efecto pistón o inyectora

Valve seat force = $A_1 \times \Delta P \times \text{factor de la válvula}$

Valve seat force = área de asiento (in^2) $\times \Delta P$ (lbs / in^2) $\times$ Factor de la
válvula

Valve seat force = ($\text{diámetro de asiento}^2 \times \pi/4$) $\times \Delta P \times$ Factor de la
válvula

Valve seat force = 19095 lbs

Packing load = diámetro del vástago (in) $\times$ factor del material (lbs/in)

Packing load = 2500 lbs.

Stem piston factor = área del vástago (in^2) $\times \Delta P$ (lbs / in^2)

Stem piston factor = ($\text{diámetro de vástago}^2 \times \pi/4$) $\times \Delta P$

Stem piston factor = 597 lbs.

P/O EMPUJE = 22192 lbs

- **Torque pico (Pull out torque)**

P/O TORQUE (lbs.ft) = P/O EMPUJE $\times$ Factor del vástago (ft)

Factor del vástago = $\frac{d \times ((0,96815 \times a) + u)}{24 \times (0,96815 - (u \times a))}$

d = diámetro del vástago – (0,5 $\times$ Paso)

a = Avance / (3,1416 $\times$ d)

u = 0,2

Factor del vástago = 0,0273 ft.

P/O TORQUE (lbs.ft) = 607 lbs.ft

- **Torque en funcionamiento**

Torque de funcionamiento = (Fricción del vástago + Efecto pistón o
Inyectora) $\times$ Factor del vástago

Torque de funcionamiento = 85 lbs

- **Velocidad de salida**

$$\text{Output speed max (RPM)} = \frac{\text{Giro del vástago(Rev)}}{\text{Tiempo (min)}}$$

$$\text{Giro del vástago (Rev)} = \frac{\text{Tamaño de la Válvula(in)}}{\text{Avance (in)}}$$

$$\text{Tiempo (min)} = \frac{\text{Tamaño de la Válvula} \times 1\text{min}}{12 \text{ in}}$$

$$\text{Velocidad de salida máx. (RPM)} = 18 \text{ RPM}$$

En la Fig. 9 se relacionan algunos modelos de los actuadores EIM Controls. Se debe visualizar y seleccionar en la sección Output speed la correspondiente velocidad según los cálculos, avanzar de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha barriendo todos los modelos hasta encontrar el que cumpla con todas las especificaciones.

2.2.2. Cálculos para Actuadores Cuarto de Giro

A continuación se explicarán los cálculos que se deben tener en cuenta para la selección del modelo del actuador cuarto de giro. Para esto se debe tener información del proceso y datos de la válvula a motorizar. Ejemplo:

Datos del proceso:

- ΔP : presión diferencial: 150 PSI
- Fluido: Gas
- Temperatura: 100 °F
- Tiempo de uso de la válvula: nueva
- Velocidad de cierre: 60 seg.

Datos de la válvula:

- Fabricante: Flowseal
- Tipo: Mariposa soft seat

- Tamaño: 12 in
- Clase: 150
- Torque de funcionamiento = 43 lbs.ft
- Diámetro vástago: 1,5 in

En la Fig. 10, seleccionamos el torque según el tamaño de la válvula. De allí se obtiene el dato SEAT UPSTREAM (P/O TORQUE) que en este caso es de 2530 lbs.in. El dato que se utiliza para seleccionar el modelo del Actuador es P/O Torque, y la presión diferencial se utiliza cuando existen fórmulas del fabricante para calcular el torque a la presión diferencial.

Cálculos

2530 lbs.in. = 211 lbs.ft

P/O TORQUE = 211 lbs.ft

Tiempo de operación= 60 seg

Diámetro del vástago= 1,5 in

En la Fig. 11, se relacionan algunos modelos de los actuadores EIM Controls. Se debe visualizar y seleccionar en la sección O.T la correspondiente velocidad según los cálculos, avanzar de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha barriendo todos los modelos hasta encontrar el que cumpla con todas las especificaciones.

2.3. ESPECIFICACIÓN ISA S-20 PARA DATASHEET DE ACTUADORES

La tabla 2. Está basada en la norma ISA S 20 (Especificación de formularios para la medición e instrumentos de control, componentes primarios y válvulas de control).

M2CP ELECTRIC MULTI-TURN ACTUATORS
460/230 VOLT, 3 PHASE, 60 HZ
THRUST & TORQUE DESIGN - OPEN/CLOSE SERVICE

FOR 230 VOLT, CHANGE MODEL NO. -3 TO -2

NOTE: ALL BOLD & ITALIC LISTINGS USE NON-LOCKING GEAR SETS

(MOTOR AMPERAGE WILL DOUBLE)

Output Speed rpm	Max. Thread Stem (inch)	Max. Thrust (lb)	P/O Torque @ 414V (ft-lb)	Run Torque		Peak Torque @ 460V (ft-lb)	EIM Model No.	Outline Drawing	Appr. Wt. (lb)	Motor Data				LIST PRICE		
				15 min @ 460V (ft-lb)	30 min @ 460V (ft-lb)					Motor Size (HP)	15 Min Run (amps)	30 Min Run (amps)	Peak (amps)	Non-Integral	460 Volt Integral	230 Volt Integral
15	1.38	10,000	130	80	55	211	1CFA-3	1-0001/10G	125	0.25	1.5	1.2	3.8			
			244	150	100	368	2DFG-3	2-0001/14G	153	0.50	2.0	1.6	6.3			
	2.25	30,000	325	190	130	496	2EFG-3		155	0.75	2.3	1.8	8.1			
			410	250	165	685	2FFG-3		160	1.00	3.1	2.5	12.1			
			367	220	150	570	3EJK-3	3-0001/16G	195	0.75	2.3	1.8	8.1			
	3.00	45,000	524	310	210	788	3FJK-3		200	1.00	3.1	2.5	12.1			
			900	470	360	1,339	3GJK-3		205	1.50	4.8	3.8	21.2			
	3.50	60,000	1,400	610	460	2,169	4JUN-3	4-TB01/25G	315	3.20	6.0	4.8	34.5			
	3.50	75,000	1,464	610	460	2,169	5JJU-3	5-TB01/30G	330	3.20	6.0	4.8	34.5			
	4.00	95,000	2,107	1,230	845	3,788	EKUA-3	E-M112/30G	360	4.00	11.2	9.0	52.8			
			2,800	1,390	1,140	5,154	ELUA-3		370	5.00	13.1	10.5	61.3			
	4.50	155,000	3,062	1,390	1,140	5,154	ELUC-3	E-M212/35G	570	5.00	13.1	10.5	61.3			
			4,400	1,645	1,230	7,010	EMUC-3	E-M213/35G	605	6.00	17.3	13.8	92.5			
	4.80	200,000	6,600	2,330	1,290	11,957	ENWE-3	E-M313/35G	670	7.50	23.9	19.1	150			
	5.50	245,000	6,892	2,330	1,290	11,957	ENWG-3	E-M413/40G	1010	7.50	23.9	19.1	150			
			6,892	2,580	1,380	12,309	EPWG-3		1020	8.00	23.2	18.6	163.5			
	4.50	350,000	7,663	2,490	1,335	11,873	EPUV-3	E-B803/40G	1170	8.00	23.2	18.6	163.5			
18	1.38	10,000	126	75	50	185	1CGA-3	1-0001/10G	125	0.25	1.5	1.2	3.8			
			130	80	55	322	1DGA-3		128	0.50	2.0	1.6	6.3			
	2.25	30,000	220	130	90	322	2DGG-3	2-0001/14G	153	0.50	2.0	1.6	6.3			
			292	170	120	434	2EGG-3		155	0.75	2.3	1.8	8.1			
			410	235	165	601	2FGG-3		160	1.00	3.1	2.5	12.1			
	3.00	45,000	318	190	130	502	3ELK-3	3-0001/16G	195	0.75	2.3	1.8	8.1			
			453	270	180	695	3FLK-3		200	1.00	3.1	2.5	12.1			
			778	415	310	1,180	3GLK-3		205	1.50	4.8	3.8	21.2			
			900	535	360	1,913	3JLK-3		215	3.20	6.0	4.8	34.5			

Figura 9. Modelos de Actuadores Eléctricos Multivuelas. [3]

VALVE SIZE	SOFT SEAT			
	SEAT UPSTREAM (SUS)		SEAT DOWNSTREAM (SDS)	
	0-150 PSIG	285 PSIG	0-150 PSIG	285 PSIG
3"	200	270	200	320
4"	225	470	410	610
6"	540	680	860	1320
8"	910	1620	1620	2580
10"	1620	2530	2630	4550
12"	2530	3600	4160	6350
14"	3720	5970	6200	9000

Figura 10. Relación Tamaño de Válvula vs. Torque [3]

M2CP ELECTRIC PART-TURN ACTUATORS

460/230 VOLT, 3 PHASE, 60 HZ

90° WORM GEAR DRIVES

FOR 230 VOLT, CHANGE MODEL NO. -3 TO -2 (MOTOR AMPERAGE WILL DOUBLE)

OPEN/CLOSE SERVICE

TORQUE SIZING SUITABLE FOR FUTRONIC II

O.T. (sec)	Max. Shaft Dia. (inch)	P/O Torque @ 414V (ft-lb)	Run Torque		Peak Torque @ 460V (ft-lb)	EIM Model No.	Outline Drawing	Appr. Wt. (lb)	Motor Data				LIST PRICE		
			15 min @ 460V (ft-lb)	30 min @ 460V (ft-lb)					Motor Size (HP)	15 Min Run (amps)	30 Min Run (amps)	Peak (amps)	Non- Integral	460 Volt Integral	230 Volt Integral
30	5.00	7,500	4,728	3,683	14,034	MGN4-3	M-3001/30G	365	1.50	4.8	4.0	21.2			
	6.00	9,318	5,132	3,998	15,234	MGP5-3	M-5001/40G	775	1.50	4.8	4.0	21.2			
		14,000	6,579	4,745	24,643	MJP5-3		780	3.20	6.0	5.2	34.5			
	7.00	25,092	13,619	10,599	41,883	WKSJR-3	W-5002/40G	910	4.00	11.2	9.6	52.8			
		30,000	15,386	12,137	56,984	WLSR-3		920	5.00	13.1	11.2	61.3			
	60	1.13	210	103	62	432	P2G1-3	P-0003/10G	100	0.02	0.1	0.1	0.2		
2.00		250	103	62	432	Q2G2-3	Q-0003/12G	100	0.02	0.1	0.1	0.2			
		661	256	154	1,030	Q4G2-3		100	0.05	0.2	0.1	0.5			
		750	410	246	2,242	Q5G2-3		100	0.08	0.3	0.2	1.2			
		3.25	1,500	475	285	2,595		R5L6-3	R-0003/16G	180	0.08	0.3	0.2	1.2	
1,500		1,009	605	3,652	R7L6-3	180	0.17	0.6		0.4	1.9				
3.25		2,500	2,067	1,607	3,904	MCG1-3	M-2001/16G	230	0.25	1.5	1.4	3.8			

Figura 11. Modelos de Actuadores Eléctricos Cuarto de Giro. [3]

2.4. TIPOS DE CONTROL

Existen diferentes tipos de control los cuales permiten al actuador ser controlado por medio de una variedad de entradas discretas. El control puede ser logrado por un contacto mantenido o una señal de contacto momentánea. La señal puede ser alimentada externamente con un voltaje de control en el rango 18-150 VDC o 20-250 VAC, o internamente desde una fuente de potencia de 24 VDC derivado de un transformador sobre la tarjeta de control. [9].

2.4.1. Control a Dos Hilos

En el modo de control a dos hilos es usado un solo contacto para realizar el control sobre el actuador, con un contacto siendo controlado por un relé. El actuador puede ser configurado para ABRIR la válvula cuando el contacto está cerrado (señal digital alta) o cuando el contacto está abierto (señal digital baja). El modo de contacto momentáneo no es posible para el control a dos hilos: el actuador invertirá la dirección tan pronto como la señal remota cambie de estado.

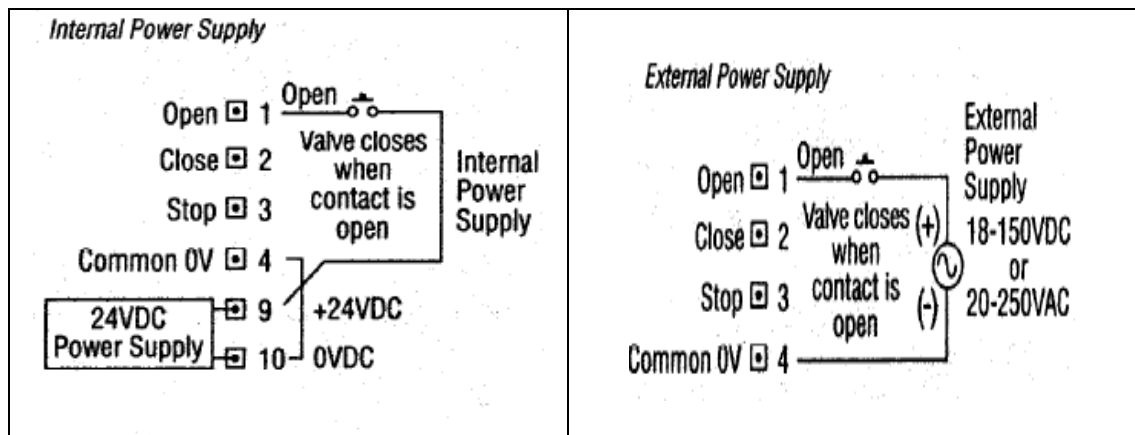


Figura 12. Circuito de Control a Dos Hilos. [9].

Tabla 2. Especificaciones para Datasheet`s de Actuadores. [3][10]

1	FLUID:		SERVICE				P&ID Dwg. No.	
	SERVICE / CONDITIONS		Units	Maximum Flow	Normal Flow	Minimum Flow	Other	Shut-off
2		Flow Rate	usgpm					
3		Inlet Pressure	psig					
4		Outlet Pressure	psig					
5		Inlet Temperature	°F					
6		Density / Spec Grav / Mol Wt	lb/ft³					
7		Viscosity / Spec Heats Ratio	cP					
8		Vapor Pressure, Pv	psia					
9		Required Cv						
10		Travel	%					
11		Allowable Predicted SPL	dBA					
12		Compressibility Factor, Z						
13	LINE	Pipe Size & Schedule	In	54	MOTOR / ACTUADOR	NEC Class	Div	Group
14			Out	55		Ambient Temperature Range		
15		Pipe Line Spec & Insulation		56		Manufacturer & Model No.		
16	VALVE / BODY / BONNET	Type		57		Size/Effective Area		
17		Size		58		On / Off		
18		Max Press/Temp		29		Failure Position		
19		Manufacturer & Model No.		60		Power Supply Volts/Phase/Freq		
20		Body / Bonnet Matl		61		Control Voltage		
21		Liner Material / ID		62		Internal / External Feed		
22		End Connection		63		Maintained / Non Maintained		
23		Flg Face Finish		64		Stroke Time		
24		End Ext / Matl		65		Actuator Orientation		
25		Flow Direction		66		Handwheel		
26	TRIM	Type of Bonnet		67	ACCESORIOS	Mechanical Dial Position Indicator		
27		Lub & Iso Valve		68		Starter Location		
28		Packing Material		69		Starter Location Area Class.		
29		Packing Type		70		Local Control & Lights		
30				71		Remote Control		
31		Type		72		ESD Command		
32		Size		73		Monitor Relay		
33		Characteristic		74		Elec. Conn.Signal/Power		
34		Balanced	①	75		Wire Connection		
35		Rated Cv		76		Motor Burn-Out Protection		
36	TEST	Plug/Ball/Disk Material		77		Monitor Relay		
37		Seat Material		78		Thermal Overload Switch		
38		Cage/Guide/Stack Material		79		Position Switches		
39		Stem Material		80		Torque Switches		
40				81		Heater		
41		Hydro Pressure	psig	82		Reversing Starter		
42		ANSI / FCI Leakage Class		83		Transient Protection Device		
43		Positive Material Identification (PMI):		84		Other		
43A				85		Outline Dimensions		

Para el diligenciamiento de las líneas 1 a 43A diríjase a la norma ISA S-20 sección 23 pág. 995 a 997. Las demás especificaciones se explican en la tabla 3.

Tabla 3. Descripción de especificaciones técnicas de Motor / Actuador y Accesorios para Actuador. [3][10]

ITEM		DESCRIPCION
54	MOTOR / ACTUADOR	NEC Class, Div, Group: se registra la clasificación del área donde serán instalados la válvula y el actuador.
55		Ambient Temperature Range: se registra el rango de temperatura ambiente al que estará expuesto la válvula y actuador.
56		Manufacturer & Model No.: se registra modelo y nombre del fabricante del actuador.
57		Size/Effective Area: se registra datos por el fabricante
58		On / Off: se registra el tipo de control que se requiere si es On / Off o Modulación.
59		Failure Position: se registra en que posición debe quedar la válvula (abierta, cerrada o última posición) en caso de falla del actuador.
60		Power Supply Volts/Phase/Freq: se registran los valores con los que será alimentado eléctricamente el actuador.
61		Control Voltage: se registra el valor del voltaje de control.
62		Internal / External Feed: se registra si la fuente de control es interna o externa.
63		Maintained / Non Maintained: se registra si el comando de operación debe ser mantenido o no mantenido para el funcionamiento del actuador.
64		Stroke Time: se registra el tiempo de funcionamiento del motor a la peor condición.
65		Actuator Orientation: se registra la posición de instalación del actuador
66		Handwheel: se registra la posición de instalación del volante
67		Mechanical Dial Position Indicator: se registra SI o NO quiere incluir el indicador mecánico de posición.
68		Starter Location: se registra la locacion de arrancada
69		Starter Location Area Class: se registra la clasificación del área de

		arrancada.
70		Local Control & Lights: se registra SI o NO quiere incluir luces de indicación local.
71		Remote Control: se registra SI o NO quiere tener control remoto sobre el actuador.
72		ESD Command: se registra SI o NO quiere tener comando de operación de emergencia sobre el actuador.
73		Monitor relay: se registra SI o NO quiere incluir relé de indicación si el actuador está disponible para operación remota.
74		Elec. Conn.Signal/Power: se registra las dimensiones de la tubería conduit para control y potencia.
75		Wire Connection: se registra el tipo del conector del cable.
76		Motor Burn-Out Protection: se registra SI o NO quiere incluir protección del motor contra fuego
77	ACCESORIOS	Monitor relay: se registra SI o NO quiere incluir relé de indicación si el actuador está disponible para operación remota.
78		Thermal Overload Switch: se registra SI o NO quiere incluir switch de sobre carga térmica.
79		Position Switches: se registra SI o NO quiere incluir switches de posición del actuador.
80		Torque Switches: se registra SI o NO quiere incluir switches de torque.
81		Heater: se registra SI o NO quiere incluir el calentador de control termostático.
82		Reversing Starter: se registra SI o NO quiere incluir protección contra inversión instantánea de giro.
83		Transient Protection Device: se registra SI o NO quiere incluir dispositivo de protección transitoria.
84		Other: se registra si desea incluir algún otro accesorio o comentario alguno
85		Outline Dimensions: se registra si requiere las dimensiones del contorno.

2.4.2. Control a Tres Hilos

El modo de control a tres hilos usa dos contactos para ABRIR o CERRAR la válvula. El actuador puede ser configurado en modo de control para contacto mantenido (pulsar para arrancar) o para contacto momentáneo. Cuando el modo de contacto momentáneo es seleccionado, la válvula no puede ser parada en un punto intermedio en el recorrido excepto cuando una señal de inhibición / interbloqueo, ESD, o parada de emergencia está presente en los terminales.

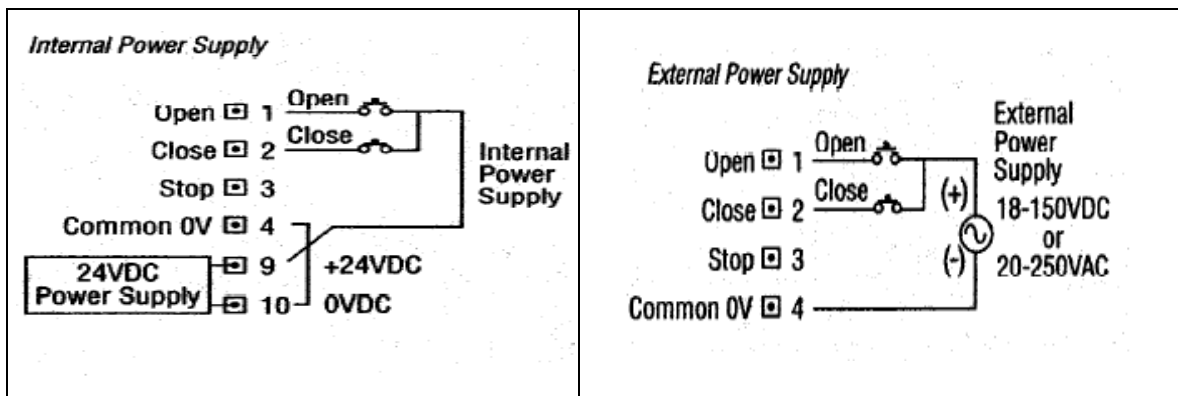


Figura 13. Circuito de Control a Tres Hilos. [9].

2.4.3. Control a Cuatro Hilos

El modo de control a cuatro hilos usa tres contactos para ABRIR, CERRAR o PARAR la válvula en un punto intermedio del recorrido en el modo de contacto momentáneo siendo seleccionado automáticamente. La configuración por defecto para la entrada de PARADA es “activar con el contacto abierto”, aunque este puede ser invertido para “activar un contacto cerrado durante la configuración. Ver figura 14.

2.4.4. Control a 4-20 mA

Control utilizado para el posicionamiento de válvulas para controlar presión, nivel etc. El control maneja una señal análoga de 4-20 mA la cual 4 mA es 0% (cerrada)

y 20 mA es 100% (abierta), por ejemplo una señal de 12 mA es el 50% de apertura de la válvula.

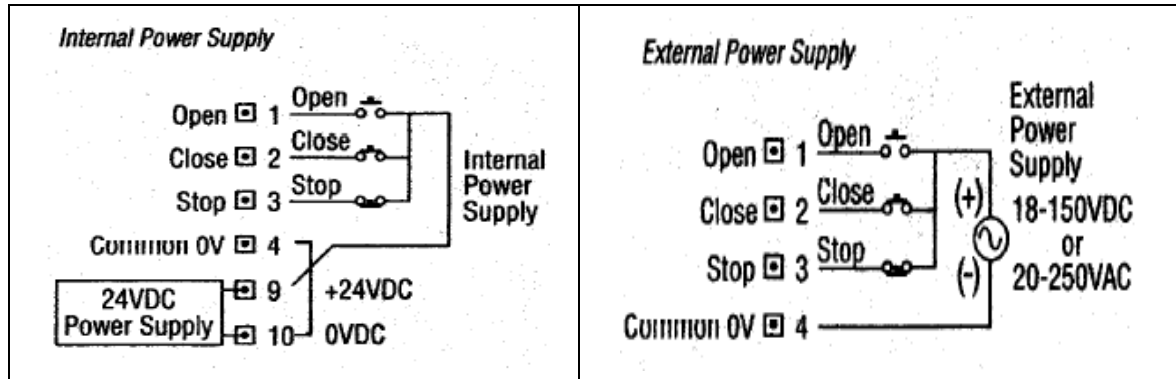


Figura 14. Circuito de Control a Cuatro Hilos. [9].

2.4.5. Control On – Off

Control utilizado cuando se requiere que la válvula tenga sólo dos posiciones ON - abierta, OFF Cerrada. Los comandos que se envían al actuador deben proporcionar una de las dos posiciones, se utiliza para sistema de corte, bloqueo de producto en tanques, oleoductos bloqueo de la línea en caso de ruptura del oleoducto.

2.5. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores. [11].

2.5.1. Controlinc

Protocolo diseñado por EIM Controls; es un sistema de control digital, utiliza microprocesadores en su tarjeta 320A de los actuadores para el control y

monitoreo de las válvulas. EIM's Controlinc tiene la más rápida respuesta de tiempo en el mercado en velocidad y largas distancias de capacidad para enviar los datos. Estos sistemas pueden ser usados para construir las más grandes respuestas y redes flexibles evaluadas hoy. Controlinc es expandible, dando la capacidad para adicionar 254 nodos por red, también son basados en estándares los cuales soportan y aceptan el protocolo de comunicaciones Modbus. Comprendiendo completamente los códigos de funciones Modbus, incluyendo el potente reporte por excepción de mando, capaces de actualizar los estados de 100 actuadores en menos de 2 segundos. El beneficio clave de los sistemas de Controlinc sobre los sistemas convencionales de múltiples hilos de control es la reducción de los costos de instalación y funcionamiento. [4].

2.5.2. Modbus

Protocolo estándar de comunicación desarrollado por Modicon Inc. Se ha convertido en uno de los estándares más populares para las redes de comunicación comúnmente en los sistemas de control industrial. Modbus se basa en una relación maestro/esclavo donde el equipo maestro es llamado comúnmente Host y diversos esclavos que son los dispositivos remotos tales como PLC, RTU, actuadores etc.

La comunicación es bidireccional, pero todos los mensajes deben ser iniciados por el Host. En modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión: RTU y ASCII. Las principales diferencias entre las dos versiones aparecen en el armado de los datos, la estructuración del mensaje y el mecanismo de detección de errores. [12].

2.5.3. Profibus

PROFIBUS es actualmente el líder de los sistemas basados en buses de campo en Europa y goza de una aceptación mundial (20% del mercado en 1999). Todos los fabricantes líderes en tecnología de automatización, ofrecen interfaces PROFIBUS para sus dispositivos. PROFIBUS puede ser usado tanto para

transmisión crítica en el tiempo de datos, a alta velocidad, como para tareas de comunicación extensas y complejas. Esta versatilidad viene dada por tres versiones compatibles que componen la familia profibus [13].

- **Profibus-DP** (Periferia Descentralizada)
 - o Optimizado para alta velocidad y costo reducido.
 - o Intercambio de datos cíclico.
 - o Transferencia de pequeñas cantidades de datos.
 - o Plug & Play.
 - o Diseñado especialmente para la comunicación entre los sistemas de control de automatismos y las entradas/salidas distribuidas en procesos de manufactura.

- **Profibus-PA** (Automatización de Procesos)
 - o Básicamente es la ampliación de Profibus-DP con una tecnología apta para ambientes peligrosos y con riesgo de explosión, MBP technology (estándar IEC 1158-2).
 - o Permite la conexión de sensores y actuadores a una línea de bus común en áreas especialmente protegidas.
 - o Comunicación de datos y energía en el bus mediante el uso de 2 conductores.
 - o Destinado a reemplazar la tecnología en lazo 4 a 20 mA en instrumentación y control.

- **Profibus-FMS** (Fieldbus Messages Specifications)
 - o Diseñado para un gran número de aplicaciones y comunicaciones al nivel de célula, donde PC's y PLC's se comunican entre sí.
 - o Comunicaciones de propósito general, supervisión, configuración, Transmisión de grandes cantidades de datos: programas y bloques de datos.

- o Intercambio acíclico de datos con tiempos no críticos, par a par (peer to peer), entre estaciones inteligentes. [13].

2.5.4. Device Net

Una red Device Net consiste en una rama o bus principal de hasta 1640 ft. Con múltiples derivaciones de hasta 20 ft. Cada una donde se conectan los diferentes dispositivos de la red. En cada red Device Net se pueden conectar hasta 64 nodos y cada uno puede soportar un número infinito de E/S aunque lo normal son 8, 16 ó 32. Device Net proporciona una red flexible y de conexión sencilla que ofrece entre sus beneficios más inmediatos, un control descentralizado y permite la conexión de dispositivos de diferentes marcas gracias a la interoperatividad y su carácter abierto y estándar. Las paradas de producción se minimizan ya que proporciona información de diagnóstico muy valiosa que permite llevar a cabo acciones preventivas y eficaces soluciones de los problemas, agilizando las tareas de mantenimiento y reparación. Además, en caso de avería de algún módulo esclavo, es posible sustituirlo en "caliente" sin necesidad de quitar la alimentación y en consecuencia sin tener que detener las comunicaciones o la instalación en sí. [14]. En la Tabla 4, se registran algunas comparaciones características entre los protocolos mencionados anteriormente.

2.6. TOPOLOGIAS

La topología hace referencia a la forma de una red, muestra cómo los diferentes dispositivos están conectados entre sí, y la forma de cómo se comunican está determinada por la topología de la red.

2.6.1. Bus Multipunto Sencillo

Todos los dispositivos están conectados a un cable central el cual comienza en un punto y termina en otro. El último dispositivo no realiza ningún retorno de la señal. Su longitud máxima no debe superar los 4,000 ft y el límite de dispositivos conectados es de 32 unidades. Ver figura 15.

2.6.2. Bus Multipunto Redundante

Todos los dispositivos están conectados a dos cables los cuales comienzan en un punto y terminan en otro. La redundancia se hace conectando un segundo cable al puerto C del módulo CAM05 para el caso de los actuadores EIM Controls. El último dispositivo no realiza ningún retorno de la señal, su longitud máxima no debe superar los 4,000 ft y el límite de dispositivos conectados es de 32 unidades. Ver figura 16.

**Single
Multidrop
Bus**

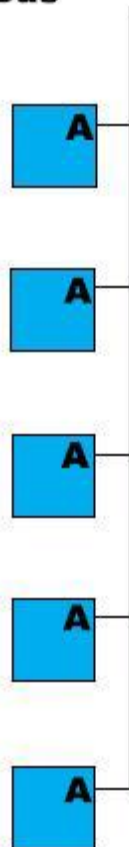


Figura 15. Topología de Red
Bus Multipunto Sencillo [15]

**Redundant
Multidrop
Bus**

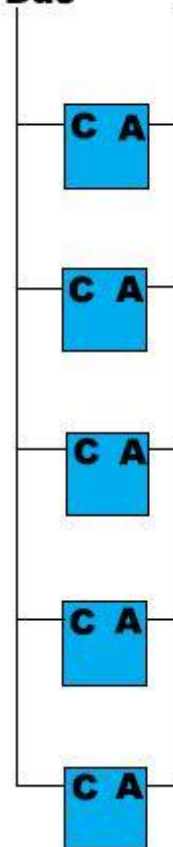


Figura 16. Topología de Red
Bus Multipunto Redundante [15]

2.6.3. E>Net Sencillo

En esta topología los dispositivos se conectan entre sí, conectando la señal por el canal A y saliendo por el canal B hacia el siguiente dispositivo. El último dispositivo no realiza ningún retorno de la señal, su longitud máxima no debe superar los 5,000 ft entre unidades y el límite de dispositivos conectados es de 254 unidades. Ver figura 17.

2.6.4. E>Net Redundante

En esta topología los dispositivos se conectan entre sí, conectando la señal por el canal A y saliendo por el canal B hacia el siguiente dispositivo, la redundancia se hace conectando un segundo cable, conectando la señal por el canal C y saliendo por el canal D del módulo CAM05 para el caso de los actuadores EIM Controls. El último dispositivo no realiza ningún retorno de la señal, su longitud máxima no debe superar los 5,000 ft entre unidades y el límite de dispositivos conectados es de 254 unidades. Ver figura 18.

2.6.5. Red Anillo

Se conectan los dispositivos unos con otros formando un anillo por medio de un cable común conectando la señal por el canal A y saliendo por el canal B hacia el siguiente dispositivo, la redundancia se hace conectando una segunda señal por el canal C y saliendo por el canal D del módulo CAM05 para el caso de los actuadores EIM Controls. El último dispositivo retornará la señal hacia un controlador (PLC, Estación Maestra, etc.). Su longitud máxima no debe superar los 5,000 ft entre unidades y el límite de dispositivos conectados es de 254 unidades. Ver figura 19.

2.6.6. Red Anillo Redundante

Se conectan los dispositivos unos con otros formando un anillo por medio de dos cables conectando la primera señal por el canal A y saliendo por el canal B hacia el siguiente dispositivo. El último dispositivo retornara la señal hacia un controlador

(PLC, Estación Maestra, etc.). La desventaja de esta topología es que si se rompe una conexión se cae la red completa. Su longitud máxima no debe superar los 5,000 ft entre unidades y el límite de dispositivos conectados es de 254 unidades. Ver figura 20.

**Single
E>Net**

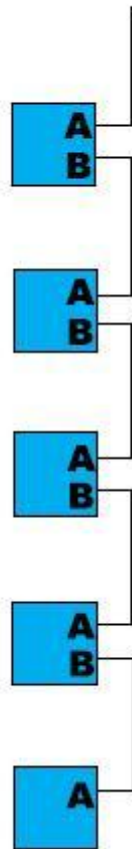


Figura 17. Topología de Red
E>Net Sencillo [15]

**Redundant
E>Net**

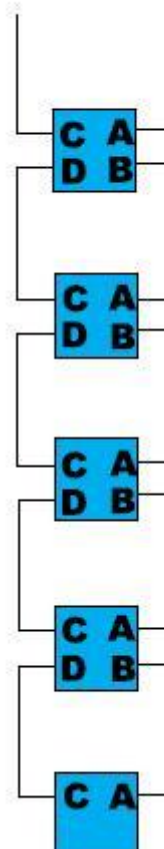


Figura 18. Topología de Red
E>Net Redundante [15]

Tabla 4. Comparación de características entre algunos buses y protocolos. [3][11]

Nombre	Topología	Soporte	Max. Dispositivos	Rate Transm. bps	Distancia Max. Km.	Comunicación
Controlinc	Línea, estrella, árbol, red con segmentos.	Par trenzado, coaxial	254 /segm.	1.2 a 115.2K	1.5 Entre unidades	Master / Slave
Modbus	Línea, estrella, árbol, red con segmentos.	Par trenzado, coaxial, radio	254 /segm.	1.2 a 115.2K	0.35	Master / Slave
Profibus DP	Línea, estrella y anillo	Par trenzado Fibra óptica	127 /segm.	Hasta 1.5 M y 12M	0.1 segm. 24 fibra	Master / Slave peer to peer
Profibus PA	Línea, estrella y anillo	Par trenzado Fibra óptica	14400 /segm.	31.5 K	0.1 segm. 24 fibra	Master / Slave peer to peer
Profibus FMS	Bus lineal o árbol	Par trenzado Fibra óptica	127 /segm.	500 K	≤ 1.2	Master / Slave peer to peer
Device Net	Troncal / Puntual	Par trenzado Fibra óptica	2048 nodos	500 K	0.5	Master / Slave Multi-master peer to peer

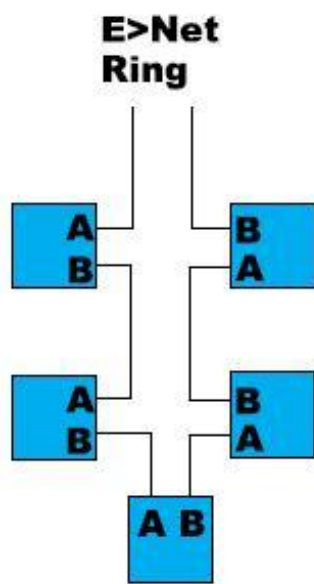


Figura 19. Topología de Red
Anillo [15]

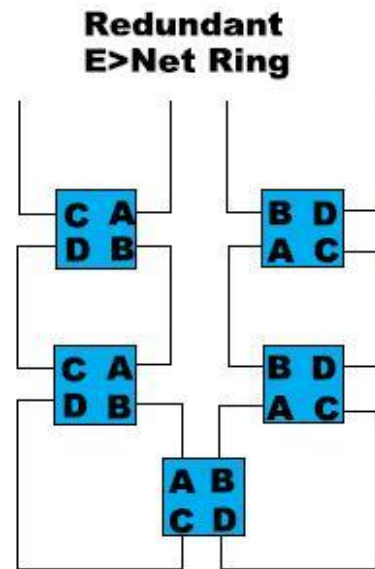


Figura 20. Topología de Red
Anillo Redundante [15]

2.7. Simbolización e identificación.

La simbología e identificación del equipo es muy importante para el diseño e interpretación de los planos donde será instalado el equipo. También se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de transmitir de una forma más fácil y específica la información del equipo. La simbología e identificación para válvulas y actuadores se puede consultar en la norma **ISA 5.1 1984 (R1992)** Sección 6, Págs. 27-38. Ejemplo:

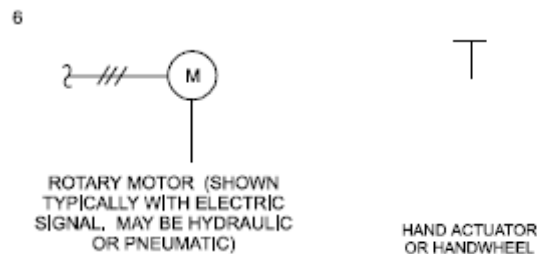


Figura 21. Símbolos de Actuadores. [16].

3. MONTAJE

En este capítulo se explicará el procedimiento del montaje de los actuadores sobre los diferentes tipos de válvulas que encontramos en el sector industrial. Es muy importante antes de proceder a realizar el montaje revisar las siguientes normas: **ISO 5210** Válvulas industriales – Actuador multivuelas. **ISO 5211:2001** Válvulas industriales – Actuador cuarto de giro.

3.1. NORMATIVIDAD

Los códigos y normas que aplican para el montaje de los actuadores se presentan en la tabla 5. Las normas mencionadas se consideran complementarias entre sí, pero en caso de discrepancias regirá la más exigente vigente.

Tabla 5. Normas aplicables para Montaje de Actuadores. [3]

ORGANIZACIÓN EMISORA DE LA NORMA	ESPECIFICACION DE LA NORMA	DESCRIPCION DE LA NORMA
ASTM: American Society for Testing and Materials	E165-95	Método de pruebas estándar con líquidos penetrantes.
ASME: American Society of Mechanical Engineers	Sección IX	Calificación de soldadura.
	B16.5-1996	Tubos y bridas NPS ½ a NPS 24
ISO: International Organization for Standardization	5210:1991	Válvulas industriales – Actuador multivuelas.
	5211:2001	Válvulas industriales – Actuador cuarto de giro.

3.2. DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN DE ACTUADOR EIM PARA VÁLVULA DE COMPUERTA CON VOLANTE MANUAL.

A continuación se explicará la secuencia de pasos a tener en cuenta para la instalación del actuador sobre una válvula de compuerta con volante. Ver figura 22

3.2.1. Toma de Datos y Diseño de Acoples

- Realizar Inspección física externa de la válvula.

- Verificar las condiciones mecánicas de la válvula, su operatividad de apertura y cierre.
- Si la válvula seleccionada pasa las pruebas anteriores, se puede proceder a la toma de datos para el diseño de acoples mecánicos.



Figura 22. Válvula de Compuerta con Volante Manual. [3]

- Tomar datos para realizar el diseño de los acoples mecánicos para la válvula y para el Actuador.
- Retirar el punto de soldadura que retiene la tapa de la válvula, utilizando la pulidora.
- Desenroscar tapa de la válvula.
- Tomar dimensiones de la tapa de la válvula (Diámetros, alturas y tipo de rosca). Ver figura 23.
- Enroscar tapa de la válvula.
- Aplicar soldadura para retener la tapa de la válvula.
- Realizar el diseño del Acople mecánico 1 para la válvula.
- Fabricar acople mecánico 1 para la válvula. Ver figura 24.
- Realizar el diseño del Acople mecánico 2 para el actuador.



Figura 23. Toma de Datos Tapa de Válvula. [3]

- Fabricar Acople mecánico 2 para el actuador. Ver figura 25.
- Realizar toma de datos del vástago de la válvula para realizar maquinado de bushing. Ver figura 26.



Figura 24. Acople Mecánico para Válvula. [3]



Figura 25. Acople Mecánico para Actuador. [3]



Figura 26. Toma de Datos del Vástago de la Válvula. [3]

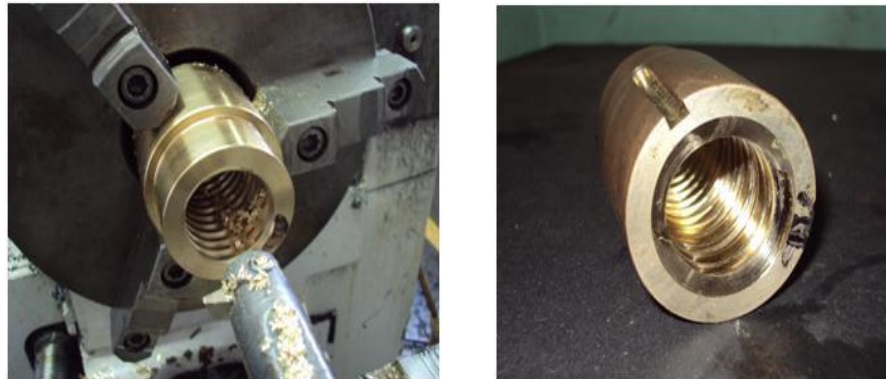


Figura 27. Maquinado del Bushing. [3]

3.2.2. Adecuación Mecánica de la Válvula

- Desarme de tuerca volante, Volante, tapa y tuerca del vástago. Ver figura 28.



Figura 28. Retirar Piezas para Operación Manual de la Válvula. [3]

- Limpieza manual y protección del vástago de la válvula.
- Realizar bisel a la torre de la válvula. Ver figura 29.
- Roscar acople mecánico en la torre de válvula. Ver figura 30.
- Limpiar pintura en zonas próximas a soldar el acople mecánico en torre de la válvula. Ver figura 31.



Figura 29. Realizar Bisel a Torre de la Válvula. [3]

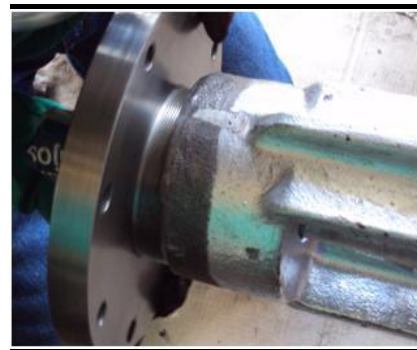


Figura 30. Roscar Acople Mecánico en Torre de la Válvula. [3]

- Aplicación de soldadura. Ver figura 32.
- Inspección de soldadura por método de tintas penetrantes. Ver figura 33.
- Aplicación de pintura anticorrosiva en base de aceite y pintura de acabado en base de aceite color aluminio en acople mecánico de actuador y pintura de acabado tipo aerosol color aluminio en torre de válvula. Ver figura 34.



Figura 31. Limpieza de Zonas Próximas a Soldar. [3]



Figura 32. Aplicación de Soldadura. [3]

- Realizar montaje de acople mecánico al actuador. Ver figura 35.
- Realizar montaje del actuador sobre la válvula. Ver figura 36.
- Instalación del bushing, cuña y acople mecánico del actuador sobre la válvula. ver figura 37.
- Realizar limpieza del actuador y la válvula para terminar montaje. Ver figura 38.



Figura 33. Prueba de Tintas Penetrantes. [3]



Figura 34. Aplicación de Pintura en Acoples Mecánicos y Torre de las Válvulas. [3]



Figura 35. Montaje de Acople Mecánico al Actuador. [3]



Figura 36. Acople de Actuador sobre la Válvula. [3]



Figura 37. Montaje de Bushing y Cuña. [3]



Figura 38. Montaje Actuador a válvula terminado. [3]

3.3. DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN DE ACTUADOR EIM PARA VÁLVULA DE COMPUERTA CON CAJA REDUCTORA.

A continuación se explicará la secuencia de pasos a tener en cuenta para la instalación del actuador sobre una válvula de compuerta con caja reductora. Ver figura 39.

3.3.1. Toma de Datos y Diseño de Acople

- Realizar Inspección física externa de la válvula.
- Verificar las condiciones mecánicas de la válvula, su operatividad de apertura y cierre.



Figura 39. Válvula de Compuerta con Caja Reductora. [3]

- Si la válvula seleccionada pasa las pruebas anteriores, se puede proceder a la toma de datos para diseño de acoples mecánicos.
- Tomar datos para realizar el diseño del acople mecánico del actuador.
- Realizar el diseño del acople mecánico para el actuador.
- Realizar toma de datos del vástago de la válvula para realizar maquinado del bushing.

3.3.2. Retirar Caja Reductora

- Retirar caja reductora de la válvula. Ver figura 40.
- Aplicación de pintura anticorrosiva en base de aceite y pintura de acabado en base de aceite color aluminio en acople mecánico de actuador.
- Realizar montaje de acople mecánico al actuador.
- Realizar montaje entre el actuador y la válvula
- Montaje del bushing, cuña y acople mecánico del actuador a la válvula.
- Realizar limpieza actuador y válvula para terminar montaje.



Figura 40. Retirar Caja Reductora de la Válvula. [3]

3.4. DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN DE ACTUADOR EIM PARA VÁLVULA TIPO BOLA CON CAJA REDUCTORA.

A continuación se explicará la secuencia de pasos a tener en cuenta para la instalación del actuador sobre una válvula tipo bola con caja reductora. Ver figura 41.

3.4.1. Toma de Datos y Diseño de Acople

- Realizar Inspección física externa de la válvula.
- Verificar las condiciones mecánicas de la válvula, su operatividad de apertura y cierre.
- Si la válvula seleccionada pasa las pruebas anteriores, se puede proceder a la toma de datos.
- Realizar toma de datos del vástago de la válvula para realizar maquinado de bushing.



Figura 41. Válvula de bola con Caja Reductora. [3]

3.4.2. Retirar Volante, Realizar Mantenimiento a Caja Reductora y Realizar Montaje del Actuador

- Retirar el volante de la caja reductora. Ver figura 42.



Figura 42. Eje de Caja Reductora sin Volante. [3]

- Retirar caja reductora de la válvula.
- Realizar mantenimiento y limpieza a caja reductora. Ver figura 43.
- Realizar montaje de la caja reductora sobre la válvula. Ver figura 44.
- Realizar acople del actuador sobre la caja reductora. Ver figura 45.
- Montaje de bushing, cuña y acople mecánico del actuador a la válvula.
- Realizar limpieza actuador y caja reductora para terminar montaje.

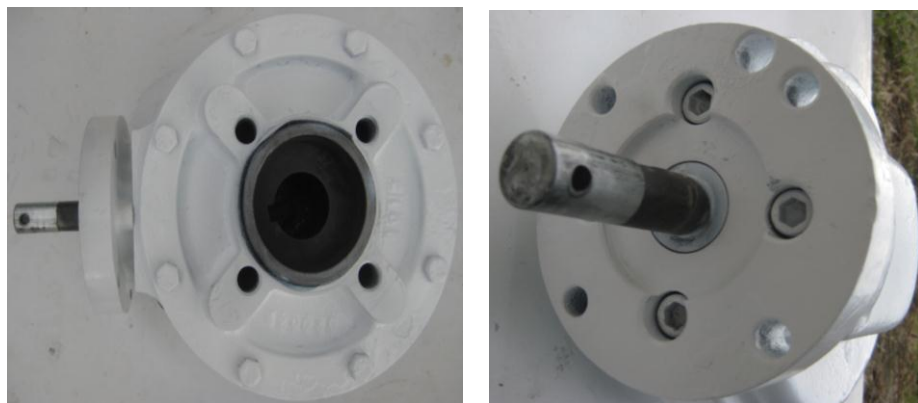


Figura 43. Mantenimiento y Limpieza de Caja Reductora. [3]



Figura 44. Montaje de Caja Reductora sobre la Válvula. [3]



Figura 45. Acople de Actuador sobre Caja Reductora. [3]

3.5. BRIDAS

Las bridas (Flanges) son aquellos elementos de una línea o tubería destinadas a permitir la unión o ensamblado de algunas partes, sean éstas, válvulas, actuadores, bombas u otro equipo que forme parte de la línea. Existen una gran diversidad de diseños, dimensiones, materiales y normas en relación a las bridas. Respecto a las formas podemos mencionar:



Figura 46. Welding Neck (con cuello para soldar de tope). [17]



Figura 47. Slip-On (deslizable). [17]



Figura 48. Lap-Joint (de traslape). [17]



Figura 49. Threaded (con hilo). [17]

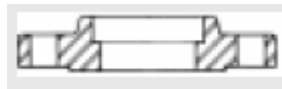


Figura 50. Socket Weld (para soldar embutido). [17]



Figura 51. Blind (ciego). [17]

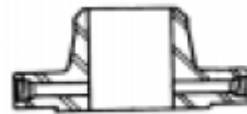


Figura 52. Orifice (de orificio o restricción). [17]

Existen diferentes tipos de caras de bridas que, a través de una empaquetadura, permiten obtener un sello hermético en cada unión. Estas son:

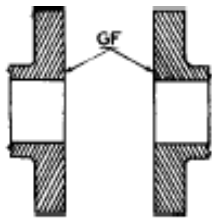


Figura 53. Cara plana (Face to Face). [17]

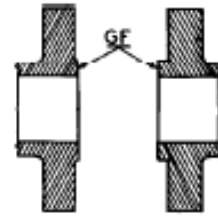


Figura 54. Cara con resalte (raised Face). [17]

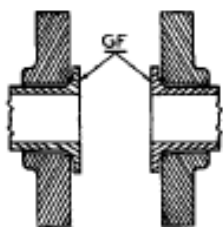


Figura 55. Unión con solapa (lap-joint). [17]

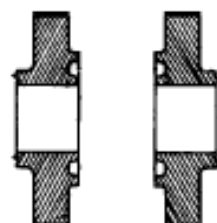


Figura 56. Unión Ring-joint (o-ring). [17]

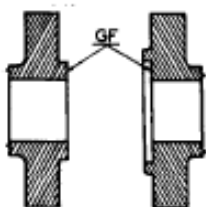


Figura 57. Unión macho-hembra (male and female). [17]

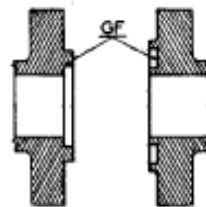


Figura 58. Unión surco-espiga (tongue and groove). [17]

3.5.1. Torque Máximo de la Brida

Los valores del torque máximo de brida se presentan en la tabla 6. El máximo torque que puede transmitirse a través de la brida de montaje.

Tabla 6. Valores de torque máximo de brida. [1]

Tipo de brida	Torque máximo de brida (Nm)
F03	32
F04	63
F05	125
F07	250
F10	500
F12	1000
F14	2000
F16	4000

F25	8000
F30	16000
F35	32000
F40	63000
F48	125000
F60	250000

3.5.2. Dimensiones de la Brida

Las bridas de fijación para actuadores se ajustaran a las dimensiones indicadas en la figura 59 y Anexo 1. La brida de la válvula deberá tener un asiento de descanso correspondiente a la distancia d_2 .

Para más información sobre bridas véanse las siguientes normas:

- **ASME B16.5-1996** Tubos y bridas NPS ½ a NPS 24
- **ISO 5210:1991** Válvulas industriales – Actuador multivueltas.
- **ISO 5211:2001** Válvulas industriales – Actuador cuarto de giro.

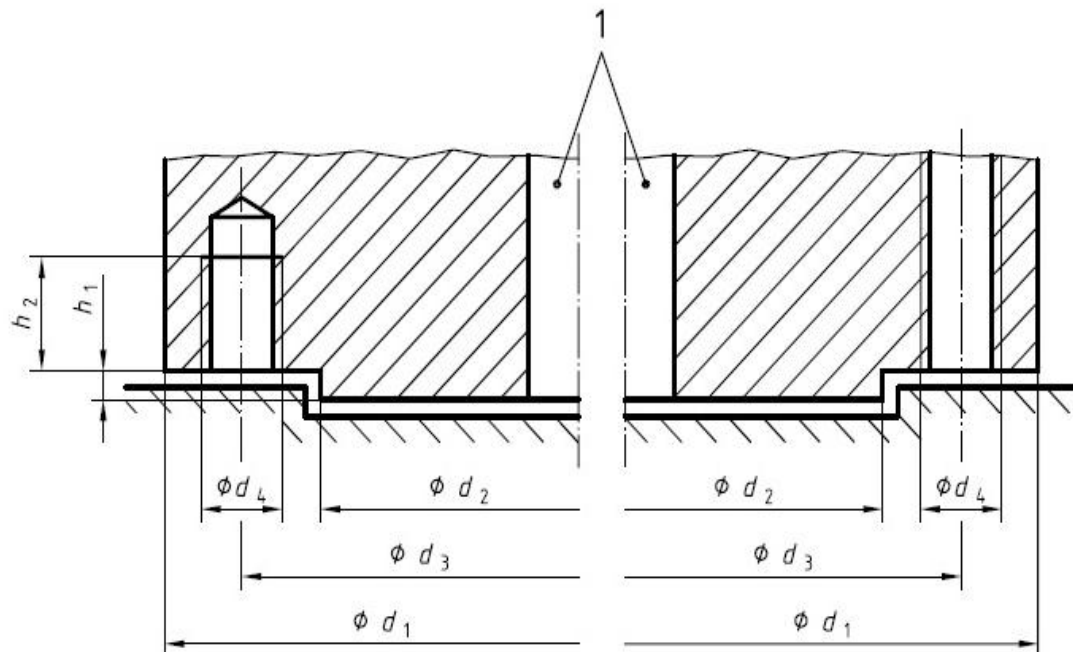


Figura 59. Dimensiones de la brida. [1].

4. INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA

En este capítulo se dará a conocer la forma de instalación y configuración de algunos parámetros para poner en funcionamiento los actuadores electromecánicos.

4.1. NORMATIVIDAD.

Los códigos y normas que aplican para el montaje de los actuadores se presentan en la tabla 7. Las normas mencionadas se consideran complementarias entre sí, pero en caso de discrepancias regirá la más exigente vigente.

Tabla 7. Normas aplicables para Instalación y Puesta en Marcha de Actuadores. [3]

ORGANIZACIÓN EMISORA DE LA NORMA	ESPECIFICACION DE LA NORMA	DESCRIPCION DE LA NORMA
NTC: Norma Técnica Colombiana.	NTC 2050	Código Eléctrico Colombiano.
NEC: National Electrical Code	NEC 2008	Código Nacional Eléctrico

4.2. ACOMETIDAS.

Es muy importante definir las características técnicas de la tubería y de los cables a utilizar en las acometidas para el buen funcionamiento de los actuadores. En la instalación de las acometidas se deben tener en cuenta algunos factores importantes como:

- Numero de Conductores en un tubo. Ver NTC 2050 Apéndice C cuadro C8 Pág. 934.
- Numero de curvas en un tramo. Ver NTC 2050 capítulo 346-11 Pág. 277.
- Soportería. Ver NTC 2050 capítulo 346-12 Pág. 277.
- Cajas y accesorios. Ver NTC 2050 capítulo 346-13 Pág. 277.
- Empalmes y derivaciones. Ver NTC 2050 capítulo 346-14 Pág. 278.

4.2.1. Especificación Técnica de Tubería.

Se recomienda el uso de tubería Conduit tipo RMC (Rigid Metal Conduit) de acero rígido extrapesado galvanizado en caliente. Con las siguientes características:

- Roscado en ambos extremos con rosca NPT.
- Aptos a exposiciones a altas radiaciones solares, ambientes húmedos y residuos del petróleo.
- Ausencia de filamentos cortantes en los extremos para evitar que estos rasguen o rompan el aislamiento de los conductores.
- Fabricada con acero al carbono.
- Todos los tubos deben ser identificados en bajo relieve con el nombre del fabricante, diámetro y espesor.
- No se deben utilizar tubos de metal rígido con diámetro comercial inferior a ½ pulgada.
- No se deben utilizar tubos de metal rígido con diámetro comercial superior a 6 pulgadas.
- Los tubos conduit de metal rígido se suministran en longitud normalizada de 3,0 m.

Para más información sobre tubos de acero tipo rigid véanse la norma NTC 171.

4.2.2. Especificación Técnica de Cables

a. Cable de Comunicación

Se recomienda utilizar cable par trenzado y apantallado con características de impedancia entre 50-120 Ω y capacitancia menor a 30pF/ft; 10-15 pF/ft es ideal. El material de aislamiento y enchaquetado externo debe ser seleccionado según el entorno donde se realizara la aplicación. Otras características a tener en cuenta son las siguientes:

- Rango temperatura de operación: -30°C a +150°C
- Grado de temperatura UL: 105°C
- Peso del cable: 307 lbs. / 1000ft.

- Max. Tensión recomendada al tirar: 617 lbs.
- Min. Radio de curvatura (instalación): 7.5 in
- Prueba de llama UL: 1685 FT4
- Prueba de llama IEEE: 1202

b. Cable de Alimentación

El tipo de cable a utilizar para la alimentación de los actuadores de válvulas motorizadas (MOV`s) depende de la aplicación y de las características del área en la cual van hacer instaladas las válvulas.

Para aplicaciones críticas en sistemas de seguridad de la planta, que sean instaladas en tubería a la vista y se hallen en área clasificada con riesgo de conflagración eléctrica, el cableado debe ser resistente al fuego, libre de halógenos, no propagador de incendio, con baja emisión de humos opacos y baja emisión de gases tóxicos y corrosivos. Especialmente diseñado para garantizar la alimentación de servicios de seguridad en caso de incendio (750° C durante 90 minutos según IEC 60331-21)

Los cables de potencia, control y de comunicaciones resistentes al fuego, asociados a las válvulas motorizadas, para montajes a la vista interior o exterior serán instalados en ducto metálico RMC (Rigid Metal Conduit) y deberán cumplir con las siguientes características mínimas:

- Integridad del circuito: según norma IEC 60331-21
- Retardante a la llama: según norma IEC 60332-1
- Propagación de llama: según norma IEC 60332-3
- Densidad de humo. Según norma IEC 61034-1 y 2

4.2.3. Protecciones

A continuación se describirán algunas protecciones que se deben tener en cuenta en la instalación de los actuadores. Para mas información véanse las normas NTC 2050 sección 250 Puesta a Tierra Págs. 143 – 174, sección 310-12 Identificación

de los conductores Pág. 201, sección 430 Protección de Motores parte C, D y E Págs. 423-432.

a. Puesta a Tierras

Los conductores de las instalaciones y circuitos se ponen a tierra para limitar las tensiones debidas a rayos, subidas de tensión en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión y para estabilizar la tensión a tierra durante su funcionamiento normal. Los conductores de puesta a tierra de los equipos se conectan equipotencialmente al conductor del sistema puesto a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes de falla, que facilite el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra. [18]

Se permite instalar conductores de puesta a tierra desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo verde o verde con una o más rayas amarillas. [19]

Los terminales de conexión de los conductores de puesta a tierra de los equipos se deben identificar:

- 1) mediante un tornillo terminal de cabeza hexagonal o similar, pintada de color verde, que no se pueda quitar fácilmente;
- 2) mediante una tuerca terminal hexagonal o similar, pintada de color verde, que no se pueda quitar fácilmente.
- 3) mediante un conector a presión pintado de verde. Si el terminal del conductor de puesta a tierra no es visible, se debe rotular el orificio de entrada del conductor de puesta a tierra con la palabra "verde" ("green") o "tierra" ("ground"), o con las letras "V" o "T". [20]

Para mas información véase la norma NTC 2050, Sección 250 Puesta a Tierra, Pág. 143 – 174.

b. Breakers

Cada máquina se debe considerar como una unidad independiente y, como tal, debe tener su propio medio de protección. El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe consistir en un solo interruptor automático o en un conjunto de fusibles. Los circuit breakers son dispositivos de protección, cuya función es similar a la proveída por los fusibles, es decir, en caso de presentarse variaciones en la corriente eléctrica que pudieran dañar al dispositivo que está protegiendo, el circuito breaker impide el flujo de corriente hacia el dispositivo. Resulta evidente que no se trata simplemente de un fusible, ya que los circuito breaker también proveen protección contra otras fallas en la energía, no solo cortos y sobrecorrientes, además de que pueden ser reutilizados una vez que se presenta alguna falla, a diferencia de los fusibles que se destruyen cuando la corriente que fluye por ellos sobrepasa los límites del dispositivo. [21]

Un circuit breaker puede ser reseteado manual o automáticamente una vez que las condiciones normales de la energía de suministro se restablezcan, permitiendo la operación normal del sistema y continuando con la protección ofrecida. Para más información véanse las normas NTC 2050 sección 430 parte C, D y E Págs. 423-432.

a. Relé Térmico

Utilizados para evitar sobrecalentamientos peligrosos por las sobrecargas debidas a fallas en el arranque de los motores. Si el dispositivo de interrupción del motor está separado de él y su circuito de control está operado por un dispositivo protector integrado en el motor, debe estar dispuesto de manera que al abrirse el circuito de control, interrumpa la corriente al motor. Para el caso del actuador el dispositivo de protección del motor viene asociado al contactor inversor, con la importante función de abrir el circuito de control en condiciones de sobrecalentamientos.

4.3. Puesta en Marcha

Una vez cumplidos los montajes e instalaciones se procede a realizar las conexiones, configuraciones y pruebas del actuador para dejar a puesta en servicio el equipo. A continuación se describirán los pasos para realizar sus conexiones, configuraciones y pruebas:

- Identificar el respectivo breaker de la MOV en el tablero de distribución. Ver figura 60.



Figura 60. Identificación y Aplicación de SAES al respectivo Breaker de la MOV. [3].

- Abrir compartimiento eléctrico del actuador. Ver figura 61.
- Identificación de cables de potencia y comunicaciones del actuador.
- Corte, ponchado y marquillado de cables de potencia y comunicaciones.



Figura 61. Compartimiento Electrico Actuador. [9].

- Verificación de pruebas de megueo, continuidad de los cables de potencia y comunicaciones para el actuador. Ver figura 62



Figura 62. Pruebas de Megueo de Cables de Potencia y Comunicaciones. [3].

- Realizar conexión de acometida eléctrica de potencia y comunicaciones al actuador. Ver figura 63



Figura 63. Conexionado de Acometida de Potencia y Comunicaciones. [3].

- Verificar el ajuste de conexión en la tarjeta de terminales para el cableado.
- Verificar que el nivel de tensión en el tablero de distribución entre las tres fases, sea de 480 VAC.
- Energizar el actuador.
- Calibración de torques de apertura y cierre del Actuador, usar TEC 2000 INSTALLATION AND OPERATION MANUAL o MANUAL E796 2000 M2CP EIM CONTROLS.
- Calibración de límites de final de carrera de apertura y cierre del Actuador, usar TEC 2000 INSTALLATION AND OPERATION MANUAL o MANUAL E796 2000 M2CP EIM CONTROLS.

- Realizar un recorrido completo de apertura y cierre de la Válvula para verificar el ajuste de la calibración del torque y de límites de final de carrera de apertura y cierre del actuador.
- Medir la corriente de consumo del actuador.
- Verificar la correcta indicación de la posición de la válvula en el actuador.
- Ejecutar un comando de apertura en el actuador y verificar el movimiento de la válvula hacia abrir.
- Ejecutar un comando de cierre en el actuador y verificar el movimiento de la válvula hacia cerrar.
- Si aplica señal ESD ejecutar el comando ESD y verificar el movimiento de la válvula hacia abrir o cerrar según a donde haya sido programada la acción.
- Ejecutar comandos de apertura y cierre desde PBM o RDM y verificar el movimiento de la válvula según la acción ejecutada. Si aplica
- Ejecutar comandos de apertura y cierre desde la Estación Maestra y verificar el movimiento de la válvula según la acción ejecutada. Si aplica
- Ejecutar comandos de apertura y cierre desde DCS y verificar el movimiento de la válvula según la acción ejecutada. Si aplica
- Verificar las alarmas del actuador en la Estación Maestra o DCS para verificar su disponibilidad local o remotamente. Ver figura 64.
- Cerrar el compartimiento eléctrico del actuador.
- Realizar la entrega del trabajo efectuado a la persona encargada, junto con el informe técnico.



Figura 64. Verificación de Alarmas en DCS y Estación Maestra. [3].

RECOMENDACIONES

Al realizar el procedimiento de selección del modelo del actuador se deben revisar detalladamente los cálculos realizados, los datos de placa de la válvula, condiciones del área y del proceso entre otros con el objeto de seleccionar el correcto modelo del actuador y así poder garantizar el funcionamiento de la MOV.

Durante la toma de los datos del vástago de la válvula, se debe verificar minuciosamente las condiciones y operatividad de ésta para no tener situaciones al momento de realizar el montaje o las pruebas funcionales. También se deben tomar las correctas medidas para diseñar los acoples de la válvula y el actuador, y así garantizar un correcto montaje entre estos.

En el traslado de los equipos a campo o talleres para realizar el montaje o acople, se deben proteger contra golpes o caídas para evitar daños a partes electrónicas o mecánicas, esto impediría el buen funcionamiento del equipo. Antes de realizar el acople, montaje o instalación de los equipos se debe hacer un completo alistamiento de las herramientas, materiales e insumos requeridos para realizar la actividad lo cual permitirá un fácil y rápido trabajo. Una vez realizado el montaje del actuador sobre la válvula, se debe realizar un recorrido corto de la válvula utilizando el volante del actuador y verificar el movimiento correspondiente en la válvula según la operación manual que se esté ejecutando, para así, proceder a realizar el conexionado y configuración del actuador.

Antes y después de realizar la instalación de los cables de potencia y comunicaciones se debe realizar pruebas de megueo y continuidad a estos, con el fin de garantizar que están en buenas condiciones para ser utilizados, también deben ser identificados para evitar más adelante confusiones. Al finalizar los trabajos de las acometidas se debe garantizar que todas las conduletas utilizadas

deben quedar completamente cerradas, esto con el fin de prevenir filtraciones de agua a los equipos y evitar daños a la parte electrónica.

Previamente al realizar cualquier tipo de conexión se debe comprobar la ausencia de voltaje en los cables que llegan al actuador, con el fin de evitar cualquier daño o accidente. Al realizar cualquier conexión asegúrese de llevar la válvula a una posición intermedia, para permitir así el tiempo suficiente para detener el actuador en caso de conexiones indebidas o fases de tensión de energía de entrada invertidas.

Antes de realizar cualquier prueba o recorrido de la válvula asegúrese de no perturbar los procesos o controles al que se encuentra relacionado la válvula, igualmente debe verificarse la correcta rotación del motor con el fin de evitar daños al actuador y la válvula, realizar los correctos ajustes a los interruptores de límites y torques.

Al finalizar la automatización de la válvula se deben realizar pruebas de funcionamiento al equipo, para garantizar la correcta operatividad y eficiencia al proceso. Se debe realizar un recorrido completo de apertura y cierre de la válvula para verificar el ajuste de la calibración del torque y de límites de final de carrera de Apertura y Cierre del Actuador. También se debe verificar la correcta indicación de la posición de la válvula en el Actuador y todas las posibles alarmas del actuador en la estación maestra o DCS si aplica. Debe cumplirse con un programa de mantenimiento a los actuadores para garantizar la confiabilidad y operación de los equipos.

CONCLUSIONES

Los actuadores son equipos que nos brindan la facilidad de poder tener cualquier control sobre las válvulas para proporcionar confiabilidad a los procesos y tener respuestas oportunas en tiempos reales para evitar cualquier impacto que afecte una comunidad, industria o medio ambiente.

Para la automatización de una válvula se debe garantizar la correcta selección del modelo del actuador según la aplicación, tipo de control, protocolo de comunicación y topología a utilizar con el fin de asegurar la operatividad del equipo.

Se describieron diferentes procedimientos en los cuales se explica una secuencia de actividades a realizar para el montaje de los actuadores sobre diferentes tipos de válvulas utilizadas en la industria.

Se elaboró una herramienta didáctica para la organización INSURCOL LTDA la cual ayudara a sus especialistas en la elaboración de sus ingenierías para la selección, montaje e instalación de los actuadores.

Es de gran importancia la aplicación de las normas mencionadas en este proyecto para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos, estandarizar los montajes e instalaciones de estos en el sector industrial, realizar mejor los trabajos y en corto tiempo, seguridad de los procesos, proteger la salud de los trabajadores y su entorno, entre otras.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO 5211:2001 Industrial valves — Part-turn actuator attachment.
- [2] ROBLEDO GARCES, Mario Iván. MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LAS VALVULAS MOTORIZADAS EIM. Bucaramanga, 2003. Practica Empresarial INSURCOL Ltda. (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Electrónica.
- [3] GUTIERREZ RODRIGUEZ, Luis Henry. INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACION DE INGENIERIAS EN LA SELECCIÓN, MONTAJE E INSTALACION DE ACTUADORES ELECTROMECHANICOS PARA VALVULAS. Bucaramanga 2010, Proyecto de Grado (Ingeniero Electrónico) Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Electrónica
- [4] Series 2000 Electric Actuators, EIM Controls, p. 11, 14.
- [5] [Pagina de Internet] En: <http://www.eim-co.com/eimweb.nsf/pages/LP> [Consulta: 2010-06-08].
- [6] Actuadores Hidráulicos. [Pagina de Internet] En: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lscm/hidraulica3.pdf> [Consulta: 2010-06-08]. 1p.
- [7] [Pagina de Internet] En: <http://www.rotork.com/en/product/index/subsea> [Consulta: 2010-06-08].
- [8] [Pagina de Internet] http://www2.emersonprocess.com/en-US/brands/EIM-Actuators/Products/Manual_Gear_Actuators/Pages/Manual_Gear_Actuator.aspx. [Consulta: 2010-06-08].
- [9] MANUAL DE INGENIERIA Y CONTROL, TEC2000, EIM CONTROLS 3p.
- [10] ISA-S20 1981, Specifications Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves. Sección 23 pág. 994 a 998.
- [11] Protocolos de comunicaciones industriales. [Página de internet]. En: www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf [Consulta: 2010-06-05]. 1p.
- [12] Controlinc Terms & Definitions EIM Controls, 4p.

- [13] Redes de Comunicaciones Industriales. [Página de internet]. En: <http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema13.pdf> [Consulta: 2010-06-05]. p. 1, 3.
- [14] [Pagina de Internet] En: http://www.automatas.org/omron/device_net.htm [Consulta: 2010-08-08].
- [15] Controlinc Quick Startup Guide, DCM 320B Revision C, EIM Controls, p 1-2.
- [16] ISA 5.1 1984 (R1992) Instrumentations Symbols and Identification Section 6, Págs. 27-38.
- [17] Fastpack Piping Products, Boletín técnico octubre 2010, Págs. 1-6.
- [18] NTC 2050, Código Eléctrico Colombiano, sección 250-1 Puesta a Tierra, Pág. 144.
- [19] NTC 2050, Código Eléctrico Colombiano, sección 310-12 Identificación de los Conductores, Pág. 201.
- [20] NTC 2050, Código Eléctrico Colombiano, Identificación de Terminales sección 250- 119, Pág. 174.
- [21] [Pagina de Internet] En: <http://electronicosonline.com/noticias/notas> [Consulta: 2010-10-22].

ANEXOS

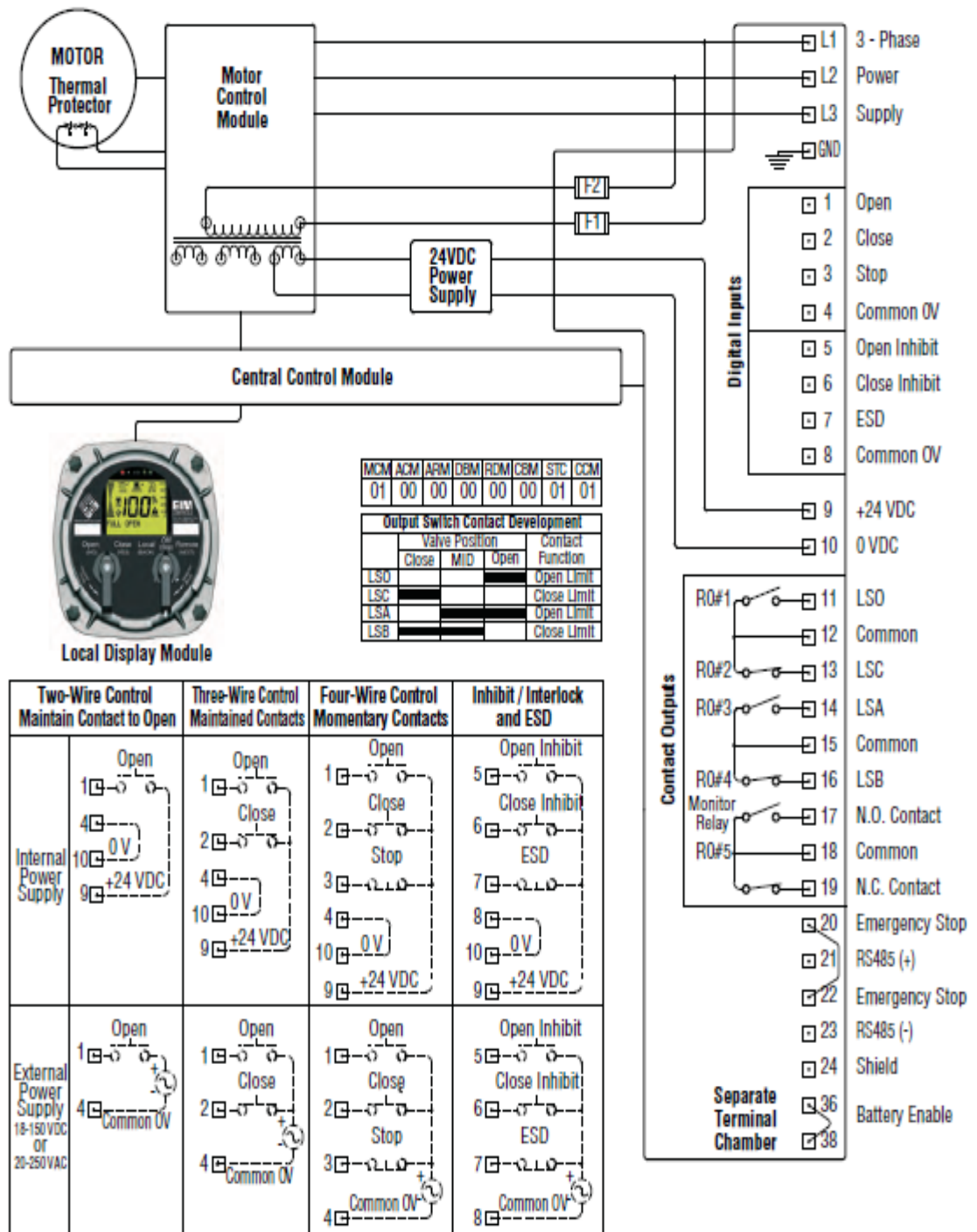
ANEXO 1.
DIMENSIONES DE BRIDA (Flanche)

Dimensions in millimetres

Flange type	d_1	d_2 f8	d_3	d_4	h_1 max.	h_2 min.	Number of screws, studs or bolts
F03	46	25	36	M5	3	8	4
F04	54	30	42	M5	3	8	4
F05	65	35	50	M6	3	9	4
F07	90	55	70	M8	3	12	4
F10	125	70	102	M10	3	15	4
F12	150	85	125	M12	3	18	4
F14	175	100	140	M16	4	24	4
F16	210	130	165	M20	5	30	4
F25	300	200	254	M16	5	24	8
F30	350	230	298	M20	5	30	8
F35	415	260	356	M30	5	45	8
F40	475	300	406	M36	8	54	8
F48	560	370	483	M36	8	54	12
F60	686	470	603	M36	8	54	20

ANEXO 2.
DIAGRAMA ELECTRICO ACTUADOR TEC 2000.

BASIC CIRCUIT DIAGRAM *(Shown in CLOSE position, power off.)*

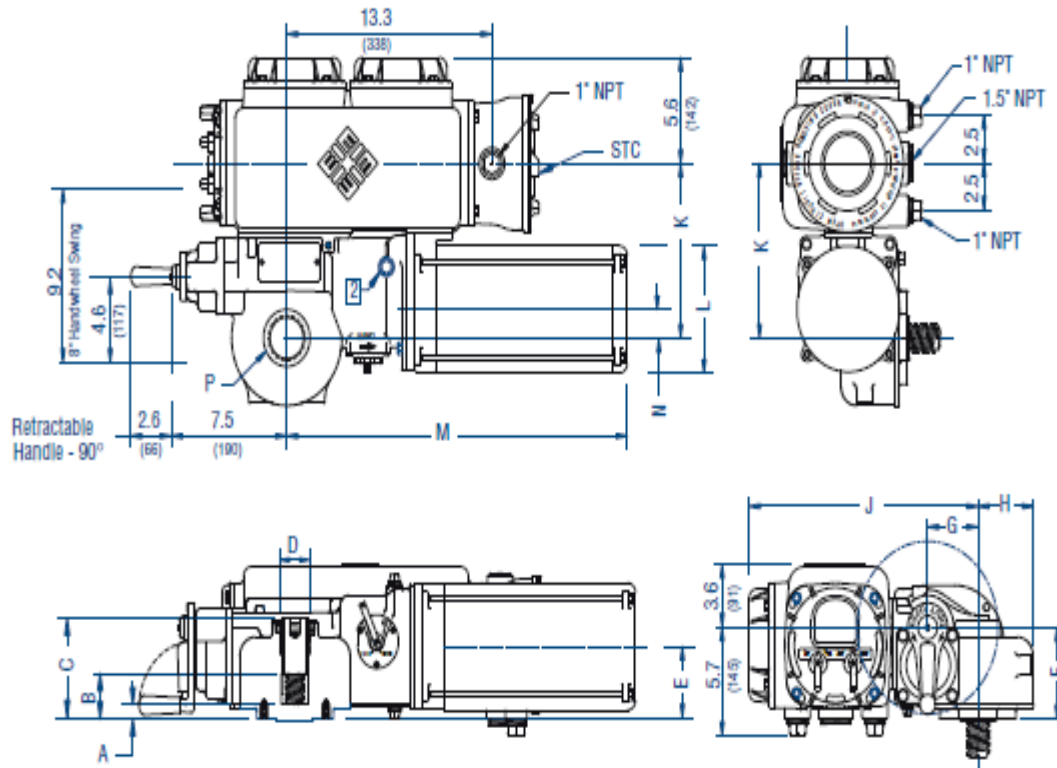


ANEXO 3.
DIMENSIONES ACTUADOR TEC 2000.

OUTLINE DIMENSIONS

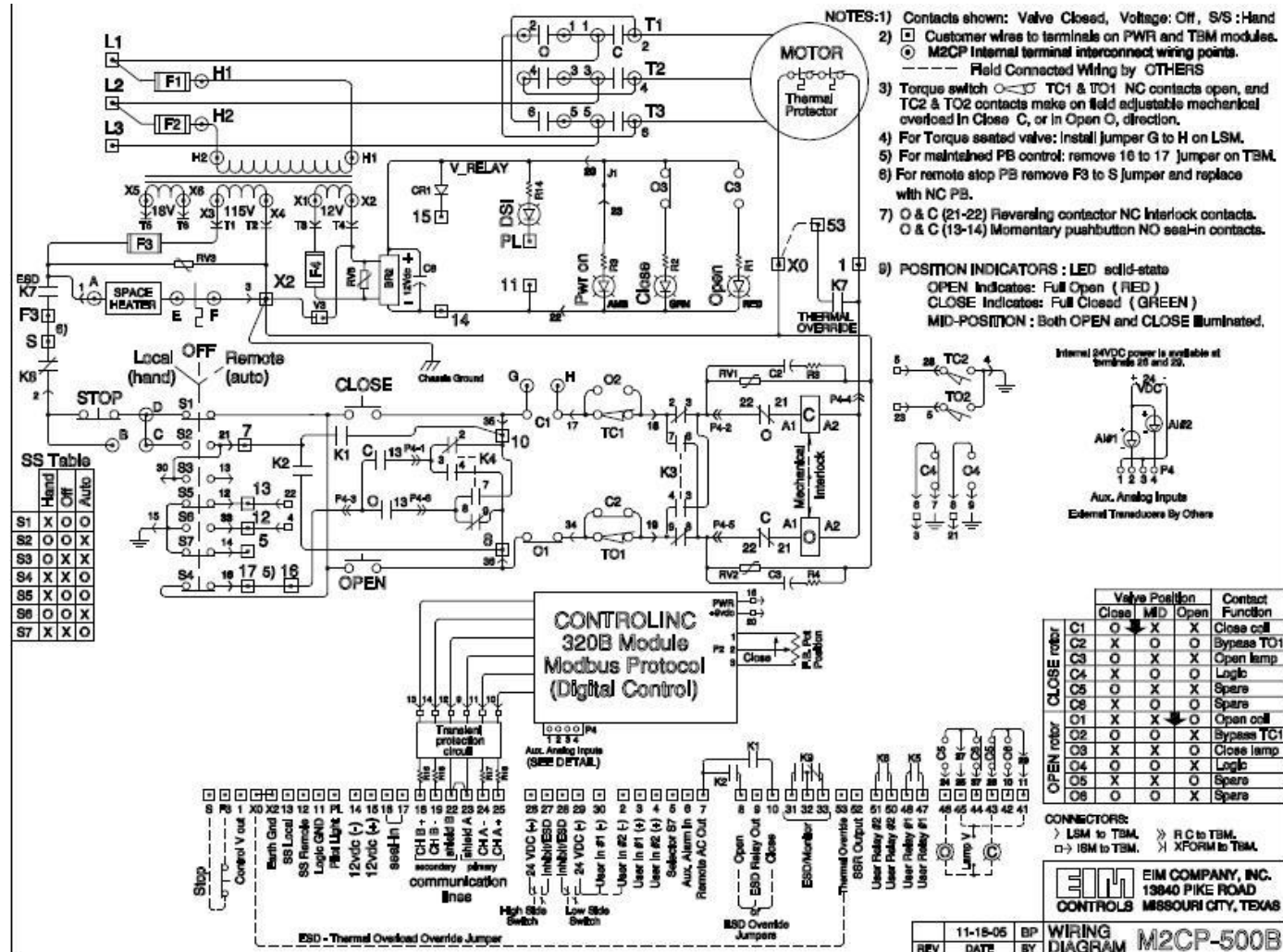
DIRECT-MOUNTED STYLE - 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, P, Q & R

FOR REFERENCE ONLY; use certified dimensions furnished with EIM job submittal.

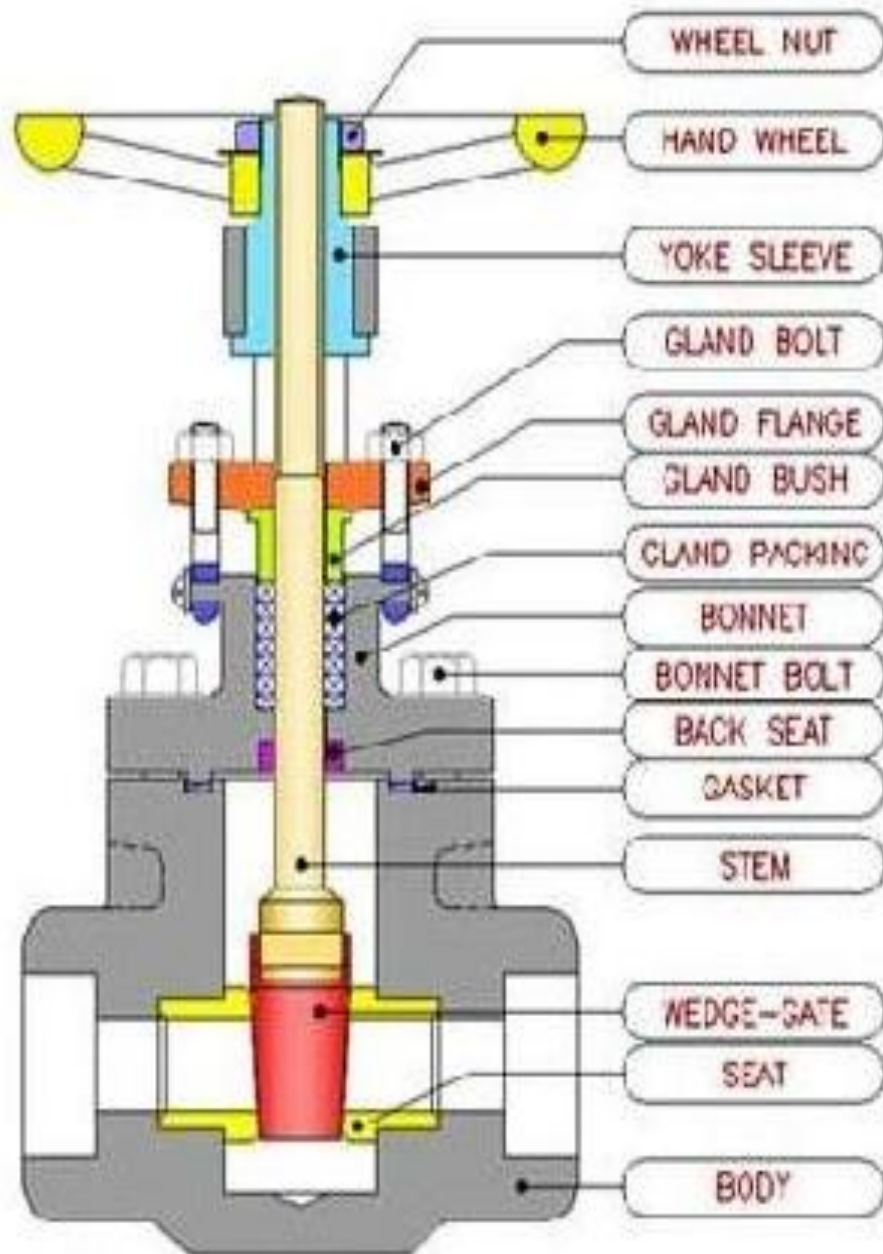


Model Size	Multi-Turn Actuators						Part-Turn Actuators		
	1000	2000	3000	4000	5000		P	Q	R
	in. mm	in. mm	in. mm	in. mm	in. mm		in. mm	in. mm	in. mm
A Bottom of Nut	0.75 19	0.65 17	0.95 24	0.60 15	0.60 15		-	-	-
B Top of Nut	2.38 60	2.90 74	4.50 114	4.20 107	4.20 107		2.70 69	3.00 76	3.60 91
C	5.30 135	7.80 198	8.60 218	15.10 384	15.10 384		5.00 127	5.20 132	6.90 175
D	1.43 36	2.80 71	3.15 80	-	-		-	-	-
E	3.80 97	4.70 119	5.20 132	10.90 277	10.90 277		3.80 97	4.30 109	4.50 114
F	4.80 122	5.70 145	6.20 157	11.90 302	11.90 302		4.80 122	5.30 135	5.50 140
G	3.25 83	3.25 83	4.25 108	4.25 108	4.25 108		3.25 83	3.25 83	4.25 108
H	3.60 91	3.60 91	4.30 109	5.80 147	6.90 175		4.50 114	4.50 114	5.00 127
J	14.80 376	14.80 376	15.80 401	19.20 488	19.20 488		14.80 376	14.80 376	15.80 401
K	9.20 234	9.20 234	10.20 260	11.10 282	11.10 282		9.20 234	9.20 234	10.20 260
L	6.70 170	6.70 170	6.70 170	10.00 254	10.00 254		5.70 145	5.70 145	5.70 145
M	22.00 559	22.00 559	22.00 559	30.00 762	30.00 762		19.20 488	19.20 488	19.20 488
N	1.50 38	1.50 38	2.50 64	2.50 64	2.50 64		2.70 69	2.70 69	3.70 94
P NPT	2"	3"	4"	4"	4"		-	-	-

ANEXO 4. DIAGRAMA ELECTRICO ACTUADOR M2CP

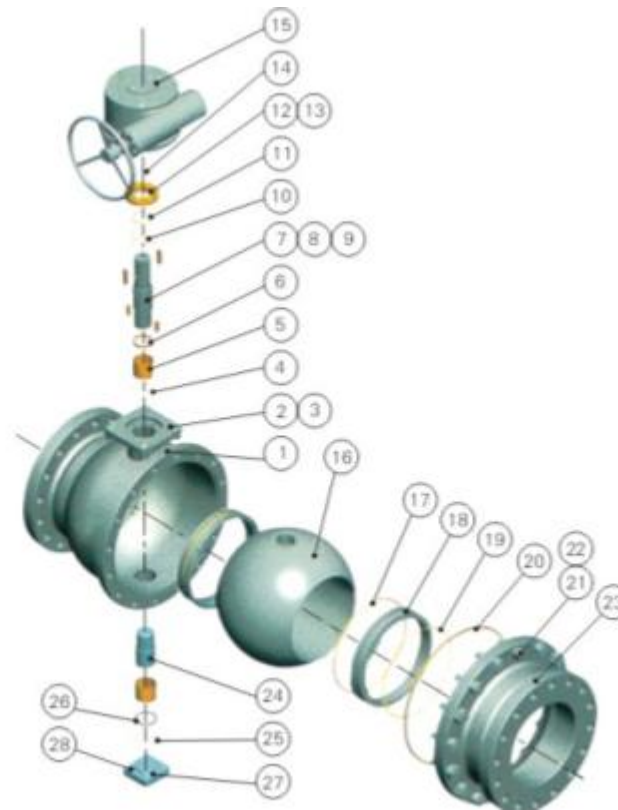


ANEXO 5
DESPIECE MECANICO VÁLVULA DE COMPUERTA



Forged Steel Gate Valve

ANEXO 6 DESPIECE MECANICO VÁLVULA DE BOLA



- | | |
|-----------|----------------------|
| 1-Body | 15-Worm gear |
| 2-Stud | 16-Ball |
| 3-Nut | 17-O ring |
| 4-O ring | 18-Seat |
| 5-Bush | 19-Spring |
| 6-Washer | 20-Gasket |
| 7-Stem | 21-Stud |
| 8-Key | 22-Nut |
| 9-Key | 23-Bonnet |
| 10-O ring | 24-Trunnion |
| 11-Gasket | 25-O ring |
| 12-Gland | 26-Adjusting chshion |
| 13-Bolt | 27-Down end cap |
| 14-O ring | 28-Bolt |