

ANEXO 2.3 MEMORIA DE CÁLCULO MECÁNICOS TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	6
2 OBJETIVOS	7
3 CRITERIOS DE DISEÑO	8
4 NORMAS DE LA EAB APLICABLES O RELACIONADAS PARA LOS DISEÑOS MECÁNICOS.....	10
4.1 ESPECIFICACIONES DE LA EAB APLICABLES O RELACIONADAS PARA DISEÑOS MECÁNICOS.....	11
5. NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES APLICABLES.....	12
6 LOCALIZACIÓN Y DIAGNOSTICO RESUMIDO DE VÁLVULAS	13
6.1 VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO	14
6.1.1 Accesorios de las cámaras de las Válvulas Principales.....	20
6.1.2 Ventosas de 8" de diámetro	21
6.1.3 Purgas de 16" de diámetro	24
6.1.4 Bocas de acceso de 24" de diámetro	27
6.1.5 Pitómetros.....	29
6.2 ANÁLISIS DE GOLPE DE ARIETE	31
6.3 TIPO Y DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS	31
6.3.1 Válvulas principales en línea	31
6.3.2 Válvulas de bypass	42
6.3.3 Válvulas principales de derivaciones	43
6.3.4 Válvulas de ventosa	44
6.3.5 Válvulas de purga.....	46
6.4 TIPO Y DIMENSIONAMIENTO DE OTROS ELEMENTOS	54
6.4.1 Uniones de desmontaje.....	54
6.4.2 Juntas mecánicas flexibles.....	55
6.4.3 Sistemas de desagüe.....	55
6.4.4 Bocas de acceso	55
6.4.5 Tubería Insertada para Rehabilitación de la conducción	56

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA No. 1 LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO	.14
FIGURA No. 2 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V42 EXISTENTE	15
FIGURA No. 3 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V42 ADECUADA	16
FIGURA No. 4 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V43 EXISTENTE	16
FIGURA No. 5 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V43 ADECUADA	16
FIGURA No. 6 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V44 EXISTENTE	17
FIGURA No. 7 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V44 ADECUADA	17
FIGURA No. 8 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V42N	18
FIGURA No. 9 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V43N	19
FIGURA No. 10 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V44N	19
FIGURA No. 11 CÁMARA TÍPICA DE VENTOSA Φ 8"	22
FIGURA No. 12 CÁMARA TÍPICA DE PURGA Φ 16"	25
FIGURA No. 13 CÁMARA TÍPICA DE BOCA DE ACCESO DE Φ 24"	28
FIGURA No. 14 CÁMARA TÍPICA DE SALIDA DE DERIVACIÓN	44
FIGURA No. 15 CONFIGURACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE DRENAJE O PURGA	.53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA No. 1 LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO ...	13
TABLA No. 2 LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO ...	14
TABLA No. 3 LOCALIZACIÓN DE VENTOSAS DE 8" DE DIÁMETRO	22
TABLA No. 4 LOCALIZACIÓN DE PURGAS DE 16"	26
TABLA No. 5 LOCALIZACIÓN DE BOCAS DE ACCESO DE 24" DE DIÁMETRO	28
TABLA No. 6 LOCALIZACIÓN DE PITÓMETROS.....	30

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
ILUSTRACIÓN 1 DOBLE EXCENTRICIDAD	34
ILUSTRACIÓN 2 CONEXIÓN ENTRE EJE Y DISCO	37
ILUSTRACIÓN 3 VÁLVULAS DE MARIPOSA	47
ILUSTRACIÓN 4 VÁLVULAS DE COMPUERTA	48
ILUSTRACIÓN 5 VÁLVULA ESFERICA	49
ILUSTRACIÓN 6 CONEXIÓN ENTRE EJE Y DISCO	54

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 ESTUDIO DE GOLPE DE ARIETE

1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto de la EAB que plantea en su Plan Maestro de acueducto la rehabilitación de la tubería Tibitoc-Casablanca con una longitud de 52,1 Km. La rehabilitación se ha contemplado en tres fases o tramos. los tramos I y II de longitud 35,7 km, están localizados, entre el tanque Tibitoc bajo y la calle 80 con avenida Boyacá, faltando por rehabilitar el tramo III de longitud 16,3 km, localizado entre la avenida Boyacá con calle 80 (válvula V39) y el tanque Casablanca, diseños que son objeto del presente estudio.

La rehabilitación del tramo III, con un trazado que discurre en su mayor parte por el separador de la Avenida Boyacá, corredor por el que el IDU ha planteado construir el proyecto Transmilenio, ha hecho que la EAB y el IDU hayan acordado compartir el corredor de la tubería PCCP D=78" que se utilizará como calzada de los vehículos articulados, con excepción de las estaciones que no quedarán localizadas sobre la tubería mencionada, acuerdo que permitirá proyectar y construir las obras de la rehabilitación de la tubería PCCP D=78" a Di=1800mm, previa a la construcción de las obras del Transmilenio, siendo en consecuencia el objeto del presente proyecto realizar el diseño detallado de la rehabilitación del subtramo sur L=4,1 km del tramo III de la Tubería Tibitoc-Casablanca.

De acuerdo a la necesidad planteada anteriormente la EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE BOGOTÁ ESP suscribió con la empresa CONTELAC el contrato de consultoría 1-02-25400-00923 2015, cuyo objeto es realizar los ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN, CONEXIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA NUEVA CONDUCCIÓN DEL TRAMO 3 DE LA LÍNEA RED MATRIZ TIBITOC – CASABLANCA Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.

2 OBJETIVOS

El objetivo de este documento es presentar el diseño de los siguientes equipos mecánicos y elementos que conforman las cámaras de válvulas, para el proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN, CONEXIÓN Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA NUEVA CONDUCCIÓN DEL TRAMO 3 DE LA LÍNEA RED MATRIZ TIBITOC – CASABLANCA Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS, en el componente de conducción comprendido entre la válvula V42 y el tanque de almacenamiento Casablanca (Subtramo Sur).

- Válvulas principales de seccionamiento o corte de la tubería rehabilitada del Subtramo sur - tramo 3.
- Válvulas de admisión y expulsión de aire (Ventosas).
- Válvulas de drenaje o purga.
- Bocas de acceso.
- Derivaciones para suministro.

3 CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño, selección de válvulas, elementos complementarios y tuberías para el proyecto se han desarrollado bajo los siguientes criterios de diseño:

- Los sistemas de válvulas, equipos complementarios y tuberías de la nueva conducción deberán operar mínimo en las mismas condiciones con que han estado operando hasta la fecha, o mejores.
- El caudal mínimo de diseño del tramo 3 será de 6 m³/s, comandado por el nivel máximo del Tanque Casablanca.
- Con base en la experiencia de la EAB obtenida en la rehabilitación de los tramos 1 y 2, los equipos, válvulas, tuberías y elementos complementarios deberán ser seleccionados para trabajar con la nueva conducción compuesta por una tubería insertada de 72 pulgadas (1800 mm) de diámetro, fabricada de lámina de acero ASTM A-36 o ASTM A-283, de 11,5 mm de espesor, en el interior de la tubería existente de 78 pulgadas de diámetro, tipo PCCP de American Pipe.
- Límites de presión. De acuerdo con el numeral 4.6.7. de la Norma NS-033 del SISTEC de la EAB, se deben cumplir las siguientes condiciones
 - a) La presión dinámica mínima aceptable es de 30.00 m.c.a.
 - b) La presión estática máxima aceptable es de 80.00 m.c.a.
- Dimensionamiento a presión interna. De acuerdo con el numeral 4.2.8.2, de la Norma NS-033 del SISTEC de la EAB, se deben cumplir las siguientes condiciones
 - El dimensionamiento a la presión interna debe ser hecho considerando un factor de seguridad igual a 2 para la presión estática o igual a 1,5 para la presión máxima resultante del régimen transitorio, adaptándose la condición que ocasione la mayor presión
 - La tensión de trabajo para dimensionamiento debe ser la tensión de fluencia de acero dividida por el factor de seguridad.
- La Se deberán acoger las experiencias en cuanto a operación y materiales en la conducción existente para acoger avances tecnológicos en materiales, y diseños de equipos, comprobados en sistemas similares.
- Considerar protecciones contra las celdas electroquímicas que se pueden formar en los contactos de materiales diferentes.
- Los sistemas de válvulas, equipos complementarios y tuberías de la nueva conducción deberán alojarse en cámaras nuevas de concreto construidas con base en las normas de la EAB.
- Los procedimientos de instalación de los nuevos sistemas de válvulas deberán ser ejecutados con la mínima afectación del servicio que actualmente se está prestando en las zonas afectadas.
- Básicamente se seguirán los criterios generales de la EAB especificados en las siguientes normas:

- NP-032 Tuberías para Acueducto
- NS-033 Criterios para Diseño de Red Matriz.
- NS-084 Criterios para Selección de Válvulas.
- NS-100 Criterios para la Evaluación de la Conformidad de los Productos que adquiere la EAAB-ESP.

4 NORMAS DE LA EAB APLICABLES O RELACIONADAS PARA LOS DISEÑOS MECÁNICOS

CÓDIGO	TÍTULO
NE 002	PRUEBA HIDRÁULICA TUBERÍAS DE ACUEDUCTO
NP 013	TAPAS PARA ACUEDUCTO
NP-018	VÁLVULAS DE MARIPOSA CON SELLO ELÁSTICO
NP-026	VÁLVULAS DE COMPUERTA
NP 032	TUBERÍAS DE ACUEDUCTO
NP 043	VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHEQUE) CON SELLO ELÁSTICO
NP-046	VÁLVULAS DE VENTOSA
NP-057	ACTUADORES PARA VÁLVULAS
NS-021	CONDICIONES TÉCNICAS PARA INTERVENCIONES SOBRE LA RED MATRIZ
NS 025	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS EN ZANJA ABIERTA PARA REDES DE ACUEDUCTO
NS 026	DESINFECCIÓN DE TUBERÍAS DE ACUEDUCTO
NS-033	CRITERIOS PARA DISEÑOS DE RED MATRIZ
NS-034	CRITERIOS PARA DISEÑOS DE CONDUCCIONES Y LÍNEAS EXPRESAS
NS 038	MANUAL DEL MANEJO DEL IMPACTO URBANO
NS-040	PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO. REQUISITOS MÍNIMOS PARA SU ELABORACIÓN
NS 046	REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS DE OBRA CONSTRUIDA DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
NS 048	PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS
NS-077	CAJAS PARA ACCESORIOS DE ACUEDUCTO
NS-084	CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE VÁLVULAS
NS-087	ASPECTOS TÉCNICOS PARA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS
NS-090	PROTECCIÓN DE TUBERÍAS EN REDES ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
NS-100	CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LOS PRODUCTOS QUE ADQUIERE LA EAAB
NS-105	INSTALACIÓN DE MACROMEDIDORES
NS-107	REQUISITOS MÍNIMOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA EL MANEJO DE EQUIPOS EMPLEADOS EN LABORES DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
NS-108	REQUISITOS MÍNIMOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA EL MANEJO DE HERRAMIENTAS MANUALES
NS-109	REQUISITOS MÍNIMOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS
NS-110	REQUISITOS MÍNIMOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS EN ALTURAS
NS-111	REQUISITOS MÍNIMOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL EN ESPACIOS CONFINADOS

CÓDIGO	TÍTULO
NS-113	REQUISITOS MÍNIMOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS EN TALLERES DE MANTENIMIENTO MECÁNICO, AUTOMOTRIZ Y MAQUINARIA INDUSTRIAL
NS-121	REQUISITOS MÍNIMOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA EL MANEJO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS
NS-123	CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE MATERIALES DE TUBERÍAS PARA REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
NT-001	MEDIDORES DE AGUA POTABLE. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN.
NT-002	TERMINOLOGÍA DE ACUEDUCTO
NT-006	TERMINOLOGÍA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
NT-007	TERMINOLOGÍA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
NT-008	TERMINOLOGÍA MECÁNICA
NT-009	TERMINOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN

4.1 ESPECIFICACIONES DE LA EAB APLICABLES O RELACIONADAS PARA DISEÑOS MECÁNICOS

CÓDIGO	TÍTULO
EG-101	CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PARA LA EAAB-ESP
EG-102	SERVICIOS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIOS
EG-109	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS
EG-110	PROTECCIÓN DE TUBERÍAS
EG-111	CONDICIONES PARA PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS
EC-201	EMPATES DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO
EC-202	INSTALACIÓN DE HIDRANTES Y SISTEMAS PARA VÁLVULA, E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS
ES-901	SUMINISTROS DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS PARA REDES Y ACOMETIDAS DE ACUEDUCTO.
ES-903	SUMINISTROS DE TUBERÍAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
EM-502	INSTALACIÓN DE MACROMEDIDORES
EM-506	REPARACIÓN REDES MATRICES DE ACUEDUCTO

5. NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES APLICABLES

- ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas
- AWWA American Water Works Association
- ASTM American Society for Testing and Materials
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- ANSI American National Standard Institute
- AISC American Institute of Steel Construction
- SSPC Steel Structures Painting Council
- NACE National Association of Corrosion Engineers
- ACI American Concrete Institute
- PCA Portland Cement Association
- AWS American Welding Society
- ISO International Organization for Standardization

6 LOCALIZACIÓN Y DIAGNOSTICO RESUMIDO DE VÁLVULAS

Los sistemas de válvulas del tramo del proyecto han sido localizados de acuerdo con los diagnósticos de las cámaras de válvulas de la conducción existente por rehabilitar, y con base en los análisis hidráulicos de operación de la nueva conducción y de las redes matrices respectivas, según se resume en el siguiente cuadro:

TABLA No. 1 LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO

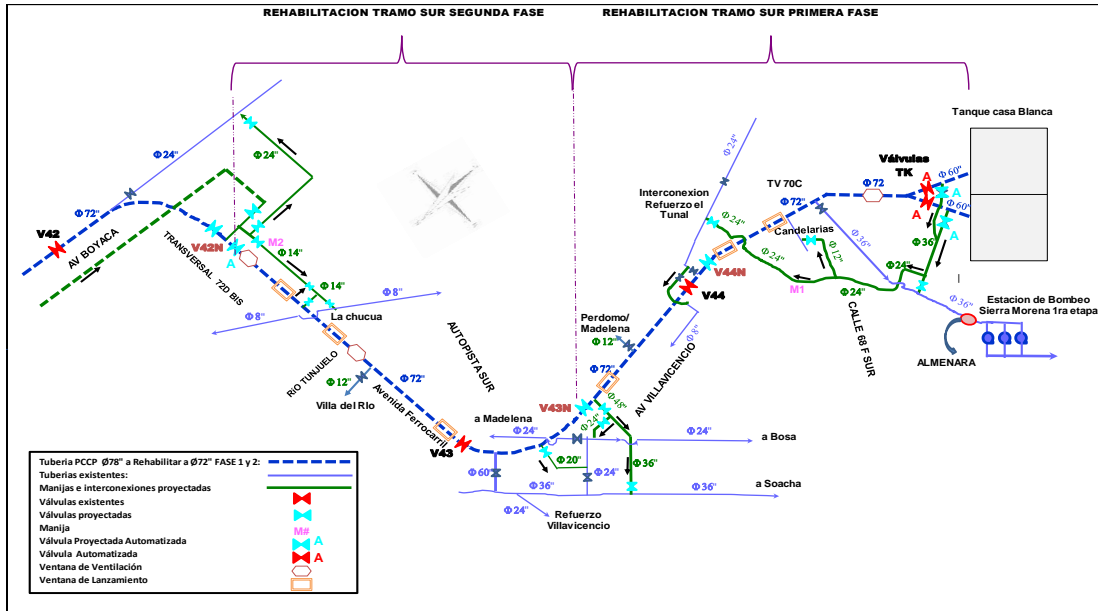
ABSCISADO	NOMBRE	DIRECCIÓN	ESTADO DE LOS EQUIPOS
K48+041.30	V42	Avenida Boyacá Calle 40 Sur	Válvula principal operativa. Tiene paso de agua. Pinturas en mal estado. No es de doble excentricidad. La purga está desconectada, fuera de servicio. No tiene bocas de acceso. Se inunda frecuentemente causando daños en pinturas, pernos y tuercas. Ver FIGURA No. 2.
K50+295,85	V43	Avenida Villavicencio	Válvula principal operativa. Tiene paso de agua. Pinturas en mal estado. No es de doble excentricidad. La purga está desconectada, fuera de servicio. No tiene bocas de acceso. Solo tiene una ventosa aguas arriba de la válvula, sin válvula de guarda. Se inunda frecuentemente causando daños en pinturas, pernos y tuercas. Ver FIGURA No. 4.
K51+424.55	V44	Avenida Villavicencio	Válvula principal operativa. Tiene paso de agua. Pinturas en mal estado. No es de doble excentricidad. La purga está operable. Tiene una boca de acceso aguas abajo de la válvula. Solo tiene una ventosa aguas arriba de la válvula. Se inunda frecuentemente causando daños en pinturas, pernos y tuercas. Ver FIGURA No. 6

En general, la localización de los sistemas de válvulas de la nueva conducción es igual a la localización actual de los mismos sistemas, con excepción de las válvulas principales de línea, para las cuales se acordó con la EAB, remplazar la totalidad de equipos, y remplazar las estructuras de concreto de las cámaras existentes por cámaras de concreto nuevas, localizadas en sitios lo más cercanos posibles a los sitios existentes.

6.1 VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO

En la FIGURA No. 1 se muestra un esquema del tramo por rehabilitar, entre la abscisa K 47 + 850,00 y el tanque Casablanca, con localización de las válvulas de línea V42, V43 y V44, y de las válvulas nuevas correspondientes V42N, V43N y V44N.

FIGURA No. 1 LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO



Y en la siguiente tabla se presenta la localización detallada de las válvulas de línea de 60" de diámetro existentes y nuevas del tramo considerado en este estudio:

TABLA No. 2 LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS DE LÍNEA DE 60" DE DIÁMETRO

ABSCISADO	ACCESORIO	Ø	TIPO CAJA	NOMBRE	DIRECCIÓN
K48+041.30	Válvula que será reemplazada por el sistema V42N	60	1	V42	Calle 42 sur
K48+154.32	Válvula	60	1	V42N	Calle 42 sur
K50+295,85	Válvula que será reemplazada por el sistema V43N	60	1	V43	Av Villavicencio
K50+439.22	Válvula	60	1	V43N	Av Villavicencio
K51+424.55	Válvula que será reemplazada por el sistema V42N	60	1	V44	Av Villavicencio
K51+439.08	Válvula	60	1	V44N	Av Villavicencio

Las señales de corrosión y defectos operativos en las válvulas y equipos del sistema, sumadas a la antigüedad de los mismos (más de 40 años de operación) constituyeron razones suficientes para tomar la decisión de su retiro y remplazo por equipos nuevos, conjuntamente con la EAB y la Interventoría, tal como se presentó en el producto 8 de esta consultoría. En la FIGURA No. 2 extraída de estudios previos se aprecia una planta de la cámara de la válvula V42 existente:

FIGURA No. 2 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V42 EXISTENTE

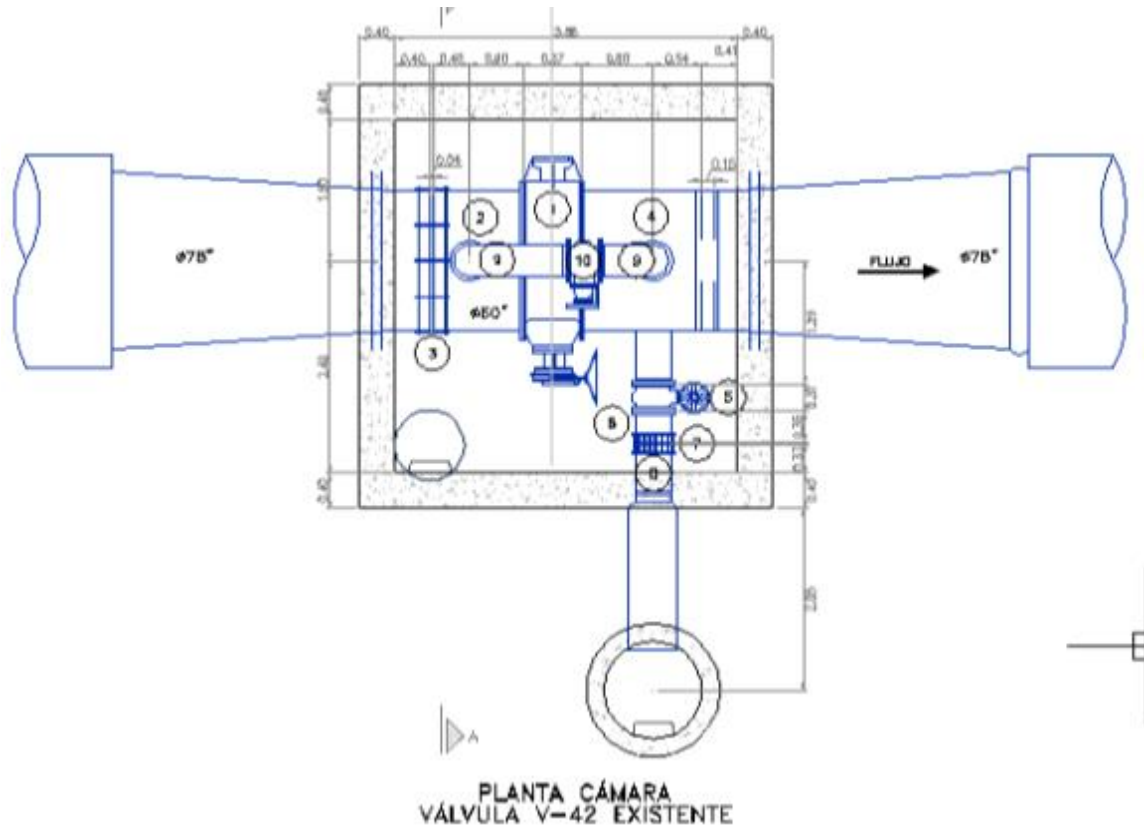


FIGURA No. 3 PLANTA CÁMARA VÁLVULAV42 ADECUADA

Y en las FIGURA No. 4 a la FIGURA No. 7 extractadas de los planos 18, y 22 de 67, se aprecian los detalles de las cámaras existentes V43 y V44 respectivamente y adecuadas para las nuevas condiciones de operación de la conducción rehabilitada.

FIGURA No. 4 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V43 EXISTENTE

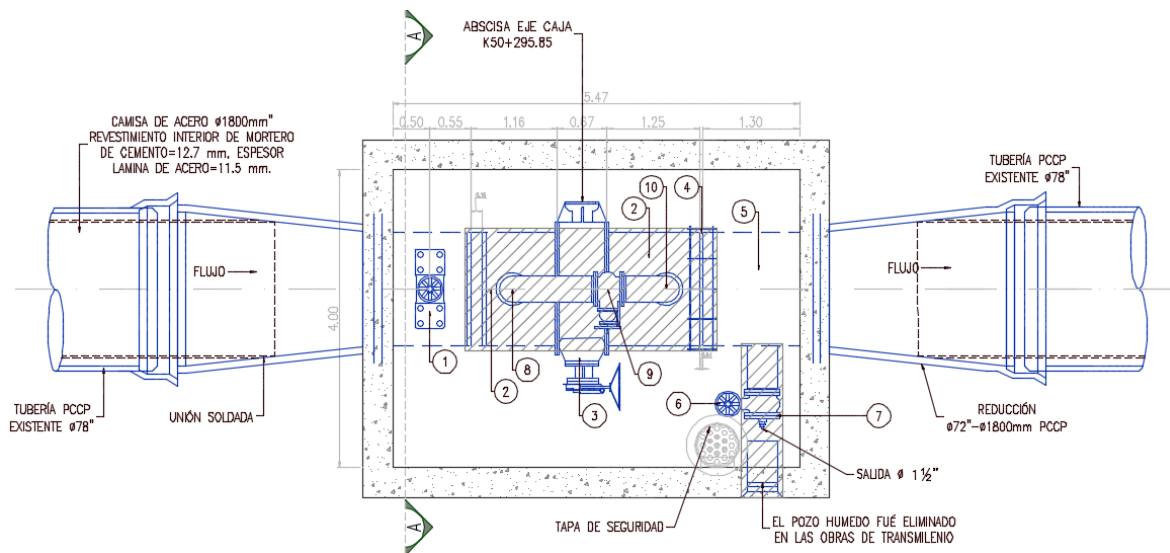


FIGURA No. 5 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V43 ADECUADA

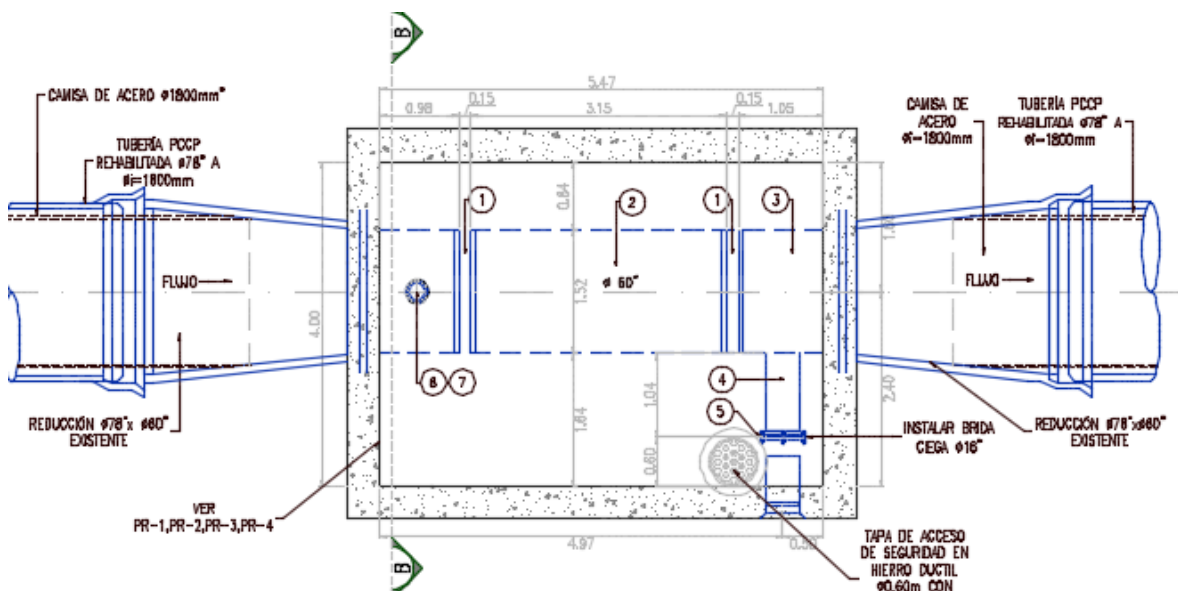


FIGURA No. 6 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V44 EXISTENTE

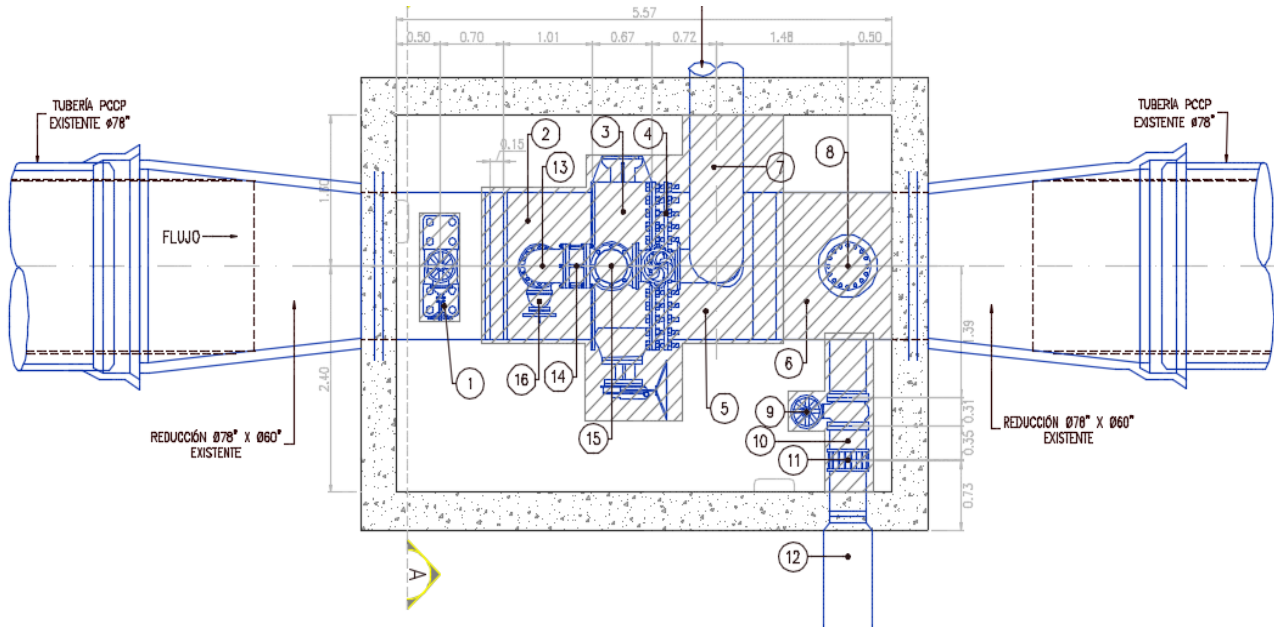
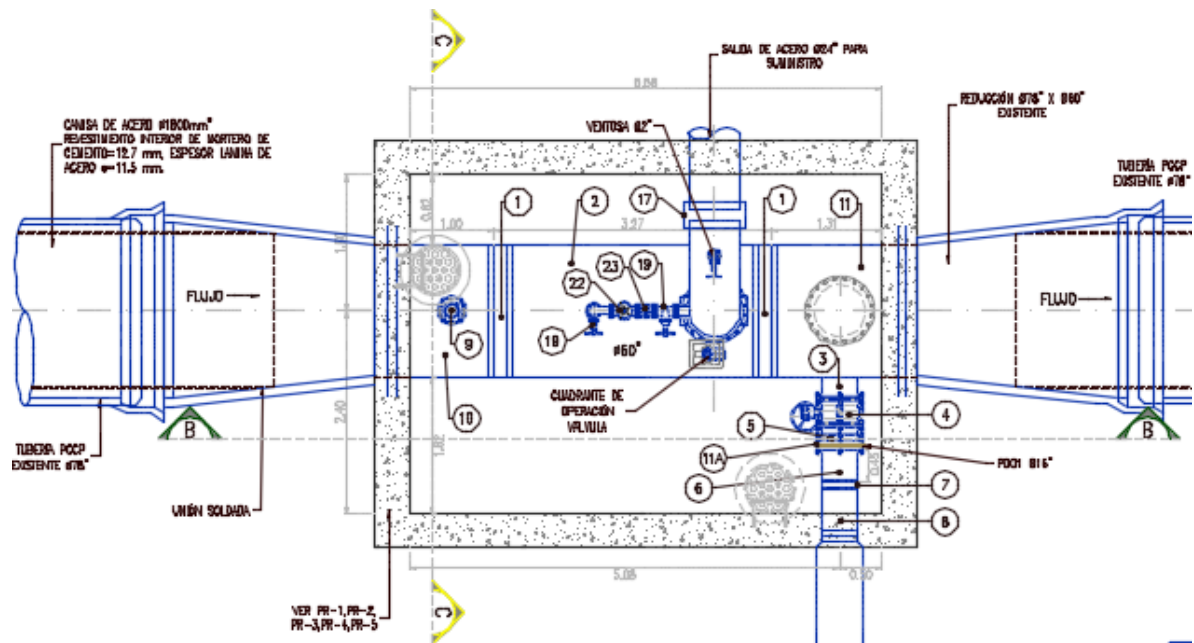


FIGURA No. 7 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V44 ADECUADA

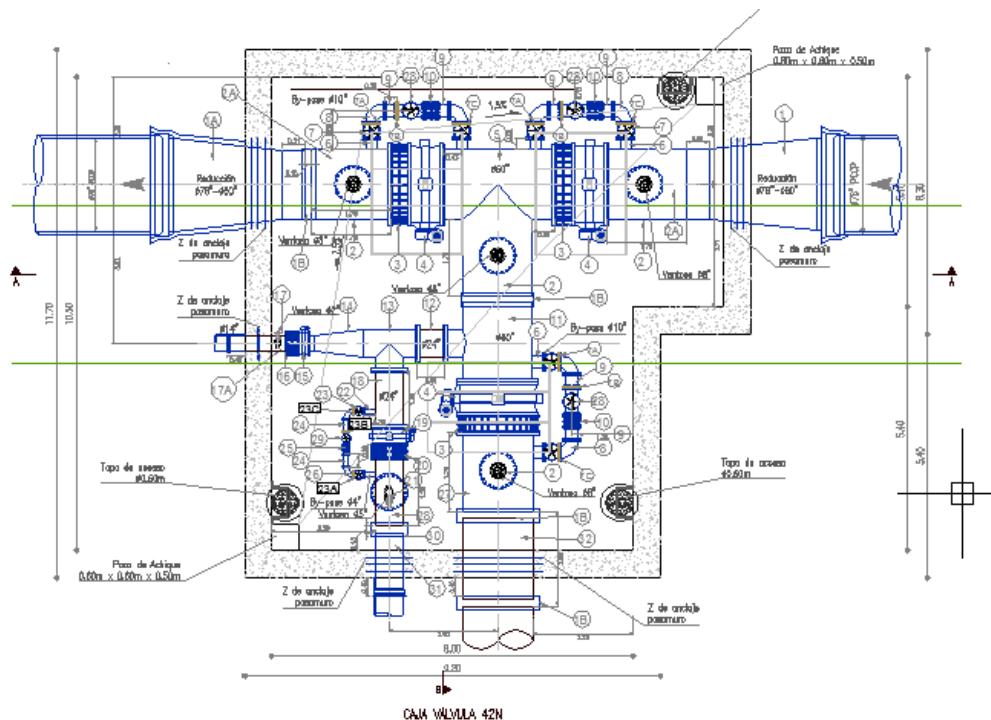


En los planos 15, 20 y 23 del proyecto se presentan las instalaciones de los nuevos sistemas de las válvulas V42N, V43N y V44N respectivamente, las cuales contienen las

válvulas nuevas de mariposa de 60" de diámetro, sus correspondientes líneas de By-Pass de 10" de diámetro, ventosas de 8" de diámetro a lado y lado de la válvula principal, montadas sobre las tapas de brida ciega de las bocas de acceso de 24" de diámetro.

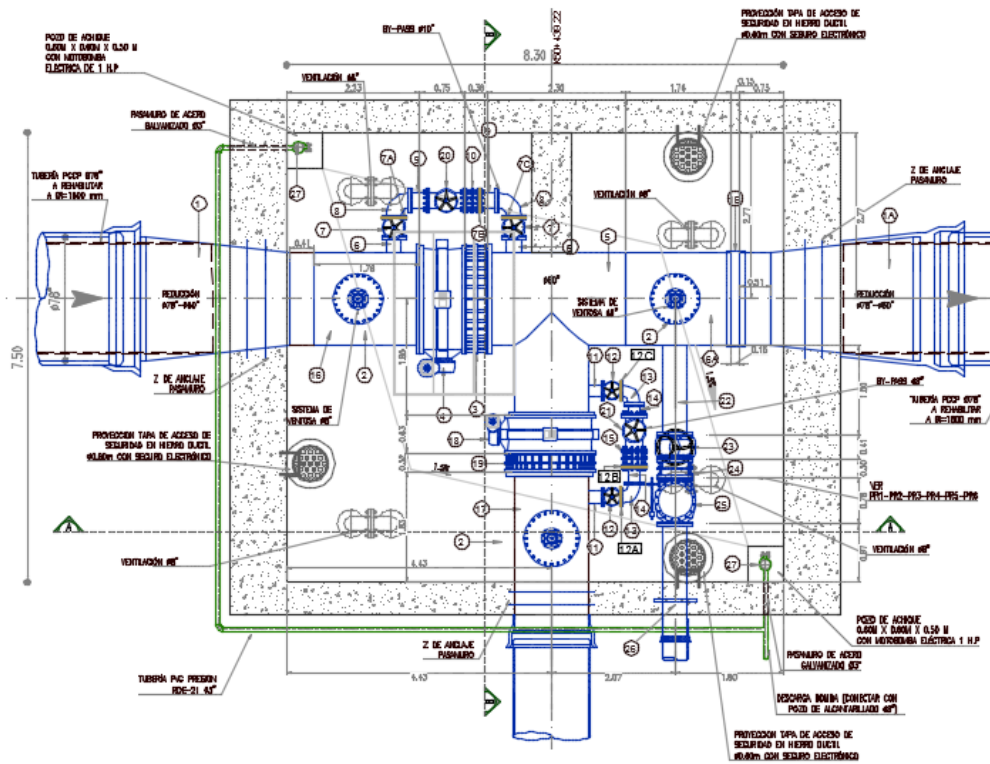
Además de los elementos convencionales, el sistema V42N contempla tres líneas de salida de 60, 24 y 14 pulgadas, la primera para conexión con la futura manija del subtramo norte, y las otras para el suministro de servicio a zonas aledañas de servicio. Cada una de estas salidas se compone de una válvula de aislamiento de mariposa, con su correspondiente unión de desmontaje. En este sistema V42N se destaca también la implementación de otra válvula de 60 pulgadas de diámetro que permitirá, el aislamiento del tramo de aguas arriba y la operación del tramo aguas abajo, acoplada a la manija mencionada.

FIGURA No. 8 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V42N



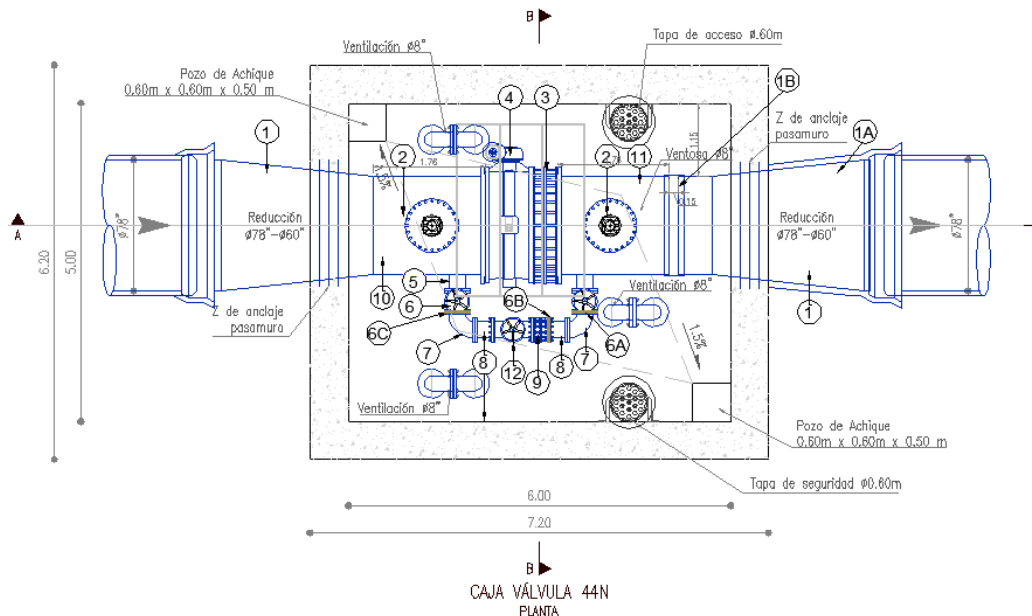
De igual manera, además de los elementos complementarios de la válvula principal, el sistema V43N contempla una salida de 48 pulgadas de diámetro para conexión a los sistemas del sur, con válvula de aislamiento de mariposa unión de desmontaje, boca de acceso y válvula de ventosa.

FIGURA No. 9 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V43N



El sistema V44N contempla solo la nueva válvula principal con sus correspondientes equipos convencionales. No contempla derivaciones a redes aledañas.

FIGURA No. 10 PLANTA CÁMARA VÁLVULA V44N



En los estudios de las nuevas válvulas principales se consideraron alternativas con diámetros mayores, pero fueron descartadas principalmente por no requerirse, hay que tener en cuenta que la sección hidráulica de la conducción del tramo 3 de la conducción de la V39 al tanque Casablanca, será aumentada con la implementación de las manijas paralelas que se construirán simultáneamente con la rehabilitación del subtramo norte, y que operarán en paralelo con la conducción rehabilitada. El diámetro seleccionado de 60 pulgadas mantiene, además, la estandarización de las válvulas principales de la conducción existente ya rehabilitada.

Las válvulas de mariposa fueron seleccionadas y especificadas de acuerdo con las recomendaciones de la norma NP-018 de la EAB, con el estándar C-504 de la AWWA, y consultas con un representante de la marca KSB. Estas válvulas funcionarán normalmente abiertas, NA, al 100% de apertura. No tendrán función de control de caudal, y serán cerradas totalmente cuando se requieran ejecutar labores de mantenimiento de las mismas o de la conducción.

En los mismos conceptuales de los equipos, se planteó la alternativa de usar válvulas de compuerta a cambio de las válvulas de mariposa. Pero, fue descartada por sus características dimensionales (prácticamente el doble de la altura de las válvulas de mariposa, el peso, y los requerimientos de espacio interior de las cámaras de concreto respectivas).

Un avance tecnológico que se realiza en el presente diseño es seleccionar válvulas de doble excentricidad, por ofrecer menor rozamiento y desgaste de los empaques y requerir menor torque de operación para el cierre.

6.1.1 Accesorios de las cámaras de las Válvulas Principales

Para las líneas de purgas, se aplicaron la norma NP-018 de la EAB y el estándar C-504 de la AWWA en la selección y especificaciones de la válvula de mariposa, y la norma NP-045 y el estándar AWWA C-508 para la selección y especificaciones de la válvula de cheque.

Para las líneas de ventosas se aplicaron la norma NP-046 de la EAB y el estándar C-512 de la AWWA en la selección y especificaciones de la válvula de ventosa, y la norma NP-026 y el estándar AWWA C-500 para la selección y especificaciones de la válvula de compuerta.

Todas las bridas que se encuentren en los sistemas de válvulas deberán ser fabricadas de acuerdo con el estándar C-207 Clase D de la AWWA y ANSI/ASME B16.5 Clase 150. Todos los pernos, tuercas y arandelas serán de acero inoxidable.

La fabricación de tuberías se diseña y se especifica aplicando las normas NP-032 de la EAB y C-200 de la AWWA. Las dimensiones de accesorios se ejecutarán de acuerdo con la norma C-208 de AWWA.

Las soldaduras de las conexiones de los tubos de salidas y de los niples de tuberías con las bridas y con accesorios adicionales de ser requeridos se aplicarán de acuerdo con el estándar C-206 de la AWWA, realizadas por soldadores calificados y certificados según el mismo estándar AWWA C-206 y con la Sección IX del Código ASME.

Los niples de tuberías, y los accesorios serán fabricados con láminas de acero norma ASTM A36 o ASTM A283 Grado C. En general, donde sea aplicable se seleccionarán los espesores de niples y accesorios de acero Schedule 40.

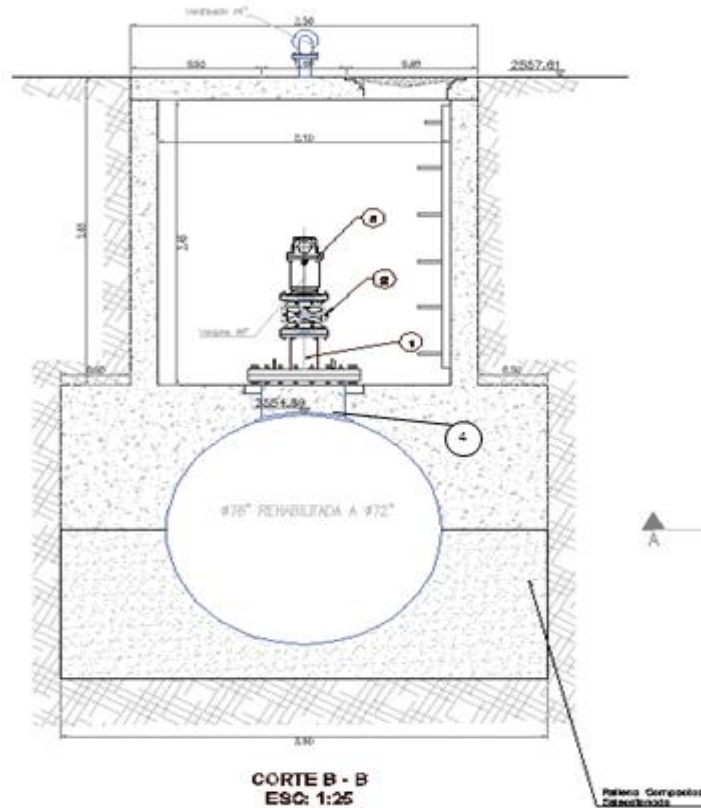
Los niples de tubería y accesorios tendrán revestimientos de protección interior de mortero cemento de acuerdo con el estándar AWWA C-205 y exterior de pintura epóxica a base de alquitrán de hulla de acuerdo con el estándar AWWA C-210.

Para evitar la formación de celdas electroquímicas se deberán solicitar en las especificaciones técnicas de instalaciones de equipos, el uso de elementos dieléctricos mediante los cuales se puedan aislar los contactos entre superficies de diferentes materiales, por ejemplo, entre bridas de hierro dúctil y bridas de acero.

6.1.2 Ventosas de 8” de diámetro

En la siguiente figura se muestra la instalación típica de una ventosa de 8 pulgadas de diámetro, con válvula de guarda, tipo compuerta, del mismo diámetro.

FIGURA No. 11 CÁMARA TÍPICA DE VENTOSA Φ 8"



DESPICE MECÁNICO		
No.	CANT.	DESCRIPCIÓN
1	1	SALIDA DE ACERO D=8" E.L.P/SOLDAR XEB PARA VÁLVULA DE VENTOSA
2	1	VÁLVULA DE COMPUERTA D=8" E.BXE.B
3	1	VÁLVULA DE VENTOSA DE TRIPLE ACCIÓN D=8" EXTREMO BRIDADO
4	1	BOCA DE ACCESO D=24" E.B

Y en la siguiente tabla se presenta la localización de los sistemas de ventosas del tramo considerado en este estudio:

TABLA No. 3 LOCALIZACIÓN DE VENTOSAS DE 8" DE DIÁMETRO

ABSCISADO	ACCESORIO	DIÁMETRO
K48+151,08	Ventosa (V42N)	8"
K48+157,51	Ventosa (V42N)	8"
K48+222,28	Ventosa	8"

ABSCISADO	ACCESORIO	DIÁMETRO
K48+594,43	Ventosa	8"
K49+207,09	Ventosa	8"
K49+645,81	Ventosa	8"
K50+293,79	Ventosa	8"
K50+436,03	Ventosa (V43N)	8"
K50+441,33	Ventosa (V43N)	8"
K51+422,50	Ventosa (V44)	8"
K51+437,91	Ventosa (V44N)	8"
K51+440,71	Ventosa (V44N)	8"
K52+129,93	Ventosa	8"
K52+138,44	Ventosa (V45)	8"
K52+138,44	Ventosa (V45)	8"
K52+142,40	Ventosa (V45)	8"
K52+142,40	Ventosa (V45)	8"

Las configuraciones de los sistemas existentes de ventosas se han mantenido, típicamente con la salida radial superior desde la conducción principal, seguida de una válvula de compuerta de 8" de diámetro NA (normalmente abierta), y una válvula de ventosa de triple acción. Los equipos, en especial las ventosas, presentan señales de corrosión y fugas de agua. De tal manera que en la rehabilitación se contempla su desmontaje y remplazo por válvulas nuevas desconectando las líneas existentes de la conducción existente de 78" de diámetro, y conectando las líneas nuevas a la nueva conducción (tubo insertado) de 72" de diámetro, en el mismo punto y eje de la conexión actual, mediante un cordón de soldadura que se realizará en el interior de la tubería insertada.

Se aplicaron la norma NP-046 de la EAB y el estándar C-512 de la AWWA en la selección y especificaciones de la válvula de ventosa, y la norma NP-026 y el estándar AWWA C-500 para la selección y especificaciones de la válvula de compuerta.

Todas las bridas que se encuentren en los sistemas de válvulas deberán ser fabricadas de acuerdo con el estándar C-207 Clase D de la AWWA y ANSI/ASME B16.5 Clase 150. Todos los pernos, tuercas y arandelas serán de acero inoxidable.

La fabricación de tuberías se diseña y se especifica aplicando la norma NP-032 de la EAB y el estándar C-200 de la AWWA. Las dimensiones de accesorios se ejecutarán de acuerdo con el estándar C-208 de AWWA.

Las soldaduras de la conexión del tubo de salida con el nuevo tubo insertado, y de los niples de tuberías con las bridas y con accesorios adicionales de ser requeridos se aplicarán de

acuerdo con el estándar C-206 de la AWWA, realizadas por soldadores calificados y certificados según el mismo estándar AWWA C-206 y con la Sección IX del Código ASME.

Para la fabricación de los niples de tubería y accesorios se usarán láminas de acero normas ASTM A36 o A283 Grado C, con espesor de 0.5 pulgadas, correspondiente a Sch 40 para diámetro de 8 pulgadas.

Los niples de tubería y accesorios tendrán revestimientos de protección interior de mortero cemento de acuerdo con el estándar AWWA C-205 y exterior de pintura epóxica a base de alquitrán de hulla de acuerdo con el estándar AWWA C-210.

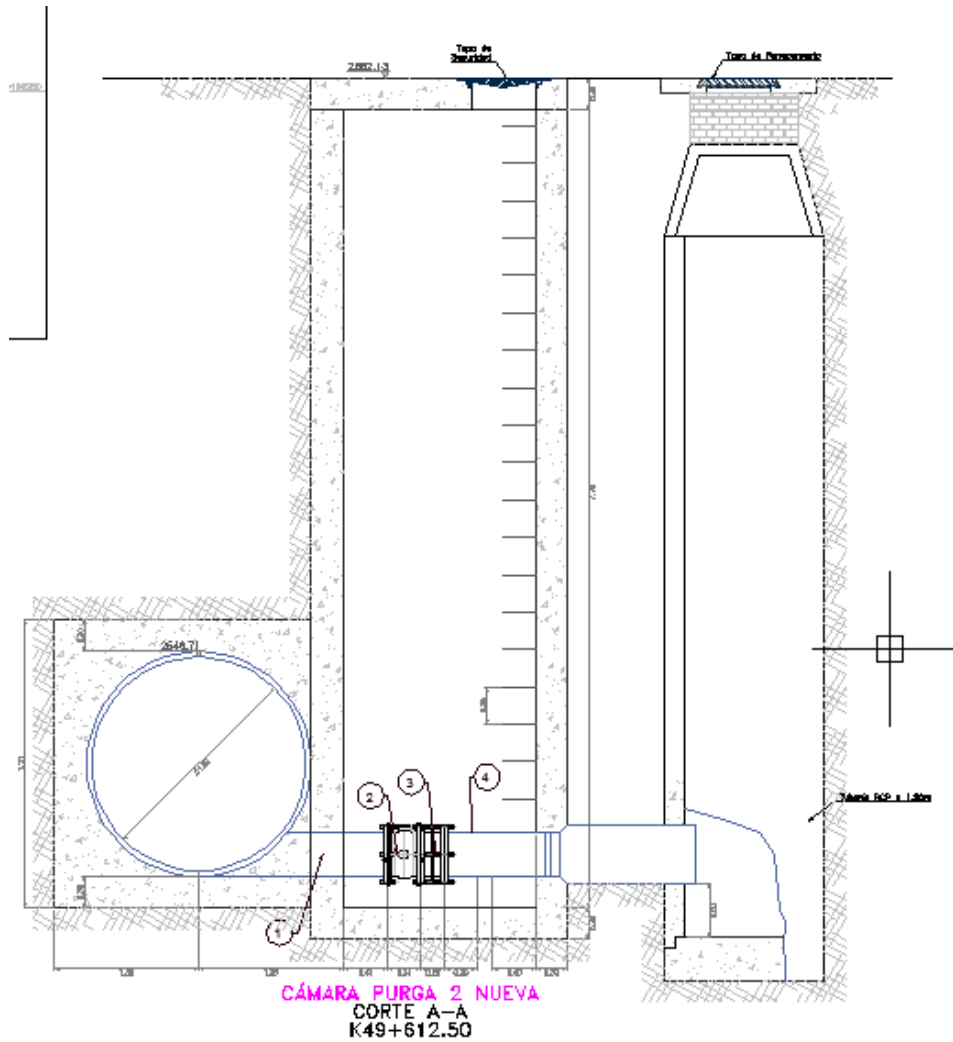
Las cámaras existentes no cumplen la norma NS-077 de la EAB, ni en los aspectos dimensionales, ni en los materiales de construcción. Por tal razón, las obras de rehabilitación contemplan las demoliciones de estas cámaras y su remplazo por cámaras nuevas diseñadas y construidas de acuerdo con la norma mencionada, en los mismos sitios de localización actual.

Para evitar la formación de celdas electroquímicas se considerará el uso de elementos dieléctricos mediante los cuales se puedan aislar los contactos entre superficies de accesorios de acero y de hierro dúctil de las válvulas.

6.1.3 Purgas de 16” de diámetro

En la siguiente figura se muestra una instalación típica de una purga de 16 pulgadas de diámetro con válvula de guarda, tipo compuerta, del mismo diámetro.

FIGURA No. 12 CÁMARA TÍPICA DE PURGA Φ 16"



En la siguiente tabla se presenta la localización de los sistemas de purgas del tramo considerado en este estudio:

TABLA No. 4 LOCALIZACIÓN DE PURGAS DE 16"

ABSCISADO	ACCESORIO	DIÁMETRO
K48+283,87	Purga	16"
K49+175,26	Purga	16"
K49+612,37	Purga	16"
K50+298,26	Purga (V43)	16"
K50+411,33	Purga (V43N)	16"
K51+427,08	Purga (V44)	16"
K52+031,23	Purga	16"
K52+140,73	Purga (V45)	16"
K52+140,73	Purga (V45)	16"

Las configuraciones de los sistemas existentes de purgas se han mantenido, típicamente con la salida tangencial desde la conducción principal, seguida de una válvula de mariposa de 16" de diámetro NC (normalmente cerrada) y unión de desmontaje. De tal manera que en la rehabilitación se desconectarán las líneas existentes de la conducción existente de 78" de diámetro, y se conectarán a la nueva conducción (tubo insertado) de 72" de diámetro.

Las válvulas de mariposa fueron seleccionadas y especificadas de acuerdo con las recomendaciones de la norma NP-018 de la EAB, con el estándar C-504 de la AWWA. Estas válvulas funcionarán normalmente cerradas NC, al 0% de apertura. No tendrán función de control de caudal, y serán abiertas totalmente cuando se requiera el agua del tramo correspondiente, para labores de limpieza o de mantenimiento de las mismas o de la conducción.

En los estudios de diseños conceptuales de los equipos, se planteó la alternativa de usar válvulas de compuerta a cambio de las válvulas de mariposa. Pero, fue descartada por sus características dimensionales (prácticamente el doble de la altura de las válvulas de mariposa, el peso, y los requerimientos de espacio de las cámaras de concreto respectivas.

Se seleccionaron válvulas de doble excentricidad, por ofrecer menor rozamiento y desgaste de los empaques y requerir menor torque de operación para el cierre.

Se ha previsto la posibilidad de usar válvulas de cheque en aquellos casos en que la descarga de la purga se realice mediante pozo húmedo con el fin de impedir el acceso de agua empozada al sistema de la tubería principal de distribución. Para el caso, se aplicaron la norma NP-045 y el estándar AWWA C-508 para la selección y especificaciones de la válvula de cheque.

Todas las bridas que se encuentren en los sistemas de válvulas deberán ser fabricadas de acuerdo con el estándar C-207 Clase D de la AWWA y ANSI/ASME B16.5 Clase 150. Todos los pernos, tuercas y arandelas serán de acero inoxidable.

La fabricación de tuberías se diseña y se especifica aplicando la norma NP-032 de la EAB y el estándar C-200 de la AWWA. Las dimensiones de accesorios se ejecutarán de acuerdo con el estándar C-208 de AWWA.

Las soldaduras de la conexión del tubo de salida con el nuevo tubo insertado, y de los niples de tuberías con las bridas y con accesorios adicionales de ser requeridos se aplicarán de acuerdo con el estándar C-206 de la AWWA, realizadas por soldadores calificados y certificados según el mismo estándar AWWA C-206 y con la Sección IX del Código ASME.

Para la fabricación de los niples de tubería y accesorios se usarán láminas de acero normas ASTM A36 o A283 Grado C, con espesor 0.500 pulgadas, correspondiente a diámetro de 16 pulgadas Schedule 40.

Los niples de tubería y accesorios tendrán revestimientos de protección interior de mortero cemento de acuerdo con el estándar AWWA C-205 y exterior de pintura epóxica a base de alquitrán de hulla de acuerdo con el estándar AWWA C-210.

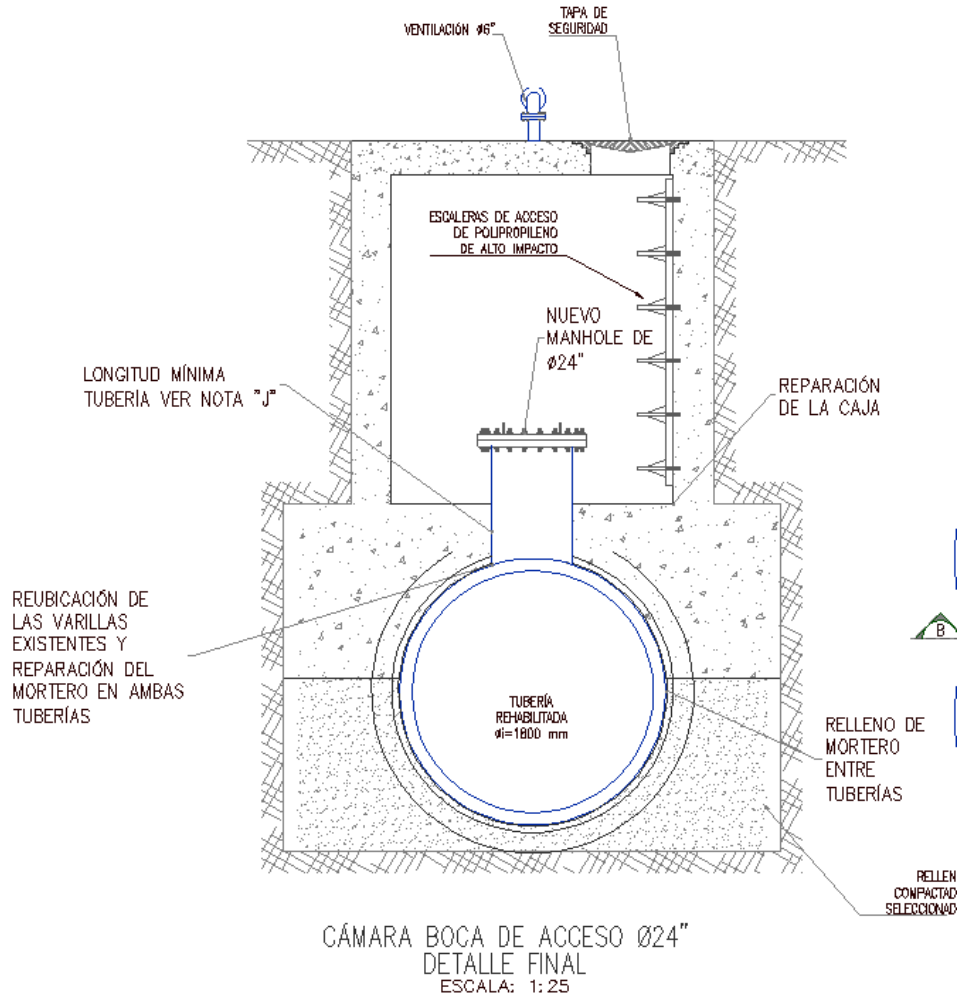
Para evitar la formación de celdas electroquímicas se considerará el uso de elementos dieléctricos mediante los cuales se puedan aislar los contactos entre superficies de accesorios de acero y de hierro dúctil de las válvulas.

Las cámaras existentes no cumplen la norma NS-077 de la EAB, ni en los aspectos dimensionales, ni en los materiales de construcción. Por tal razón, las obras de rehabilitación contemplan las demoliciones de estas cámaras y su remplazo por cámaras nuevas diseñadas y construidas de acuerdo con la norma mencionada, en los mismos sitios de localización actual.

6.1.4 Bocas de acceso de 24” de diámetro

En la siguiente figura se muestra la instalación típica de una boca de acceso nueva de 24 pulgadas de diámetro:

FIGURA No. 13 CÁMARA TÍPICA DE BOCA DE ACCESO DE Ø 24”



En la siguiente tabla se presenta la localización de los sistemas de bocas de acceso del tramo considerado en este estudio:

TABLA No. 5 LOCALIZACIÓN DE BOCAS DE ACCESO DE 24” DE DIÁMETRO

ABSCISADO	ACCESORIO	DIÁMETRO
K48+546,05	Boca de Acceso	24"
K49+175,26	Boca de Acceso	24"
K48+278,22	Boca de Acceso	24"
K49+619,94	Boca de Acceso	24"
K51+427,08	Boca de Acceso (V44)	24"
K52+031,23	Boca de Acceso	24"

Las configuraciones de las bocas de inspección se han mantenido, típicamente con la salida radial de la conducción principal. De tal manera que en la rehabilitación se desconectarán las bocas existentes de 20" existentes de la conducción existente de 78" de diámetro, y se conectarán a la nueva conducción (tubo insertado) de 72" de diámetro, con diámetro de 24".

Se aplicó el estándar C-208 de la AWWA y el manual M11 de la AWWA en el diseño selección y especificaciones de la boca de acceso.

Todas las bridas que se encuentren en los sistemas de válvulas deberán ser fabricadas de acuerdo con el estándar C-207 Clase de la AWWA y ANSI/ASME B16.5 Clase 150. Todos los pernos, tuercas y arandelas serán de acero inoxidable.

La fabricación de tuberías se diseña y se especifica aplicando la norma NP-032 de la EAB y el estándar C-200 de la AWWA. Las dimensiones de las bocas de acceso se ejecutarán de acuerdo con el estándar C-208 de AWWA.

Las soldaduras de la conexión del tubo de la boca de acceso con el nuevo tubo insertado, y de los niples de tuberías con las bridas se aplicarán de acuerdo con el estándar C-206 de la AWWA, realizadas por soldadores calificados y certificados según el mismo estándar AWWA C-206 y con la Sección IX del Código ASME.

Para la fabricación de los niples de tubería se usarán láminas de acero normas ASTM A36 o A283 Grado C, con espesor 0.500 pulgadas.

Las bocas de acceso tendrán revestimientos de protección interior de mortero cemento de acuerdo con el estándar AWWA C-205 y exterior de pintura epóxica a base de alquitrán de hulla de acuerdo con el estándar AWWA C-210.

Las cámaras existentes no cumplen la norma NS-077 de la EAB, ni en los aspectos dimensionales, ni en los materiales de construcción. Por tal razón, las obras de rehabilitación contemplan las demoliciones de estas cámaras y su remplazo por cámaras nuevas diseñadas y construidas de acuerdo con la norma mencionada, en los mismos sitios de localización actual.

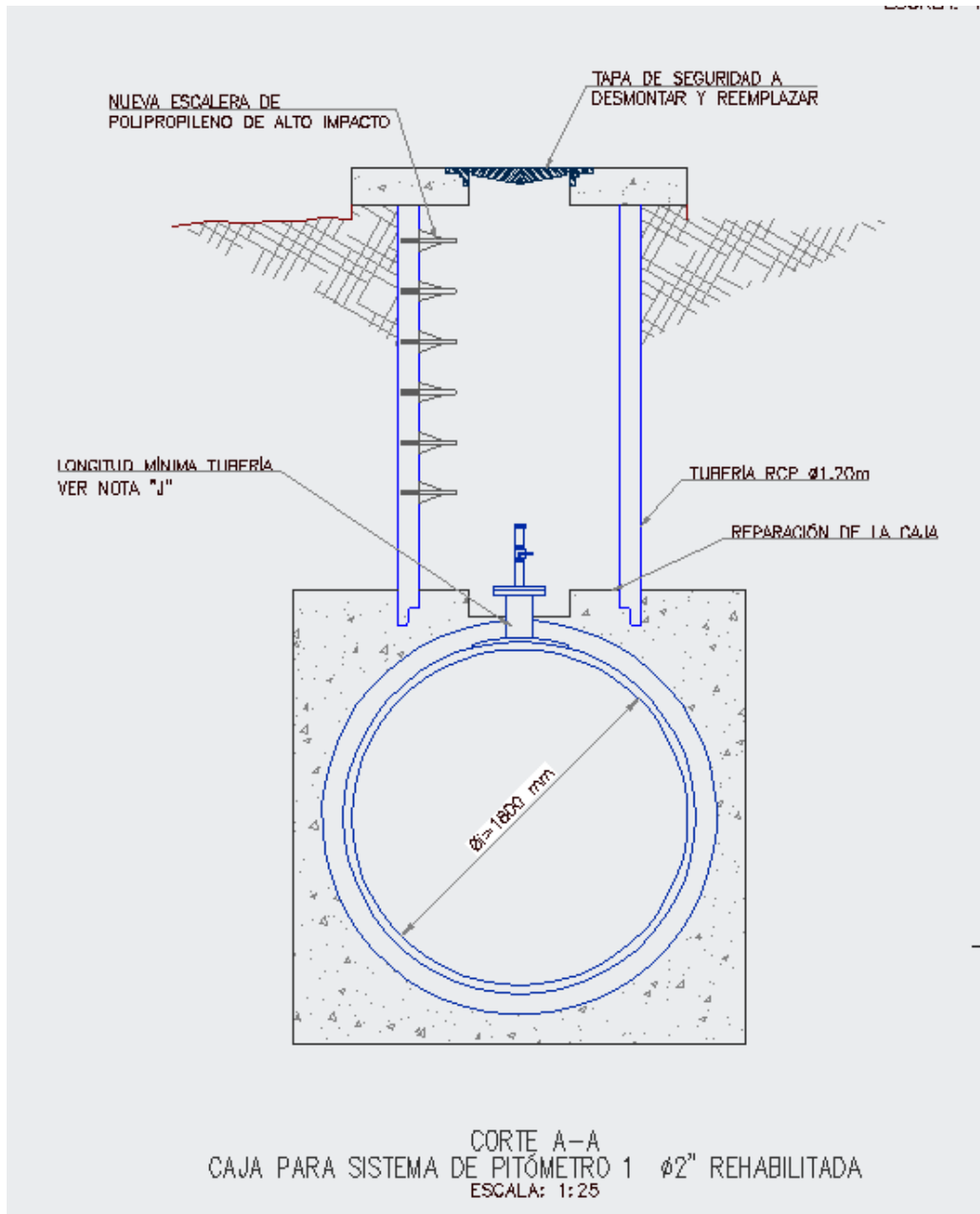
6.1.5 Pitómetros

En la siguiente tabla se presenta la localización de los sistemas de pitómetros del tramo considerado en este estudio:

TABLA No. 6 LOCALIZACIÓN DE PITÓMETROS

ABSCISADO	ACCESORIO	DIÁMETRO
K50+258,63	Pitómetro	2"
K50+505,38	Pitómetro	2"
K51+504,99	Pitómetro	2"
K51+853,61	Pitómetro	2"

FIGURA No 14 CÁMARA TÍPICA DE PITOMETRO



Las configuraciones de los sistemas existentes de pitómetros se han mantenido, típicamente con la salida radial superior desde la conducción principal, seguida de una válvula de bola de 2 pulgadas de diámetro NC (normalmente cerrada). De tal manera que en la rehabilitación se desconectarán las salidas existentes de la conducción existente de 78 pulgadas de diámetro, y se conectarán a la nueva conducción (tubo insertado) de 72 pulgadas de diámetro.

Las cámaras existentes no cumplen la norma NS-077 de la EAB, ni en los aspectos dimensionales, ni en los materiales de construcción. Por tal razón, las obras de rehabilitación contemplan las demoliciones de estas cámaras y su remplazo por cámaras nuevas diseñadas y construidas de acuerdo con la norma mencionada, en los mismos sitios de localización actual.

6.2 ANÁLISIS DE GOLPE DE ARIETE

En el Anexo 1 se presenta el estudio de golpe de ariete realizado con los siguientes objetivos:

- Determinar el tiempo adecuado de cierre de las válvulas de la línea por rehabilitar, para que las sobrepresiones transientes en eventos de cierre de las válvulas no excedan el 30% del valor de máxima cabeza estática en ningún sitio de la línea, con la cual se garantiza que no se operará con factor de seguridad menor de 1.5 permitido en el numeral 4.3.5.1 de la Norma NS-034 CRITERIOS PARA DISEÑOS DE CONDUCCIONES Y LÍNEAS EXPRESAS de la EAAB, para la presión máxima resultante del régimen transitorio en tuberías de acero.
- Verificar que no se generen presiones de vacío (cavitación) en ningún sitio de la conducción en los eventos de apertura de las válvulas.

Para satisfacer los requerimientos de operación del sistema Tibitoc Casablanca, además del reforzamiento de la tubería existente PCCP de 78 pulgadas de diámetro con la inserción del tubo de 1.800 mm de diámetro se tienen programado el cambio de las válvulas de cierre existentes por válvulas del mismo tipo y diámetro de 60 pulgadas.

6.3 TIPO Y DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS

6.3.1 Válvulas principales en línea

6.3.1.1 Consideraciones Técnicas Generales

En la conducción existente las válvulas de línea son de tipo mariposa, de cuerpo de Hierro Dúctil, de 60 pulgadas de diámetro, con bridas Clase 150. Cuentan con línea de By-Pass

de 10 pulgadas de diámetro, compuesto por una válvula de tipo globo, necesario para igualar las presiones en ambos costados de la válvula, y así facilitar las operaciones de apertura de la válvula, después de haberse realizado un operativo de mantenimiento.

Las válvulas de línea de la conducción del proyecto no tienen ningún tipo de función de control de caudal ni de presión. Tienen solo dos posiciones: Abiertas, en operación normal; y Cerrada en casos de mantenimiento de la conducción o de las mismas válvulas. Estas válvulas no tendrán posiciones intermedias.

En los diagnósticos realizados se encontraron las válvulas en malas condiciones de pinturas exteriores, y según informaciones de los operadores de la EAB, con paso de agua en posición Cerrada, lo cual afecta las labores de mantenimiento que sea necesario realizar.

Por el estado en que se encuentran, y el agotamiento de su vida útil, se justifica el reemplazo de la totalidad de estas válvulas por válvulas nuevas.

Seleccionadas tipo mariposa de conformidad con las Normas NS-084 y NP-018 de la EAB, que a su vez están regidas por el estándar C-504 de la AWWA. Con cuerpo de hierro dúctil, asientos en acero inoxidable, empaques en EPDM, disco de fundición de hierro o de acero, revestido en material resistente a la corrosión, bridas Clase 150 y tornillería de acero inoxidable.

La razón fundamental de la selección del tipo de válvula mencionado la constituye el cumplimiento de las normas mencionadas de la EAB y la experiencia satisfactoria que ha tenido la EAB con el uso de las válvulas existentes de línea durante cerca de 45 años.

Sin embargo, el Consultor consideró la opción de reemplazar estas válvulas por válvulas de compuerta, que también se pueden conseguir en el mercado. En las siguientes ilustraciones se aprecian las diferencias de construcción geométrica y física de las dos válvulas consideradas



Válvula de mariposa



Válvula de Compuerta

Gracias a estas ilustraciones se puede llegar a las siguientes conclusiones, sobre las dos alternativas de un mismo diámetro nominal:

- El material o peso de la válvula de compuerta podría ser del orden del doble de la válvula de mariposa, lo cual implica mayores costos y mayores dificultades para los montajes.
- El avance de las dos alternativas (distancia brida-brida) es prácticamente igual. De tal manera que la longitud de las respectivas cámaras de concreto sería igual
- El ancho de las dos alternativas también es igual. Lo que implicaría que el ancho requerido de las cámaras de concreto, también sería igual.
- La altura de la válvula de compuerta es mínimo el doble de la altura de la válvula de mariposa. Si la altura de una válvula de mariposa de 60 pulgadas de diámetro fuera de 1 800 mm, la altura de una válvula de compuerta sería de unos 4.000 mm, más unos 500 mm requeridos para el actuador y el anillo prensa estopas, o sea unos 4.500 mm. Es decir, que en el caso de usar este tipo de válvulas, las cámaras de válvulas de línea existentes, tendrían que ser modificadas, sobresaliendo unos 3.600 mm sobre el nivel del terreno. Lo cual, bajo la normatividad de mobiliario urbano de la Ciudad no sería permitido. Téngase en cuenta que las cajas existentes sobresalen del terreno unos 600 mm.

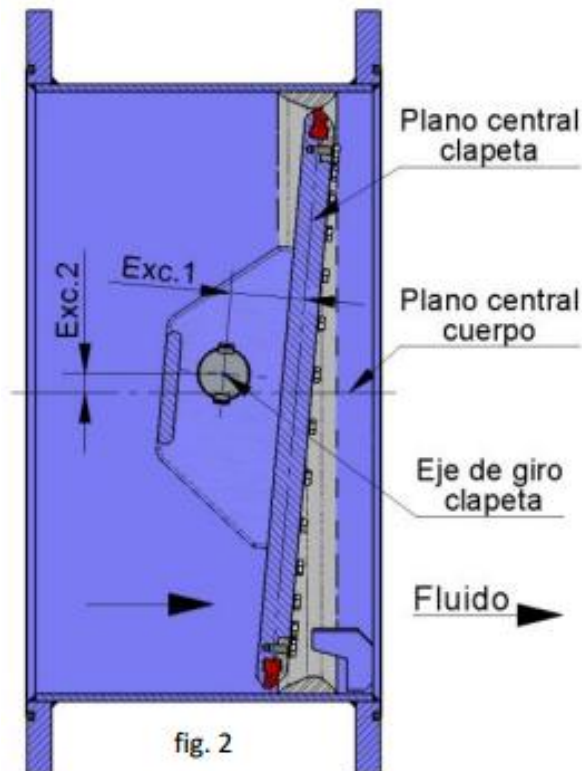
Con base en la comparación anterior, se confirma la selección de válvulas de mariposa para las estructuras de válvulas de línea.

Un aspecto muy importante en la selección de las válvulas mariposa de línea será su característica de doble excentricidad. Por la cual, el eje de giro estará desplazado respecto al plano central de la clapeta (Exc.1), y a su vez también se encuentra desplazado respecto al plano central del cuerpo de la válvula (Exc.2), con lo que se obtiene la doble excentricidad, ver la siguiente ilustración.

En cuanto se empiece a abrir la válvula, el empaque será liberado inmediatamente de la presión, en toda su área, de tal manera que no habrá rozamientos ni aplastamientos entre el empaque y el cuerpo.

Por otro lado, debido a que el eje de giro esta desplazado respecto al plano central del cuerpo (Exc.2), el flujo siempre tratará de cerrar la válvula, trabajando como válvula de seguridad en situaciones de emergencia.

ILUSTRACIÓN 1 DOBLE EXCENRICIDAD



6.3.1.2 Especificaciones Generales

- **Cuerpos y Discos**

El cuerpo de la válvula será en fundición de hierro nodular, designaciones de material: EN-GJS-400-15 y EN-GJS-500-7; equivalente a materiales numero EN-JS1030 y EN-JS1050 respectivamente; antiguos DIN GGG-40 y DIN GGG-50. Para norma americana debe cumplir ASTM A-536 CI 60-40-18 o A536, 65-45-12.

El espesor mínimo de pared del cuerpo será de 1,89 pulgadas.

Las bridas deberán tener realce de acuerdo con la norma ANSI/ASME B16.1 para bridas de hierro fundido.

La norma de perforación ANSI es la norma de estandarización de EAB para este proyecto.

- **Ejes**

El eje será discontinuo de posición horizontal, material del eje de acero inoxidable ASTM A276 Tipo 420 ó DIN X20 Cr13, equivalente a 1.4021.

El diámetro mínimo del eje será de 7,5 pulgadas.

El eje será tipo seco, es decir, no debe estar en contacto directo con el fluido en ningún sentido (aislado por medio de empaques tipo anillo).

- **Tipo y materiales de asientos y de sellos.**

El asiento estará ubicado en el cuerpo deberá ser soldado con aporte de níquel, también se admite con anillo embutido en acero inoxidable 304 o 316, absolutamente resistente a la abrasión y al desgaste, con maquinado de alta precisión, totalmente liso y libre de poros.

- **Disco**

Se deberá analizar el tipo de encastres interiores para su fácil mantenimiento y remplazo.

- **Tipo de excentricidad**

Serán de doble excentricidad, con las siguientes ventajas sobre las válvulas normales;

- Mejor fijación de los ejes a la lenteja o disco
- Sello hecho de una sola pieza
- Sello reemplazable sin necesidad de extraer la lenteja o disco
- Reducción del arrastre del sello en el asiento, disminuyendo abrasión y desgaste del sello.
- Mejor desprendimiento del sellado del asiento, en forma más directa sin deslizamientos del sello sobre el asiento
- Se disminuye el torque de cierre

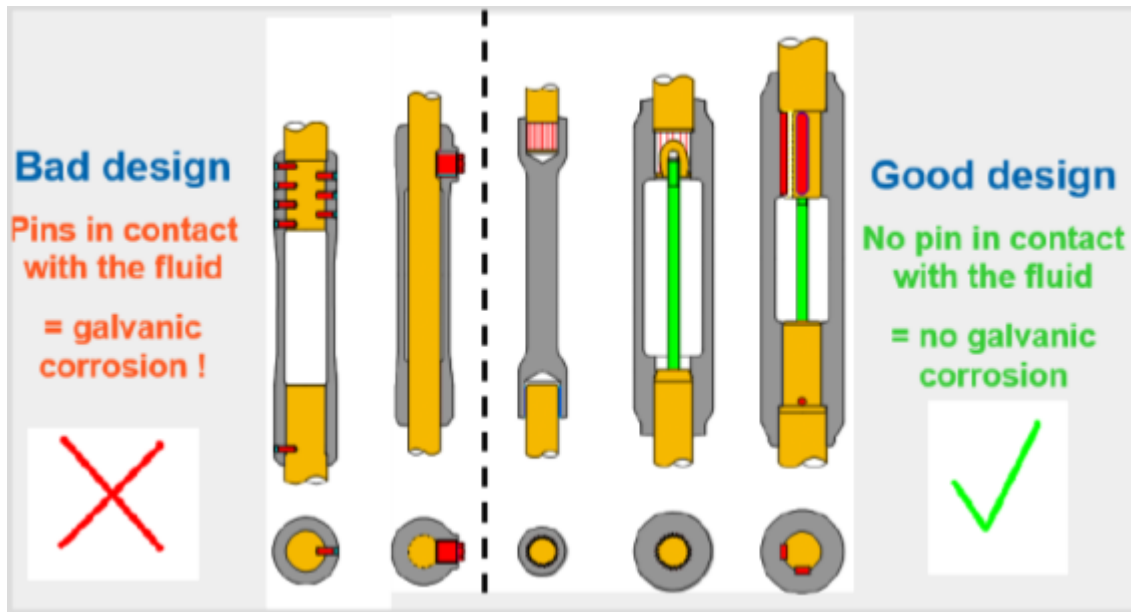
- **Materiales**

Las válvulas de mariposa serán fabricadas con los materiales especificados en la Norma SISTEC NP-018 de mariposa, de acuerdo con las normas ASTM o DIN, citadas por la misma.

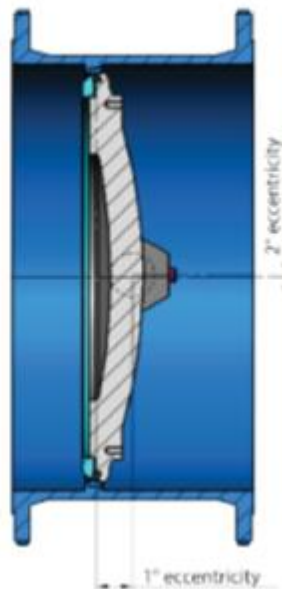
- **Conexión entre el eje y el disco**

Tal como lo indica la Norma SISTEC NP-018, **“la conexión entre el eje y el disco debe transmitir un torque equivalente, por lo menos al 75% de la resistencia a la torsión requerida por el eje (para su diámetro mínimo) mediante fijación por sistemas mecánicos, que garanticen rigidez al conjunto”.** **En la siguiente ilustración se muestra el tipo de conexiones no permitidos y cuáles serán aceptables:**

ILUSTRACIÓN 2 CONEXIÓN ENTRE EJE Y DISCO



Double eccentricity



Aplicación de normas AWWA y normas ISO

En las especificaciones de suministro se tendrá en cuenta principalmente la aplicación del Estándar C-504 de AWWA, con la opción de aplicación de la Norma ISO 10631, teniendo

en cuenta que en el mercado europeo existen varios fabricantes de este tipo de válvulas de alta calidad.

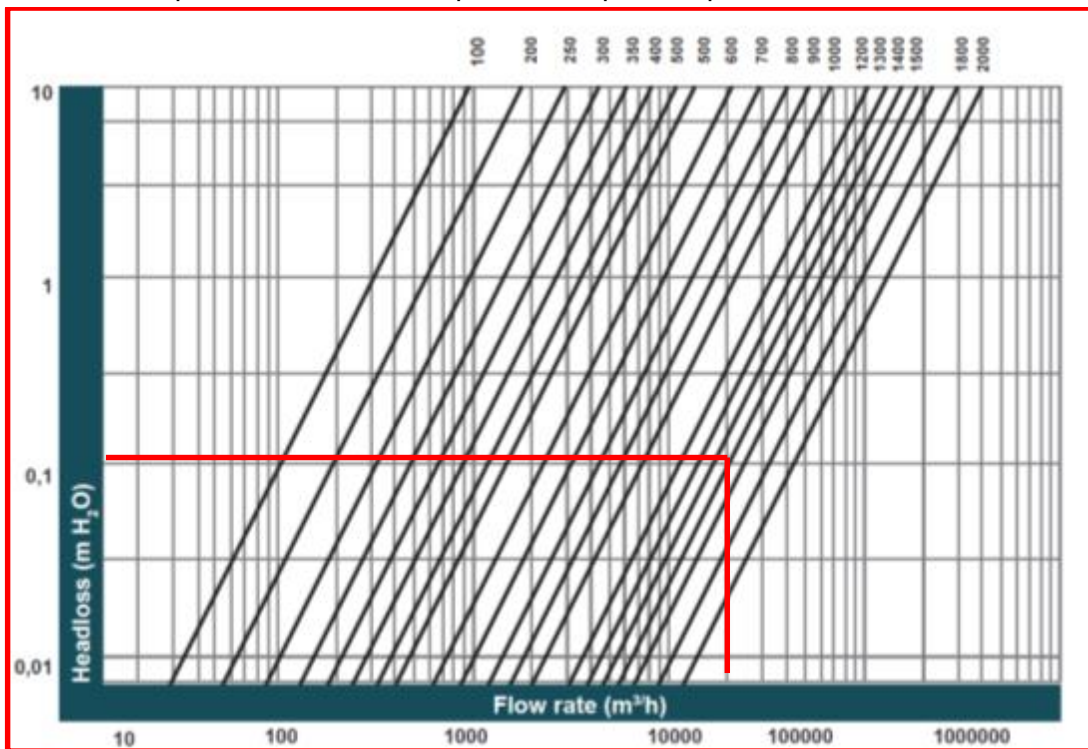
De todas maneras las bridas en cualquier caso deberán cumplir las Normas ANSI B16.1 Clase 125 para equipos de hierro fundido y ANSI B16.5 Clase 150 para elementos fabricados en acero.

Pernos, tuercas, arandelas etc

Serán de acero inoxidable ANSI 316, dimensionados de acuerdo con la Norma ASME B18.2.1, esfuerzo último de 75.000 psi, dureza de 96 HRB, y alta resistencia a cloruros y sulfatos

Curvas características de las válvulas

Con un caudal máximo de 6 m³/s (21.600 m³/h), mediante la siguiente curva característica de válvulas mariposa, se obtiene una pérdida de presión por fricción de 0,1 mca.



6.3.1.3 Análisis actuadores y torque operación

Las válvulas de mariposa, a partir de diámetros superiores a 24 pulgadas de diámetro, tendrán actuadores electromecánicos, regidos por la Norma SISTEC NP-018, con potencia

suficiente para superar el máximo torque de arranque de apertura. La caja de engranajes mecánica deberá ser diseñada para permitir la apertura o cierre de la válvula en un tiempo igual o mayor a 20 minutos. En casos de emergencia o de fallas del sistema eléctrico, el actuador deberá contar con un actuador manual, conectado al mismo engranaje mecánico, por el cual se pueda abrir o cerrar la válvula en el mismo tiempo especificado.

Torque de apertura y cierre de las válvulas y su coordinación con los actuadores.

El torque total está compuesto por la suma de los siguientes componentes:

1. Torque dinámico T_d
2. Torque por fricción en el cojinete T_b
3. Torque por presión de asiento T_s
4. Torque hidrostático T_h

• Torque dinámico, T_d

Se genera por el flujo del agua alrededor de la lenteja en la válvula, No tiene valor cuando la válvula está totalmente cerrada. Su valor es máximo con posición de 45° de la lenteja. En esta posición tiene tendencia a cerrar la válvula.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_d = C_t \times D^3 \times \Delta P \text{ donde;}$$

C_t = Factor dinámico de la válvula = 0,01

D = diámetro de la válvula = 1,50 m

$\Delta P = t_v \times \gamma \times V^2 / (2g)$, donde:

t_v = coeficiente de pérdidas = 43,4 (valor típico)

Γ = peso específico del agua = 1.000 kg/m³

V = velocidad promedio = 2 m/s

g = gravedad = 9,8 m/s²

Al aplicar los valores, se obtiene

$$\Delta P = 43,4 \times 1000 \times (2^2) / (2 \times 9,8)$$

$$= 8.857 \text{ kgf/m}^2 = 2,60 \text{ psi}$$

Al remplazar en la ecuación del torque:

$$T_d = 0,01 \times (1,5)^3 \times 8.857$$

$$= 299 \text{ kgf-m} = 2.157 \text{ lb-ft}$$

- **Torque por fricción en el cojinete, T_b**

Se genera por la fricción entre el eje y el cojinete en la válvula.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

- **Cuando la válvula está abierta**

$$T_b = \pi/4 \times D^2 \times \Delta P_c \times d \times \mu_b, \text{ donde}$$

$$D = \text{diámetro de la válvula (m)} = 1,50$$

$$\Delta P_c = \text{presión diferencial cuando se abre la válvula} = 12.2 \text{ mca (diferencia entre tanques)} \\ = 17,9 \text{ psi} = 63.128 \text{ kgf/m}^2$$

$$d = \text{diámetro del eje} = 7.5 \text{ pulg} = 0,19 \text{ m}$$

$$\mu_b = \text{coeficiente de fricción del cojinete} = 0,2$$

Al remplazar valores:

$$T_{bc} = \pi/4 \times 1,5^2 \times 63.128 \times 0,19 \times 0,2$$

$$= 2.125 \text{ kgf-m} = 15.335 \text{ lb-ft}$$

- **Cuando la válvula está abierta a 30°**

$$T_b = \pi/4 \times D^2 \times \Delta P_o \times d \times \mu_b, \text{ donde:}$$

$$\Delta P_o = \text{presión diferencial con apertura de } 30^\circ =$$

$$= 8.857 \text{ kgf/m}^2 = 2,60 \text{ psi}$$

Al remplazar valores se obtiene:

$$T_{bo} = \pi/4 \times 1,5^2 \times 8.857 \times 0,19 \times 0,2$$

$$= 298 \text{ kgf-m} = 2.152 \text{ lb-ft}$$

- **Torque por presión de asiento, T_s**

Se genera por la fricción entre el empaque del disco y el asiento encastrado en el cuerpo de la válvula:

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_s = P_s \times \pi \times D \times b \times D/2 \times 0,64 \times \mu_s, \text{ donde:}$$

$$P_s = \text{presión de contacto} = 65.000 \text{ kgf/m}^2$$

$$D = \text{diámetro de la válvula} = 1,50 \text{ m}$$

$$b = \text{ancho del círculo de contacto} = 0,01 \text{ m}$$

$$\mu_s = \text{coeficiente de fricción del asiento} = 0,6$$

Al remplazar valores, se obtiene:

$$T_s = 60000 \times \pi \times 1,50 \times 0,01 \times 1,50/2 \times 0,64 \times 0,60$$

$$= 882 \text{ kgf-m} = 6.366 \text{ lb-ft}$$

- **Torque hidrostático, T_h**

Se genera por el ensamble de eje horizontal. Equivale a la cabeza de agua.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_h = \gamma \times \pi \times D^4 / 64, \text{ donde}$$

$$\gamma = \text{peso específico del agua} = 1.000 \text{ kfg/m}^3$$

$D = \text{diámetro de la válvula} = 1,50 \text{ m}$

Al remplazar valores, se obtiene:

$$\begin{aligned} T_h &= 1000 \times \pi \times (1,50)^4 / 64 \\ &= 248,5 \text{ kgf-m} = 1.793 \text{ lb-ft} \end{aligned}$$

- **Torque Total, T_t**

El torque total depende de la operación que se ejerce:

- El torque para abrir la válvula se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} T_t &= T_{bc} + T_s + T_h \\ &= 2125 + 6.366 + 248,5 = 3.256 \text{ kgf-m} = 23.494 \text{ lb-ft} \end{aligned}$$

- El torque requerido en posición abierta (30°) se obtiene mediante la siguiente ecuación

$$\begin{aligned} T_t &= T_d + T_{bo} \\ &= 299 + 298 = 597 \text{ kgf-m} = 4.309 \text{ lb-ft} \end{aligned}$$

En conclusión, el actuador de la válvula deberá tener capacidad para operar con el torque máximo de 3.256 kgf-m (23.494 lb-ft)

Protecciones ante posibles eventos de inundación

Se han seleccionado bombas sumergibles de achique.

Los elementos eléctricos y electrónicos de los actuadores serán especificados con protección IP 68.

6.3.2 Válvulas de bypass

Las válvulas en línea sobre la tubería PCCP $D=78''$ a rehabilitar a $D=72''$, según lo establecido por la Norma SISTEC NS-033, estarán dotadas con una línea de by-pass de 10 pulgadas de diámetro, para igualar presiones a ambos lados de la válvula principal en operativos de mantenimiento de la conducción. Esta línea de by-pass estará conformado por:

- Un ramal de tubería de acero al carbón SCH-40, de 10 pulgadas de diámetro con 2 válvulas de guarda tipo compuerta, Clase 150, instaladas en sus extremos.
- Una unión de desmontaje tipo auto portante, de 10 pulgadas de diámetro, Clase 150.
- Una válvula reductora de presión tipo globo C.R.M. de 10 pulgadas de diámetro, con extremos bridados, Clase 150. Se seleccionó este tipo de válvulas por su posibilidad de reducir presión. De actuador manual. Se descartó la posibilidad de tener actuador eléctrico por la baja frecuencia de operación de estos sistemas.
- Dos codos de 90° x 10 pulgadas de diámetro, para la implantación correspondiente a lado y lado de la válvula.

Los niples y accesorios que componen cada by-pass serán revestidos interiormente y exteriormente de pintura epóxica aprobada para uso con agua potable, de acuerdo con el estándar AWWA C-210 (Pintura Epóxica), o el estándar AWWA C 213 (Fusión-Bonded Epoxy Coating for the Interior and Exterior of Steel Water Pipelines).

Los niples, accesorios y válvulas serán de bridas Clase 150, con tornillería de acero inoxidable.

6.3.3 Válvulas principales de derivaciones

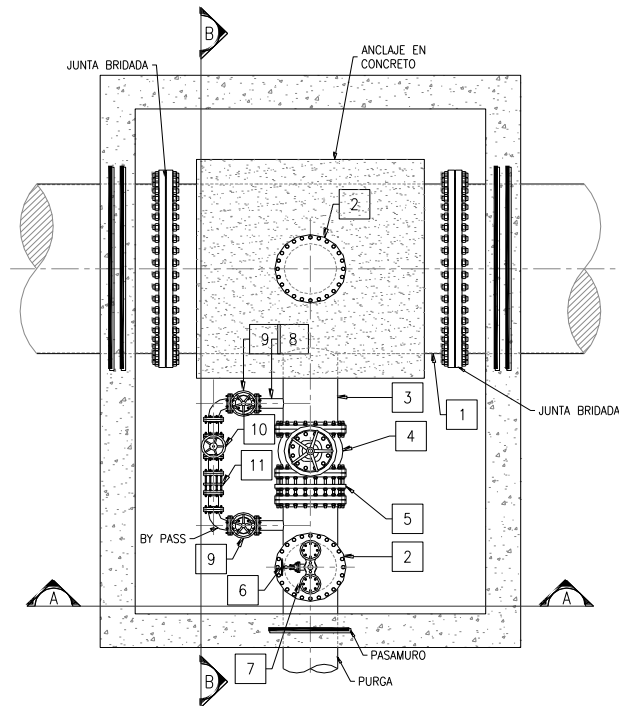
Estas válvulas estarán normalmente abiertas al 100%. Se cerrarán al 0% sólo en operaciones de mantenimiento de las líneas de distribución correspondientes. Por ninguna circunstancia se permitirán operaciones con posiciones intermedias.

Para su selección se analizaron alternativas de válvulas de mariposa versus válvulas de compuerta. Por su característica de bajo peso, menor tamaño y mayores facilidades de operación se seleccionaron válvulas de tipo mariposa. Esta selección está apoyada por la experiencia de la EAB.

En la siguiente figura, se muestra una instalación típica, en una cámara de concreto. Se observa que el sistema de derivación se compone básicamente de:

- Derivación de salida soldada a la tubería rehabilitada. Esta salida deberá tener el refuerzo de tubería principal, tipo ruana.
- Válvula principal tipo mariposa, de actuador manual para diámetros hasta 36 pulgadas.
- Unión de desmontaje, auto portante, del mismo diámetro de la válvula.
- Válvula ventosa aguas abajo de la unión de desmontaje.
- Pasamuro del mismo diámetro.

FIGURA No. 14 CÁMARA TÍPICA DE SALIDA DE DERIVACIÓN



6.3.4 Válvulas de ventosa

Las ubicaciones de las válvulas de ventosa, en la línea rehabilitada, corresponden con las ubicaciones actuales. No hay razones para cambio de ninguna de esas ubicaciones, teniendo en cuenta que la disposición en perfil de la conducción no sufre cambios.

Además de las ventosas que se requieran en los quiebres verticales de la conducción y a lo largo del recorrido de la misma, se tendrán válvulas de ventosa aguas arriba y aguas abajo de todas las válvulas principales de línea y aguas abajo de las válvulas principales de las derivaciones.

Las válvulas de ventosa tendrán las siguientes funciones:

- Eliminar el aire que se acumula normalmente en los puntos altos de la tubería.
- Permitir el ingreso de aire a la tubería, cuando ésta está siendo drenada, o en caso de contingencia de rotura de la misma.
- Permitir la salida de aire a la tubería durante la operación de llenado de la misma.

La tubería dispondrá de válvulas de admisión y expulsión de aire de triple acción en los siguientes sitios.

- En todos los puntos altos según lo establecido en el numeral tercero del manual M51 de la AWWA.
- Aguas arriba y aguas abajo de las válvulas de corte o seccionamiento en línea.
- Aguas abajo de las válvulas principales de las derivaciones a redes de zonas de servicio.
- A distancias horizontales que no excedan de 800 m.

Las válvulas de admisión y expulsión de aire (ventosas) se dimensionan según lo establecido en el literal b) del numeral 4.2.10.1 “válvulas de ventosa” de la última versión de la Norma SISTEC NS-033, que establece que el diámetro de las ventosas debe ser:

$$D_v = D_t / 12$$

Dónde:

D_v = diámetro de la ventosa

D_t = diámetro de la tubería principal 72”

Al remplazar valores se obtiene:

$$D_v = 72 / 12 = 6 \text{ pulgadas}$$

Pero, se ha seleccionado el diámetro de 8 pulgadas por ofrecer mayor capacidad de evacuación de aire y mayor capacidad para admisión de aire en caso de ser necesario.

En general las ventosas y sus correspondientes válvulas de compuerta de guarda se encontraron en regular estado. Algunas ventosas se encontraron sin su tapa superior, expuestas a la entrada de materiales extraños en las cámaras de los flotadores. No son de triple acción. Para su adecuación a la rehabilitación de la conducción principal, deberán ser desmontadas de la tubería de PCCP existente, para ser conectadas a la tubería insertada de acero. Pero debido a su tiempo de operación desde la fecha de instalación, deberán ser reemplazadas por sistemas nuevos.

Teniendo en cuenta que las ventosas estarán en permanente contacto con agua y cloro, será necesario especificar sus elementos internos, asientos, flotadores y herrajes de acero inoxidable. La tornillería de las bridas será también de acero inoxidable.

6.3.5 Válvulas de purga

6.3.5.1 Consideraciones Técnicas Generales

A lo largo de la red por rehabilitar se encontraron las purgas y sus instalaciones en muy malas condiciones, por su antigüedad y la humedad permanente en las cámaras respectivas.

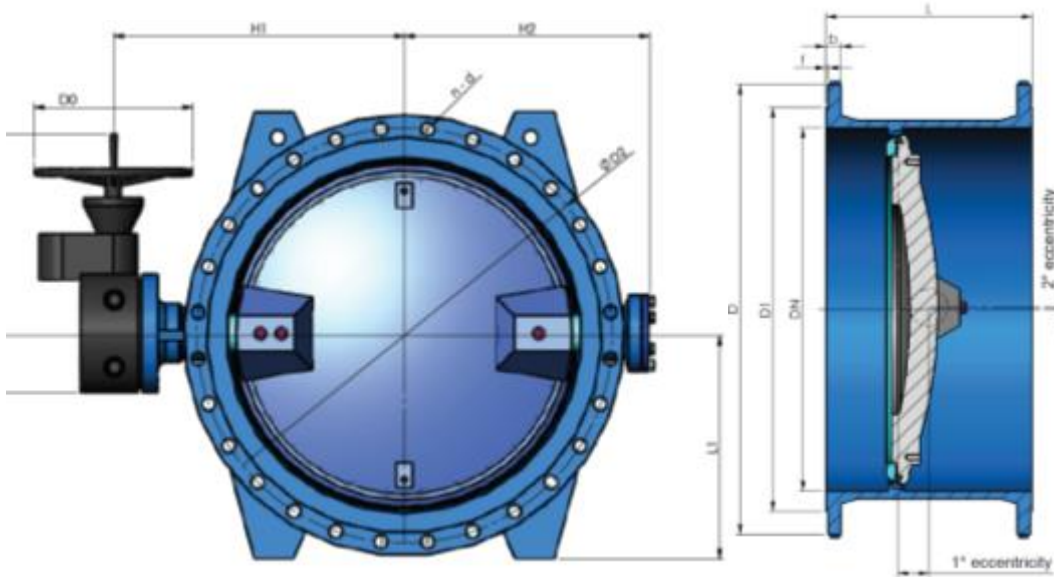
Por el estado en que se encuentran, y el agotamiento de su vida útil, se justifica el reemplazo de la totalidad de estas válvulas por válvulas nuevas. Seleccionadas de conformidad con la Norma SISTEC NS-084. Tipo mariposa, de acuerdo con la Norma NP-018 y el estándar AWWA A-504. Con cuerpo de hierro dúctil, asientos en acero inoxidable, empaques en EPDM, disco de hierro o acero fundición, revestido en material resistente a la corrosión, bridas Clase 150 y tornillería de acero inoxidable, de acuerdo con las especificaciones de las Normas mencionadas.

Además de las purgas que reemplazarán las purgas existentes, se requerirán nuevas purgas en las manijas que reforzarán la red matriz.

La razón fundamental de la selección del tipo de válvula mencionado la constituye el cumplimiento de las normas mencionadas de la EAB y la experiencia satisfactoria que ha tenido la EAB con el uso de las válvulas existentes de línea durante cerca de 45 años.

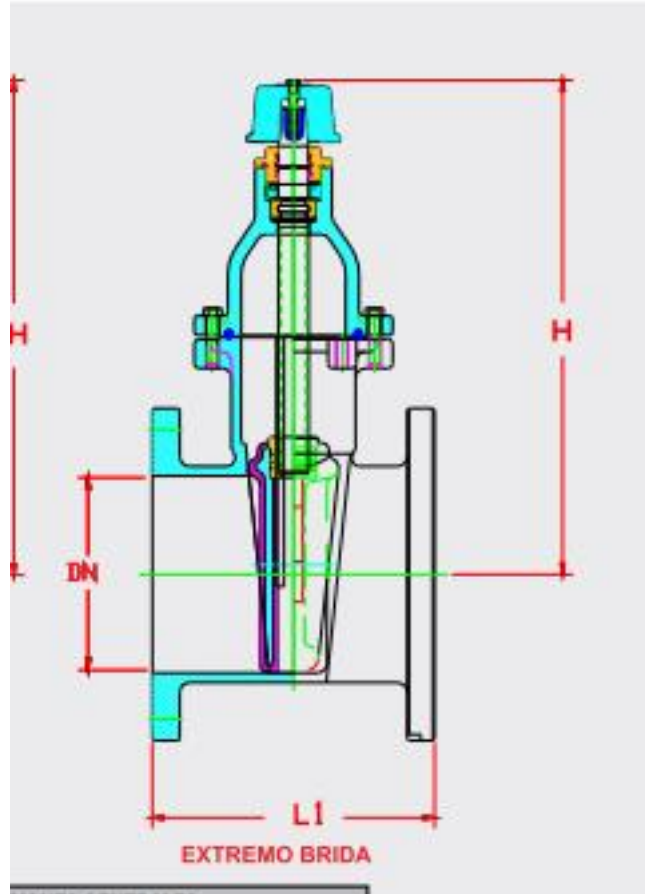
Sin embargo, el Consultor consideró la opción de reemplazar estas válvulas por válvulas de compuerta, o por válvulas esféricas, que también se pueden conseguir en el mercado. En las siguientes ilustraciones se aprecian las diferencias de construcción geométrica y física de las dos válvulas consideradas

ILUSTRACIÓN 3 VÁLVULAS DE MARIPOSA



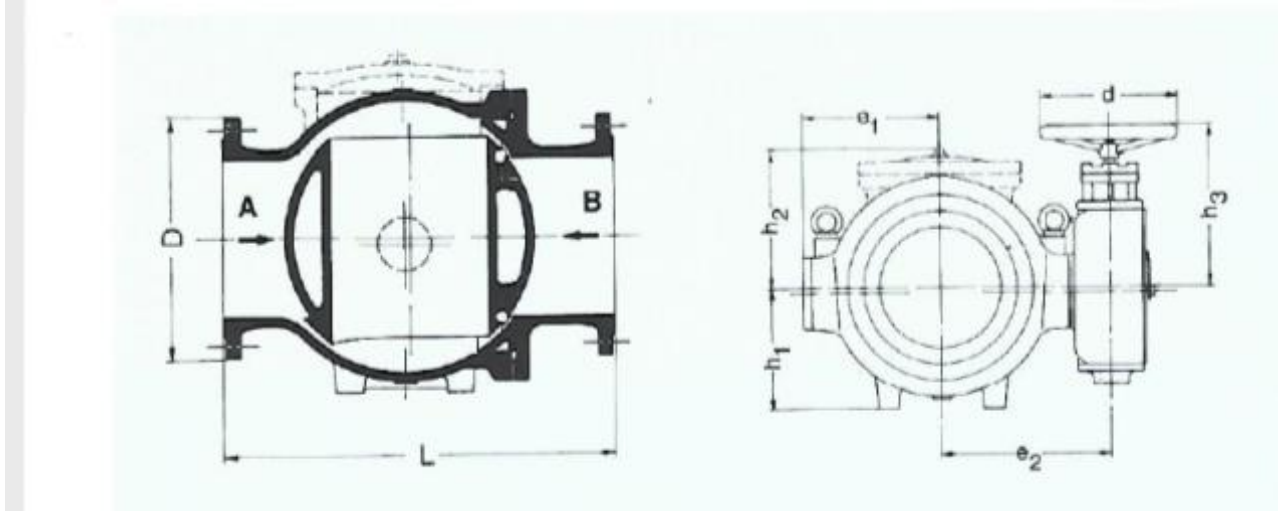
DN	PN	L	L1	D	b	B1	B2	B3	D1	H1+H2	M1	n-d	Nm	Iso	Turns	Kg
400	10	310	290	565	25	349	152	645	320	897	250	16-Ø28	50	F10	20	205
	16		298	580	28	435	133	559	300	917		16-Ø31	50	F10	46	210
	25		320	620	32	505	173	645	400	961		16-Ø37	50	F10	90	290

ILUSTRACIÓN 4 VÁLVULAS DE COMPUERTA



CLASS 150	Inch	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	30	32	36	40	42	48	60
		L	178	190	203	229	254	267	292	330	356	381	406	432	457	508	610	610	660	711	762	787	914
Face to face(mm)	L1	191	203	216	241	267	279	305	343	368	394	419	445	470	521	-	-	-	-	-	-	-	-
	L2	216	241	283	305	381	403	419	457	502	572	610	660	711	813	914	914	965	1060	1067	1118	-	-
Center height (mm)	H	341	371	402	472	530	587	743	904	1047	1172	1297	1433	1590	1898	2050	2330	2533	2800	-	-	-	-
Hand wheel diameter (mm)	W	200	200	250	280	300	300	350	400	450	500	600	680	750	800	-	-	-	-	-	-	-	-
Wheight (Kg)		20	30	33	49	60	75	120	205	290	400	511	650	789	1200	1800	2560	3060	3500	-	-	-	-

ILUSTRACIÓN 5 VÁLVULA ESFERICA



VÁLVULA ESFÉRICA ERHARD - TABLA DE DIMENSIONES

DN	PN	L	D	h1	h2	h3	e1	e2	Peso	Material
60	10	310	200			238	150	246	56	EN-JS 1050
80	16	310	200			238	150	246	56	EN-JS 1050
80	25	310	200			238	150	246	56	EN-JS 1050
80	40	310	200			238	150	246	61	EN-JS 1050
100	10	350	220			237	165	260	70	EN-JS 1050
100	16	350	220			237	165	260	70	EN-JS 1050
100	25	350	225			237	165	260	70	EN-JS 1050
100	40	350	225			237	165	260	76	EN-JS 1050
125	10	400	250			237	180	276	95	EN-JS 1050
125	16	400	250			237	180	276	95	EN-JS 1050
125	25	400	270			237	180	276	95	EN-JS 1050
125	40	400	270			237	180	276	104	EN-JS 1050
150	10	450	285			236	220	338	160	EN-JS 1050
150	16	450	285			236	220	338	160	EN-JS 1050
150	25	450	300		220	236	220	338	160	EN-JS 1050
150	40	450	300		220	313	220	360	175	EN-JS 1050
200	10	550	340	215		311	265	400	240	EN-JS 1050
200	16	550	340	215		311	265	400	240	EN-JS 1050
200	25	550	360	215	290	311	265	400	240	EN-JS 1050
200	40	550	375	215	290	311	265	400	270	EN-JS 1050
250	10	650	395	258		336	305	471	380	EN-JS 1050
250	16	650	405	258		336	305	471	380	EN-JS 1050
250	25	650	425	258	330	336	305	471	387	EN-JS 1050
250	40	650	450	258	330	336	310	471	427	EN-JS 1050
300	10	750	445	295		334	335	500	530	EN-JS 1050
300	16	750	460	295		334	335	500	530	EN-JS 1050
300	25	750	485	295	340	334	335	500	560	EN-JS 1050
300	40	750	515	295	385	423	365	476	635	EN-JS 1050
350	10	850	505	350	435	334	405	564	750	EN-JL 1040
350	16	850	520	350	435	334	405	564	790	EN-JL 1040
350	25	850	555	350	440	425	405	517	960	EN-JS 1050
350	40	850	580	350	445	510	440	520	1270	EN-JS 1050
400	10	950	565	380	490	425	440	555	970	EN-JL 1040

Gracias a estas ilustraciones se puede llegar a las siguientes consideraciones sobre las tres alternativas de un mismo diámetro nominal:

- El avance (distancia brida a brida) de la alternativa esférica PN10 es de 950 mm, mientras que el de la válvula mariposa PN10 es de 310 mm, y el de la válvula de compuerta Clase 150 es de 406 mm.
- La alternativa de válvula esférica PN10 tiene un ancho de 1.000 mm, mientras, el de la válvula mariposa PN10 es de 897 mm, y el de la válvula de compuerta Clase 150 es de 406 mm.
- La altura de la alternativa esférica PN10 es de 805 mm, mientras, el de la válvula mariposa PN10 es de 935 mm, y el de la válvula de compuerta Clase 150 es de 1.500 mm.

- El peso de la alternativa esférica PN10 es de 970 kg, mientras, el de la válvula mariposa PN10 es de 205 kg, y el de la válvula de compuerta Clase 150 es de 511 kg.
- El valor presupuestal de la alternativa esférica PN10 es de 35.209 USD, mientras, el de la válvula mariposa PN10 es de 3.716 USD, y el de la válvula de compuerta Clase 150 es de 5.272 USD.

De las consideraciones anteriores se concluye que la alternativa de válvula esférica es la más costosa, además de ser la de mayor peso y requerir el mayor espacio para instalación.

La alternativa de válvula mariposa es la más conveniente por ser la más económica, de menor peso, y requiere el menor espacio de instalación, aunque está limitada a velocidad máxima del agua de unos 5m/s.

La velocidad de flujo cuando tenga que operar se limitará por medio de una platina de orificios, que se diseñará para operar con máximo 70 mca, instalada aguas abajo de la válvula.

6.3.5.2 Dimensionamiento de las purgas

Las válvulas de purga tendrán las siguientes funciones:

- Descargar o vaciar tramos de conducción aislados para mantenimiento o inspección.
- Permitir la limpieza de lodos de tramos de tuberías.

La tubería dispondrá de purgas en los siguientes sitios.

- En todos los puntos bajos según lo establecido en el manual M51 de la AWWA.

De acuerdo con lo establecido en el numeral 4.2.10.2 “válvulas de purga” de la Norma SISTEC NS-033, el diámetro de éstas se ha dimensionado aplicando la siguiente expresión:

$$D/d = 65(T \times Z^{1/2} / L)^{1/2}$$

Donde

D = Diámetro de la tubería en metros

d = Diámetro de la purga en metros.

T = Tiempo de descarga en horas.

Z = Altura promedio entre el punto bajo y los dos puntos altos adyacentes en metros.

L = Distancia horizontal entre los dos puntos altos drenados por la purga en metros.

Se adopta el diámetro de la purga de 0,40 m o sea $D = 16''$ con el objeto que el tiempo de vaciado del tramo más largo comprendido entre dos válvulas en línea, sea inferior a 4 horas, valor que se sustenta en los siguientes cálculos:

$$D/d = 65(T \times Z^{12} / L)^{12}$$

$D = 1,80$ m correspondiente al diámetro interior de la tubería ($D=72$ pulgadas).

d = diámetro de la purga en metros.

T = Tiempo de descarga = 4 horas

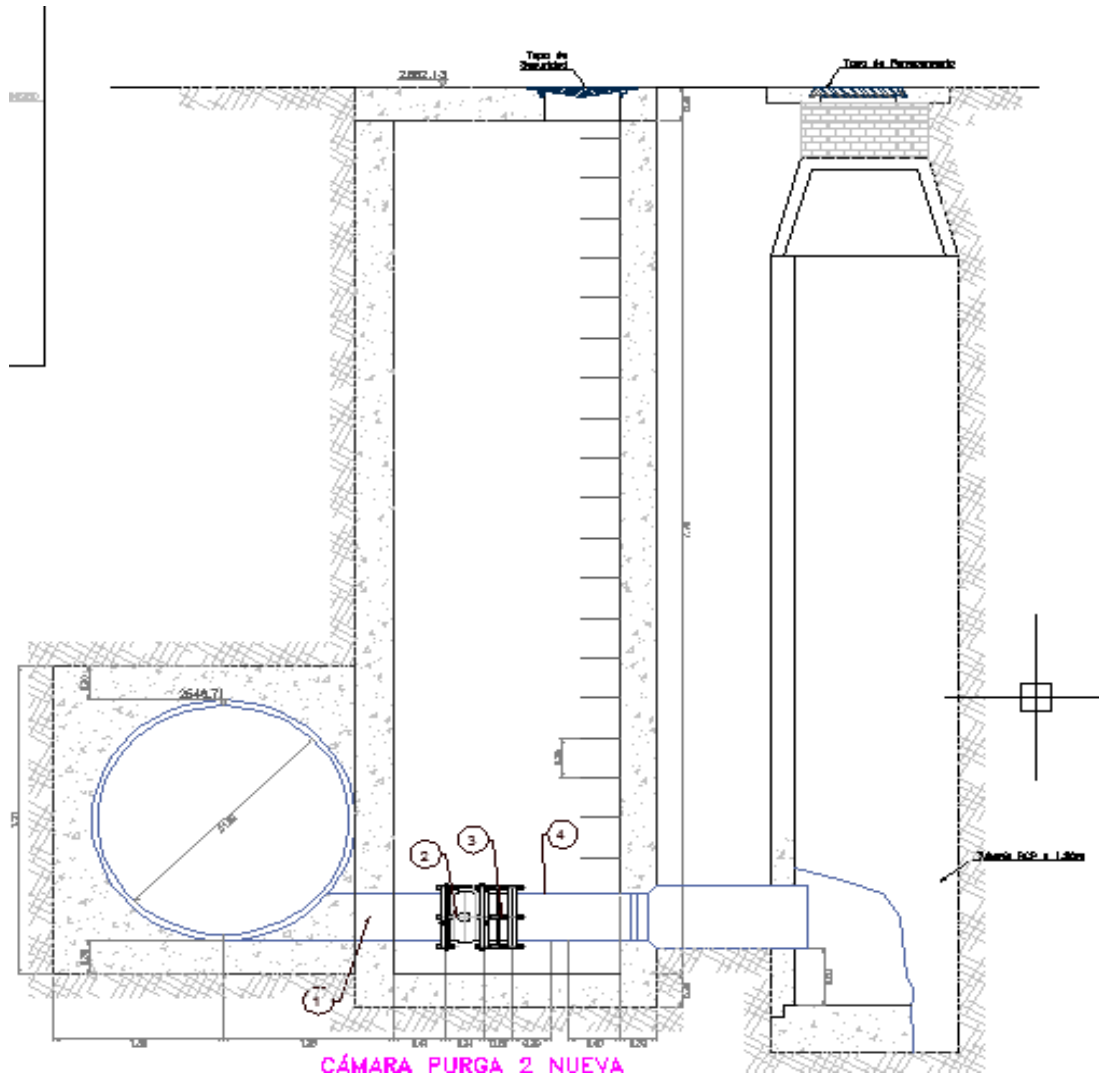
$Z = 3,0$ m Altura promedio entre el punto bajo y los dos puntos altos adyacentes en metros.

$L = 3400$ m Distancia horizontal entre los dos puntos altos drenados por la purga en metros.

Para los casos en que las velocidades a la salida de la purga excedan de 10 m/s se han diseñado sistemas de disipación de energía basados en platinas de orificio instaladas en serie que deben ser fabricadas en acero inoxidable.

En la figura se muestra la configuración tipo de las válvulas de drenaje o purga

FIGURA No. 15 CONFIGURACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE DRENAJE O PURGA



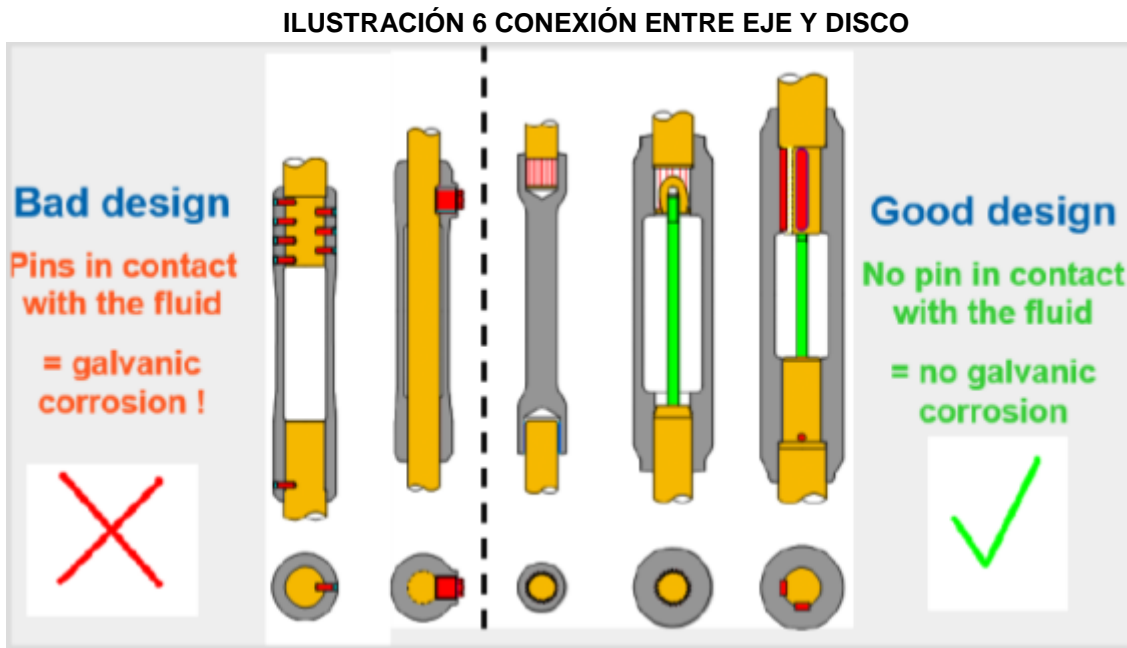
En los sitios donde el nivel de aguas abajo del sistema de purga supera la elevación de la purga se instalará una válvula de cheque tipo clapeta, del mismo diámetro, cuya función será impedir el reflujó de aguas purgadas a la tubería principal.

- **Materiales**

Las válvulas de mariposa serán fabricadas con los materiales especificados en la Norma SISTEC NP-018 de mariposa, de acuerdo con las normas ASTM o DIN, citadas por la misma.

- **Conexión entre el eje y el disco**

Tal como lo indica la Norma SISTEC NP-018, **“la conexión entre el eje y el disco debe transmitir un torque equivalente, por lo menos al 75% de la resistencia a la torsión requerida por el eje (para su diámetro mínimo) mediante fijación por sistemas mecánicos, que garanticen rigidez al conjunto”.** En la siguiente **ilustración se muestra el tipo de conexiones no permitidos y cuáles serán aceptables:**



6.4 TIPO Y DIMENSIONAMIENTO DE OTROS ELEMENTOS

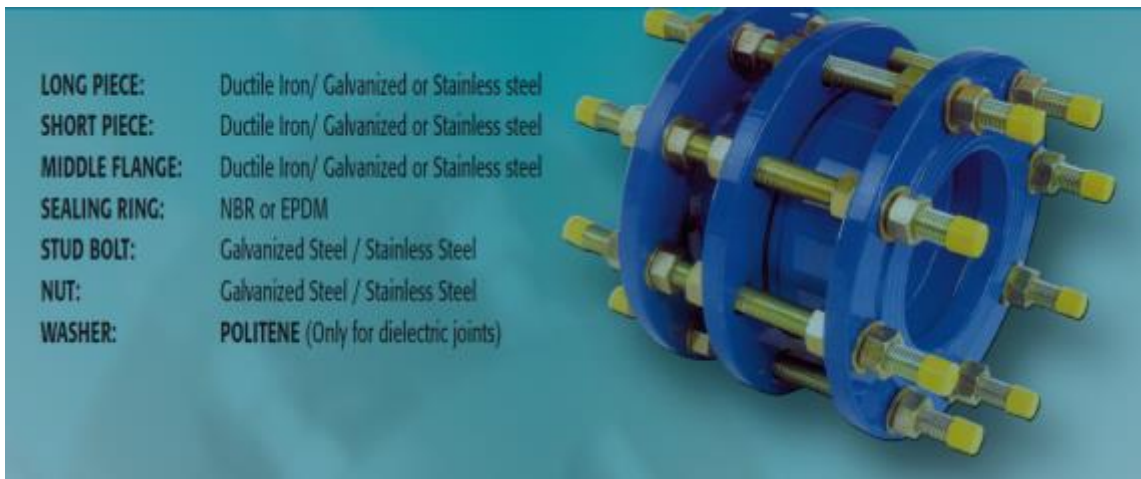
6.4.1 Uniones de desmontaje

Todas las válvulas principales de línea, de derivaciones y de purgas deberán ser equipadas con uniones de desmontaje tipo auto portante.

Materiales apropiados para los anillos, pernos y espárragos, y empaques apropiados para el agua de la EAB.

6.4.2 Juntas mecánicas flexibles

La conducción rehabilitada, de 72 pulgadas, insertada en la conducción existente tendrá uniones soldadas. Las únicas uniones con bridas serán las que se ejecuten con las válvulas de línea, que estarán rígidamente ancladas a las correspondientes cámaras de concreto.



6.4.3 Sistemas de desagüe

El Consultor deberá analizar las facilidades de desagüe de las cámaras de válvulas, mediante conexiones al sistema de alcantarillado o mediante el uso de bombas de desagüe.

Se mantendrán bombas sumergibles de achique en los pozos de achique de las cámaras de válvulas de nivel. O sea, en este caso, en las cámaras 43N y 44N. Se seleccionaron dos bombas de 5 l/s de capacidad, contra una presión TDH de 5,2 mca, correspondiente a la suma de una altura estática de 3,5 m, Entre el piso de la cámara y el punto de descarga del bombeo en el pozo de descarga; y una pérdida de presión de 1,7 mca por fricción en unos 12 m de longitud de conducción de descarga, de 3 pulgadas de diámetro. En cada cámara se tendrán dos bombas, una operativa y la segunda de reserva. Cada bomba tendrá un motor eléctrico sumergible de 1.0 hp de potencia nominal. Para ser operadas en forma automática, para arranque y parada de acuerdo con los niveles del agua en el interior de la cámara.

6.4.4 Bocas de acceso

Las bocas de acceso son dispositivos que se instalan estratégicamente en las tuberías, para permitir el acceso de técnicos al interior de la misma para facilitar las labores de mantenimiento respectivas. Además, permiten facilitar el flujo natural de aire entre bocas para mejorar la aireación de la tubería.

La tapa de la boca será conformada por una brida ciega Clase 150, con tornillería de acero inoxidable.

El cuerpo de la boca será fabricado en lámina de acero ASTM A36, revestido interiormente y exteriormente de mortero o pintura epóxica aprobada para uso con agua potable, de acuerdo con cualquiera de los siguientes estándares AWWA C-205 (mortero de cemento), AWWA C-210 (Pintura Epóxica), AWWA C 213 (Fusión-Bonded Epoxy Coating for the Interior and Exterior of Steel Water Pipelines).

Se han proyectado bocas de acceso D = 24” en los siguientes sitios:

- Junto a las válvulas de drenaje o purga.
- Aguas arriba y aguas abajo de las válvulas principales de seccionamiento de la línea rehabilitada.
- Aguas abajo de las válvulas de corte en las derivaciones cuando estas son de diámetro igual o mayor a 24”.
- Sobre la tubería principal a distancias de alrededor de 500 m entre sí.

6.4.5 Tubería Insertada para Rehabilitación de la conducción

- **Diámetro**

Con base en la experiencia de la EAB obtenida en la rehabilitación de los tramos 1 y 2, se ha seleccionado la camisa de rehabilitación de 1.800 mm de diámetro y espesor de 11.5 mm, de acero ASTM A-36 o ASTM A-283.

Bajo condiciones de estado estable la presión de trabajo será de 68,06 mca (100,04 psi). El correspondiente esfuerzo de trabajo será de

$St = P \times D / (2 \times t)$, donde:

St = esfuerzo de trabajo, en psi

P = presión de trabajo en estado estable = 100.04 psi

D = diámetro interno de la tubería = 72 pulg.

T = espesor de lámina de acero de la tubería = 11.5 mm = 0.45 pulg.

Al reemplaza se tiene:

$St = 100,04 \times 72 / (2 \times 0.45) = 8.003 \text{ psi}$

Trabajando con acero AST A-36, con límite de fluencia de 36.000 psi, se tendría un factor de seguridad de 4.5, mayor que el factor de seguridad requerido por la EAAB de 2,0 en la norma NS-033 para tuberías de acero.

Bajo condiciones de estado transitorio por cierre de la válvula 44 en 20 minutos, se tiene una presión máxima de 78,92 mca (116,01 psi).

Bajo estas condiciones el esfuerzo máximo por golpe de ariete será de:

$$S_{max} = 116,01 \times 72 / (2 \times 0.45) = 9.280 \text{ psi}$$

Para el cual, el factor de seguridad será de 3,88, mayor que el valor permitido por la norma NS-034 de 1,5.

- **Tuberías y accesorios**

Los niples de tubería y accesorios serán diseñados en detalle y fabricados de acuerdo con el estándar C-208 de AWWA.

Las soldaduras serán especificadas de acuerdo con el estándar AWWA C-206 de AWWA.

Los revestimientos interiores serán especificados de acuerdo con el Estándar C-205 de AWWA y los exteriores de acuerdo con los estándares C-203 y C-210 de AWWA.

- **Cámaras de válvulas**

Las cámaras de válvulas han sido dimensionadas de acuerdo con la Norma NS-077 de la EAB.

No se dejan vigas para izamientos. Si se trata de las válvulas o accesorios principales, estas labores serán ejecutadas por medio de grúas exteriores de alta capacidad, levantando las tapas removibles de las cubiertas de las cámaras. En caso de elementos de menor diámetro, el personal de mantenimiento recurrirá a polipastos y aparejos móviles, que podrá ensamblar en el interior, de acuerdo con las necesidades.

Las cámaras de válvulas de línea tendrán mínimo dos tapas de seguridad para acceso, que permitirán ventilar las mismas en los casos de inspecciones y mantenimientos.