



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

DEPARTAMENTO DE METAL MECÁNICA

INFORME TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PROYECTO:

“DISEÑO Y CÁLCULO DE UN SISTEMA ALTERNO AL TANQUE ACUMULADOR DE PRESIÓN (HIDRONEUMÁTICO) DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS DE LA SEGUNDA ETAPA”

PRESENTA:

MANUEL DE JESÚS MEGCHÚN MARTÍNEZ

CARRERA:

INGENIERÍA MECÁNICA

ASESOR INTERNO:

M.C. SAÚL DE JESÚS MOLINA DOMÍNGUEZ

ASESOR EXTERNO:

ING. ARMANDO VIZA LOPEZ

PERIODO:

AGOSTO – DICIEMBRE 2017

CHICOASEN, CHIAPAS; DICIEMBRE 2017

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	6
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.- JUSTIFICACION.....	8
4.- OBJETIVOS	9
4.1.- OBJETIVO GENERAL	9
4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5.- ALCANCE Y LIMITANTE.....	10
6.- CARACTERIZACION DEL AREA DE PARTICIPACION.....	11
6.1.- GENERALIDADES DE LA C.H. MANUEL MORENO TORRES	11
6.1.1.- UBICACIÓN.....	11
6.1.2.- TAMAÑO DE CONSTRUCCIÓN.....	12
6.1.3.- CAPACIDAD DE GENERACIÓN	13
6.2.- COMPONENTES DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA	14
6.2.1.- CORTINA	14
6.2.2.- OBRA DE TOMA	14
6.2.3.- CASA DE MAQUINAS	15
6.2.4.- VERTEDORES.....	16
7.- FUNDAMENTO TEORICO	18
7.1.- SISTEMA DE REGULACIÓN.....	18
7.2.- TANQUES A PRESIÓN	19
7.2.1.- CARGADOS POR PESO.....	19
7.2.2.- CARGADOS POR RESORTE	20
7.2.3.- HIDRONEUMÁTICOS	21
7.3.- SELECCIÓN DE TUBERÍA	23
7.4.- SOLDADURA.....	25

7.5.- VÁLVULAS MECÁNICAS.....	26
7.5.1.- VÁLVULAS DE COMPUERTA.....	27
7.5.2.- VÁLVULAS DE MACHO	28
7.5.3.- VÁLVULAS DE GLOBO.....	29
7.5.4.- VÁLVULAS DE BOLA.....	30
7.5.5.- VÁLVULAS DE MARIPOSA.....	32
7.5.6.- VÁLVULAS DE DIAFRAGMA	33
7.5.7.- VÁLVULAS DE APRIETE	34
7.5.8.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN Y VALVULA DE DESAHOGO	36
7.7.- CALCULO DE LAS PERDIDAS	40
8.- DESARROLLO DEL PROYECTO	41
8.1.- ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REGULACIÓN ACTUAL	41
8.2.- PRESURIZACIÓN DEL TANQUE ACUMULADOR	45
8.3.- OBTENCIÓN DE PLANOS DE LOS TANQUES ACUMULADORES	47
8.4.- USO DEL SOFTWARE CAD (SOLIDWORKS).....	48
9.- RESULTADOS	49
10.- CONCLUSIÓN.....	56
11.- BIBLIOGRAFÍA.....	57
12.- ANEXOS	58
12.1.- ANEXO 1 – DIAGRAMA HIDRAULICO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN.....	58
12.2.- ANEXO 2 – PLANO AHT CHM 10 GRE EQ 711	59
12.3.- ANEXO 3 – PLANO AHT CHM 10 GRE EQ 311	60
12.4.- ANEXO 4 – LISTA DE TUBOS DEL PROVEEDOR C.A. CONDUVEN	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Localización de la C.H.M.M.T	11
Figura 2.- Cortina de enrocamiento de la presa "Chicoasén"	12
Figura 3.- Entrada a casa de maquinas	12
Figura 4.- Unidades de la segunda etapa, marca ALSTOM	13
Figura 5.- Unidades de la primera etapa, marca MITSUBISHI	13
Figura 6.- Obra de toma "Chicoasén"	14
Figura 7.- Casa de máquinas (Piso de Turbinas)	15
Figura 8.- Vertedores	16
Figura 9.- Galería 1, para las unidades 3,4 y 5	17
Figura 10.- Galería 2, para las unidades 1, 2, 6, 7 y 8.....	17
Figura 11.- Reguladores de velocidad de aceite a presión.....	18
Figura 12.- Acumulador cargado por peso	20
Figura 13.- Acumulador cargado por resorte.....	20
Figura 14.- Acumulador hidráulico de pistón	21
Figura 15.- Acumulador hidráulico tipo diafragma	22
Figura 16.- Acumulador tipo vejiga.....	22
Figura 17.- Válvula de Compuerta	27
Figura 18.- Válvulas Macho	28
Figura 19.- Válvulas de globo	29
Figura 20.- Válvulas de bola	30
Figura 21.- Válvulas de mariposa.....	32
Figura 22.- Válvulas de diafragma	33
Figura 23.- Válvulas de Apriete	34
Figura 24.- Válvula de retención de columpio	36
Figura 25.- Válvulas de retención de elevación.....	37
Figura 26.- Válvula de Retención de mariposa	38
Figura 27.- Válvula de Alivio	39
Figura 28.- Sección del plano que describe el sistema de regulación	41
Figura 29.- Tanques acumuladores	42
Figura 30.- Manómetro del tanque acumulador TA	43
Figura 31.- Salida del tanque acumulador TA-8.....	43
Figura 32.- Válvula hidráulica direccional 501 de los tanques acumuladores.....	44

Figura 33.- Contenedor de aceite del sistema de regulación.....	45
Figura 34.- Fuga en el tanque acumulador	46
Figura 35.- Compresor J.P. SAUER & SOHN	46
Figura 36.- Sección del plano AHT CHM 10 GRE EQ 711	47
Figura 37.- Sección del plano AHT CHM 10 GRE EQ 311	48
Figura 38.- Vista de Sección de los tanques acumuladores	49
Figura 39.- Vista isométrica del sistema actual	51
Figura 40.- Vista de planta del sistema actual.....	51
Figura 41.- Norma ANSI para Válvulas	52
Figura 42.- Norma ASTM 53.....	53
Figura 43.- Vista isométrica del modelo modificado	54
Figura 44.- Vista de detalle del elemento implementado.....	54
Figura 45.- Vista de planta del modelo modificado.....	55
Figura 46.- Diagrama hidráulico del sistema de regulación.....	58
Figura 47.- Plano "Regulación aire comprimido conjunto".....	59
Figura 48.- Plano "Regulador de velocidad tanque a presión de aceite"	60

1.- INTRODUCCIÓN

En México contamos con diversas formas de generar energía eléctrica, la cual llega hasta nosotros a través de grandes líneas de transmisión, sin embargo, en la actualidad es importante no descuidar el medio ambiente por lo que se busca tener una energía “limpia”, la cual debe de garantizar el suministro y cobertura en las áreas rurales, principalmente.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), es la responsable de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica en el país, la cual produce en sus múltiples centrales o complejos eléctricos que se localizan en diferentes estados.

En la Central Hidroeléctrica Manuel Moreno Torres, ubicada en el municipio de Chicoasén en el estado de Chiapas al sureste del país, se tienen dos etapas de generación, con 5 y 3 unidades, respectivamente. Este proyecto se enfoca en la segunda etapa que son las maquinas 6,7 y 8, con la finalidad de realizar un rediseño para la parte hidroneumática correspondiente al sistema de regulación en cada una de estas unidades, con lo que se reducirá tiempos y maniobras de mantenimiento que se realizan con periodicidad.

El sistema de regulación es indispensable para el funcionamiento de la unidad generadora, por que este tiene como función el controlar la apertura y cierre de cada uno de los alabes por medio de mecanismos que trabajan con aceite a presión como son los servomotores, los cuales se encargan de generar la fuerza necesaria para la manipulación de los elementos antes mencionados.

Este sistema es alimentado por un tanque hidroneumático, el cual contiene aire y aceite a una presión de 64 Bar, por lo que al querer realizar alguna maniobra de emergencia o un mantenimiento programado en estas unidades es necesario despresurizar todo el sistema y empezar a realizar las actividades, sin embargo, en el rediseño se tiene considerado implementar un sistema de cierre rápido para evitar la acción de quitar la presión en el sistema.

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el sistema de regulación de las unidades generadoras de la segunda etapa, no se cuenta con un elemento mecánico que nos ayude a contener la presión del tanque hidroneumático durante alguna maniobra rápida que se presente o un mantenimiento programado.

La falta de este elemento conlleva a despresurizar el sistema para poder intervenir las maquinas correspondientes generando con esto gastos operacionales importantes para la empresa debido a que se invierte tiempo extra en el despresurizado y posterior a las actividades otro tiempo para recuperar la presión que requiere el sistema que es de 64 Bar.

Para este proyecto de residencia se tiene como objetivo principal darle solución a este problema, implementando en cada una de estas unidades un elemento mecánico después de cada tanque hidroneumático que permita contener el aceite este disminuya su presión.

Sin embargo, antes de la implementación, es necesario buscar el lugar optimo y considerar las características ideales que se necesitan tener en este elemento para que funcione sin ningún problema, considerando factores como presión, conexiones, tipo de material, fluido a trabajar, etc.

3.- JUSTIFICACION

El sistema de regulación es el encargado de operar los dos servomotores que se encuentran conectados a las bielas de cada uno de los alabes para poder regular la apertura o cierre de los mismos, buscando una estabilidad en las unidades generadoras, por lo tanto, este sistema regula el paso de agua hacia la turbina para que esta comience a rodar por la acción que genera el agua sobre ella, por lo que una falla o un mal control en esta parte del sistema ocasionaría que la maquina no parara o no entrara en funcionamiento, por eso es necesario tener la seguridad de que podemos intervenir en el sistema de manera rápida y eficaz si se llegase a presentar alguna falla de manera inesperada.

La primera etapa, a diferencia de la segunda, todas sus unidades generadoras cuentan con un elemento que evita despresurizar los tanques hidroneumáticos durante las maniobras que se realizan, por lo que el mantenimiento en estas unidades se realiza en un menor tiempo.

Con el rediseño del sistema hidroneumático en la segunda etapa, se reducirá de manera significativa el tiempo que se emplea para realizar el mantenimiento, esto se logra aislando el tanque con algún elemento mecánico de cierre rápido al momento de llevar acabo las actividades evitando con esto la despresurización del mismo.

Además, con estas modificaciones que se le realizaran al sistema se podrán realizar intervenciones de manera más rápida cuando se presente algo de manera imprevista, lo que asegura que la maquina estará fuera de funcionamiento solamente el tiempo que sea necesario, con esto se hará más productivo el proceso y se reducirán los gastos operacionales tan altos que se generan para la empresa actualmente debido a las horas hombres que se ocupan y por el tiempo que se tiene la máquina fuera de operación.

4.- OBJETIVOS

4.1.- OBJETIVO GENERAL

Diseñar y calcular un sistema alternativo al tanque acumulador de presión (hidroneumático) del sistema de regulación de las turbinas hidráulicas de la segunda etapa.

4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el funcionamiento y características que componen el sistema de regulación.
- Analizar y seleccionar los elementos más convenientes que se van a implementar en el sistema de regulación de las unidades generadoras.
- Elaborar la ingeniería de detalle del sistema de regulación y sus modificaciones.
- Realizar la propuesta técnica considerando los nuevos elementos para el sistema de regulación.

5.- ALCANCE Y LIMITANTE

Los alcances que se pretende tener en este proyecto de residencia son los siguientes:

- Realizar el rediseño del sistema de regulación de las unidades pertenecientes a la segunda etapa de la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres.
- Mostrar los beneficios que se obtienen al realizar los mantenimientos reduciendo, principalmente, los gastos operacionales.
- Realizar un esquema en 3D que muestren las modificaciones en el sistema de regulación, con la ayuda del Software CAD "SOLIDWORKS"

Las limitantes que se presentan para este proyecto de residencia son las siguientes:

- Las modificaciones y propuestas que se realicen solo serán aplicables al sistema de regulación en las unidades pertenecientes a la segunda etapa de la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres.
- El rediseño que se propone no se podrá realizar de manera física debido al tiempo con el que se cuenta para concluir el proyecto de residencia.

6.- CARACTERIZACION DEL AREA DE PARTICIPACION

Como ya se ha venido mencionando este proyecto de residencia profesional se desarrollará en la central hidroeléctrica “Ing. Manuel Moreno Torres, Chicoasén” la cual está compuesta por distintas áreas que a continuación se abordaran para tener un conocimiento general de estas, además, se realizara una descripción breve de la central para conocer su ubicación, tipo de construcción y capacidad de generación.

6.1.- GENERALIDADES DE LA C.H. MANUEL MORENO TORRES

6.1.1.- UBICACIÓN

La C.H. Manuel Moreno Torres se localiza a 21 km al norte de Tuxtla Gutiérrez (Figura 1), está sobre el río Grijalva, a la salida del Cañón del Sumidero, y forma parte del sistema de aprovechamiento hidroeléctrico del propio río. Es la segunda presa aguas arriba desde la desembocadura. Aloja ocho unidades turbogeneradoras de 300 MW de capacidad cada una.



Figura 1.- Localización de la C.H.M.M.T

6.1.2.- TAMAÑO DE CONSTRUCCIÓN

Consta de una cortina de enrocamiento (Figura 2) con una altura de 255 m y una longitud sobre la corona de 515 m. Se eligió este tipo de cortina tomando en cuenta costo y riesgo sísmico.



Figura 2.- Cortina de enrocamiento de la presa "Chicoasén"

La obra de toma consiste en un canal de llamada para ocho bocatomas en rampa. Las conducciones a presión, de 6.20 m de diámetro, están revestidas con concreto y encamisadas en acero. La casa de máquinas se aloja en caverna (Figura 3) y tiene 20.50 m de ancho, 199 m de largo y 43 m de altura.



Figura 3.- Entrada a casa de maquinas

6.1.3.- CAPACIDAD DE GENERACIÓN

La central cuenta con ocho unidades turbogeneradoras, localizadas en casa de máquinas, de 300 MW cada una, las cuales se les conoce como las unidades de la primera y segunda etapa, las primeras cinco unidades son japonesas de la marca MITSUBISHI (Figura 4), generando 1,500 MW entre las cinco, las otras tres unidades turbogeneradoras son de la marca ALSTOM (Figura 5) y generan los 900 MW restantes, estas unidades son francesas. Obteniendo una capacidad instalada de 2400 MW. Las 8 turbinas de la central hidroeléctrica son tipo Francis.

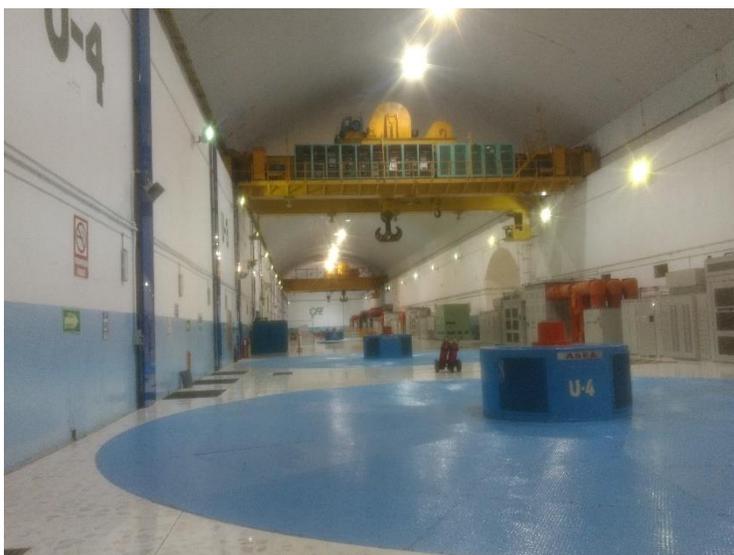


Figura 5.- Unidades de la primera etapa, marca MITSUBISHI

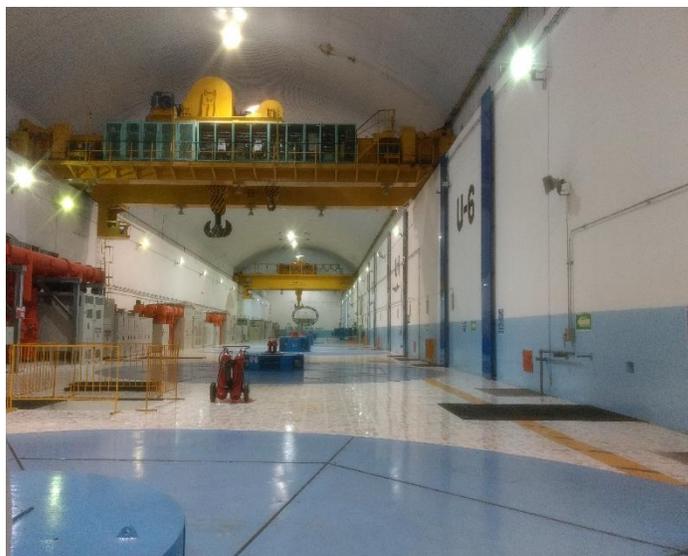


Figura 4.- Unidades de la segunda etapa, marca ALSTOM

La energía generada es transportada a través de diez líneas de transmisión: seis a 400 KV y cuatro de 115 KV. La mayoría de las líneas de alta tensión en 400 KV envían el fluido eléctrico hacia la ciudad de Veracruz, al área central del país, con un enlace a la Central Hidroeléctrica La Angostura, en el municipio de Venustiano Carranza, Chiapas.

De las líneas de baja tensión (115 KV), dos van hacia Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; una a San Cristóbal de las Casas, Chiapas y una más es enlace a la Central Hidroeléctrica Bombaná, en el municipio de Soyaló, Chiapas.

6.2.- COMPONENTES DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA

En la central hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres existen áreas importantes que es necesario conocer y de las cuales se hace mención a continuación:

6.2.1.- CORTINA

Es del tipo de enrocamiento, tiene una altura de 255 m, por lo que es considerada una de las centrales hidroeléctricas más altas del mundo y este es un parámetro fundamental en la elección del tipo de turbina que se emplea en esta central, las cuales son turbinas tipo Francis, la corona que es la parte más alta se encuentra a una elevación de aproximadamente 405 m.s.n.m. y tiene una longitud de 515 m aproximadamente y un ancho de 25 m.

6.2.2.- OBRA DE TOMA

En el caso de las presas de almacenamiento, la función de la obra de toma (Figura 6) depende de los objetivos del almacenamiento y así se tienen tomas para generación de energía eléctrica, para riego, dotación de agua potable, desvío de la corriente durante la construcción y como desagües para el vaciado rápido del vaso.



Figura 6.- Obra de toma "Chicoasén"

6.2.3.- CASA DE MAQUINAS

En la Casa de Máquinas, denominada también Sala de Turbinas o Central (Figura 7), se encuentran los grupos eléctricos para la producción de la energía eléctrica turbina-alternador, turbina y generador, así como los elementos de regulación y funcionamiento. El agua que cae de la presa hace girar las turbinas que impulsan los generadores eléctricos.

Las compuertas de entrada y salida se emplean para poder dejar sin agua la zona de las máquinas en caso de reparación o desmontaje. Según la disposición general de la casa de máquinas, las centrales se pueden clasificar en: Centrales al Exterior y Centrales Subterráneas. De acuerdo con sus características y por la localización de casa de maquinas la Central M.M.T se considera una central subterránea.



Figura 7.- Casa de máquinas (Piso de Turbinas)

Esta área se encuentra dividida en secciones las cuales se localizan a distintos niveles y pisos, las secciones principales son:

Piso de generadores: 211 m.s.n.m.

Piso de barras: 206.3 m.s.n.m.

Piso de turbinas: 202.7 m.s.n.m.

Galería de cables: 199.6 m.s.n.m.

Eje del distribuidor: 199 m.s.n.m.

Galería de inspección: 192.5 m.s.n.m.

Galería de drenaje: 184.25 m.s.n.m.

6.2.4.- VERTEDORES

Los vertedores (Figura 8) se consideran como dispositivos de seguridad para la central hidroeléctrica, ya que en el caso de una avenida extraordinaria, podrá desviar el agua descargándola en el río aguas abajo por medio de tres túneles de descarga, cada uno de estos túneles cuenta con tres compuertas las cuales serán abiertas, evitando con esto que el nivel del vaso suba a valores peligrosos los cuales pueden llegar a provocar daños en la cortina e inundaciones en la casa de máquinas e incluso en las poblaciones cercanas.



Figura 8.- Vertedores

6.2.5.- GALERIA DE OSCILACIÓN Y DESFOGUE

Se localiza el eje de esta galería a 142 m aguas debajo del eje de la cortina y a 70 m del eje de casa de máquinas. Consta de dos galerías la primera (Figura 9) para las unidades 3, 4 y 5 y la segunda (Figura 10) para las unidades 1, 2, 6, 7 y 8. El agua turbinada se conduce hacia el río por tres túneles de desfogue; las unidades generadoras 1, 2, 6, 7 y 8 desfogan en los túneles 1 y 2. Las unidades 3, 4 y 5 desfogan en el túnel 3.



Figura 9.- Galería 1, para las unidades 3,4 y 5



Figura 10.- Galería 2, para las unidades 1, 2, 6, 7 y 8

7.- FUNDAMENTO TEORICO

7.1.- SISTEMA DE REGULACIÓN

En la actualidad, los motores hidráulicos que se utilizan exclusivamente en centrales eléctricas son las denominadas turbinas hidráulicas, cuyo principio de funcionamiento es el mismo que el de las ruedas hidráulicas, la energía de movimiento del agua se transforma en el movimiento de giro de un eje. En todos los procesos es necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, como la presión, caudal, nivel, temperatura, velocidad, vibración.

El fin de un sistema de control de carga y regulación de velocidad, es que a pesar de los cambios de carga que sufra la unidad de generación se pueda mantener la frecuencia lo más estable posible para así evitar perturbaciones en el sistema interconectado.

Actualmente se utilizan los reguladores de presión de aceite (Figura 11) que mueve en un sentido o en otro una válvula de distribución que dirige el aceite a presión hacia una cara u otra del embolo del servomotor, abriendo o cerrando el distribuidor de la turbina.



Figura 11.- Reguladores de velocidad de aceite a presión

En las turbinas hidráulicas, el rodete que gira con velocidad uniforme recibe del agua presiones equivalentes a un par de fuerzas y permite obtener en el eje un determinado trabajo mecánico. El regulador es el mecanismo encargado de equilibrar en los motores el par motor y el par resistente, a fin de que en régimen la máquina gire a velocidad constante.

7.2.- TANQUES A PRESIÓN

Los tanques sometidos a presión son también conocidos como “acumulador hidráulico” es un elemento cuya función es la de almacenar un volumen de fluido a presión cuando no lo requiera el sistema, para utilizarlo luego cuando lo necesite el elemento consumidor. Está formado por una carcasa metálica dividida en dos partes separadas por una membrana, vejiga o pistón; en una parte se almacena el aceite y en la otra hay un gas, generalmente nitrógeno, sometido a una determinada presión previa.

En un momento determinado, en el que el sistema no necesita aceite, éste propulsado por la bomba penetra el acumulador. En otro momento, cuando algún actuador necesite aceite a presión la bomba y el acumulador en paralelo proporcionaran el caudal necesario.

Las cuatro aplicaciones principales de los acumuladores son:

- Como acumuladores de energía
- Como amortiguadores para las puntas de presión
- Para conseguir un aumento gradual de presión
- Para mantener constante la presión

Los acumuladores hidráulicos pueden clasificarse en:

7.2.1.- CARGADOS POR PESO

El acumulador cargado por peso ejerce una fuerza sobre el líquido almacenado, por medio de grandes pesos que actúan sobre el pistón o émbolo, los pesos pueden fabricarse de cualquier material pesado, como hierro, concreto e incluso agua.

Generalmente, los acumuladores cargados por peso (Figura 12) son de gran tamaño; en algunos casos su capacidad es de cientos de galones. Pueden prestar servicio a varios sistemas hidráulicos al mismo tiempo y usualmente son utilizados en fábricas y sistemas hidráulicos centrales.

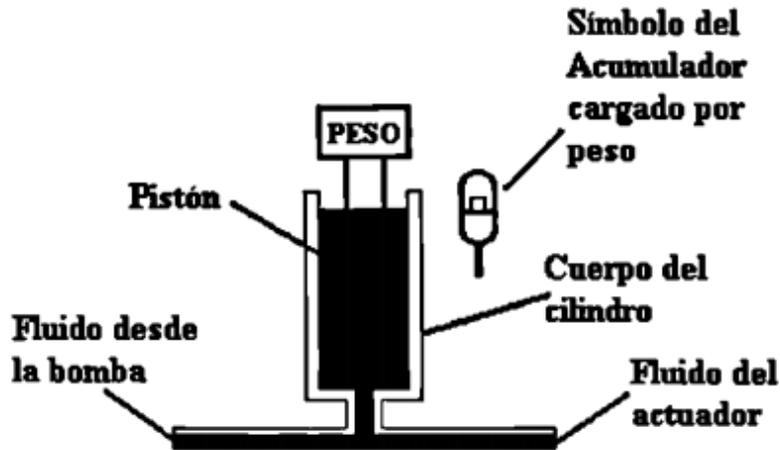


Figura 12.- Acumulador cargado por peso

7.2.2.- CARGADOS POR RESORTE

Los acumuladores cargados por resorte (Figura 13) aplican una fuerza al líquido almacenado por medio de un pistón sobre el cual actúa un resorte. Suelen ser más pequeños que los cargados por peso y su capacidad es de solamente unos cuantos galones. Usualmente dan servicio a sistemas hidráulicos individuales y operan a baja presión en la mayoría de los casos. Mientras el líquido se bombea al interior

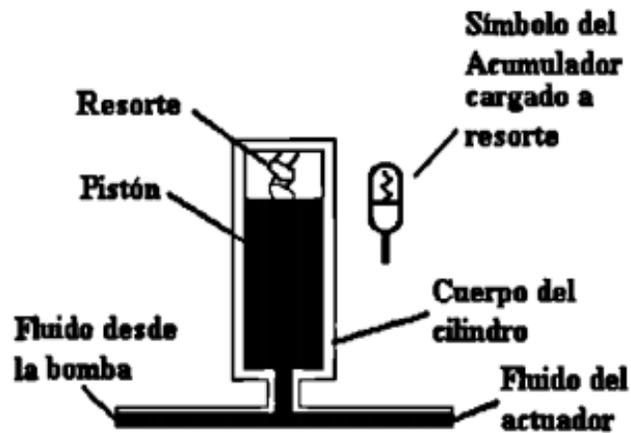


Figura 13.- Acumulador cargado por resorte

del acumulador, la presión del fluido almacenado se determina por la compresión del resorte.

7.2.3.- HIDRONEUMÁTICOS

Los acumuladores hidroneumáticos son los más utilizados en los sistemas hidráulicos industriales. La fuerza es aplicada en el líquido utilizando gas comprimido. Estos se clasifican en tres tipos:

1) De pistón

El acumulador de pistón (Figura 14) consiste en un cuerpo cilíndrico y un pistón móvil con sellos elásticos. El gas ocupa el volumen por encima del pistón y se comprime cuando el fluido entra al interior del cuerpo cilíndrico. Al salir el fluido, la presión del gas desciende. Una vez que todo el líquido ha sido descargado, el pistón alcanza el final de su carrera y cubre la salida manteniendo el gas dentro del acumulador.

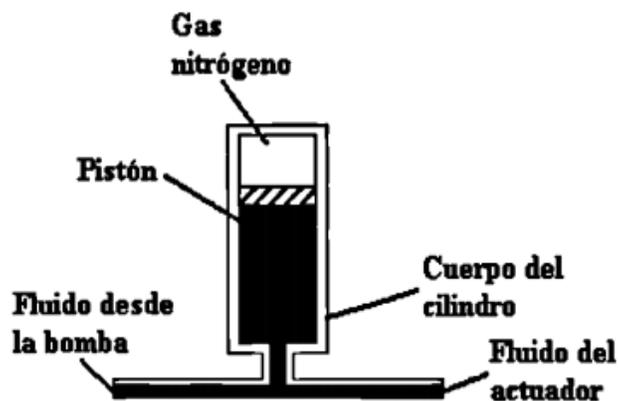


Figura 14.- Acumulador hidráulico de pistón

2) De diafragma

El acumulador de tipo diafragma (Figura 15) se compone de dos hemisferios metálicos atornillados juntos, pero cuyo volumen interior se halla separado por un diafragma de hule sintético, el gas ocupa el hemisferio superior. Cuando el fluido entra en el espacio inferior, el gas se comprime. Al descargar todo el líquido, el diafragma desciende hasta la salida y mantiene el gas dentro del acumulador.

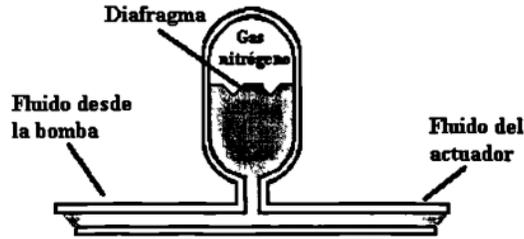


Figura 15.- Acumulador hidráulico tipo diafragma

3) De vejiga

El acumulador de tipo vejiga (Figura 16) se compone de un cuerpo de metal cuyo interior se encuentra una vejiga de hule sintético que contiene el gas. Cuando el fluido entra al interior del casco, el gas de la vejiga se comprime. La presión disminuye conforme el fluido sale del cuerpo.

Una vez que todo el líquido ha sido descargado, la presión del gas intenta empujar la vejiga a través de la salida del acumulador. Sin embargo, una válvula colocada encima del punto de salida interrumpe automáticamente el flujo cuando la vejiga presiona al tapón de la misma.

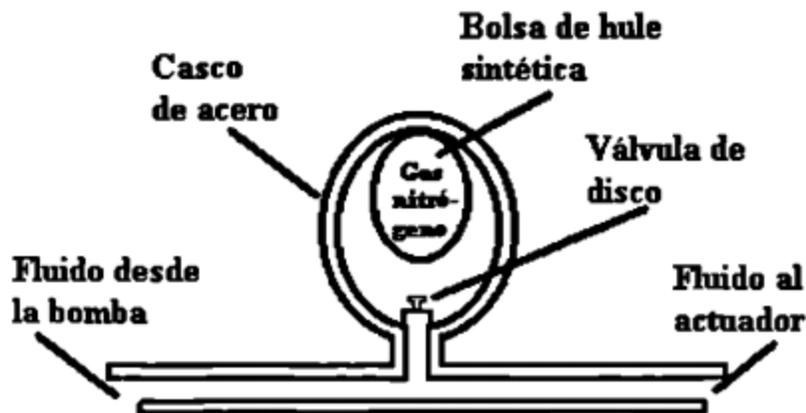


Figura 16.- Acumulador tipo vejiga

Esta clasificación se basa en el dispositivo mediante el cual el acumulador ejerce fuerza sobre el líquido que permanece almacenado.

7.3.- SELECCIÓN DE TUBERÍA

Las tuberías son fabricadas de acuerdo con los tamaños normalizados, dependiendo de la presión o fluidos que se vayan a transportar mediante estos elementos, Para realizar esta normalización existe una variada gama de sociedades y asociaciones tanto en América como en Europa y Asia. Dentro de estas podemos citar las siguientes:

- ASA: American Standard Association
- ASTM: American Society Testing Machine
- ASME: American Society Mechanical Engineering
- API: American Pipe Institute
- NPS: National Pipe Standard
- NPT: National Pipe Thread
- BSPT: British Standard Pipe Thread
- INN: Instituto Nacional de Normalizaciones

Es responsabilidad del diseñador especificar las conexiones y tuberías que se ocuparan para una aplicación en particular, ya que esto tiene influencia significativa en el costo, duración, seguridad y rendimiento del sistema. Para muchas aplicaciones, es necesario observar los códigos y estándares establecidos por instituciones u organizaciones.

Dentro de los materiales de fabricación de las tuberías el más utilizado es el acero al carbón. Este es fabricado en gran variedad de tamaños y formas para facilitar su obtención, para condiciones de trabajo en las cuales sea necesaria una buena resistencia a la corrosión se recomiendan aquellas cuyo material de fabricación sean aleaciones de níquel y cromo.

Es frecuente construir con tuberías de acero en líneas de propósito general. Los tamaños estándar de tuberías se denominan por medio de su tamaño nominal y numero de cedula. Los números de cedula están relacionados con la presión permisible de operación y el esfuerzo permisible del acero en la tubería.

El rango de números de cédula va de 10 a 160, y los más altos indican un espesor mayor de pared. Debido a que todas las cedulas de tuberías de un tamaño nominal dado tienen el mismo diámetro exterior, las más grandes tienen un diámetro interior más pequeño. Al sistema de números de cedula también se le conoce como “Iron Pipe Sites (IPS), las series más completas de tuberías de acero disponibles son las cedulas 40 y 80.

Se utilizan tubos estándar de acero en sistemas de fluidos de potencia, condensadores, intercambiadores de calor, sistemas de combustible de motores y sistemas industriales de procesamiento de fluidos. A los tamaños se les denota por medio del diámetro exterior y espesor de pared.

En la siguiente tabla, se muestran características y usos de los tubos para presión alta y presión media, además, de las normas que se aplican para cada uno

Subfamilias	Usos	Normas Aplicables	Designación Comercial		Espesores		Longitudes Estándar	
			DN ⁽¹⁾	NPS ⁽²⁾	(mm)	(pulg)	(m)	(pies)
Tubos de Alta Presión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transporte de aguas blancas y negras para edificaciones en general. ✓ Transporte de gas y aire comprimido. ✓ Transporte de agua en sistemas de refrigeración y sistemas de incendio. ✓ Líneas de transporte de vapor. 	ASTM A53	6 - 400	1/8 - 16	1,73 - 11,13	0.07 - 0.44	6,40 12,80	21 42
Tubos de Presión Intermedia (Normas Internacionales)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transporte de aguas blancas y negras en edificaciones en general. ✓ Transporte de gas y aire comprimido. 	ISO 65 / BS 1387 Especificación ISO Extraliviano Especificación ISO SP DIN 2440/UNE 19040 DIN 2441	6 - 150 15 - 100 125 - 300 6 - 150 6 - 150	1/8 - 6 1/2 - 4 5 - 12 1/8 - 6 1/8 - 6	1,80 - 5,00 2,00 - 2,90 3,60 - 4,50 2,00 - 4,85 2,65 - 5,40	0.07 - 0.20 0.08 - 0.11 0.14 - 0.18 0.08 - 0.19 0.10 - 0.21	6,00	20

⁽¹⁾ DN: Designación comercial del producto en milímetros.

⁽²⁾ NPS: Designación comercial del producto en pulgadas.

⁽³⁾ NA: No aplica. Esta especificación no contempla una designación comercial en milímetros.

Tabla 1.- Tubos de Presión alta y presión intermedia

7.4.- SOLDADURA

La soldadura constituye una unión fija entre dos o más piezas metálicas, por lo general de igual material, las cuales, por medio de calor entregado a las mismas, y casi siempre a un material adicional de aporte, se funden y se combinan resultando una unión por cohesión en las denominadas soldaduras fuertes y por adhesión en las denominadas soldaduras blandas.

La mayoría de los electrodos para soldadura por arco se clasifican a partir de las propiedades del metal de aporte, que fueron clasificadas y estudiado por un comité asociado a la American Welding Society (A.W.S) y a la American Society Mechanical Engineers (ASME) las cuales son las máximas autoridades en el mundo de la soldadura que dictan las normas de clasificación de los electrodos para soldadura eléctrica que son más reconocidas internacionalmente.

Las diferentes características de operación de entre los electrodos existentes en el mercado son atribuidas al revestimiento que cubre al alambre del electrodo. Por otro lado, este alambre es generalmente del mismo tipo, acero al carbón AISI 1010 que tiene un porcentaje de carbono de 0.08-0.12C% para la serie de electrodos más comunes.

Los electrodos que se utilizan en las soldaduras varían en forma considerable. Estos se identifican con el siguiente código:

E xx x x

Contando desde la izquierda:

Primera y segunda X: Resistencia última en kpsi

Tercer X: Posición de la soldadura: 1 toda posición, 2 horizontal plana, 4 toda posición y vertical descendente.

Cuarta X: otras variables técnicas, por ejemplo, la corriente a utilizar, penetración, escoria, contenido de polvo de Fe.

En la tabla siguiente se presentan las propiedades de resistencia mínima de varias clases de electrodos. En las publicaciones de la AWS (American Welding Society) y de AISC (American Institute of Steel Construction) y en la AA (Aluminium Association) se puede encontrar más información al respecto.

NÚMERO DE ELECTRODO	RESISTENCIA ÚLTIMA kpsi (MPA)	RESISTENCIA DE FLUENCIA kpsi (MPA)	ELONGACIÓN %
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Tabla 2.- Clasificación de electrodos convencionales

Al diseñar componentes unidos por soldadura es preferible seleccionar aceros que permitan realizar una unión rápida y económica. En condiciones apropiadas todos los aceros se pueden soldar, pero se obtendrán mejores resultados cuando se elijan materiales que tengan especificaciones UNS entre G10140 y G10230 (AISI 1014 y 1023 respectivamente) (σ entre 60 y 70 kpsi (414 - 483 MPa)).

7.5.- VÁLVULAS MECÁNICAS

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro.

Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

7.5.1.- VÁLVULAS DE COMPUERTA

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento (Figura 17).

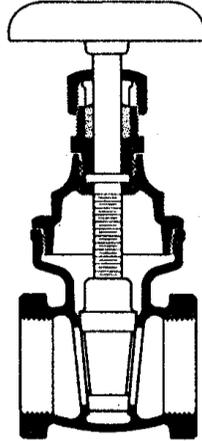


Figura 17.- Válvula de Compuerta

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.

Aplicaciones

Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

Variaciones

- Cuña maciza, cuña flexible, cuña dividida, disco doble.
- Materiales
- Cuerpo: bronce, hierro fundido, hierro, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, plástico de PVC.
- Componentes diversos.

7.5.2.- VÁLVULAS DE MACHO

La válvula de macho es de $\frac{1}{4}$ de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90° (Figura 18).

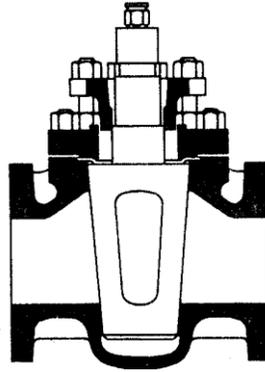


Figura 18.- Válvulas Macho

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para accionamiento frecuente.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para cantidad mínima de fluido atrapado en la tubería.

Aplicaciones

Servicio general, pastas semilíquidas, líquidos, vapores, gases, corrosivos.

Ventajas

- Alta capacidad.
- Bajo costo.
- Cierre hermético.
- Funcionamiento rápido.

Desventajas

- Requiere alta torsión (par) para accionarla.
- Cavitación con baja caída de presión.

Materiales

Hierro, hierro dúctil, acero al carbono, acero inoxidable, aleación 20, Monel, níquel, Hastelloy, camisa de plástico.

7.5.3.- VÁLVULAS DE GLOBO

Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería (Figura 19).

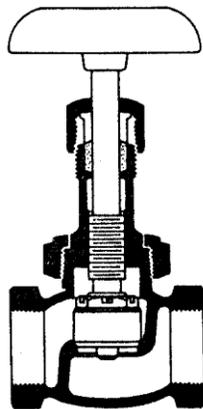


Figura 19.- Válvulas de globo

Recomendada para

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Para corte positivo de gases o aire.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.

Aplicaciones

Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Ventajas

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- Control preciso de la circulación.
- Disponible con orificios múltiples.

Desventajas

- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

Variaciones

Normal (estándar), en "Y", en ángulo, de tres vías.

Materiales

Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos.

Componentes: diversos.

7.5.4.- VÁLVULAS DE BOLA

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto (Figura 20).

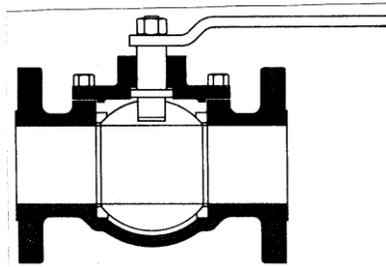


Figura 20.- Válvulas de bola

Recomendada para

- Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Aplicaciones

Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

Ventajas

- Bajo costo.
- Alta capacidad.

- Corte bidireccional.
- Circulación en línea recta.
- Pocas fugas.
- Se limpia por sí sola.
- Poco mantenimiento.
- No requiere lubricación.
- Tamaño compacto.
- Cierre hermético con baja torsión (par).

Desventajas

- Características deficientes para estrangulación.
- Alta torsión para accionarla.
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- Propensa a la cavitación.

Variaciones

Entrada por la parte superior, cuerpo o entrada de extremo divididos (partidos), tres vías, Venturi, orificio de tamaño total, orificio de tamaño reducido.

Materiales

Cuerpo: hierro fundido, hierro dúctil, bronce, latón, aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidable, titanio, tántalo, zirconio; plásticos de polipropileno y PVC.

Asiento: TFE, TFE con llenador, Nylon, Buna-N, neopreno.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Dejar suficiente espacio para accionar una manija larga.

7.5.5.- VÁLVULAS DE MARIPOSA

La válvula de mariposa es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación (Figura 21).



Figura 21.- Válvulas de mariposa

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Servicio con estrangulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando se requiere corte positivo para gases o líquidos.
- Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.

Aplicaciones

Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas

- Ligera de peso, compacta, bajo costo.
- Requiere poco mantenimiento.
- Número mínimo de piezas móviles.
- No tiene bolas o cavidades.
- Alta capacidad.

- Circulación en línea recta.
- Se limpia por si sola.

Desventajas

- Alta torsión (par) para accionarla.
- Propensa a la cavitación.

Variaciones

Disco plano, disco realzado, con brida, atornillado, con camisa completa, alto rendimiento.

Materiales

Cuerpo: hierro, hierro dúctil, aceros al carbono, acero forjado, aceros inoxidable, aleación 20, bronce, Monel.

Disco: todos los metales; revestimientos de elastómeros como TFE, Kynar, Buna-N, neopreno, Hypalon.

Asiento: Buna-N, viton, neopreno, caucho, butilo, poliuretano, Hypalon, Hycar, TFE.

7.5.6.- VÁLVULAS DE DIAFRAGMA

Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación (Figura 22).

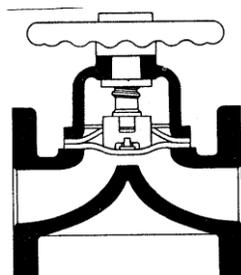


Figura 22.- Válvulas de diafragma

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para servicio de estrangulación.
- Para servicio con bajas presiones de operación.

Aplicaciones

Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, alimentos, productos farmacéuticos.

Ventajas

- Bajo costo.
- No tienen empaquetaduras.
- No hay posibilidad de fugas por el vástago.
- Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de gomas en los productos que circulan.

Desventajas

- Diafragma susceptible de desgaste.
- Elevada torsión al cerrar con la tubería llena.

Variaciones

- Tipo con vertedero y tipo en línea recta.
- Materiales
- Metálicos, plásticos macizos, con camisa, en gran variedad de cada uno.

7.5.7.- VÁLVULAS DE APRIETE

La válvula de apriete es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o más elementos flexibles, como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre sí para cortar la circulación (Figura 23).

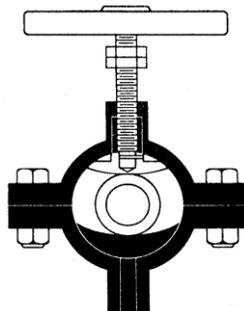


Figura 23.- Válvulas de Apriete

Recomendada para

- Servicio de apertura y cierre.
- Servicio de estrangulación.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando hay baja caída de presión a través de la válvula.
- Para servicios que requieren poco mantenimiento.

Aplicaciones

Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción neumática de sólidos, servicio de alimentos.

Ventajas

- Bajo costo.
- Poco mantenimiento.
- No hay obstrucciones o bolsas internas que la obstruyan.
- Diseño sencillo.
- No corrosiva y resistente a la abrasión.

Desventajas

- Aplicación limitada para vacío.
- Difícil de determinar el tamaño.

Variaciones

Camisa o cuerpo descubierto; camisa o cuerpo metálicos alojados.

Materiales

Caucho, caucho blanco, Hypalon, poliuretano, neopreno, neopreno blanco, Buna-N, Buna-S, Viton A, butilo, caucho de siliconas, TFE.

7.5.8.- VÁLVULAS DE RETENCIÓN Y VALVULA DE DESAHOGO

Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (Check) y válvulas de desahogo (alivio). Al contrario de los otros tipos descritos, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería.

Válvulas de retención (Check).

La válvula de retención está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Hay tres tipos básicos de válvulas de retención: 1) válvulas de retención de columpio, 2) de elevación y 3) de mariposa.

Válvulas de retención del columpio.

Esta válvula tiene un disco embisagrado o de charnela que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa (Figura 24). Hay dos diseños: uno en "Y" que tiene una abertura de acceso en el cuerpo para el esmerilado fácil del disco sin desmontar la válvula de la tubería y un tipo de circulación en línea recta que tiene anillos de asiento reemplazables.

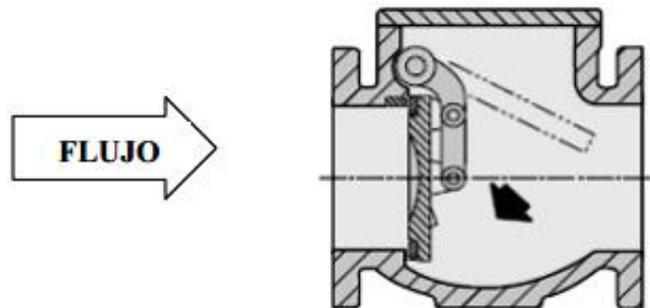


Figura 24.- Válvula de retención de columpio

Recomendada para

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.
- Cuando hay cambios poco frecuentes del sentido de circulación en la tubería.
- Para servicio en tuberías que tienen válvulas de compuerta.
- Para tuberías verticales que tienen circulación ascendente.

Aplicaciones

Para servicio con líquidos a baja velocidad.

Ventajas

- Puede estar por completo a la vista.
- La turbulencia y las presiones dentro de la válvula son muy bajas.
- El disco en "Y" se puede esmerilar sin desmontar la válvula de la tubería.

Materiales

Cuerpo: bronce, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero fundido, acero inoxidable, acero al carbono.

Componentes: diversos.

Válvulas de retención de elevación

Una válvula de retención de elevación (Figura 25) es similar a la válvula de globo, excepto que el disco se eleva con la presión normal de la tubería y se cierra por gravedad y la circulación inversa.

Recomendada para

- Cuando hay cambios frecuentes de circulación en la tubería.
- Para uso con válvulas de globo y angulares.
- Para uso cuando la caída de presión a través de la válvula no es problema.

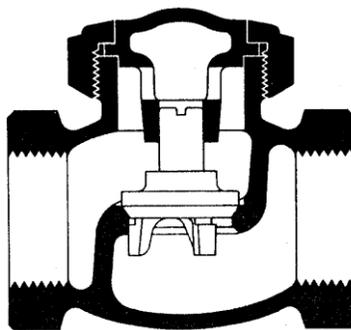


Figura 25.- Válvulas de retención de elevación

Aplicaciones

Tuberías para vapor de agua, aire, gas, agua y vapores con altas velocidades de circulación.

Ventajas

- Recorrido mínimo del disco a la posición de apertura total.
- Acción rápida

Materiales

Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, PVC, Penton, grafito impenetrable, camisa de TFE.

Componentes: diversos.

Válvula de retención de mariposa

Una válvula de retención de mariposa (Figura 26) tiene un disco dividido embisagrado en un eje en el centro del disco, de modo que un sello flexible sujeto al disco este a 45° con el cuerpo de la válvula, cuando esta se encuentra cerrada. Luego, el disco solo se mueve una distancia corta desde el cuerpo hacia el centro de la válvula para abrir por completo.



Figura 26.- Válvula de Retención de mariposa

Recomendada para

- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación en la tubería.
- Cuando hay cambios frecuentes en el sentido de la circulación.
- Para uso con las válvulas de mariposa, macho, bola, diafragma o de apriete.

Ventajas

- Menos costosa cuando se necesita resistencia a la corrosión.
- Funcionamiento rápido.
- La sencillez del diseño permite construirlas con diámetros grandes.
- Se puede instalar virtualmente en cualquier posición.

Materiales

Cuerpo: acero, acero inoxidable, titanio, aluminio, PVC, CPCB, polietileno, polipropileno, hierro fundido, Monel, bronce.

Sello flexible: Buna-N, Viton, caucho de butilo, TFE, neopreno, Hypalon, uretano, Nordel, Tygon, caucho de siliconas.

Válvulas de desahogo (alivio)

Una válvula de desahogo (Figura 27) es de acción automática para tener regulación automática de la presión. El uso principal de esta válvula es para servicio no comprimible y se abre con lentitud conforme aumenta la presión, para regularla.

La válvula de seguridad es similar a la válvula de desahogo y se abre con rapidez con un "salto" para descargar la presión excesiva ocasionada por gases o líquidos comprimibles. El tamaño de las válvulas de desahogo es muy importante y se determina mediante fórmulas específicas.

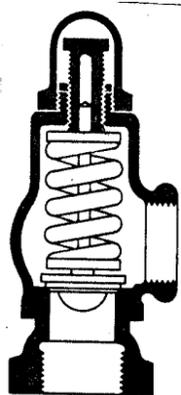


Figura 27.- Válvula de Alivio

Recomendada para

Sistemas en donde se necesita una gama predeterminada de presiones.

Aplicaciones

Agua caliente, vapor de agua, gases, vapores.

Ventajas

- Bajo costo.
- No se requiere potencia auxiliar para la operación.

Variaciones

- Seguridad, desahogo de seguridad.
- Construcción con diafragma para válvulas utilizadas en servicio corrosivo.

Materiales

Cuerpo: hierro fundido, acero al carbono, vidrio y TFE, bronce, latón, camisa de TFE, acero inoxidable, Hastelloy, Monel. Componentes: diversos.

7.7.- CALCULO DE LAS PERDIDAS

En comisión federal de electricidad, se considera la siguiente ecuación (EQ. 1) para calcular la pérdida por energía no generada, con la finalidad de realizar un balance y una justificación basada en lo económico, comprobando las ganancias que tiene la empresa al prevenir o corregir circunstancias que provoquen un atraso en los mantenimientos que se realizan periódicamente

$$\text{Pérdida por energía no generada} = PML \times CIU \times 24 \text{ HORAS} \times I \quad (\text{EQ. 1})$$

Donde:

PML: Precio marginal local

CIU: Capacidad instalada de la unidad

I: Días de indisponibilidad de la maquina

El precio marginal es un valor que cambia día con día de acuerdo con lo establecido por la secretaria de energía, la cual toma en consideración diferentes factores que se involucran en el mercado de la generación de energía eléctrica.

8.- DESARROLLO DEL PROYECTO

8.1.- ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REGULACIÓN ACTUAL

Para comenzar con la propuesta de rediseño en el sistema de regulación fue necesario realizar la lectura e interpretación del plano que actualmente describe ha dicho sistema en lo que refiere a la sección hidráulica (anexo 1), con la finalidad de conocer los elementos que lo componen, saber cuáles son las líneas de alimentación y sobre todo comprender la importancia que tendrán los elementos que se van a proponer para hacer las modificaciones.

De todo el plano nos basamos principalmente en la sección que se muestra a continuación:

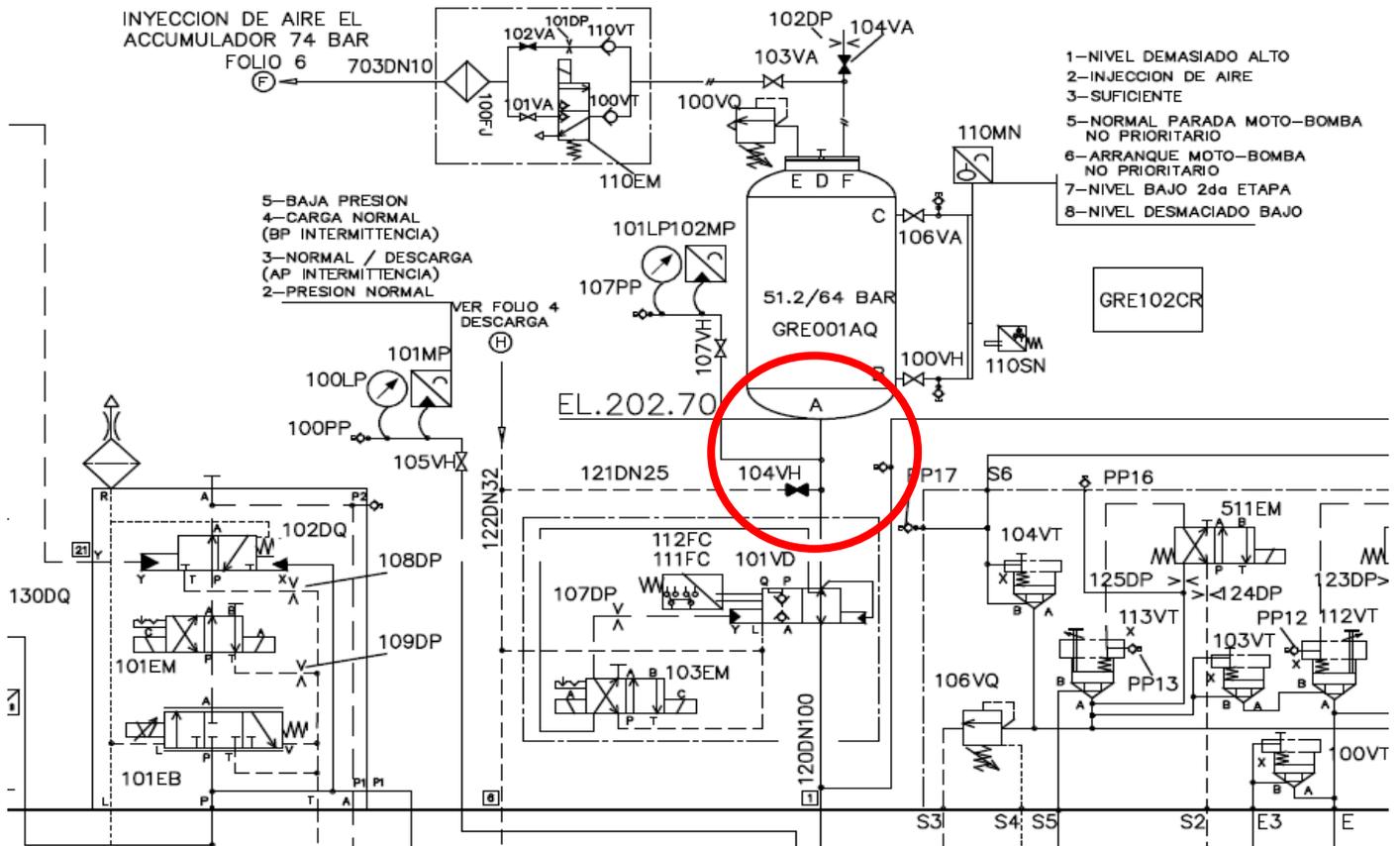


Figura 28.- Sección del plano que describe el sistema de regulación

El círculo rojo delimita el área donde se prevé se hará la modificación, teniendo en cuenta que se busca aislar el tanque acumulador, para que al ser necesario un

mantenimiento programado o una intervención rápida por alguna falla en este sistema no se proceda a despresurizar dicho elemento teniendo pérdidas considerables por el tiempo que se lleva en obtener la presión de 64 bar nuevamente.

Al tener el plano del sistema completo era necesario identificar en campo cada uno de los elementos para saber la presión a la que se encuentran, la posición exacta de cada uno y los factores que pudieran influir durante las modificaciones por lo que se realizó el recorrido del área en piso de turbinas, obteniendo lo siguiente:

- Identificación de los tanques acumuladores:
Es necesario conocer las dimensiones y ubicación de los tanques acumuladores (Figura 29) para poder realizarlos en el software CAD, además de que gracias a los manómetros que se encuentran en ellos se sabe la presión a la cual están sometidos (Figura 30), sin embargo, el que es de importancia para el proyecto es el acumulador del sistema de regulación.



Figura 29.- Tanques acumuladores



Figura 30.- Manómetro del tanque acumulador TA

- Identificación de la tubería a modificar:
Se observó la sección específica (Figura 31) donde se prevé realizar la modificación más importante del sistema, teniendo en cuenta el arreglo que se le debe hacer a la tubería, que está posterior al tanque acumulador TA-8.



Figura 31.- Salida del tanque acumulador TA-8

- Identificación de elementos que componen el sistema de regulación:
Posterior al tanque acumulador se encontraron varios elementos que ayudan al control y manipulación de dicho sistema, como lo es la válvula hidráulica direccional 501 (Figura 32). Dicha válvula es la encargada de llenar o vaciar el tanque acumulador dependiendo de la acción que se esté realizando.



Figura 32.- Válvula hidráulica direccional 501 de los tanques acumuladores

Además, este sistema cuenta con un contenedor de aceite (Figura 33) el cual es el encargado de almacenar y suministrar todo el fluido que se ocupe en los elementos importantes como servomotores o los tanques acumuladores. En este se encuentran dos bombas que suministran energía al fluido de trabajo para que se traslade de un punto a otro dependiendo de la función que se necesite realizar.



Figura 33.- Contenedor de aceite del sistema de regulación

8.2.- PRESURIZACIÓN DEL TANQUE ACUMULADOR

Durante el desarrollo de la residencia profesional se tuvo la oportunidad de participar en un mantenimiento correctivo en la unidad número 6, perteneciente a la segunda etapa, debido a una fuga que se tenía en el tanque acumulador de la compuerta cilíndrica (Figura 34) por lo que se tuvo que realizar el proceso de despresurizar y presurizar el tanque acumulador, obteniendo los tiempos de llenado del tanque.

Para el proceso de presurización actualmente se trabajan con dos compresores J.P. SAUER & SOHN, estos son los encargados de suministrar el aire a presión a los tanques acumuladores con una capacidad de $12.9 \text{ m}^3/\text{h}$ (Figura 35), con este suministro el tiempo que se lleva en obtener la presión de 64 bar es de 9 horas y 34 minutos.

Este tiempo la empresa lo considera como innecesario o perdido por qué no se hace otra cosa más que monitorear la presión durante el llenado, además de que se generan grandes pérdidas económicas por cada hora que la maquina no está en servicio, como se verá más adelante.

Se prevé un proyecto en el cual se interconecten los 6 compresores de la segunda etapa, para llenar de manera más rápida cada uno de los tanques cuando fuese necesario.



Figura 34.- Fuga en el tanque acumulador



Figura 35.- Compresor J.P. SAUER & SOHN

8.3.- OBTENCIÓN DE PLANOS DE LOS TANQUES ACUMULADORES

Cuando se tuvo la oportunidad de reconocer el área y participar en el mantenimiento correctivo de la unidad 6 se aprovecharon las ocasiones para obtener medidas, presiones y distribución de los elementos que integran el sistema de regulación en cada una de las unidades generadoras de la segunda etapa con la finalidad de poder hacer el diseño en software CAD del sistema actual y posteriormente el diseño del sistema con sus respectivas modificaciones.

Sin embargo, se requerían los planos de fabricación o instalación de los tanques acumuladores para corroborar que las medidas tomadas eran correctas, además de que se necesitaba conocer el espesor del tanque, material, peso, entre otras características que no se pueden obtener en campo, por lo que se nos facilitaron los planos oficiales de Comisión Federal de Electricidad AHT CHM 10 GRE EQ 711 (Anexo 2) y AHT CHM 10 GRE EQ 311 (Anexo 3) y que dibujo la empresa ALSTOM.

De estos planos nos interesaban dos secciones en particular, como se puede apreciar en la Figura 36 y 37, en la cual se tienen las medidas de los tanques acumuladores con las que se pueden hacer de manera digital.

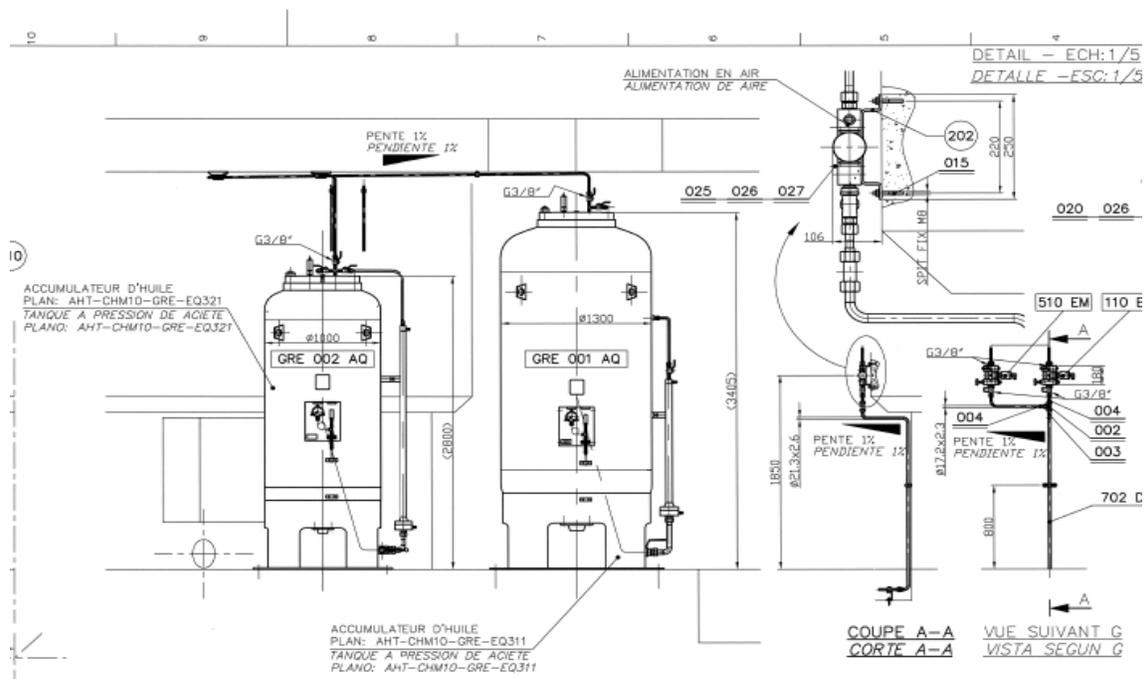


Figura 36.- Sección del plano AHT CHM 10 GRE EQ 711

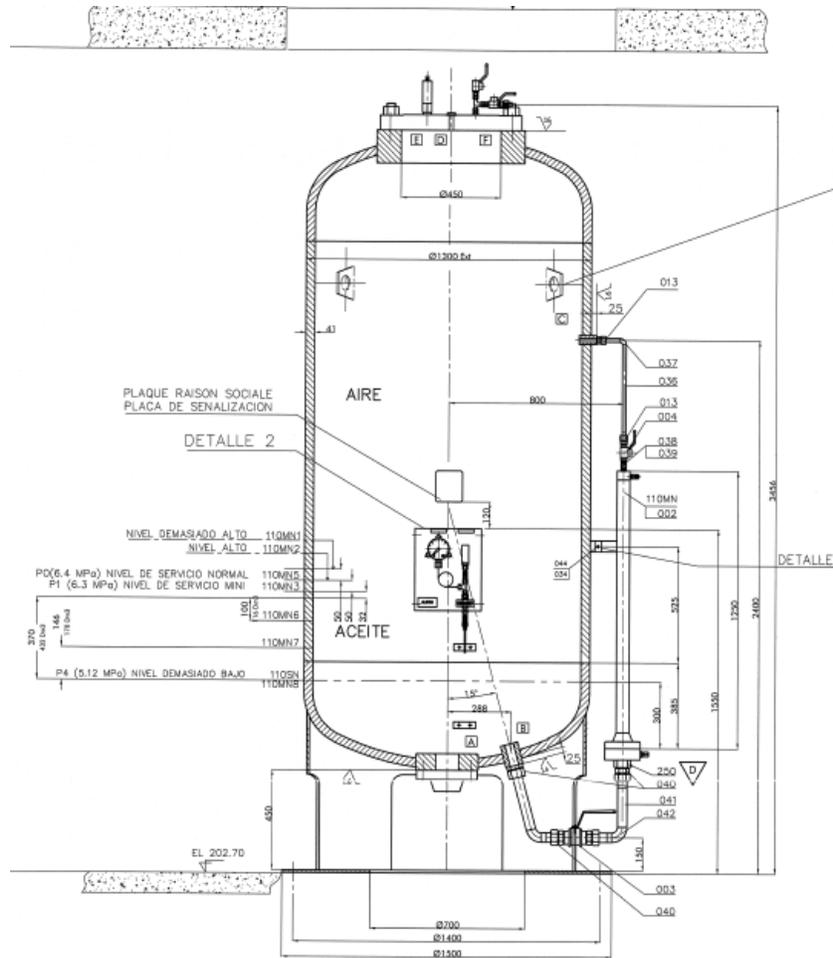


Figura 37.- Sección del plano AHT CHM 10 GRE EQ 311

8.4.- USO DEL SOFTWARE CAD (SOLIDWORKS)

Por último, se realizó la parte del sistema de regulación que se va a modificar, esto en el software “SOLIDWORKS” con la finalidad de tener una visión de como está el sistema actual en 3D y como se vera de acuerdo con las modificaciones que se realicen, se tiene que considerar el lugar donde se va a implementar el elemento nuevo, el espesor del tanque, diámetro de la tubería y los colores que actualmente se tiene para cada parte.

Se fabrico el tanque acumulador para el sistema de regulación y el tanque acumulador de la compuerta cilíndrica (Figura 38), los cuales se muestran con una vista de sección.

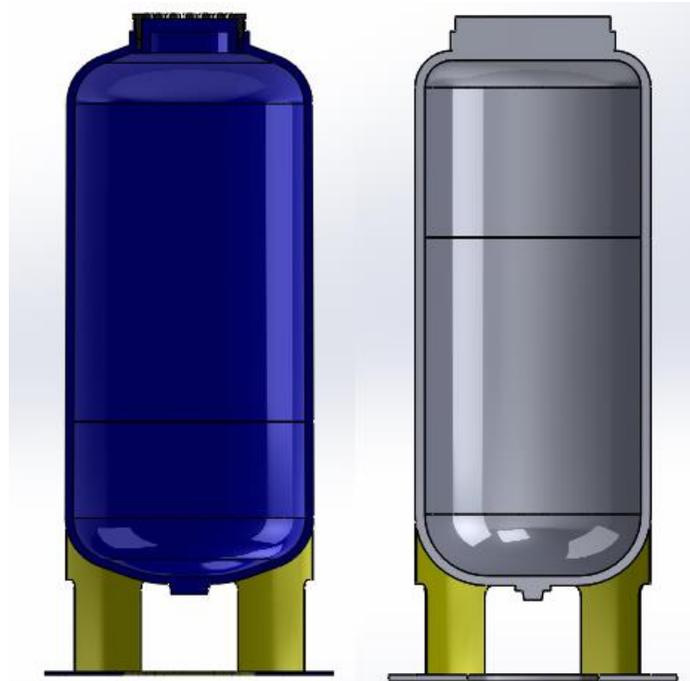


Figura 38.- Vista de Sección de los tanques acumuladores

posterior a esto, se fueron agregando tuberías de la biblioteca de solidworks, las cuales cumplen con los estándares establecidos por las diferentes instituciones que se mencionaron en el capítulo de fundamento teórico, más adelante en la parte de resultados se muestra el modelo del sistema actual y el que será modificado.

9.- RESULTADOS

El desarrollo del mantenimiento correctivo en la unidad número 6 fue esencial para obtener datos importantes, ahora sabemos que el sistema se lleva 9 horas y 34 minutos en recuperar su presión de trabajo (64 Bar) lo que nos genera una pérdida económica significativa para la empresa, entonces aplicando la ecuación uno (EQ. 1) obtenemos la pérdida por energía no generada, donde para este caso particular tenemos:

PML = \$ 1800.00 (calculado al día 27 de noviembre del 2017)

CIU = 300 MW

$I = 0.375$ (considerando que el día tiene 24 horas y el tiempo que se lleva para recuperar la presión de trabajo es de 9 horas, entonces se hace una regla de tres para saber la cantidad en días, que es el valor que se tiene)

Entonces:

$$\textit{Perdida por energía no generada} = 1800 \times 300 \times 24 \textit{ HORAS} \times 0.375$$

$$\textit{Perdida por energía no generada} = 4\,860\,000.00$$

El monto anterior es lo que se dejó de ganar por estar la maquina fuera de funcionamiento durante las actividades que se realizaron para retomar la presión de trabajo después de realizar el mantenimiento correctivo en la unidad número 6.

Si consideramos que el tanque está aislado, solamente tomaríamos en cuenta el tiempo que se lleva en realizar el mantenimiento, para el caso que se presencio fue de 3 horas aproximadamente, entonces tenemos:

$$\textit{Perdida por energía no generada} = 1800 \times 300 \times 24 \textit{ HORAS} \times 0.125$$

$$\textit{Perdida por energía no generada} = 1\,620\,000.00$$

En sí, actualmente, la empresa tiene una perdida por energía no generada de aproximadamente 6 480 000.00 pesos, si consideramos el aislamiento al tanque la perdida sería únicamente de 1 620 000.00 pesos, ahorrando la cantidad restante generada por volver a presurizar el sistema.

Con lo anterior sabemos que es de gran conveniencia y factibilidad para la empresa el hecho de implementar el elemento mecánico que se encargara de aislar el tanque acumulador durante las intervenciones por mantenimiento. Este gasto es únicamente lo que se pierde por no tener la maquina disponible, sin embargo, es necesario considerar las horas hombre que se emplean.

Una vez teniendo el cálculo y sabiendo que, si es factible hacer la modificación, se procede a realizar el modelo del sistema de regulación en Solidworks tanto el actual como el modificado con la finalidad de observar la posición probable del elemento mecánico que se propone.

En la figura 39 se observa una vista isométrica del modelo actual, que se realizó con medidas que se tomaron en campo y con ayuda de los planos ya mencionados anteriormente, también se tiene una vista de planta de este modelo como se observa en la figura 40.

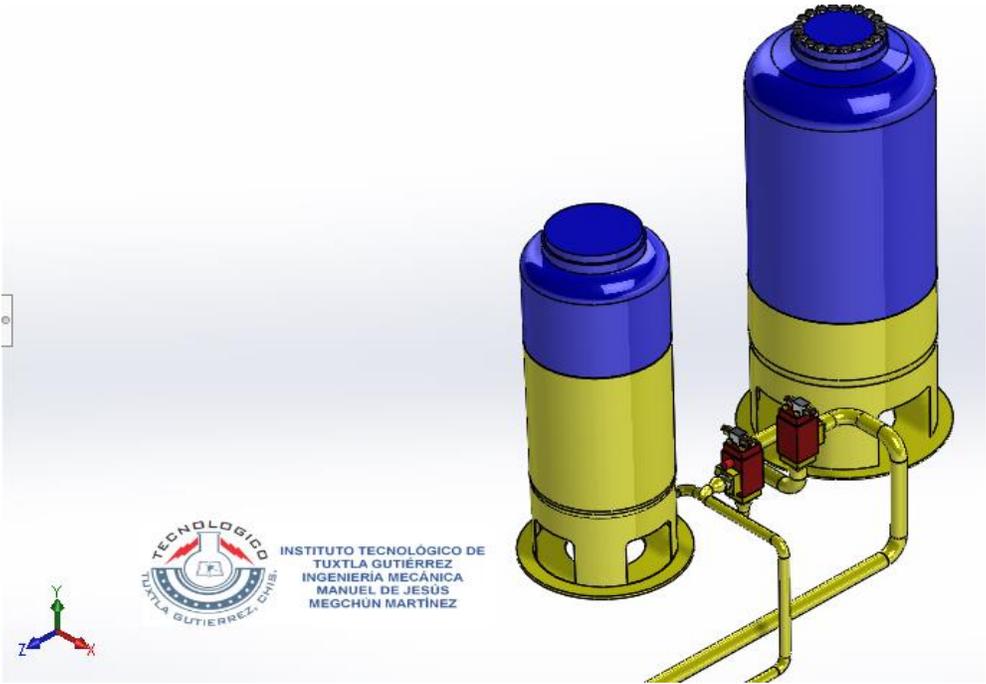


Figura 39.- Vista isométrica del sistema actual

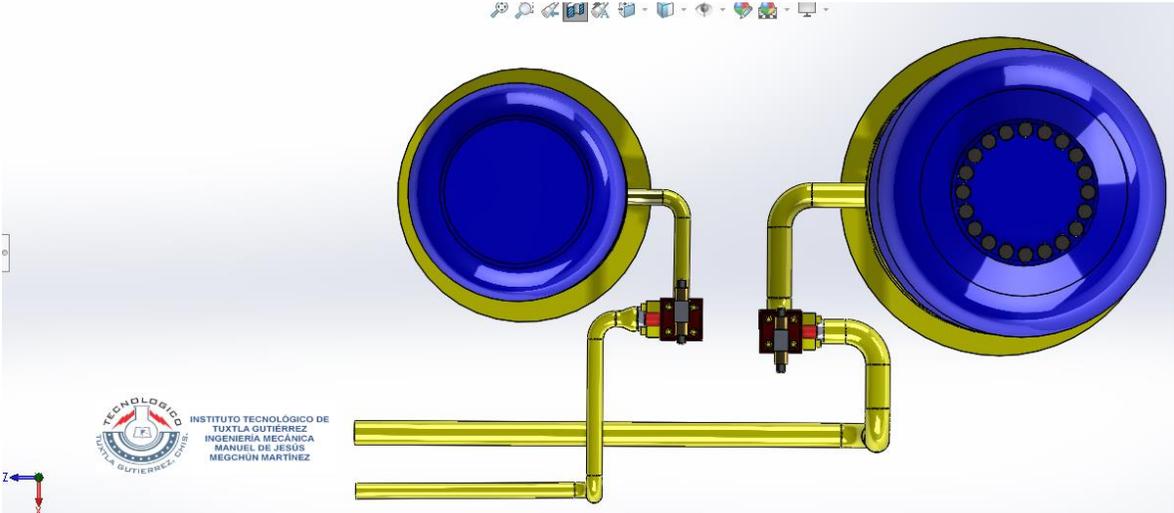


Figura 40.- Vista de planta del sistema actual

La tubería, codos, reducciones y el material de cada elemento se obtuvo de la biblioteca de Solidworks, todos los componentes que podemos encontrar ahí están estandarizados por las instituciones mencionadas en el tema de selección de tubería.

Teniendo la presión de trabajo del tanque acumulador que es de 64 Bar ya podemos hacer la selección del elemento mecánico que se va a emplear para el aislamiento del tanque, basándonos en la norma ANSI, que describe la clase de acuerdo con la presión que se maneja, si estas son de acero al carbono (Figura 41).

Tabla Referencial de Presiones de Trabajo Norma ANSI Acero Carbono											
Presion de trabajo en bares y temperatura en celcius											
TIPO	38° C	94° C	150°C	205° C	260° C	315° C	343° C	370° C	400° C	427° C	454° C
#150	18,7	16,3	14,3	12,2	10,2	8,8	8,2	7,5	6,8	6,1	5,4
#300	49,0	47,6	46,3	45,2	42,5	37,8	35,0	32,0	28,9	24,8	20,4
#600	98,0	95,2	92,9	90,5	85,0	75,5	70,1	63,9	57,8	49,7	40,8
#900	146,9	142,9	139,5	136,1	127,2	112,9	105,4	95,9	86,4	75,5	61,2
#1500	244,9	238,1	231,3	225,9	212,2	187,8	170,1	159,9	144,2	124,5	102,0

Figura 41.- Norma ANSI para Válvulas

Y teniendo en cuenta las características de cada una de las válvulas que se expusieron en capítulos anteriores, se llega a la determinación de usar una válvula de bola clase 600 de 4 pulgadas para que pueda ser implementada con la tubería que se tiene actualmente, asegurando el sistema al tener una diferencia de 34 Bar entre la presión de trabajo y la presión de diseño en condiciones óptimas.

Además, es necesario considerar el tamaño de la tubería, si es el correcto o no el que se tiene actualmente, para eso consideramos a la ASTM A53 que es para extremos roscados o acoplados como se muestra en la figura 42.

Como se logra ver la tubería de 4 pulgadas que se tiene actualmente cumple con las características necesarias de acuerdo con la presión que se tiene, ya que como en la válvula igual queda una diferencia de presión considerada, pero esta es por factor de seguridad en el sistema.

ASTM A 53/A53 M-02
Extremos Roscados/Acoplados

Designación Comercial		Diámetro Externo		Espesor de Pared		Sch.	Peso Tubo Roscados/Acoplados				Presión de Prueba	
DN (")	NPS (")	mm	pulg	mm	pulg		Negro		Galvanizado		Grado A	Grado B
						Kg/m	lb/pie	Kg/m	lb/pie	psi	psi	
6	1/8	10,3	0.405	1,73	0.068	40	0,37	0.25			700	
				2,41	0.095	80	0,46	0.32			850	
8	1/4	13,7	0.540	2,24	0.088	40	0,63	0.43			700	
				3,02	0.119	80	0,80	0.54			850	
10	3/8	17,1	0.675	2,31	0.091	40	0,84	0.57	0,89	0.60	700	
				3,20	0.126	80	1,10	0.74	1,15	0.77	850	
15	1/2	21,3	0.840	2,77	0.109	40	1,27	0.86	1,33	0.90	700	
				3,73	0.147	80	1,62	1.09	1,68	1.13	850	
20	3/4	26,7	1.050	2,87	0.113	40	1,69	1.14	1,77	1.19	700	
				3,91	0.154	80	2,21	1.48	2,29	1.54	850	
25	1	33,4	1.315	3,38	0.133	40	2,60	1.69	2,60	1.75	700	
				4,55	0.179	80	3,25	2.19	3,35	2.25	850	
32	1 1/4	42,2	1.660	3,56	0.140	40	3,40	2.28	3,53	2.37	1,200	
				4,85	0.191	80	4,49	3.03	4,62	3.10	1,800	
40	1 1/2	48,3	1.900	3,68	0.145	40	4,04	2.74	4,19	2.82	1,200	
				5,08	0.200	80	5,39	3.65	5,54	3.72	1,800	
50	2	60,3	2.375	3,91	0.154	40	5,46	3.68	5,65	3.80	2,300	
				5,54	0.218	80	7,55	5.08	7,74	5.20	2,500	
65	2 1/2	73,0	2.875	5,16	0.203	40	8,67	5.85	8,90	5.98	2,500	2,500
				7,01	0.276	80	11,52	7.75	11,75	7.89	2,500	2,500
80	3	88,9	3.500	5,49	0.216	40	11,35	7.68	11,64	7.82	2,220	2,500
				7,62	0.300	80	15,39	10.35	15,67	10.53	2,500	2,500
90	3 1/2	101,6	4.000	5,74	0.226	40	13,71	9.27	14,04	9.43	2.030	2.370
100	4	114,3	4.500	6,02	0.237	40	16,23	10.92	16,60	11.16	1.900	2.210
				8,58	0.337	80	22,60	15.20	22,96	15.43	2.700	2.800

Figura 42.- Norma ASTM 53

Teniendo en cuenta el elemento que se va a implementar y sabiendo que la tubería no es necesario modificarla, procedemos a realizar el modelo modificado en Solidworks, obteniendo lo siguiente:

- Vista isométrica del modelo modificado (Figura 43)
- Vista de detalle del elemento implementado (Figura 44)
- Vista de planta del modelo modificado (Figura 45)

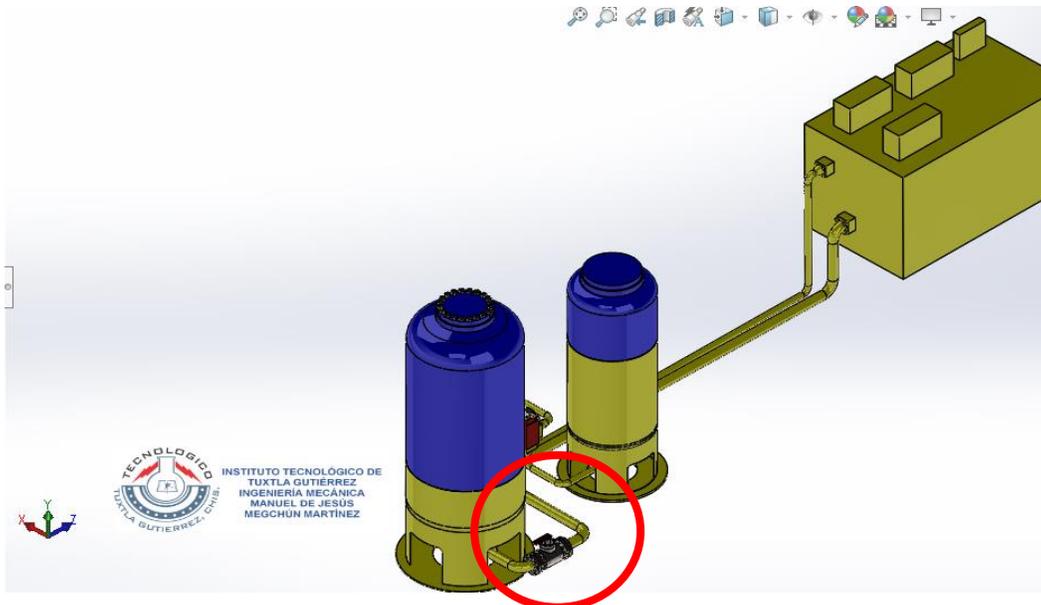


Figura 43.- Vista isométrica del modelo modificado

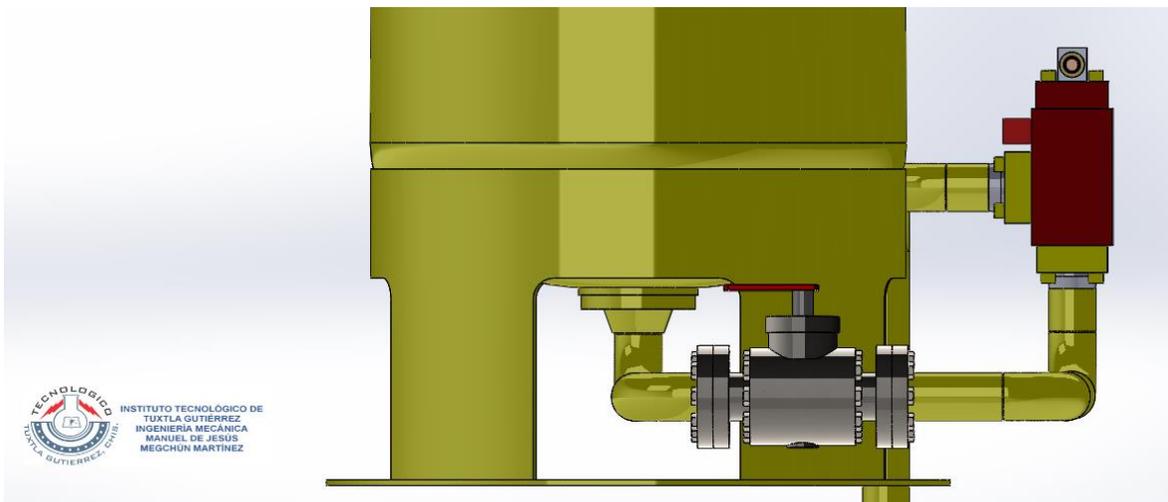


Figura 44.- Vista de detalle del elemento implementado

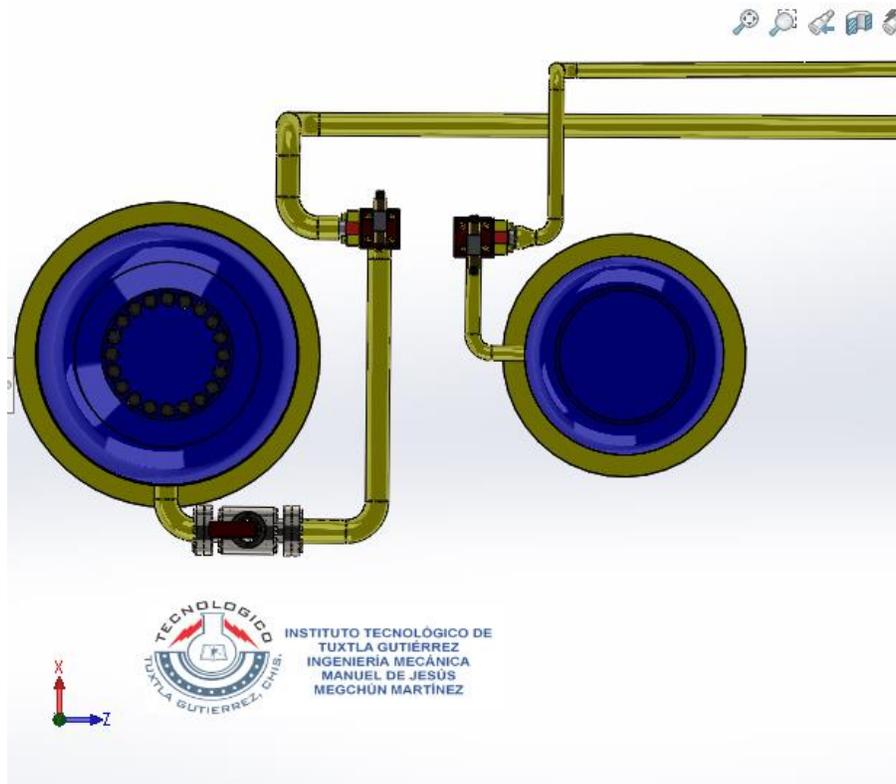


Figura 45.- Vista de planta del modelo modificado

NOTA: Es necesario considerar que estos modelos realizados en solidworks, además, de las determinaciones que se hicieron, serán útiles para las unidades 6, 7 y 8, que son las pertenecientes a la segunda etapa, estas comparten sistemas similares y medidas prácticamente iguales, lo que ayuda a la implementación de una nueva modificación como lo es la válvula de bola que se decidió utilizar.

En los anexos se encuentran tablas que proporcionan los proveedores teniendo una para tubos (Anexo 4) las cuales consideran las normas que ya se han venido mencionando, lo que nos asegura que ya todo está estandarizado y así poder realizar una buena adquisición, además de conocer más características como lo es espesores de pared para los tubos.

10.- CONCLUSIÓN

Con la finalidad de hacer más eficientes los mantenimientos en la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres, se propone una modificación al sistema de regulación en las unidades generadoras de la segunda etapa de esta central, en la situación actual es necesario realizar la despresurización del tanque acumulador del sistema mencionado, ocasionando con esto una pérdida de tiempo al momento de realizar las maniobras necesarias para retomar la presión a la cual trabaja el sistema que es de 64 Bar.

Las horas empleadas para recuperar la presión de trabajo genera pérdidas económicas para la empresa, debido a que la maquina no puede regresar a operación, para saber este gasto la comisión federal de electricidad emplea una fórmula de “pérdida por energía no generada” la cual se utiliza en este documento calculando un aproximado en costos por las aproximadamente 12 horas que la maquina esta sin operar.

Viendo esta situación se propone la implementación de un elemento mecánico como lo es una válvula de bola, la cual servirá como aisladora al momento de intervenir alguna de las unidades de la segunda etapa, obteniendo un ahorro en el tiempo perdido que se emplea para recuperar la presión de trabajo, generando con esto un impacto en el área económica de la empresa al obtener un ahorro de aproximadamente 5 millones de pesos.

Además, si se consideran los gastos aproximados que conlleva la implementación y desarrollo de este proyecto, prácticamente este capital se estaría recuperando en el primer ahorro que se tendría al evitar la maniobra de despresurizar, por lo que se considera conveniente para la empresa en la parte económica y funcional.

11.- BIBLIOGRAFÍA

- Caroli, E. J. (20 de Agosto de 2011). *Monografías* . Obtenido de Válvulas: Instrumentación y Control :
<http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>
- Daugherty, R. (1920). *Turbinas Hidraulicas* . New York, Estados Unidos : McGraw-Hill.
- EcoVive. (15 de Septiembre de 2010). *Elementos Principales de Una Central Hidroeléctrica* . Obtenido de <http://ecovive.com/elementos-principales-de-una-central-hidroelectrica/>
- IngeMecánica. (Marzo de 2010). *Clasificación de los electrodos para soldadura* . Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn47.html>
- Menes, D. M. (2012). *Obras de Toma para aprovechamientos hidráulicos* . México: SAGARPA.
- Restrepo, A. M. (Julio de 2002). *Instrumentación de Turbinas Hidráulicas* . Obtenido de http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/maquinashidraulicas/instrumentacion_turbinas/instrumentacion_turbinas.htm
- Salesiana, U. P. (21 de Julio de 2013). *SlideShare*. Obtenido de Maquinaria Pesada : <https://es.slideshare.net/nacho008/acumuladores-hidraulicos>
- Torres, H. D. (2006). *Sistemas digitales de control de carga y regulación de velocidad* . Guatemala : Universidad San Carlos.

12.2.- ANEXO 2 – PLANO AHT CHM 10 GRE EQ 711

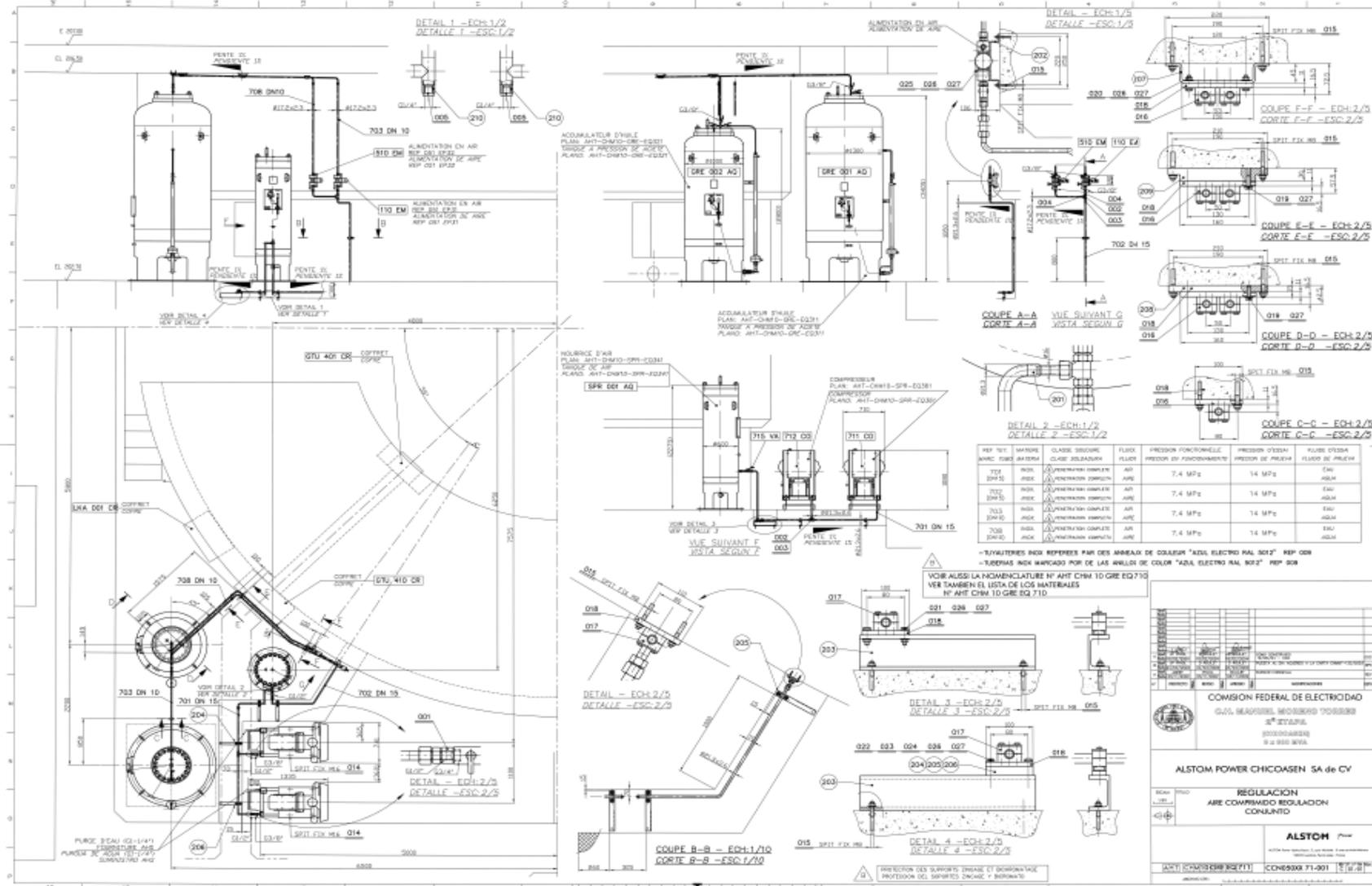


Figura 47.- Plano "Regulación aire comprimido conjunto"

12.3.- ANEXO 3 – PLANO AHT CHM 10 GRE EQ 311

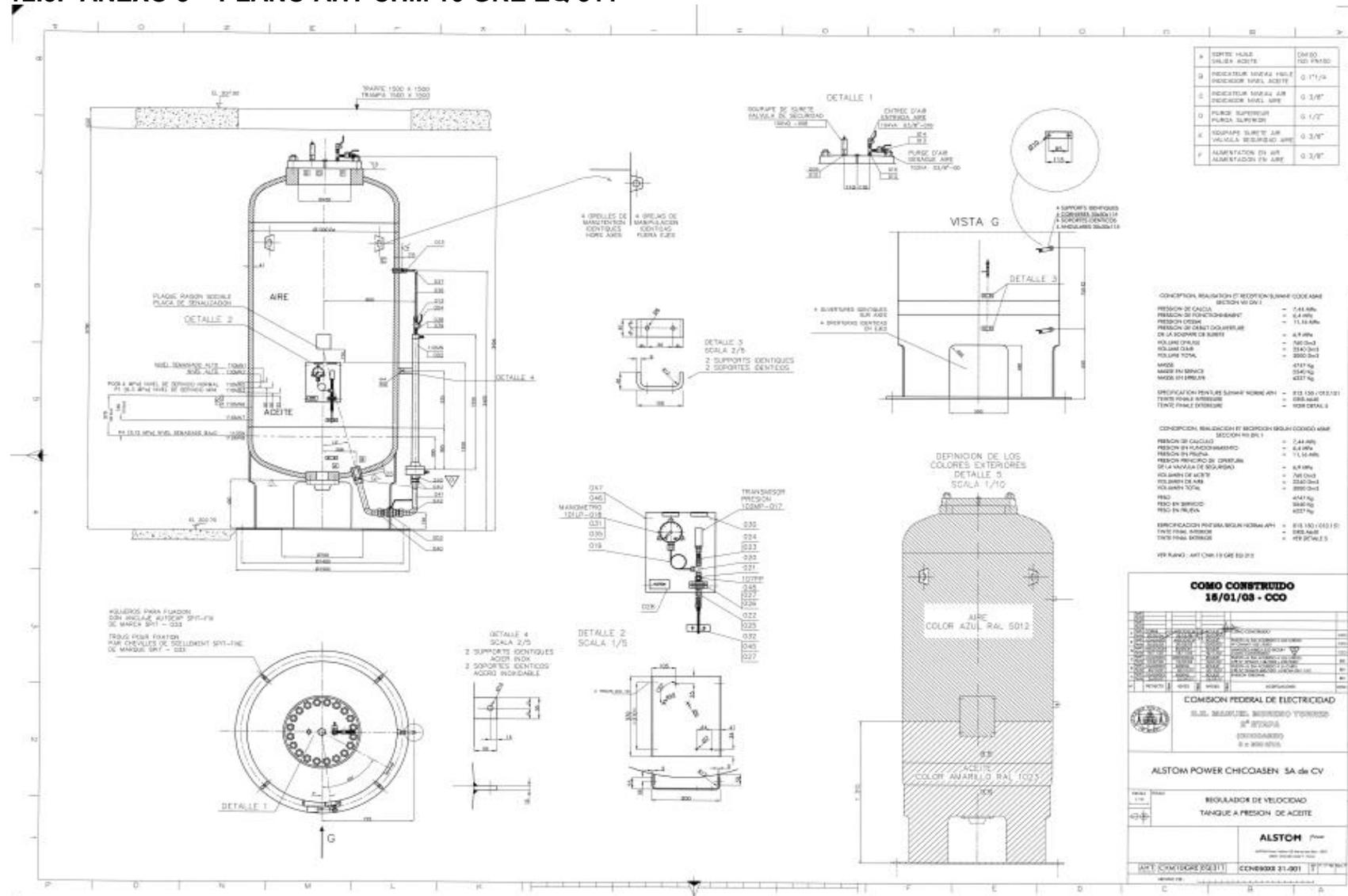


Figura 48.- Plano "Regulador de velocidad tanque a presión de aceite"

12.4.- ANEXO 4 – LISTA DE TUBOS DEL PROVEEDOR C.A. CONDUVEN

ASTM A 53 / COVENIN 3335

DIMENSIONES, PESOS Y PRESIONES DE PRUEBA

Diámetro			Espesor de Pared		Sched.	Peso Nominal Tubo Liso				Peso Nominal Tubo Rosc./Acop.				Presión de Prueba	
Nominal	Externo					Negro		Galvanizado		Negro		Galvanizado		GradoA	GradoB
pulg	pulg	mm	pulg	mm		lb/pie	kg/m	lb/pie	kg/m	lb/pie	kg/m	lb/pie	kg/m	psi	psi
1/8	0.405	10,3	0.068	1,73	40	0.24	0,37	0.27	0,40	0.24	0,37	0.27	0,40	700	700
			0.095	2,41	80	0.31	0,47	0.33	0,50	0.32	0,48	0.33	0,51	850	850
1/4	0.540	13,7	0.088	2,24	40	0.42	0,63	0.45	0,67	0.42	0,63	0.45	0,67	700	700
			0.119	3,02	80	0.54	0,80	0.56	0,83	0.54	0,80	0.56	0,83	850	850
3/8	0.675	17,1	0.091	2,31	40	0.57	0,84	0.60	0,89	0.57	0,84	0.60	0,89	700	700
			0.126	3,20	80	0.74	1,10	0.77	1,14	0.74	1,10	0.77	1,14	850	850
1/2	0.840	21,3	0.109	2,77	40	0.85	1,27	0.89	1,33	0.85	1,27	0.89	1,33	700	700
			0.147	3,73	80	1.09	1,62	1.13	1,68	1.09	1,62	1.13	1,68	850	850
3/4	1.050	26,7	0.113	2,87	40	1.13	1,69	1.19	1,77	1.13	1,69	1.19	1,77	700	700
			0.154	3,91	80	1.47	2,20	1.53	2,28	1.48	2,21	1.54	2,29	850	850
1	1.315	33,4	0.133	3,38	40	1.68	2,50	1.75	2,81	1.68	2,50	1.75	2,81	700	700
			0.179	4,55	80	2.17	3,24	2.24	3,34	2.18	3,25	2.25	3,35	850	850
1 1/4	1.660	42,2	0.140	3,56	40	2.27	3,39	2.37	3,53	2.28	3,40	2.37	3,53	1200	1300
			0.191	4,85	80	3.00	4,47	3.09	4,80	3.02	4,49	3.10	4,82	1800	1900
1 1/2	1.900	48,3	0.145	3,68	40	2.72	4,05	2.82	4,20	2.73	4,07	2.84	4,22	1200	1300
			0.200	5,08	80	3.63	5,41	3.74	5,56	3.66	5,45	3.81	5,67	1800	1900
2	2.375	60,3	0.154	3,91	40	3.65	5,44	3.78	5,83	3.68	5,46	3.80	5,65	2300	2500
			0.218	5,54	80	5.02	7,48	5.15	7,67	5.07	7,55	5.20	7,74	2500	2500
2 1/2	2.875	73,0	0.203	5,16	40	5.79	8,63	5.96	8,87	5.82	8,67	5.98	8,90	2500	2500
			0.276	7,01	80	7.66	11,41	7.82	11,64	7.73	11,52	7.89	11,75	2500	2500
3	3.500	88,9	0.125	3,18		4.51	6,72	4.72	7,02					1290	1500
			0.156	3,96		5.57	8,29	5.77	8,59					1600	1870
			0.188	4,78		6.65	9,92	6.86	10,21					1930	2260
			0.216	5,49	40	7.58	11,29	7.78	11,58	7.62	11,35	7.82	11,64	2220	2500
			0.250	6,35		8.68	12,93	8.88	13,21					2500	2500
			0.281	7,14		9.66	14,40	9.86	14,68					2500	2500
3 1/2	4.000	101,6	0.300	7,62	80	10.25	15,27	10.45	15,55	10.33	15,39	10.53	15,67	2500	2500
			0.125	3,18		5.17	7,72	5.41	8,06					1120	1310
4	4.500	114,3	0.156	3,96		6.40	9,53	6.63	9,87					1400	1640
			0.188	4,78		7.65	11,41	7.89	11,75					1690	1970
			0.226	5,74	40	9.11	13,57	9.34	13,90	9.20	13,71	9.44	14,04	2030	2370
			0.125	3,18		5.84	8,71	6.11	9,10					1000	1170
			0.156	3,96		7.24	10,78	7.50	11,16					1250	1460
			0.188	4,78		8.66	12,91	8.93	13,29					1500	1750
4	4.500	114,3	0.219	5,56		10.01	14,91	10.27	15,28					1750	2040
			0.237	6,02	40	10.79	16,07	11.05	16,45	10.89	16,23	11.16	16,60	1900	2210
			0.250	6,35		11.35	16,90	11.61	17,28					2000	2330
			0.281	7,14		12.66	18,87	12.93	19,24					2250	2620
			0.312	7,92		13.98	20,78	14.21	21,14					2500	2800
			0.337	8,56	80	14.98	22,32	15.24	22,69	15.17	22,60	15.43	22,97	2700	2800