

AUTOMATIZACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL CON ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO PARA LA MEJORA DE PRECISIÓN DEL ÁREA DE FILTRACIÓN, PTAR SANTA CLARA SEDAPAL 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	qdoc.tips Fuente de Internet	2%
3	idoc.pub Fuente de Internet	2%
4	www.iuma.ulpgc.es Fuente de Internet	1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repository.upb.edu.co:8080 Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	cybertesis.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%

9

dspace.unitru.edu.pe
Fuente de Internet

1 %

10

rpp.pe
Fuente de Internet

1 %

11

documents.mx
Fuente de Internet

1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“AUTOMATIZACIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL CON ACTUADOR
ELECTRA HIDRÁULICO PARA LA MEJORA DE PRECISIÓN DEL ÁREA
DE FILTRACIÓN, PTAR SANTA CLARA SEDAPAL 2020”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

VERA CHAVEZ, JOEL RICARDO

ASESOR

CHAMORRO ATALAYA, OMAR FREDDY

Villa El Salvador

2020

DEDICATORIA

A mi madre Paula Chavez, mi pareja Carmen Valdez, mis hermanos y la empresa Zurich Perú Valves.

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas, al gerente de la empresa Zúrich Perú Valves, Vern Lawrence quien me ayudo con el financiamiento de la tesis, a la Universidad Nacional tecnológica de Lima Sur que me brindo la mejor educación, a los docentes de nuestra casa de estudios.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	xi
OBJETIVOS.....	xiii
a) Objetivo General	xiii
b) Objetivo específico.....	xiii
CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Bases teóricas	1
1.1.1. Antecedentes Internacionales.	1
1.1.2. Antecedente Nacionales.....	2
1.1.3. Definición de automatización.....	3
1.1.4. Tipos de Automatización:.....	3
1.1.4.1. Automatización Fija	3
1.1.4.2. Automatización Programable	4
1.1.4.3. Automatización Flexible	4
1.1.5. Sistema de Automatizado.....	5
1.1.6. Redes de Comunicación	5
1.1.7. Descripción general de un SCADA.....	6
1.1.8. Concepto de Válvula.....	6
1.1.9. Tipos de válvulas	7
1.1.9.1. Válvulas de compuerta:.....	7
1.1.9.2. Válvula de Globo.....	8
1.1.9.3. Válvulas mariposa	8
1.1.9.4. Válvula macho.....	9

1.1.9.5. Válvulas de bola	9
1.1.9.6. Válvulas check	10
1.1.10. Planteamiento previo al cálculo	11
1.1.11. Cálculos para selección de válvula	13
1.1.12. Definición de Actuador	15
1.1.13. Tipos de Actuador	15
1.1.13.1. Actuadores de diafragma	15
1.1.13.2. Actuadores de pistón	16
1.1.13.3. Actuadores hidráulicos y electrohidráulicos	17
1.1.13.4. Actuador eléctrico	17
1.1.13.5. Actuador Electra hidráulico	18
1.1.14. Aguas Residuales	20
1.1.15. Clasificación de aguas residuales	20
1.1.16. Tratamiento de agua residuales.	20
1.1.17. Filtración	21
1.2. Definición de términos básicos	22
CAPITULO II	23
METODOLOGIA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	23
2.1. Delimitación temporal y espacial del trabajo.	23
2.1.1. Temporal	23
2.1.2. Espacial	23
2.2. Determinación y análisis del problema	23
2.3. Modelo de solución propuesto	24
2.3.1 Análisis situacional de los equipos en el área de filtración.	27
2.3.2. Determinación del actuador adecuado para la válvula de reemplazo para la precisión del área de filtración.	38
2.3.3. Instalación del actuador Electra hidráulico	40

2.4. Resultados	44
2.4.1. Prueba del actuador Electra hidráulico con el SCADA	44
2.4.2. Gráfico de tiempo de apertura/ cierre VS Porcentaje de posición	45
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	54
ANEXO N°1: ACTUADOR ELÉCTRICO REXA.	54
ANEXO N°2: PANTALLA DEL SCADA DEL PTAR.	54
ANEXO N°3: ÁREA DE FILTRACIÓN.....	55
ANEXO N°4: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL TABLERO DE CONTROL DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO.	55
ANEXO N°5: FICHA TÉCNICA DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO....	56
ANEXO N°6: PLANOS MECÁNICOS DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO.....	57
ANEXO N°7: PLANOS ELÉCTRICOS DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO.....	58
ANEXO N°8: PLANOS DE LA VÁLVULA DE CONTROL INSTALADA EN EL PTAR.	59
ANEXO N°9: CORREO DE CONFORMIDAD DEL GERENTE DE MANTENIMIENTO PTAR JOB HERRERA.....	61

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Parte de Mando y Parte Operativa	5
Figura 2 Red de Comunicación Industrial.....	6
Figura 3 Válvula de Compuerta Permite un Flujo Rectilíneo	7
Figura 4 Válvula de Globo es para Control	8
Figura 5 Válvulas Mariposas con Conexión de Tipo de Placa y Orejas	8
Figura 6 Válvulas Macho con Orificios Múltiples	9
Figura 7 Válvulas de Bola: Orificio Completo, Reducido y de Venturi	9
Figura 8 Válvulas de Retención de Bisagra y de Elevación	10
Figura 9 Esquema de Procesos de Selección	12
Figura 10 Datos para el Cálculo y Selección	12
Figura 11 Actuador Neumático de Resorte y Diafragma	16
Figura 12 Actuador Neumático de Pistón para una Válvula de Eje Rotatorio	16
Figura 13 El actuador Electrohidráulico Empuje Elevado Produce	17
Figura 14 El Actuador Electra Hidráulico.....	18
Figura 15 Diagrama de Bloques del Proceso en el Área de Filtración	25
Figura 16 Diagrama de Gantt del Proyecto PTAR	26
Figura 17 Área de Filtración	27
Figura 18 Asiento de la Válvula Desgastada.....	29
Figura 19 Obturador de la Válvula y Eje en Mal Estado	30
Figura 20 Tapa del Actuador Eléctrico	31
Figura 21 Tarjeta Eléctrica	32
Figura 22 Borneras Sulfatadas.....	33
Figura 23 Bobinas del Motor Eléctrico.....	34
Figura 24 Engranajes Oxidados	35
Figura 25 Switch de Posición	36
Figura 26 Partes Internas del Tablero de Control del Actuador Electra Hidráulico	40
Figura 27 Circuito de Control del Actuador Electra Hidráulico.....	41
Figura 28 Partes Internas del Tablero de Control del Actuador Electra Hidráulico	42
Figura 29 Calibración del Actuador Electra Hidráulico	43

Figura 30 Tablero de Control SCADA	44
Figura 31 Tablero de Control del Actuador Electra hidráulico en posición 50% ..	44
Figura 32 Gráfico del Tiempo de la Apertura/ Cierre de la Válvula VS El Porcentaje de Posición.....	46
Figura 33 Gráfico del Tiempo de la Apertura/ Cierre de la Válvula VS El Porcentaje de Posición.....	47
Figura 34 Comparación de Curvas del Actuador Eléctrico Vs Actuador Electra Hidráulico con Respecto al Tiempo.....	48
Figura 35 Rendimiento del Actuador Electra Hidráulico con Respecto a la Señalde Control del SCADA.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Nomas para Válvulas y Bidas	11
Tabla 2	Resumen de Ventajas y Desventajas de los Actuadores.....	19
Tabla 3	Datos de la Válvula Mariposa Concéntrica marca TVV.....	27
Tabla 4	Datos del Actuador Eléctrico PSAP 3.	28
Tabla 5	Datos de la Válvula Excéntrica Dezurik	38
Tabla 6	Datos a Considerar para la Selección del Actuador.....	38
Tabla 7	Datos del Actuador Electra Hidráulico.....	39
Tabla 8	Diferencias Técnicas entre Actuador Eléctrico VS Actuador Electra Hidráulico	39
Tabla 9	Datos de Apertura/ Cierre del Actuador Eléctrico	45
Tabla 10	Datos de Apertura/ Cierre del Actuador Electra Hidráulico	45

RESUMEN

En el presente trabajo de suficiencia profesional tuvo como propósito encontrar una solución al problema de fluctuación que subsistía en el área de filtración, lo que ocasionaba daños internos a las válvulas de control, así como mal manejo del llenado del tanque de filtración. Este problema hizo que se genere la parada del área de filtración lo cual perjudicaba la calidad del agua que se repartía a distintas viviendas.

Para dar solución a la fluctuación se tuvo que encontrar las fallas que originaba el problema, se encontró que el actuador eléctrico seleccionado no era el adecuado, pues el torque era menor al torque que necesitaba la válvula para modular, también al tener una respuesta muy lenta y calibración no exacta, no generaba un control de precisión adecuado para su sistema de filtración. Se puso en funcionamiento un actuador Electra hidráulico que compone de una parte eléctrica y mecánica, tenía como característica un mejor manejo de control y calibración, así como también un torque superior al actuador eléctrico.

Se obtuvo como resultado que el tiempo muerto que se produce desde el SCADA hacia el tablero de mando del actuador es 70 a 80 milisegundos y que al abrir la válvula al 100% nos da un tiempo de 10.5 segundo, a su vez su banda muerta es de 0.05% lo que resulta mayor control en la automatización desde el SCADA eliminando la fluctuación.

INTRODUCCIÓN

Bullón (2009) define que la automatización industrial es el empleo de tecnologías para procesos industriales frecuentes que mediante la automatización se puede controlar y monitorear de manera remota evitando la intervención humana y mejorando los tiempos de ciclo de producción, permitiendo producir uniformemente grandes cantidades de productos en menor tiempo de manera repetitiva y con pocos errores.

también Carrillo y Vázquez (2008) determinan que: “La automatización se define como la reducción de intervención humana que da como resultado un mejor manejo de recursos en las industrias evitando perdidas en la producción mediante un control de la operación remota, controlando los tiempos de ciclo de producción mediante sistemas mecánicos y electrónicos”.

Por Lorenzo (2007) define como automatización al conjunto de aplicaciones mecánicas y electrónicas que ayudaran por medio ordenadores a controlar y supervisar la operación de la producción.

Según Leónidas (2010) nos dice que un sistema de abastecimiento de agua potable está compuesto por un conjunto de obras necesarias para captar el agua proveniente de embalses, lagos o ríos que serán conducidos a un proceso de filtración que ayudara eliminar cada residuo o bacterias que puedan causar cualquier enfermedad, después serán almacenados para finalmente ser distribuidos en fuentes naturales subterráneos o superficiales a cada vivienda. El sistema de abastecimiento de agua debe cumplir con normas establecidas que garantizaran un correcto funcionamiento y calidad del agua distribuida.

Según Leónidas (2010) define que el área de filtración es un proceso donde se eliminan residuos sólidos o huevos de larvas asegurando el cumplimiento de la norma establecida para consumo humano por eso es el proceso más importante en un tratamiento de aguas residuales.

También Gonzales (2019) nos resume que la filtración es el proceso final del tratamiento de agua, la cual será responsable de la calidad del producto final que será destinado cada vivienda. Este proceso se basa en la eliminación de partículas suspendidas y dispersas en el fluido captado de ríos, lagos o embalses.

Los problemas que causa la falta de precisión en la etapa de filtración es que el tanque se llena más de lo requerido y esto hace que a la hora de filtrar la calidad de agua que se envía a cada vivienda no sea de buena, además la fluctuación es causa de una mala precisión que origina daños internos en los equipos.

Según Rexa (2015) Los actuadores Electra hidráulico tiene como componente una parte mecánica y una parte eléctrica las cuales harán que el control que se realiza sea lo más preciso que muchos actuadores convencionales, ya que su banda muerta o la sensibilidad es de 0.05% y el tiempo de respuesta en 80-70ms

En ese sentido en el presente trabajo de suficiencia profesional, se describe el proceso de automatización de la válvula de control con actuador Electra hidráulico para la mejora de precisión del área de filtración, PTAR santa clara Sedapal; motivo por el cual detallo las procedimientos y componentes a utilizar para conseguir el funcionamiento del automatismo.

OBJETIVOS

a) **Objetivo General**

Automatizar la válvula de control con el actuador Electra hidráulico para la mejora de precisión del área de filtración, PTAR Santa Clara- Sedapal 2020.

b) **Objetivo específico**

- Determinar el actuador Electra hidráulico adecuado, para la mejora de precisión del área de filtración, PTAR Santa Clara – Sedapal 2020.
- Comprobar la correcta operatividad del actuador Electra hidráulico con su sistema SCADA para la mejora de precisión del área de filtración, PTAR Santa Clara- Sedapal 2020.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Bases teóricas

1.1.1. Antecedentes Internacionales.

Jiménez (2011) en su tesis titulada: *“Estudio de causa raíz de falla mecánica en la válvula de carga de la unidad hidrotadora de Diesel de la refinería de Barrancabermeja”*. En la tesis establece como objetivo: evaluar condiciones operacionales para las cuales se está generando la falla mecánica de la válvula , determinar qué factores y parámetros se deben tener en cuenta para obtener una adecuada selección y dimensionamiento de la instrumentación requerida para controlar una variable de proceso ; Al desarrollar la investigación concluye que existen vibraciones en el sistema de tuberías donde están instalados las válvulas de control que pueden ocasionar daños internos descolocación del obturador o eje, también puede generar que el cierre no sea hermético lo que ocasionaría que el fluido filtre y esto generaría daños al usuario si en caso el líquido sea toxico o perdida de dinero , otro caso puede causar que las bridas estén flojas; por ultimo recomienda que existen condiciones para cada proceso las cuales se deben tener en cuenta como temperatura, velocidad del fluido, tamaño de la tubería, el tiempo de respuesta, el tipo de falla.

Según Villacis (2013) en su tesis titulada: *“Automatización del proceso de tratamiento de aguas residuales en TECNOVA S.A”*. En la tesis establece como objetivos: Analizar y comprender cada una de las etapas del tratamiento de aguas residuales junto con sus procesos químicos que intervienen en su desarrollo, verificar el funcionamiento del tratamiento de aguas residuales este acorde a las necesidades y requerimientos de la fábrica en beneficio del medio ambiente; Al desarrollar la investigación concluye que al tener procesos automatizados nos aseguramos en disminuir en gran cantidad el tiempo de para en producción de ciertas áreas que podría ser consecuencia de

la escasez de agua para etapas importantes como es el proceso de carga eléctrica de las baterías.

1.1.2. Antecedente Nacionales

Según Silvera (2015) en su tesis titulada: *“Diseño de un sistema automatizado de extracción de muestras de leche en la descarga de cisternas de Planta GLORIA S.A, - Trujillo”*. En la tesis establece como objetivos: Determinar el sistema de control idóneo para la extracción de muestra de leche que pueda ser implementado en la Planta Gloria S.A , simular el sistema de extracción de leche de las cisternas y Obtener de los datos experimentales del sistema extracción de leche para evaluar de precisión; al desarrollar la investigación concluye que es necesario obtener un sistema automatizado pues ayuda a facilitar el desarrollo de proceso, así como automatizar de manera remota.

Según Sánchez (2011) en su tesis titulada: *“Diseño e implementación de un sistema de automatización para mejorar la producción de carretos en la empresa La Casa de Torillo SRL”*. En la tesis establece como objetivos: determinación de las etapas del proceso, dispositivos que intervienen, diagrama eléctrico, diagrama de flujo, tiempos de operación, rangos, entradas, salidas; al desarrollar la investigación concluye que al implementar el sistema de automatización se logró reducir 150 horas de trabajo de 225 horas, es decir que anteriormente en 225 horas se obtenía una producción de ensamble de 1500 carretos y ahora, en 75 horas se ensambla los1500 reduciendo 150 horas equivalente a 18.5 días y de esta manera se ha aumentado la productividad de 0.94 a 3.72 , asimismo, por cada lote de 100 carretos que se fabricaban, 5 salían defectuosos, ahora, con el nuevo sistema no existen piezas defectuosas. Ahorrando S/107.4 mensual.

1.1.3. Definición de automatización

Según Maldonado (2009) define la automatización como procesos habituales que por general eran realizados por operadores humanos y que mediante de sistemas tecnológicos, mecánicos y electrónicos serán controlados y supervisados cada proceso en la producción. (p.28).

También nos dice Rusmassen (2009) que la automatización del servicio tiene como función automatizar cada procesos, tareas o actividades, configuración y operación de la automatización que será establecido por el personal de control IT. (p.8).

1.1.4. Tipos de Automatización:

Según Maldonado (2009) nos dice que acuerdo a la automatización moderna se clasifica en tres diferentes tipos los cuales se definen a continuación como:

1.1.4.1. Automatización Fija

Está constituido por sistemas de control mediante PLC Y relevadores, se utilizan cuando existe una producción bastante elevada y con mucha demanda. Esta automatización fija tiene una inversión bastante elevada, además depende mucho de la vida útil del producto, ya que, si el producto queda obsoleto, la automatización tiende a ser obsoleta también ya que no es adaptable a cualquier modificación. (p.8).

1.1.4.2. Automatización Programable

Este tipo de automatización se emplea cuando existe unos bajos índices de producción, es recomendable utilizarla cuando la producción es por lotes. También tiende a ser de elevado costo inicial, pero a comparación de la automatización fija, este se puede configurar mediante un software por ende es adaptable a distintos procesos de producción. (p.9).

1.1.4.3. Automatización Flexible

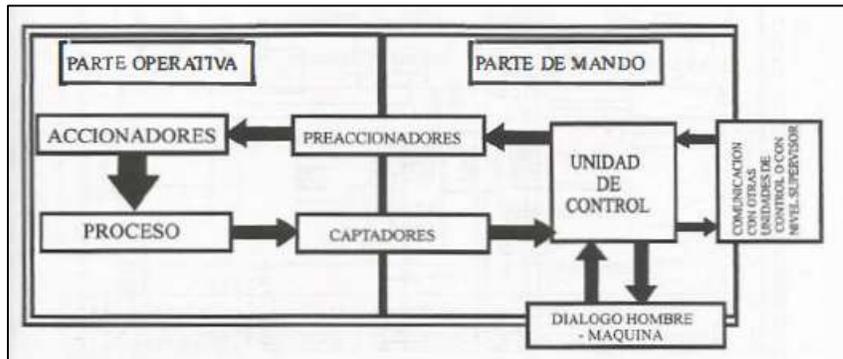
La automatización flexible es la combinación de la automatización fija y programable, es utilizada para un rango de producción mediana. Tiene como característica poder modificar el proceso de las maquinas sin la necesidad de parar la producción, esto hace que la producción sea continua y de buen rendimiento. (p.10).

1.1.5. Sistema de Automatizado

Piedrafita (2017) nos indica el sistema automatizado es la división en parte de mando y parte operativa. (p.16). Tal como se indica en la figura 1.

Figura 1

Parte de Mando y Parte Operativa.



Fuente: (Piedrafita Moreno, 2017).

La parte operativa ejerce una función directamente a las maquinas. Todos estos elementos hacen que las maquinas realicen una operación compleja o básico.

Ejemplo de elementos operativos: Actuadores, motores, cilindros neumáticos.

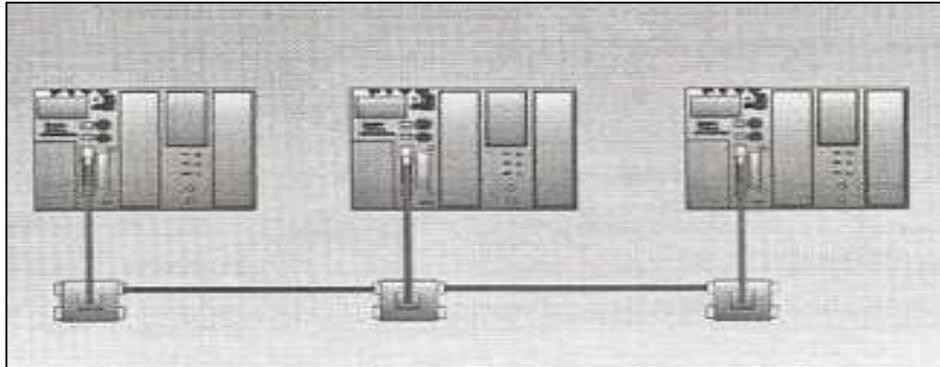
No todas las maquinas se pueden automatizar por diferentes factores:

- El precio de automatizar una maquina es muy elevado.
- El trabajo no es tan crítico y puede ser manejado por un humano.

1.1.6. Redes de Comunicación

Fijan una comunicación con diferentes partes de control. Las redes industriales al ejercer una comunicación intercambian datos a los aparatos autónomos en milisegundos. (p.17). Tal como se indica en la figura 2.

Figura 2
Red de Comunicación Industrial.



Fuente: (Piedrafita Moreno, 2017).

1.1.7. Descripción general de un SCADA

Según Pérez (2015) el sistema SCADA es un software que se utiliza para control remoto, mediante un sistema de comunicación digital controla la producción o aparatos que sean compatibles. (p.5).

Bailey y Wright (2003), citado por Pérez (2015), señala que el sistema SCADA junta toda la información del proceso y luego envía los datos y al panel de control, esto ayuda para a analizar y el controlar el proceso de manera adecuada. (p.5)

También Gómez, Reyes y Guzmán del Río (2008), citado por Pérez (2015), nos dice que el sistema SCADA es un sistema de automatización que nos permite controlar y supervisar la producción, esto lo hace diferente a otros sistemas (p.5).

1.1.8. Concepto de Válvula

Según Arkadie (2017) define la válvula como un dispositivo mecánico que tiene la función de abrir, retener o modular el fluido que pasa por la línea, la pieza que obstruye de manera parcial o total el paso del fluido es el obturador.

En las industrias es una pieza fundamental pues controlan el proceso ya sea para líquidos y gases, desde lo más simple (agua limpia) hasta lo más corrosivos o tóxicos. (p.4).

1.1.9. Tipos de válvulas

Según Arkadie (2017) nos indica que existen diferentes válvulas por aplicación requerida, esto se debe a la función que realizan cada de ellas como: modulación (control o estrangulamiento), On/Off (cierre). Se debe considerar criterios básicos como condiciones de servicios y el fluido a controlar, esto ayudara a tener una opción definida de que válvula se puede emplear, pues existen variedad de válvulas por cada función. (p.6)

1.1.9.1. Válvulas de compuerta:

La válvula de compuerta es requerida solamente para servicios On/Off, esto se debe que al mantenerla parcialmente abierta este genera turbulencia que dañan a la tubería y todo el sistema involucrado en la línea, también ocasiona erosión en la compuerta y asiento de la válvula. El paso del fluido de la válvula compuerta es total sin interrupciones o variaciones en la presión y fluido. (p.15). Tal como se indica en la figura 3.

Figura 3

Válvula de Compuerta Permite un Flujo Rectilíneo.



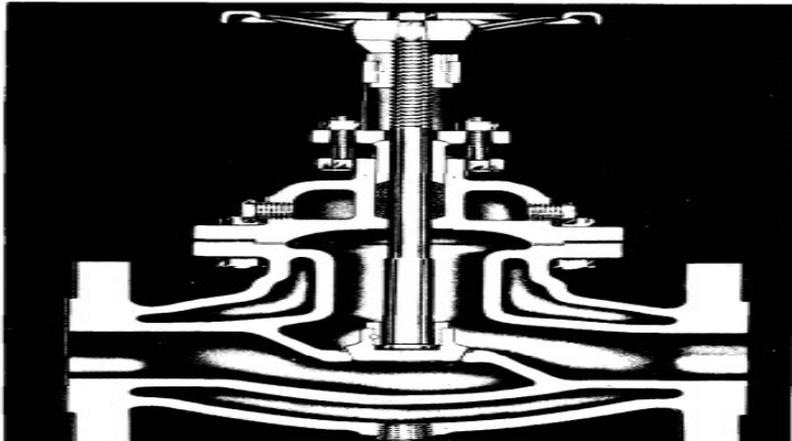
Fuente: (Greene, 2017).

1.1.9.2. Válvula de Globo

Estas válvulas pueden emplearse según el servicio requerido, pueden ser: Modulantes (para control) u On/Off (cierre/apertura). El servicio que comúnmente se aplica es para regular el fluido como: gases o aire. (p.17). Tal como se indica en la figura 4.

Figura 4

Válvula de Globo es para Control.



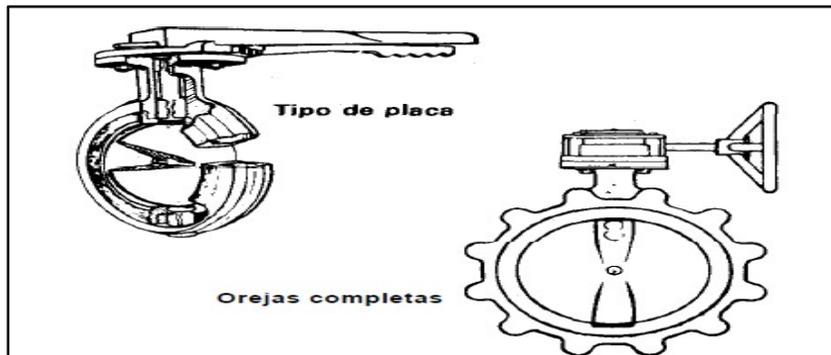
Fuente: (Greene, 2017).

1.1.9.3. Válvulas mariposa

Estas válvulas mariposa se puede utilizar según el servicio que se requiere, pueden ser: modulante u On/ Off. Pueden tener conexiones como: Bridada, Lug (brida en forma de orejas), Wafer (este último se instala con las bridas de tubería a tubería). (p.17). Tal como se indica en la figura 5.

Figura 5

Válvulas Mariposas con Conexión de Tipo de Placa y Orejas.

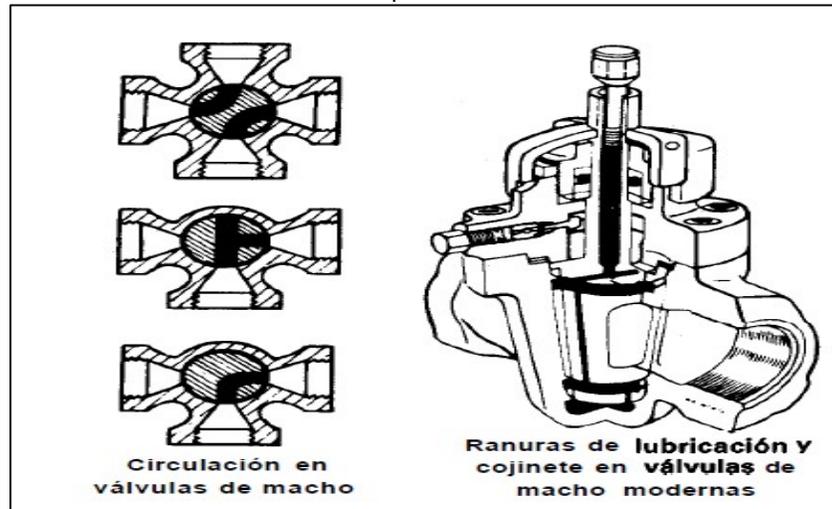


Fuente: (Greene, 2017).

1.1.9.4. Válvula macho

Las válvulas macho son de servicio únicamente On/Off, estas válvulas no generan turbulencia y su caída de presión es muy baja a comparación de otras válvulas, tiene un cierre hermético que garantiza cero fugas. (p.18). Tal como se indica en la figura 6.

Figura 6
Válvulas Macho con Orificios Múltiples.

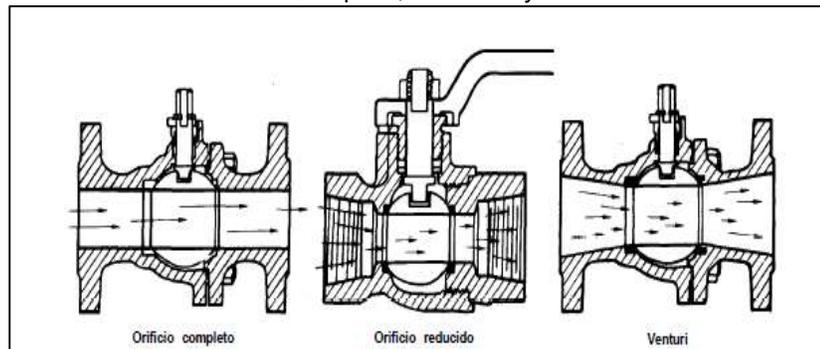


Fuente: (Greene, 2017).

1.1.9.5. Válvulas de bola

Las válvulas de bola pueden ser para servicios On/Off u modulantes, se utilizan comúnmente para regular el fluido como gases y al tener un cierre hermético este evita la fuga del fluido. (p.19). Tal como se indica en la figura 7.

Figura 7
Válvulas de Bola: Orificio Completo, Reducido y de Venturi.



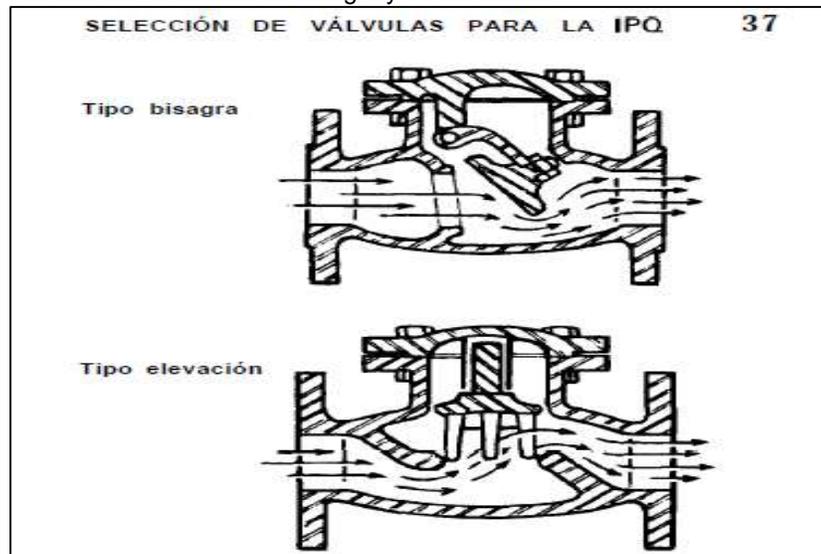
Fuente: (Greene, 2017).

1.1.9.6. Válvulas check

Las válvulas Check (retención) evitan el golpe de ariete pues tienen su cierre automático apenas se corta el fluido. Esta válvula se abre por la presión de fluido, se instalan cerca las bombas para protegerlas de cualquier daño por cavitación

Existen varios tipos de válvulas de retención para distintas aplicaciones, se tiene que tener en cuenta la temperatura, presión y fluido. (p.22). Tal como se indica en la figura 8.

Figura 8
Válvulas de Retención de Bisagra y de Elevación.



Fuente: (Greene, 2017).

Tabla 1
 Nomas para Válvulas y Bridas.

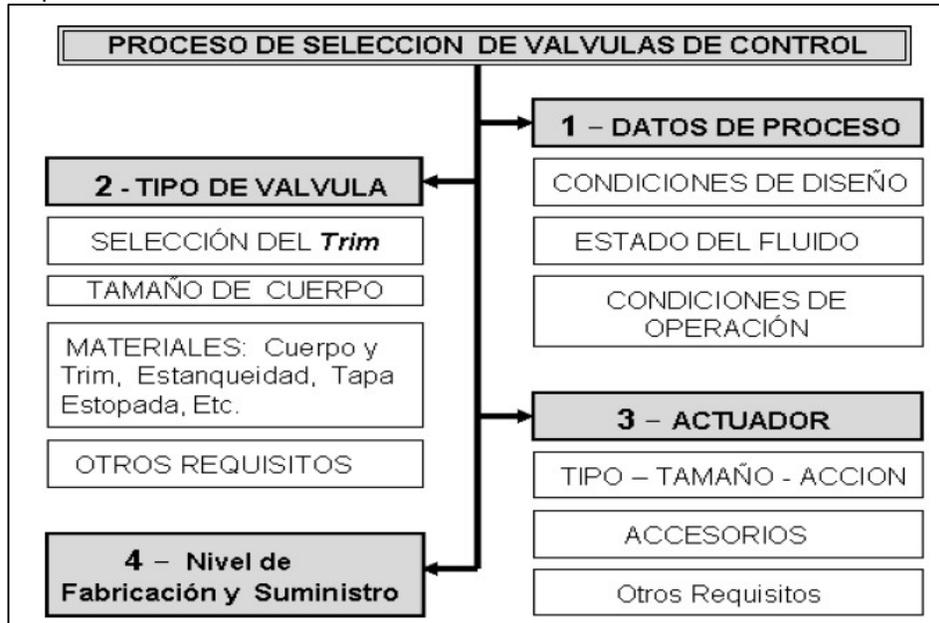
NORMAS	CONCEPTOS
MSS SP 6	Acabados de caras de contacto de bridas de extremo de válvulas y accesorios ferrosos.
MSS SP 37	Válvulas de compuerta de bronce 125lb MSS
MSS SP 42	Válvulas con brida fundidas, resistentes a la corrosión 150lb MSS
MSS SP 46	Instalación de bridas de acero de cara realizada en bridas de hierro fundido, latón, bronce o acero inoxidable.
MSS SP 65	Bridas y espárragos para alta presión en la industria química para uso con juntas lenticulares.
ANSI B 16.1	Bridas para tubo y accesorios con brida de hierro fundido
ANSI B 16.5	Brida para tubo y accesorios con brida de acero
ANSI B 16.10	Dimensiones de cara a cara y de extremo a extremo de válvulas ferrosas
ANSI B 16.11	Conexiones de acero de soldadura en enchufe
ANSI B 16.20	Juntas para unión de anillo y ranuras para brida
ANSI B 16.21	Juntas no metálicas para brida de tubo
ANSI B16.24	Bridas y conexiones con brida de latón o bronce
ANSI B 16.25	Extremos de soldadura a tope

Nota: proporciona conceptos de las normas de válvulas y conexiones.

1.1.10. Planteamiento previo al cálculo

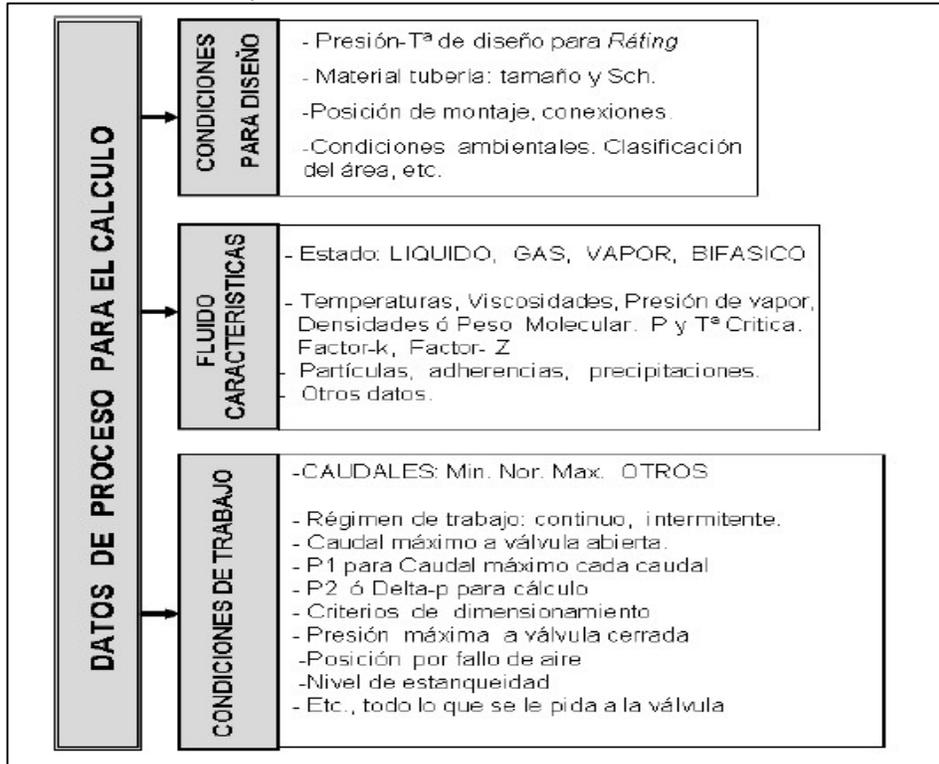
Según Campo (2018) nos comenta que se tiene que considerar 4 puntos para una selección de válvula de control, esta descrito en la figura 9.1. Estos datos son importantes, respecto al tipo de fluido que se requiere controlar nos ayudara a seleccionar los materiales del cuerpo y partes internas de la válvula. (p.357). Tal como se indica en la figura 9 y 10.

Figura 9
Esquema de Procesos de Selección.



Fuente: (Campo Lopez, 2018).

Figura 10
Datos para el Cálculo y Selección.



Fuente: (Campo Lopez, 2018).

1.1.11. Cálculos para selección de válvula

Según Valvias (2015) nos indica que los cálculos para seleccionar una válvula son: coeficiente de caudal (Q) que tiene de fórmula

$$Q = K. \sqrt{\frac{\Delta P}{SG}} \dots (1)$$

Datos:

- SG: Gravedad específica (1 para el agua)
- ΔP : Diferencia de presión.
- K: Coeficiente de caudal (Kv)(Cv)
- Q: Caudal

También para calcular la velocidad de flujo la fórmula es la siguiente:

$$V = C. \sqrt{2. g. \Delta h} \dots (2)$$

Datos:

- C: Coeficiente de descarga
- g: Gravedad 9.8 m/s²
- Δh : Diferencia de altura de fluido

En el caso del coeficiente de caudal se tiene la siguiente fórmula:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{\frac{\Delta P}{SG}}} \dots (3)$$

Datos:

- SG: Gravedad específica (1 para el agua)
- Q: Caudal
- Δp : Diferencia de presión.

Para hallar el coeficiente de carga se tiene la siguiente formula:

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} * A} \dots (4)$$

Datos:

- Q: Caudal
- g: Gravedad 9.8 m/s²
- Δh: Diferencia de altura de fluido
- A: Área

Para hallar la diferencia de presión se debe tomar en cuenta la siguiente fórmula:

$$\Delta P = \left[\frac{Q}{C \cdot A} \right]^2 \cdot \frac{d}{2} \dots (5)$$

Datos:

- Q: Caudal
- C: Coeficiente de descarga
- d: densidad (densidad del agua = 1000kg/m³)
- A: Área

Para hallar la diferencia de altura se tiene la siguiente fórmula:

$$h = \frac{Q^2}{K \cdot d \cdot g} \dots (6)$$

Datos:

- Q: Caudal
- K: Coeficiente de caudal (Kv)(Cv)
- d: densidad (densidad del agua = 1000kg/m³)
- g: Gravedad 9.8 m/s²

1.1.12. Definición de Actuador

Según Carey (2017) nos dice que un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo una válvula. Son los elementos que influyen directamente en la señal de salida del automatismo, modificando su magnitud según las instrucciones que reciben de la unidad de control.

1.1.13. Tipos de Actuador

Según Carey (2017) define al actuador como un elemento que produce una fuerza automotriz en el eje y disco de la válvula lo que hace accionar la válvula, debe estar bien seleccionado y dimensionado para poder controlar bajo fuerza estática y dinámicas.

válvulas: 1. resorte y diafragma, 2. pistón neumático, 3. motor eléctrico, 4. hidráulico o electrohidráulico. (p.172).

1.1.13.1. Actuadores de diafragma

El actuador El actuador diafragma es un actuador neumático que funcionan con aire, son adecuados para servicios de estrangulamiento mediante señales directas desde los instrumentos. Cuando se inyecta aire al actuador el diafragma comprime el resorte, en caso suceda una falla en la alimentación o señal el resorte hace que vuelva a su posición inicial. (p.172). Tal como se indica en la figura 11.

Figura 11
Actuador Neumático de Resorte y Diafragma.

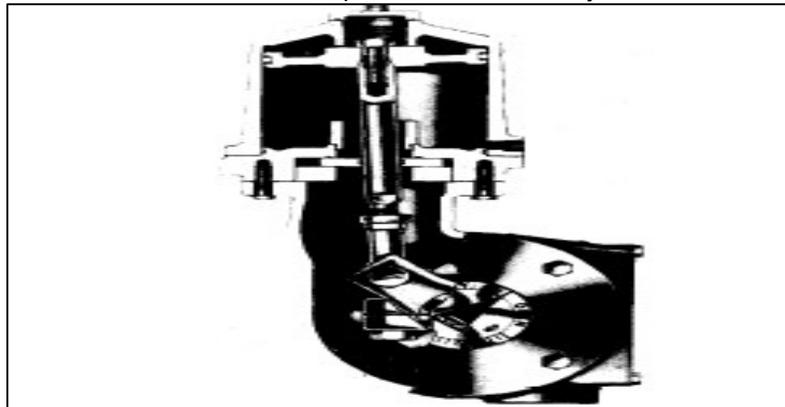


Fuente: (Greene, 2017).

1.1.13.2. Actuadores de pistón

Cuando se requiere mayor potencia que la disponible con un actuador de resorte y diafragma se puede utilizar uno de los otros tipos antes mencionados. Los actuadores neumáticos de pistón son los más económicos en cuanto a la fuerza producida para accionar válvulas automáticas de control. Suelen funcionar con presión de entrada entre 50 y 150 psi. Aunque algunos tienen resortes de retorno, esta construcción tiene capacidad limitada (p.172). Tal como se indica en la figura 12.

Figura 12
Actuador Neumático de Pistón para una Válvula de Eje Rotatorio.



Fuente: (Greene, 2017).

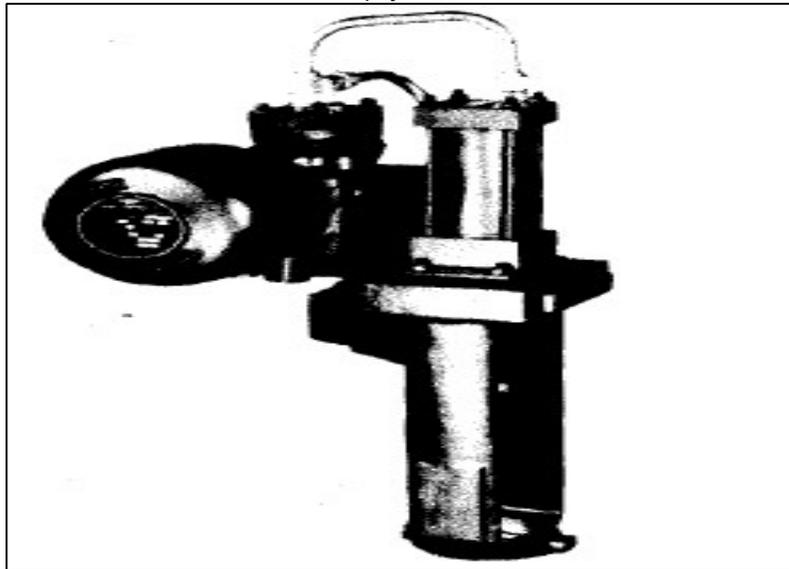
1.1.13.3. Actuadores hidráulicos y electrohidráulicos

Los actuadores electrohidráulicos tienen un motor y una bomba para enviar líquidos de altas presión a un pistón que produce una fuerza de salida. Son para presiones altas ya que producen empujes elevado a menudo de 10 000lb, pueden trabajar mediante una señal analógica.

Respecto a los actuadores hidráulicos son de menor costo y necesitan de su Unidad de poder (bombeo). (p.173). Tal como se indica en la figura 13.

Figura 13

El actuador Electrohidráulico Empuje Elevado Produce



Fuente: (Greene, 2017).

1.1.13.4. Actuador eléctrico

Los actuadores eléctricos son utilizados con frecuencia en procesos remotos, su desventaja es cuando se requiere unos cambios frecuentes en la posición de la válvula pues puede originarse desgastes en la placa o elementos externos. (p.173).

1.1.13.5. Actuador Electra hidráulico

El actuador Electra hidráulico tiene una parte eléctrica (tablero de control) y una parte mecánica (actuador), es utilizado para un control severo y proporciona una alta confiabilidad. Este actuador tiene todo auto contenido su bomba de engranajes, su tanque de aceite y no necesita un HPU. Es compatible con señales de 4-20mA para un control remoto. Tal como se indica en la figura 14.

Figura 14

El Actuador Electra Hidráulico.



Fuente: (Greene, 2017).

Tabla 2
Resumen de Ventajas y Desventajas de los Actuadores

ACTUADORES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Neumático	<ul style="list-style-type: none"> *Compra baja Precio. *Fácil de reparar * Servicio continuo. *Estándar de la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> *Precisión deficiente (1% - 2%). *Medio compresible - Aire. *Alto costo de propiedad - Suministro de aire. *Necesita aire limpio y seco.
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> * Compacto. *Adaptable para control remoto. 	<ul style="list-style-type: none"> *Costo y relación de torsión elevados. *No tiene falla sin peligro. *Capacidad limitada para estrangulación. *Carrera lenta.
Electrohidráulico	<ul style="list-style-type: none"> * Muy preciso y rápido. * Rígido - Líquido no comprimible. * Compacto para tamaño / salida de fuerza. 	<ul style="list-style-type: none"> * Costo caro. * A menudo se filtran o se obstruyen las partículas. * Se requiere mantenimiento de aceite. * Motores y bombas en funcionamiento constante. * Gran cantidad de fluido / potencial de fuego.
Electra hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> * Posicionamiento preciso (<0,10% de precisión) y rápido. * Rígido - Aceite de motor no comprimible. * Ciclo de trabajo del 100%. * Circuito hidráulico sellado patentado sin mantenimiento de aceite programado. * Compacto para tamaño / salida de fuerza. 	<ul style="list-style-type: none"> * Alto costo de capital inicial. * Conciencia tecnológica.

Nota: Esta tabla muestra las ventajas y desventajas de cada actuador eléctrico, precios, mantenimiento y precisión.

1.1.14. Aguas Residuales

Según Méndez (2010) define las aguas residuales denominadas aguas servidas, aguas fecales o cloacales; son consideradas residuales porque el agua luego de ser usada, constituye un residuo el cual no puede volver a ser usado directamente. (p.34).

También Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) (2014) define como aguas residuales a aguas cuyos componentes físicos o químicos han sido modificados por actividades de intervención antropológica, ya sea fisiológicas o de producción (industrial, minera, etc.), las cuales requieren un tratamiento previo antes de ser nuevamente reutilizadas para el consumo humano o para descargarlas a un sistema de alcantarillado. (p.2).

1.1.15. Clasificación de aguas residuales

Según la procedencia se tiene la siguiente clasificación:

- **Aguas residuales industriales:** Son todas aquellas aguas que provienen de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
- **Aguas residuales domésticas:** Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana y deben ser dispuestas adecuadamente.
- **Aguas residuales municipales:** Son todas aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (OEFA, 2014, p.3).

1.1.16. Tratamiento de agua residuales.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de mejorar la calidad de las aguas residuales hasta un nivel que permita su disposición final, o reúso. (Tratamiento y reúso de aguas residuales, s.f.).

Espinoza (2010) menciona que, en el tratamiento de las aguas residuales, los sólidos inorgánicos que el agua contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos queden convertidos en sólidos minerales o en compuestos orgánicos relativamente estables. (p.46).

1.1.17. Filtración

Según Di Bernardo (1993) la filtración en los tratamientos de aguas residuales es uno de los procesos más importantes, debido a que se encarga de remover los sólidos suspendidos, por ende, es el principal responsable de la producción de agua con calidad consistente con los patrones de potabilidad. En este proceso se separa los sólidos que afectan la calidad del agua según el estándar establecido para el consumo humano. (p.6).

Metcalf & Eddy (1998), mencionan que la filtración es empleada de modo que se quiere conseguir eliminar los sólidos en suspensión (incluida la DBO particulada) en los procesos de tratamiento biológicos y químicos. El diseño de los filtros y la valoración de su eficacia debe basarse en:

- La comprensión de las variables que controlan el proceso.
- El conocimiento del mecanismo u mecanismos, responsables de la eliminación de materia particulada del agua residual.

1.2. Definición de términos básicos

- **Accionamiento:** Mecanismo que ejerce una fuerza para la apertura y cierre de la válvula.
- **Actuador de Doble Efecto:** También llamados de última posición, es un actuador que puede ejercer la fuerza para abrir o cerrar la válvula mediante un pistón, se ve usualmente en los actuadores neumáticos donde el aire ingresa para ambos sentidos accionando la válvula.
- **Asiento:** Es la parte de la válvula que tiene contacto con el obturador al momento de cerrarla o abrirla, el cuerpo del asiento puede ser de distintos materiales según el fluido a controlar
- **Banda Muerta:** Es un rango de señal de entrada que puede variar, pero no producirá respuesta perceptible en el sistema.
- **Eje:** Es un elemento que fija el obturador, este al ser conectado al actuador le da el giro de apertura y cierre de la válvula.
- **Extremos:** Pueden ser bridas, wafer, soldadas o roscada, estas conexiones se dan para unir la tubería y la válvula
- **Histéresis:** Cambio ocasionado por fricción y viscosidad que produce pérdida de energía del equipo.
- **Obturador:** Es un elemento de la válvula que evita o regula el paso del fluido, en las válvulas mariposas su obturador es el disco, en las plug es un tapón.
- **TRIM:** Son las partes húmedas internas de la válvula.

CAPITULO II

METODOLOGIA DE DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1. Delimitación temporal y espacial del trabajo.

2.1.1. Temporal

La Automatización de la válvula de control con actuador Electra hidráulico para la mejora de precisión del área de filtración se desarrolló en un periodo comprendido entre los meses de agosto a setiembre del año 2020.

2.1.2. Espacial

Desde el punto de vista espacial la Automatización de la válvula de control con actuador Electra hidráulico para la mejora de precisión del área de filtración se desarrolló en los ambientes de la PTAR Sedapal, ubicada en Santa Clara distrito de Ate.

2.2. Determinación y análisis del problema

A inicios del año 2017 antes del impacto del fenómeno El Niño Costero existía carencia de servicios de agua potable (cerca de 8 millones de peruano). La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2017) nos da a conocer que, aunque hubo un crecimiento económico muchas personas aun excluidas no cuentan con el servicio básico de agua potable. Durante ese periodo Perú tuvo una alta tasa de crecimiento (entre 2002 y 2013 fue 6,5%) y una reducción de pobreza (de 54,7% en 2001 a 22,7% en 2014). Sin embargo, no cumplió los deseos de todos. (SUNASS,2017).

Una persona necesita mínimo 50 litros de agua al día para beber y asearse, según la Organización Mundial de Salud (OMS). El consumo medio en el distrito de Lurigancho-Chosica era en 2011 de 15,2 Litros, en San Isidro se gastaba 447,5Litros. (OMS,2017).

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)-Santa Clara, actualmente subsiste un problema en el área de filtración, el inconveniente surge cuando el sistema SCADA envía la señal de apertura a la válvula de control a un cierto porcentaje se origina una fluctuación (el llenado del tanque se llena automáticamente en 1.20m y se cierra a 1.80m, la fluctuación era de $\pm 10\%$ del llenado) esto hacía que el operario tenga que desaguar lo restante, malograba el asiento de la válvula, los engranajes del actuador y las placas se quemaban.

Según en el área de Sedapal en los años 2018 y 2019, la parada de esta área ha causado pérdidas económicas que están relacionados con la parada del personal encargado, el mantenimiento constante del actuador eléctrico.

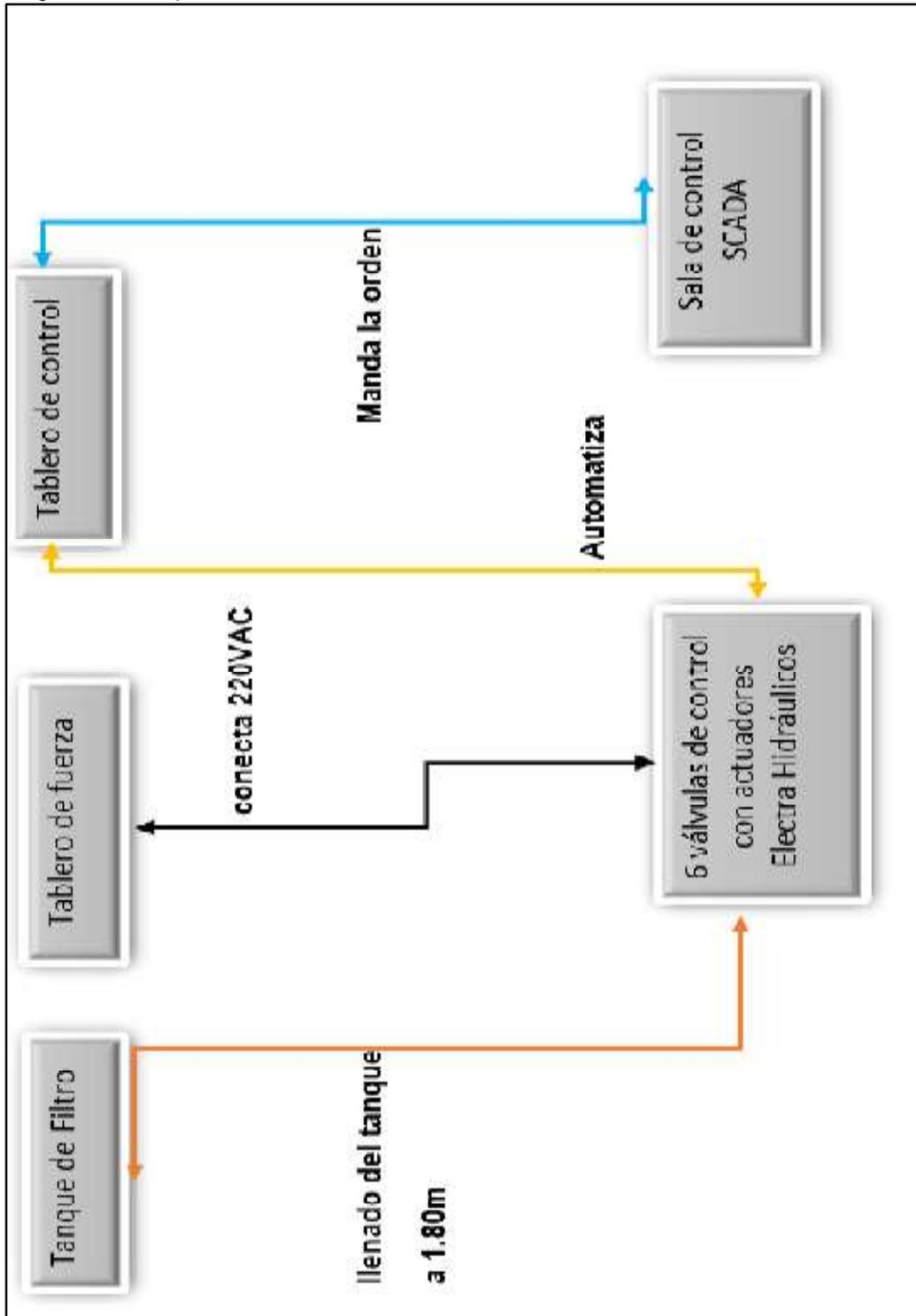
2.3. Modelo de solución propuesto

En relación al objetivo general y específicos propuestos, detallare los procedimientos que se ha seguido con el fin de dar solución al problema descrito en el punto 2.2.

En la figura 15 vemos que existe una sala de control donde se monitorea el funcionamiento del actuador para el accionamiento proporcional de la válvula, del sistema SCADA esta interconectado con el tablero de control del área de filtración y este a su vez está conectado con el tablero de control del propio actuador, el tablero de fuerza da la alimentación de 220 VAC y también se conecta al tablero del actuador.

Figura 15

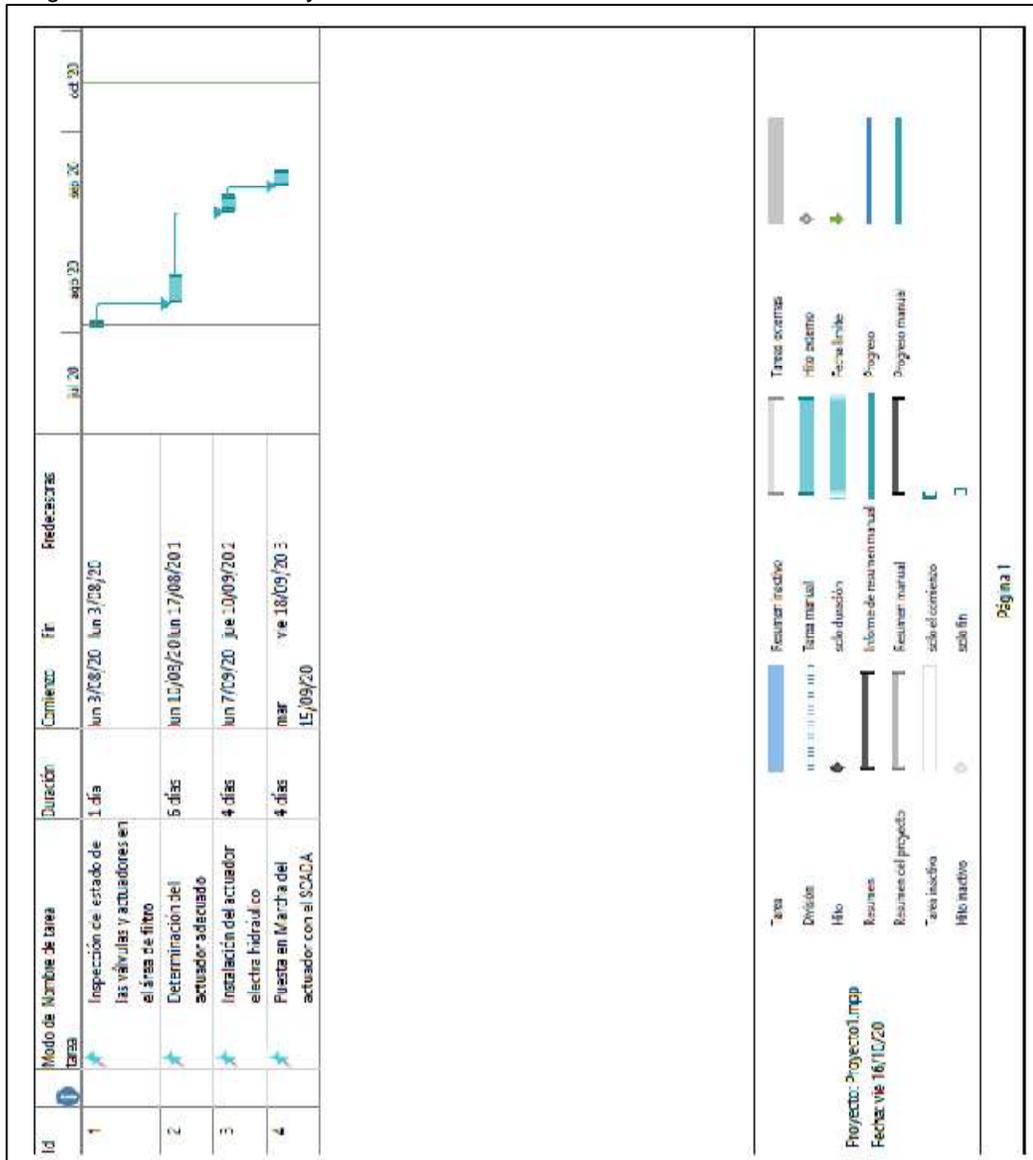
Diagrama de Bloques del Proceso en el Área de Filtración.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16 vemos el diagrama de Gantt del proyecto donde se establece los días y tiempo que se tardó en realizar el proyecto en la Ptar sedapal, este proyecto comenzó con la inspección de las válvulas y actuadores que se encontraban en el área de filtración, para posteriormente llegar a determinar el actuador adecuado y dando por finalizado con la puesta en marcha del actuador electra hidráulico.

Figura 16
Diagrama de Gantt del Proyecto PTAR.



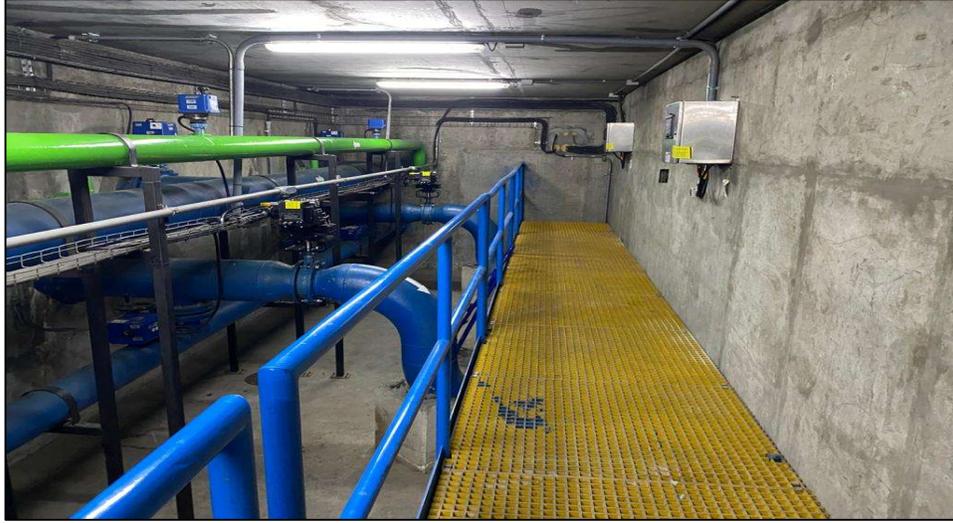
Fuente: Elaboración propia.

2.3.1 Análisis situacional de los equipos en el área de filtración.

En el área de filtración ubicada en la PTAR Santa Clara, hay 6 líneas que alimenta al reservorio, en cada línea están instaladas válvulas mariposas con su actuador eléctrico. Tal como se indica en la figura 17.

Figura 17

Área de Filtración.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020)

Las características de las válvulas y actuadores se describen en las siguientes tablas:

Tabla 3

Datos de la Válvula Mariposa Concéntrica marca TVV.

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Modelo:	20694EL
Marca:	TTV
Diámetro:	200mm – 8 inch
P. N:	10 bar
P. T:	15 bar
Temperatura:	-10 / 90°C
Material del disco:	Acero inoxidable 316
Material del asiento:	EPDM
Fecha del producto:	9-Nov
Torque:	93 Nm

Nota: Datos tomados de la placa de la válvula mariposa concéntrica instalada.

Tabla 4
Datos del Actuador Eléctrico PSAP 3.

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Alimentación	230 VAC, 60Hz
temperatura	-20°C + 60°C
Señal de entrada	4-20mA
Banda Muerta	0.5 - 5%
Tiempo muerto	1 seg
Modulación de Torque	250Nm

Nota: Datos tomados de la placa del actuador eléctrico instalados en el área de filtro.

Estado Situacional de las válvulas:

- Los asientos de la válvula se encontraron desgastados por corrosión, esto hacía que el sellado no sea totalmente hermético y se filtraba líquido. La válvula utilizada ya por ser concéntrica tiene un desgaste en el asiento pues al momento de abrir y cerrar el obturador y el asiento siempre están en contacto. Estos asientos se tuvieron que cambiar ya que tampoco cumplían con la función de resiliente por eso ya tenía deformación constante.
- Este caso se encontró para las 6 válvulas en línea en el área de filtro, la ventaja es que estos asientos son removibles a la hora de su mantenimiento y pueden ser cambiados. Tal como se indica en la figura 18.

Figura 18

Asiento de la Válvula Desgastada



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Los ejes de la válvula se encontraron descuadrados esto se debe al constante movimiento aplicado a la hora de modular la válvula pues se ejerce un torque, además el obturador se encontraba corroído en los bordes ocasionado por la presión del fluido y los productos químicos que hay en el proceso de filtración. Hay que tener en cuenta que el obturador está en constante contacto con el asiento en todo el recorrido por ser la válvula concéntrica. Tal como se indica en la figura 19.

Figura 19

Obturador de la Válvula y Eje en Mal Estado.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

Estado situacional de los actuadores.

- La tapa del obturador en los bordes se encontraba desgastados además en las partes internas se presentaban corrosión, esto se puede deducir que quizás hubo filtro del líquido en el actuador o por el ambiente húmedo el material no es el adecuado. Tal como se indica en la figura 20.

Figura 20

Tapa del Actuador Eléctrico.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- La tarjeta del actuador eléctrico se encontró dañada en algunos casos quemados esto fue ocasionado al momento de ejercer un torque mayor, además el indicador de posición estuvo descuadrado ya que al momento de accionar la válvula para abrir y cerrar este no marcaba una correcta posición. Tal como se indica en la figura 21.

Figura 21
Tarjeta Eléctrica.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Las borneras del actuador eléctrico se encontraban desgastadas y sulfatadas esto hacía que no exista contacto al momento de conectar los cables y esto ocasionaba que el actuador eléctrico no accione correctamente la válvula. Tal como se indica en la figura 22.

Figura 22
Borneras Sulfatadas.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- La estructura del motor estaba sulfatada y las partes internas del motor como las bobinas estaban muy dañadas debido a un torque mayor que se aplicaba para accionar la válvula. Tal como se indica en la figura 23.

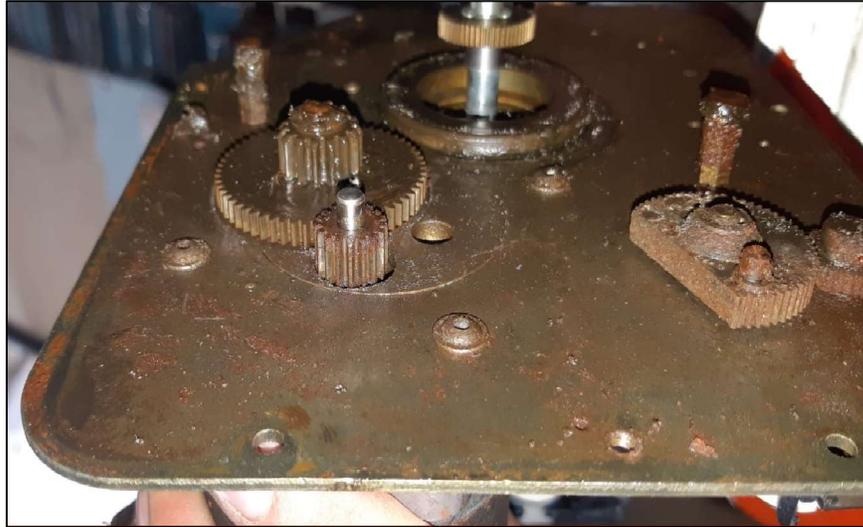
Figura 23
Bobinas del Motor Eléctrico.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Los engranajes y piñones del actuador se encontraron oxidados, en algunos casos se encontraron engranajes sin dientes completos. Tal como se indica en la figura 24.

Figura 24
Engranajes Oxidados.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Se encontraron que el Switch de posición y de torque desgastados, el torque giraba, pero no hacía contacto para abrir ni cerrar la válvula de control. Tal como se indica en la figura 25.

Figura 25
Switch de Posición.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

Análisis de fallas en el actuador:

- El Switch de torque se encontraba malogrado, no giraba y no se realizaba los contactos de desconexión, esto podría generar que se recaliente o se quemara el motor eléctrico.
- El eje de los Switches de posición giraba, pero los engranajes no funcionaban lo que no permitía que el equipo identifique la posición final de abierto / cerrado, haciendo que el motor siga girando sin control.
- Se observó que el capacitor estaba dañado y/o reparado lo que no se aseguraba su correcto funcionamiento.
- El torque del equipo puede que no tenga la fuerza necesaria para operar la válvula de la forma adecuada.

Datos de la válvula de reemplazo.

Tabla 5
Datos de la Válvula Excéntrica Dezurik.

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Marca	Dezurik
Tipo	Mariposa excéntrica
Diámetro	8inch
Rotación	90°
Torque cerrado /abierto	3,408 in lb / 355 Nm
Tiempo cierre	30 segundos
Conexión	Wafer Drilling; ISO 7005-2
Material del cuerpo	Dúctil Iron
Material de asiento	EPDM
Material del disco	Acero inoxidable 316

Nota: Datos tomados de la placa de la válvula y ficha técnica.

2.3.2. Determinación del actuador adecuado para la válvula de reemplazo para la precisión del área de filtración.

Datos a considerar para seleccionar el actuador.

Tabla 6
Datos a Considerar para la Selección del Actuador.

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Torque de la Válvula	3,408 in lb / 355.22Nm
Comunicación del sistema SCADA	4-20mA
Rotación	90°
Tensión / Frecuencia	220 VAC / 60Hz Monofásico
Tiempo muerto requerido	<1seg

Nota: Datos críticos para seleccionar correctamente el actuador.

Tabla 7
Datos del Actuador Electra Hidráulico.

CARACTERISTICAS MECANICAS/ELECTRICAS	DESCRIPCION
Tipo de Actuador	Cilindro Rotativo
Rendimiento	5000 in*lbs
Rotación del actuador	90 grados
Heater / Solenoide Voltaje	115 volts AC
Accionamiento manual	Volante
Tamaño del módulo de potencia	B module
Fuente de alimentación	230 volts AC -1 phase 50/60Hz
Control de Señal	4-20mA
Material de la caja	Acero inoxidable 316, NEMA 4X
Position Transmitter	Passive 4-20mA
Voltaje secundario	110/220
KVA	1.5
Corriente	4.0A Max
Banda muerta	Ajustable 0.05% -5.0%
Tiempo Muerto	50 -70ms
Repetibilidad	<0.10% carrera completa

Nota: tabla de descripción de características eléctricas y mecánicas del actuador.

Tabla 8
Diferencias Técnicas entre Actuador Eléctrico VS Actuador Electra Hidráulico

DATOS	ACTUADOR ELECTRICICO	ACTUADOR ELECTRA HIDRAULICO
Voltaje / frecuencia: 220 VAC / 60Hz , 1 fase	OK	OK
Tiempo muerto: <1s	1-2seg	50-70ms
Torque de la válvula: 355Nm	250Nm	564Nm
Señal de control: 4-20mA	OK	OK
Rotación: 90°	OK	OK
Banda muerta	0.5%-5.0%	0.05%-5.0%

Nota: Se encuentran diferencias en los datos como tiempo muerto, torque de la válvula y banda muerta, esto nos lleva a seleccionar con más claridad el actuador Electra hidráulica ya que cumple con lo requerido.

2.3.3. Instalación del actuador Electra hidráulico

- Se identificó las salidas del actuador que van estar conectados al tablero de control y al tablero de fuerza. Tal como se indica en la figura 26.
- Características internas: Tarjeta de poder se divide por medio de los transformadores en 4 voltajes: 5V Display – 5V CPU – 15 V retro aviso y 24 V para el Feedback que está conectado.

Figura 26

Partes Internas del Tablero de Control del Actuador Electra Hidráulico.

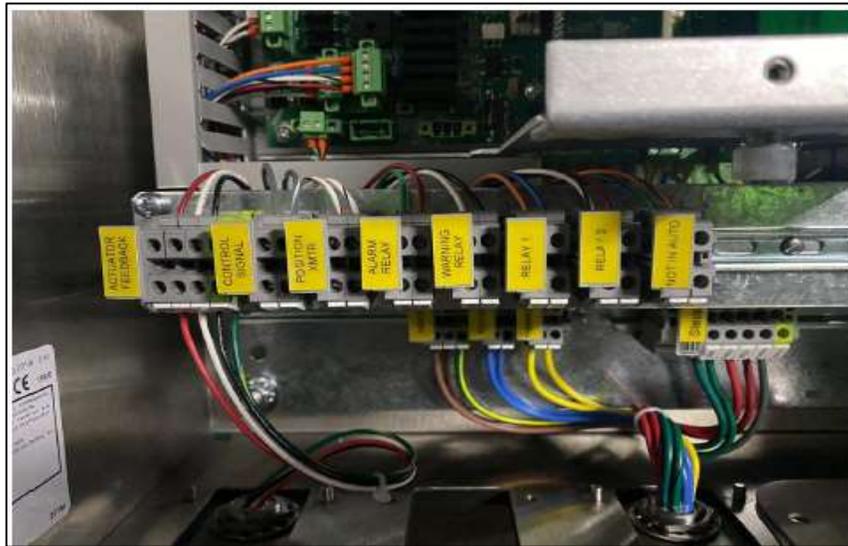


Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Se detecto los cables que salen del tablero de control (posicionador e indicador de posición del tablero) y tablero fuerza del área de filtro para enlazarlos con un cable vulcanizado (7 hilos) TWH al tablero de mando del actuador Electra hidráulico. Tal como se indica en la figura 27.
- Mediante un multímetro se verifico la continuidad de los cables y se comenzó a instalar cada una de ellas como indica el plano.

Figura 27

Circuito de Control del Actuador Electra.

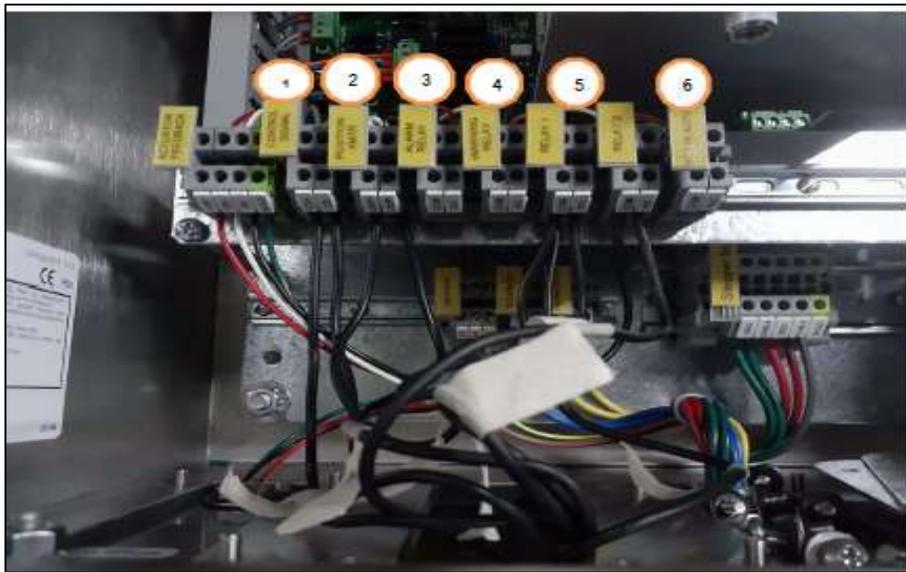


Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Se conecto los cables 2-3 que salen del tablero de control (PLC) al tablero de control del actuador y los cables que salen del tablero de fuerza fueron conectados al contacto principal del tablero del actuador. Tal como se indica en la figura 28.
- Control señal: 4-20mA
- Posición XMTR: Abierto y cerrado
- Relay 1 – Relay 2: Indicadores de posición
- Alarm Relay: Da aviso a una falla que impide el funcionamiento.
- Warning Relay: Da aviso a una falla que está sucediendo en el proceso, pero sigue funcionando.
- Not In Auto: Da aviso que hubo una manipulación en el sistema.

Figura 28

Partes Internas del Tablero de Control del Actuador Electra Hidráulico.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Para la simulación del buen funcionamiento del actuador se simuló con un calibrador la señal de 4-20 mA, antes de esto se calibró la posición inicial y final manualmente en el tablero de control del mismo actuador. Tal como se indica en la figura 29.

Figura 29

Calibración del Actuador Electro Hidráulico.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

2.4. Resultados

2.4.1. Prueba del actuador Electra hidráulico con el SCADA

- Se configuro el SCADA en modo automático para hacer la apertura de las válvulas de control, se considera un valor 5000.00 que representa un 50% de apertura. También a un 25% que equivale a 2500.00 y al 100% que equivale a un 10000.00. Tal como se indica en la figura 30.

Figura 30

Tablero de Control SCADA.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

- Inmediatamente se reflejó al tablero de control del actuador Electra hidráulico el cual indica la posición de la válvula a un 50% para el llenado del tanque de filtración. Tal como se indica en la figura 31.

Figura 31

Tablero de Control del Actuador Electra hidráulico en posición 50%.



Fuente: (Zurich Peru Valves, 2020).

2.4.2. Gráfico de tiempo de apertura/ cierre VS Porcentaje de posición

- Como se muestra en la tabla 9, se tomo datos del tiempo que se demora desde el SCADA al actuador electrico para aperturar la valvula en porcentajes de 10% hasta el 100%.

Tabla 9

Datos de Apertura/ Cierre del Actuador Eléctrico.

PORCENTAJE DE APERTURA	TIEMPO DE APERTURA/CIERRE
10%	1 seg
20%	3 seg
30%	5seg
40%	6seg
50%	7seg
60%	9seg
70%	9.5seg
80%	10seg
90%	11seg
100%	12seg

Nota: En la tabla se muestra que en cada posicion de la valvula el actuador electrico tarda segundos en recibir la señal del SCADA y aperturar la valvula de control.

- Se muestra en la tabla 10, los datos obtenidos del tiempo que tarda desde el SCADA al actuador electra hidraulico para la apertura o cierre de la valvula de control , estos datos se tomaron desde un 10% hasta el 100%.

Tabla 10

Datos de Apertura/ Cierre del Actuador Electra Hidráulico.

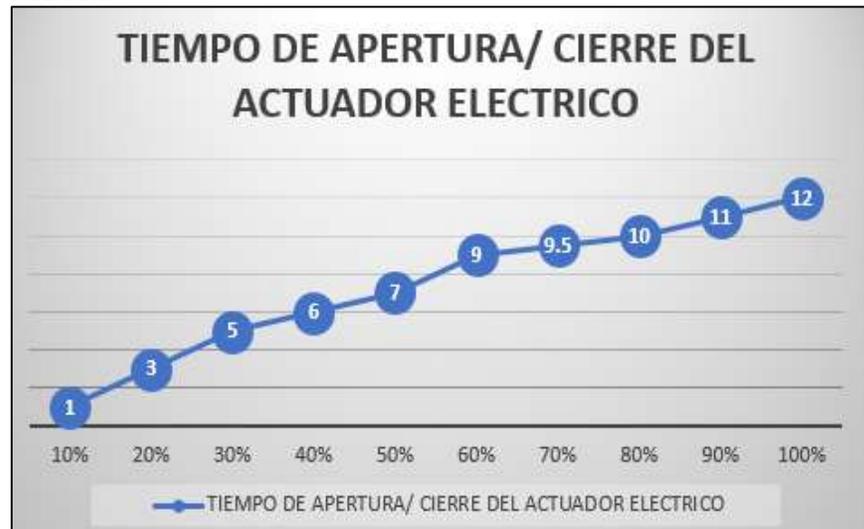
PORCENTAJE DE APERTURA	TIEMPO DE APERTURA/CIERRE
10%	0.5seg
20%	2seg
30%	4seg
40%	4.5seg
50%	5seg
60%	6.5seg
70%	7.5seg
80%	8 seg
90%	9seg
100%	10.5seg

Nota: En la tabla se muestra que en cada posicion de la valvula el actuador electrico tarda segundos en recibir la señal del SCADA y aperturar la valvula de control.

- En la siguiente figura 32, se muestra el porcentaje apertura vs el tiempo que tardara en abrir o cerrar de la válvula , como se detalla al 10% se tardará 1 segundo , a un 20% se tardará 3 segundos , al 30% se tardará 5 segundos , al 40% se tardará 6 segundos , 50% se tardará en un 7 segundos hasta la apertura total 100% que tardará 12 segundos.

Figura 32

Gráfico del Tiempo de la Apertura/ Cierre de la Válvula VS El Porcentaje de Posición.

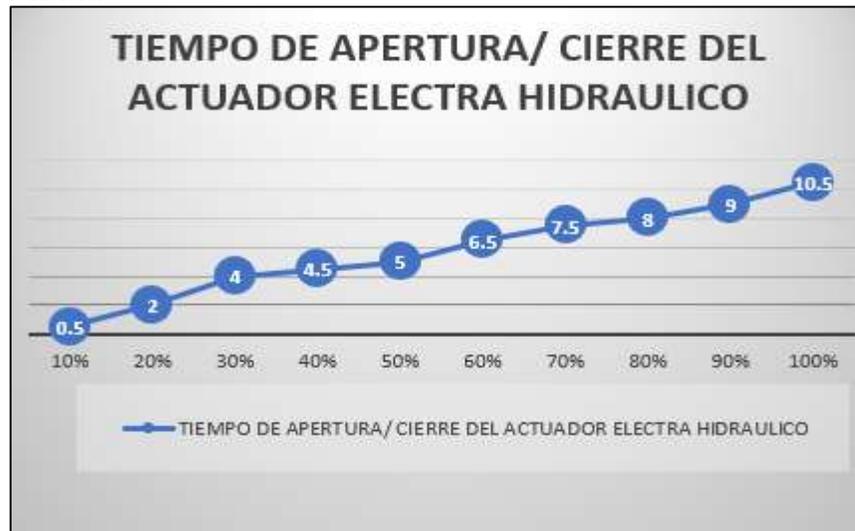


Fuente: Propia.

- En la siguiente figura 33, se muestra el porcentaje apertura vs el tiempo que tardara en abrir o cerrar de la válvula , como se detalla al 10% se tarda 0.5 segundo , a un 20% se tardara 2 segundos , al 30% se tardara 4 segundos , al 40% se tardara 4.5 segundos , 50% se tardara en un 5 segundos hasta la apertura total 100% que tardara 10.5 segundos.

Figura 33

Gráfico del Tiempo de la Apertura/ Cierre de la Válvula VS El Porcentaje de Posición



Fuente: Propia.

- En la figura 34, se muestra una comparación entre el actuador eléctrico vs el actuador electro hidráulico donde nos da como resultado la diferencia entre el tiempo de respuesta de cada uno, al 10% de apertura vemos que existe una variación de 0.5 segundos, 20% la variación aumenta 1 segundo, 30% variación 1 segundo, 40% variación 1.5 segundos, 50% variación 2 segundos, a 60% variación de 2.5 segundos, 70% variación 1.5 segundos, 80% variación 2 segundos, 90% variación 2 segundos y 100% variación 1.5 segundos. Esto nos da entender que el tiempo de respuesta del actuador electro hidráulico es mucho más rápido con respecto al actuador eléctrico lo que evitará el ingreso excesivo del fluido, dando un mejor control.

Figura 34

Comparación de Curvas del Actuador Eléctrico Vs Actuador Electro Hidráulico con Respecto al Tiempo.

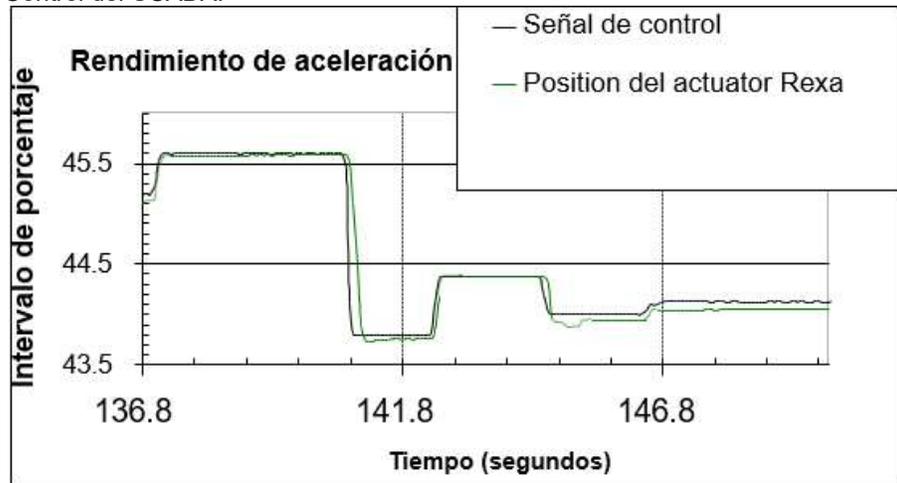


Fuente: Propia

- En la figura 35 , vemos el intervalo de porcentaje de apertura o cierre de la válvula de control Vs El tiempo de respuesta del actuador con respecto a la señal de control del SCADA , lo cual nos indica que apenas se envia la señal de control al actuador este responde al instante y dando una posicion casi exacta evitando la histeresis.

Figura 35

Rendimiento del Actuador Electra Hidráulico con Respecto a la Señal de Control del SCADA.



Fuente: Propia.

- Se muestra en el Anexo N°8 un correo de conformidad del Jefe de Planta de la PTAR Santa Clara Ing.Job Herrera , donde indica el funcionamiento óptimo de los actuadores electra hidráulico instalado para el área de filtración.

CONCLUSIONES

- Se considero los parámetros de tiempo muerto <1seg, banda muerta <0.1% y el torque 3,408 in lb / 355.22Nm lo cual va permitir la apertura / cierre o modulación de la válvula de control, con esto se seleccionó el actuador Electra hidráulico que tiene como tiempo muerto 70-80 milisegundos, banda muerta entre 0.05% y el torque 5000 in lb.
- Se obtuvo como resultado que el tiempo de respuesta del SCADA al actuador Electra hidráulico es más rápida que el actuador eléctrico al 100% ambos tienen una diferencia considerable de 2 segundos, y su rendimiento con respecto al tiempo y calibración va a la par de la señal de control, esto hace que los puntos de modulación establecidos sean exactamente igual.
- Al hacer las pruebas con el actuador Electra hidráulico y obtener como resultados una precisión casi exacta, la fluctuación que se tenía frecuentemente en el área de filtración se redujo a un 99.9%.

RECOMENDACIONES

- Se tiene que tener en cuenta mucho aspecto a la hora de seleccionar un actuador como válvula, pues existen parámetros como caudal del fluido, tipo de fluido, porcentaje de sólidos, la velocidad del fluido, el KV Y CV que ayudara mucho a determinar el torque para así seleccionar un actuador correcto.
- Se debe tener en cuenta que el SCADA es un sistema de control mas no un indicador de precisión, por ello yo consideraría que el actuador Electra hidráulico es una de las mejores opciones en una precisión critica en cualquier área que se disponga.
- El actuador Electra hidráulico tiene como características un control preciso y respuesta rápida, pero no es muy recomendable usarlo en todas las aplicaciones ya que tiene un alto costo, hay actuadores como el eléctrico o hidráulico que pueden hacer bien su función con un costo menor, pero en casos de un control crítico del fluido este actuador es el adecuado.

BIBLIOGRAFÍA

- Bullon Vilchis, O. (2009). *Automatización Industrial*. Mexico.
- Campo Lopez, A. (2018). *Válvulas de control - Selección y Cálculos*. Madrid: Diaz de Santos.
- Carrillo, D., & Vasquez, J. (2008). *Automatización de un invernadero con el PLC S7-200*. Mexico.
- Di Bernardo, L. (1993). *Métodos e técnicas de tratamiento de agua*. Rio de Janeiro.
- Espinoza Paz, R. E. (2010). *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS*. Lima.
- Gonzales Escobar, A. C. (2019). *Optimización de un sistema de filtración con nanomateriales para la mejora de los índices de calidad del agua*. Bogota.
- Greene, R. (2017). *Valvulas Selección , Uso y Mantenimiento*. Mexico: McGraw Hill.
- Jimenez Gutierrez, C. (2011). *ESTUDIO DE CAUSA RAIZ DE FALLA MECÁNICA EN LA VALVULA DE CARGA DE LA UNIDAD HIDROTRATADORA DE DIESEL DE LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA*. BUCARAMANGA.
- Jimenez Macias, E. (2004). *Tecnicas de automatizacion avanzadas en procesos industriales*. mexico.
- Lorenzo Lledó, G. (2007). *Automatización de una planta industrial*. España.
- Mendez Vega, J. (2010). *Diagnóstico situacional de los sistemas de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*. Lima.
- Metcalf-Eddy. (1998). *Ingeniería Sanitaria tratamiento, evacuación y reutilización de las aguas*. Barcelona.
- OEFA. (2014). *FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES*. Lima.
- OMS. (2017). *ORGANIZACION MUNDIAL DE SALUD*. Lima.
- Perez, E. L. (2017). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. San José.
- Piedrafita Moreno, R. (2017). *Ingeniería de Automatización Industrial*. ciudad de Mexico: Alfaomega.

REXA. (2015). *ACTUATOR AND DRIVES*. Massachusetts.

Silvera Otañe, J. R. (2015). *Diseño de un sistema automatización de extracción de muestras de leche en la descarga de cisternas de la Planta GLORIA S.A-trujillo*. Trujillo.

SUNNASS. (2017). *SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO*. Lima.

Villacis Chimborazo, F. (2013). *AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN TECNOVA S.A*. Guayaquil.

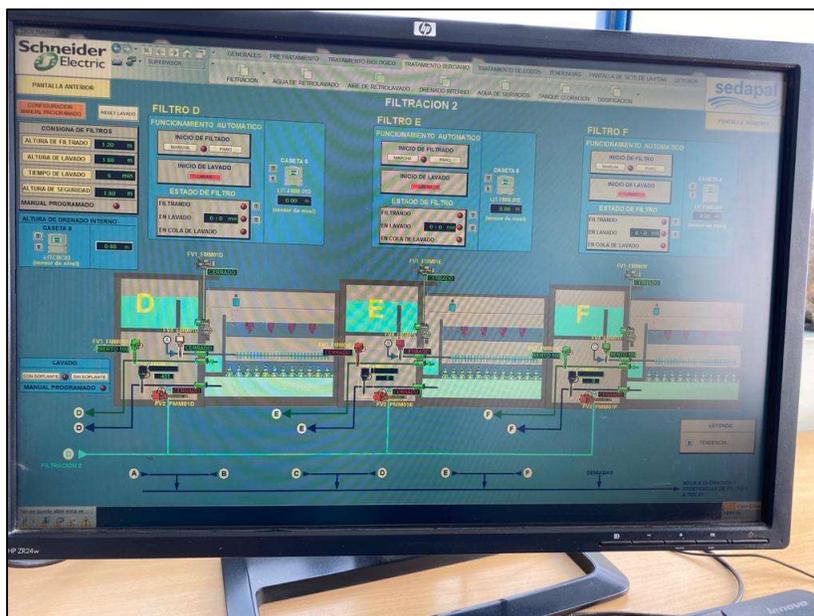
Zurich Peru Valves. (2020). *Mantenimiento de las Válvulas PTAR - Sedapal*. Lima.

ANEXOS

ANEXO N°1: ACTUADOR ELÉCTRICO REXA.



ANEXO N°2: PANTALLA DEL SCADA DEL PTAR.



ANEXO N°3: ÁREA DE FILTRACIÓN.



ANEXO N°4: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL TABLERO DE CONTROL DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO.



ANEXO N°5: FICHA TÉCNICA DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO.

Quote # SR1907155 - 5 Page 1 of 2

Item #	Model #	Qty	Unit Price	Extd Price (USD)
5	X3R5000-90-B-P	6	14,798.00	88,788.00

Application Data

Application Name: Filter Effluent Control Val / /			
Original Warranty	Two Year	New / Retrofit	New
Valve/ Damper Mfg	Dezurik	Valve Type	Butterfly
Valve Size	8 inch	Stroke / Rotation	90 deg
Valve Model		Valve Rating	
Flow Direction		Force / Torque to Open	3,408 in lbs lbs / in lbs
Seat Type / Dir to Close	* Clock Wise	Force / Torque to Close	3,408 in lbs lbs / in lbs
Existing Actuator Mfg		Existing Actuator Model	
Time Required to Open	Seconds	Time Required to Close	Seconds
Time Required to Trip	Seconds		
Act. Area Classification:		Enc. Area Classification	
Act Temp Range:		Enc. Temp Conditions:	

Items highlighted need to be confirmed. (any application data field with an * in the first position)

Mechanical Construction

RDABPNASHTNNSXNNSNNPNNSNWWA

Actuator Type	Rotary Cylinder	R
Output	5000 in*lbs	D
Actuator Stroke/Rotation	90 Degrees	A
Power Module Size	B Module	B
Fail Safe Mode/Surge Method	Fail In Place (Std)	P
Fail Mode Speed	N/A (Std)	N
Heater/Solenoid Voltage	115 Volts AC	A
Temperature Rating	Standard Temp Rating (Std)	S
Manual Override	Handwheel/Drill Drive	H
Cable Connection	Quick Release Connector (Std)	T
Seat Loading Method	None	N
Mechanical Switches	No Switches	N
Area Approvals	General Locations	S
Output Limit/Protection	100%-140% Total Output	E
Design	X3	X
On/Off Module	None	N
Accumulator Recharge Moto	None	N
Oil	Castrol Edge 5w-50	S
Special Cylinder	Standard Cylinder	N
Partial Stroke Testing	None	N
Advanced Sensors	Non Contact Pot	P
Accumulator Rating	None	N
Corrosion Protection	Standard	S
Custom-No Effect Haz Loc.	None	N
Specials	Water Ingress	WW
Revision	Design 1	A

Electrical Construction

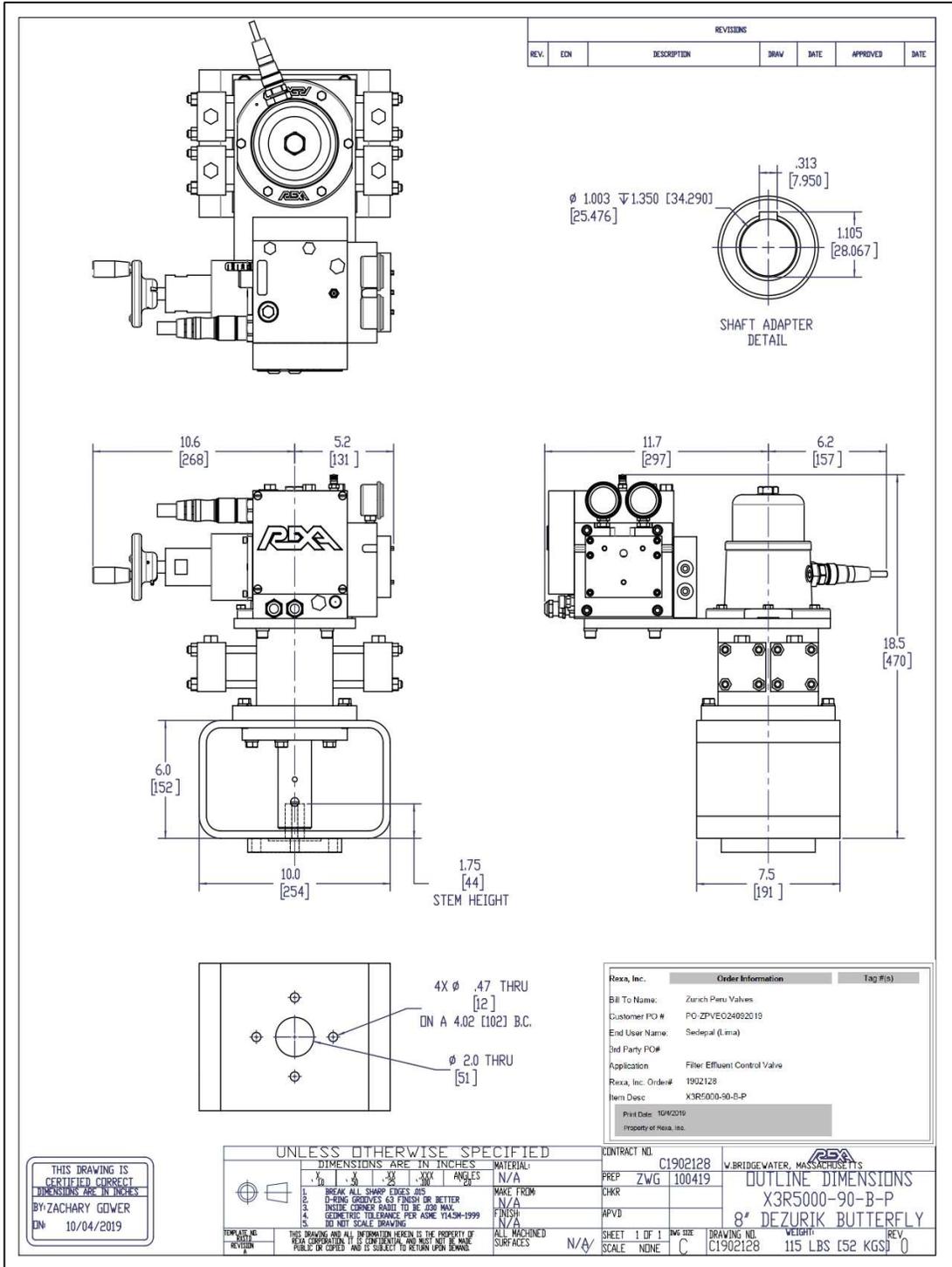
BBGSTENSPNAAAYTXNNNNNERNNNNC

Power Module Size	B Module	B
Power Supply	230 Volts AC 1-Phase	B
Control Signal	Analog 4-20mA (std)	G
Area Approvals	General Locations	S
Enclosure Material	316SS, NEMA 4X (Std)	T
Controls	External (std)	E
Remote Manual Station	None (std)	N
Actuator Temp Rating	Standard Rating	S
Position Transmitter	Passive 4-20mA (std)	P
Solenoid Control	No Options (Std)	N
Software	Standard Software	AA
Electronics Supplied	Yes	Y
Cable Termination	Quick Release Connectors (Opt)	T
Design	X3	X
On/Off Module	N/A	N
Accum Re-Charge Motor	N/A	N
Seating Control	None	N
Wireless	No Wireless Transmitter	N
Partial Stroke Testing	No PST	N
Advanced Sensors	Non-Contact	E
Switches	Rotary Act. None	R
Trip Signal	None	N
Environmental Protection	None	N
Specials	None	NN
Revision	Design 3	C

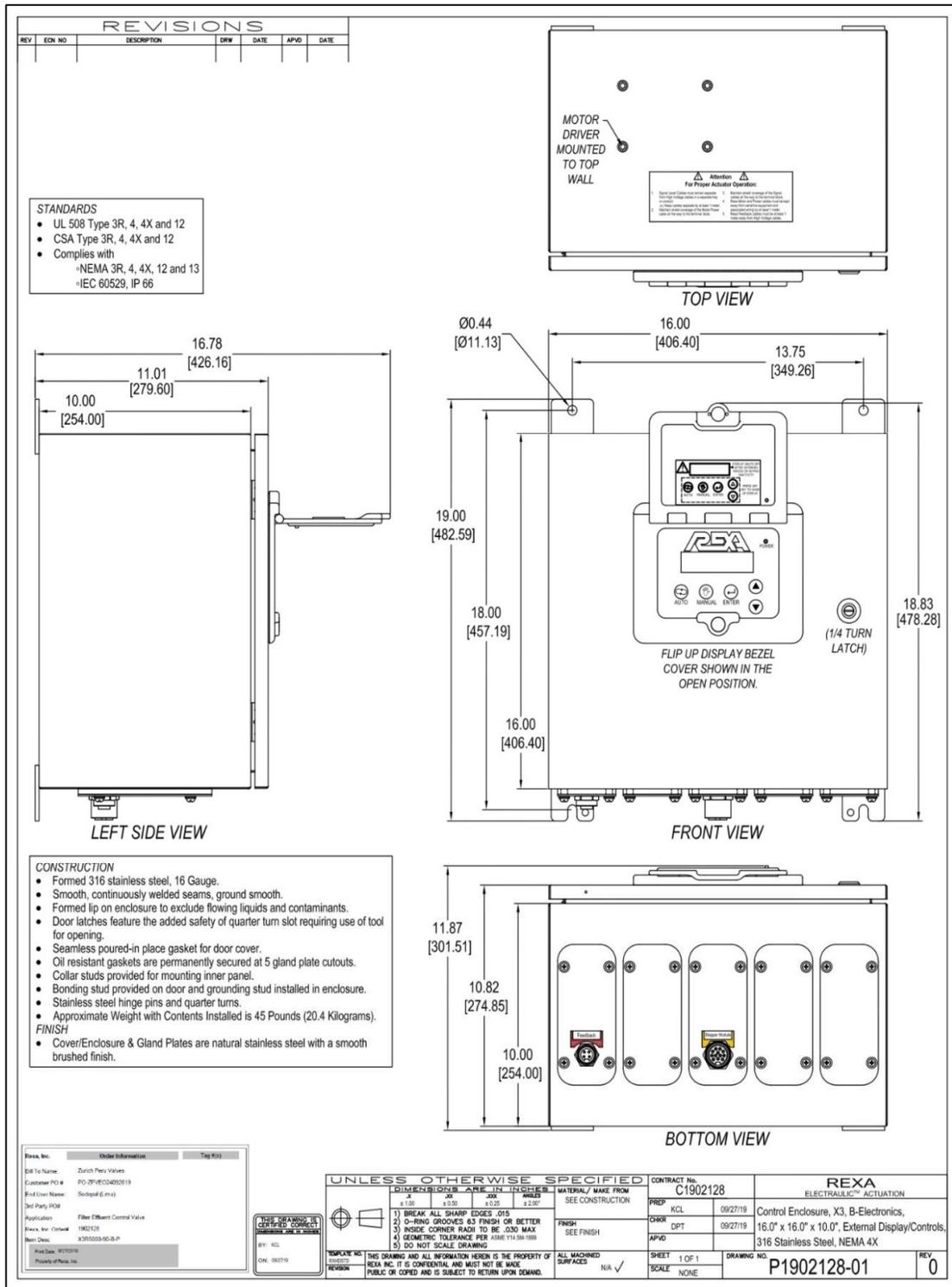
Cable Length: 50'

Print Date: 7/19/2019 Print Time: 11:04:37AM

ANEXO N°6: PLANOS MECÁNICOS DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO.



ANEXO N°7: PLANOS ELÉCTRICOS DEL ACTUADOR ELECTRA HIDRÁULICO.



ANEXO N°8: PLANOS DE LA VÁLVULA DE CONTROL INSTALADA EN EL PTAR.

N°1

VALVE SIZE		BASIC VALVE DIMENSIONS IN (MM)														VALVE SIZE		DISC CLEARANCE DIMS IN (MM)	
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P				
2	50	1.69	3.90	3.31	5.79	.51	.75	4.75	3.54	.39	2.76	1.25	500	(12.70)	1/8 X 3/32 X 1	2.165	54	1.70	
2-1/2	65	1.81	4.41	3.31	6.10	.51	.75	5.50	3.54	.39	2.76	1.25	500	(12.70)	1/8 X 3/32 X 1	2.165	59	2.09	
3	80	1.81	5.10	3.54	6.50	.51	.75	6.00	3.54	.39	2.76	1.25	500	(12.70)	1/8 X 3/32 X 1	2.165	59	2.62	
4	100	2.06	6.42	4.47	7.52	.63	.75	7.50	3.54	.39	2.76	1.25	500	(12.70)	3/16 X 1/8 X 1	2.165	69	3.61	
5	125	2.19	7.58	4.82	8.11	.63	.88	8.50	3.54	.39	2.76	1.25	750	(19.05)	1/4 X 3/16 X 1-3/16	2.165	69	3.61	
6	150	2.19	8.74	5.51	8.82	.63	.88	9.50	3.54	.39	2.76	1.25	750	(19.05)	1/4 X 3/16 X 1-3/16	2.165	69	3.61	
8	200	2.38	10.86	6.75	10.24	.71	.88	11.75	4.92	.47	4.02	1.75	1000	(25.40)	5/16 X 1/4 X 1-11/16	2.756	84	7.52	
10	250	2.69	12.84	7.83	11.50	.71	1.00	14.25	4.92	.47	4.02	1.75	1250	(31.75)	5/16 X 1/4 X 1-11/16	2.756	84	7.52	
12	300	3.06	15.25	9.06	13.35	.98	1.00	17.00	5.91	.55	4.92	1.75	1500	(38.10)	1/2 X 3/8 X 1-11/16	3.346	94	9.57	
14	350	3.06	17.32	10.14	14.50	.98	1.12	18.75	5.91	.55	4.92	1.75	1500	(38.10)	1/2 X 3/8 X 1-11/16	3.346	94	9.57	
16	400	4.00	18.97	11.81	15.83	1.06	1.12	21.25	8.27	.91	6.50	2.50	1874	(47.60)	5/8 X 7/16 X 2-1/8	5.118	104	11.88	
18	450	4.00	21.30	12.93	16.62	1.06	1.25	22.75	8.27	.91	6.50	2.50	1874	(47.60)	5/8 X 7/16 X 2-1/8	5.118	104	11.88	
20	500	5.00	23.38	15.06	18.90	1.06	1.25	25.00	8.27	.91	6.50	2.50	2126	(54.00)	5/8 X 7/16 X 2-1/8	5.118	104	11.88	

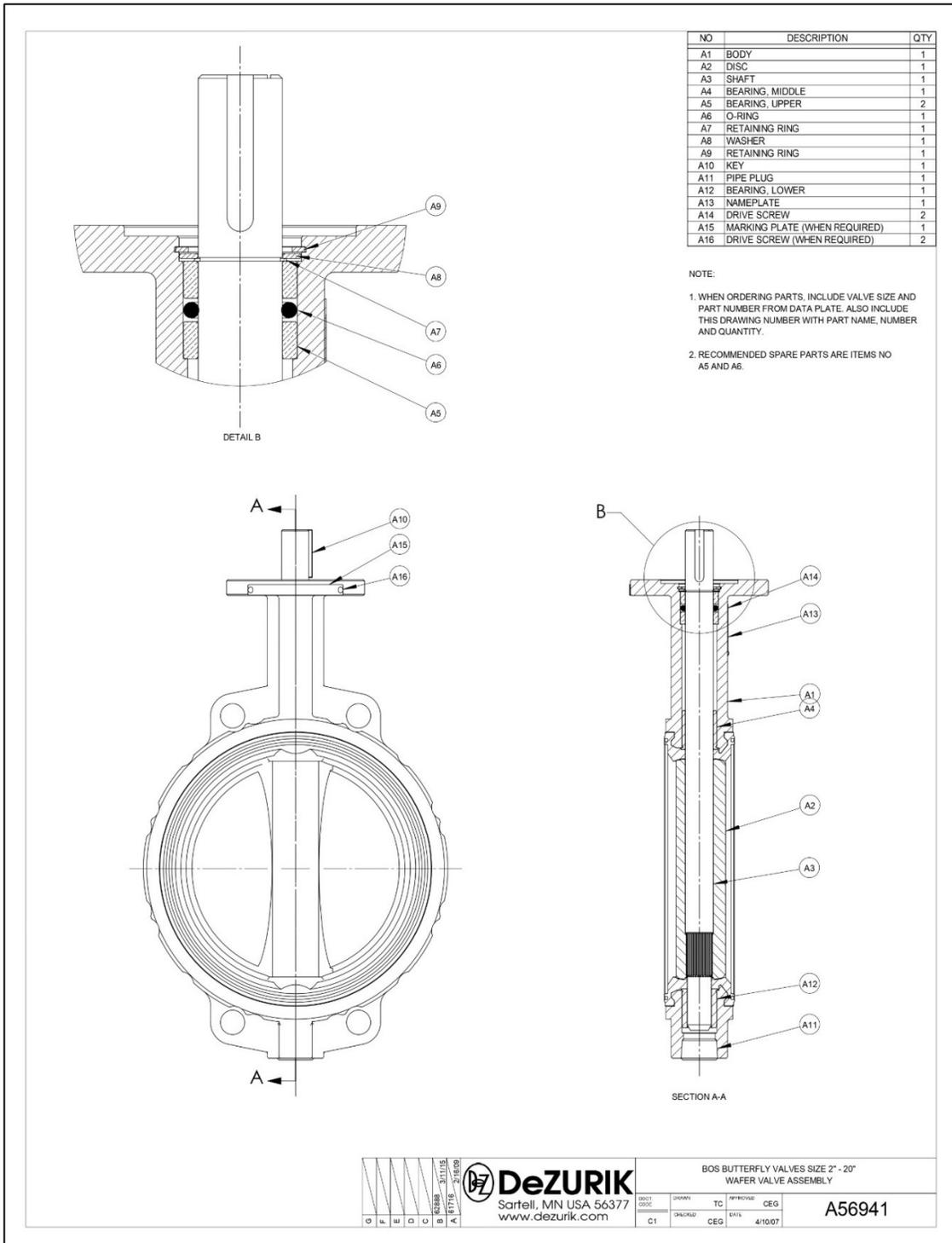
VALVE SIZE		RECOMMENDED MATING HUB DIMENSIONS IN (MM)					
		O	R	S	T	U	V
2	50	.503	(12.78)	.544	(13.82)	.125	(3.18)
2-1/2	65	.506	(12.85)	.554	(14.07)	.127	(3.23)
3	80	.503	(12.78)	.544	(13.82)	.125	(3.18)
4	100	.506	(12.85)	.554	(14.07)	.127	(3.23)
5	125	.628	(15.95)	.676	(17.22)	.188	(4.78)
6	150	.753	(19.13)	.828	(21.03)	.250	(6.35)
8	200	1.003	(25.48)	1.105	(28.07)	.313	(7.95)
10	250	1.131	(28.73)	1.243	(31.57)	.315	(8.00)
12	300	1.253	(31.83)	1.390	(35.31)	.500	(12.70)
14	350	1.503	(38.18)	1.650	(41.91)	.500	(12.70)
16	400	1.828	(46.18)	1.978	(50.18)	.500	(12.70)
18	450	1.878	(47.70)	2.045	(51.94)	.625	(15.88)
20	500	2.129	(54.15)	2.312	(58.72)	.625	(15.88)

NOTE:

- DRAWING SHOWS MOUNTING HOLES FOR ANSI CLASS 125/150 FLANGES.
- FOR FLANGES OTHER THAN ANSI STANDARD SEE D10478 FOR DIMENSIONS.
- RECOMMENDED FLOW DIRECTION IS WITH THE HIGHER PRESSURE AGAINST THE SEAT SIDE OF VALVE (FLAT SIDE OF DISC).

	<p>DeZURIK Sartell, MN USA 56377 www.dezurik.com</p>	<p>BOS BUTTERFLY VALVES SIZE 2 - 20 WAFER</p>	<p>DOC: A56915 DATE: 5/18/07</p>
<p>DESIGNED BY: CEG CHECKED BY: CEG</p>	<p>APPROVED BY: CEG</p>	<p>A56915</p>	

N°2



Q	IL	W	D	C	W	3/11/05	2/18/09
B	62888	3/11/05					
A	12116	2/18/09					

DeZURIK
Sartell, MN USA 56377
www.dezurik.com

BOS BUTTERFLY VALVES SIZE 2" - 20"
WAFFER VALVE ASSEMBLY

DRW	TC	HYD	CEG
C1	CEG	4/10/07	

A56941

