

ACUEDUCTO SUR ANÁLISIS DE TRANSITORIOS HIDRÁULICOS

Introducción

Se denomina Transitorios Hidráulicos o Golpe de Ariete al fenómeno hidráulico impermanente producido por variaciones del régimen de escurrimiento.

Este fenómeno consiste en la propagación de ondas de presión y depresión a lo largo de las conducciones, debido a la transformación de energía cinética en energía de presión y elástica.

El Golpe de Ariete si no es efectivamente controlado puede producir la rotura de la tubería por sobrepresión o por depresión, así como generar serios problemas de operación.

En este informe se presenta el análisis del Golpe de Ariete en el Acueducto Sur, que incluye la modelación mediante el modelo matemático GOLPE, en base al cual se realizó el dimensionamiento de los elementos de protección antiariete.

Metodología y criterios adoptados

Modelación

La tubería de impulsión se modeló aplicando el modelo GOLPE el cual resuelve las ecuaciones completas del régimen permanente e impermanente en tuberías por el Método de las Características considerando la compresividad del agua y la elasticidad de la tubería.

Criterios de diseño de las protecciones

En principio se diseñó el sistema para impedir la entrada de aire al mismo durante transitorios y para limitar las presiones y depresiones máximas teniendo en cuenta la resistencia de los diversos elementos y la economicidad global del sistema.

Se considera cañerías de PRFV case 10, es decir pueden soportar durante un transitorio presiones de hasta 140mca.

Con respecto a las depresiones, se tratarán de evitar, pero se considerará una depresión admisible de -3mca con respecto a la presión atmosférica.

En el análisis antiarriete se consideró como condición más desfavorable la parada de bombas brusca y total por corte eléctrico.

Cálculos realizados

General

Se simuló el caso de parada total de bombas por falla de suministro eléctrico, realizándose un proceso iterativo en base al cual se determinaron las dimensiones de los dispositivos antiarriete.

La primera simulación se realizó sin considerar la existencia de elementos de protección, verificada la necesidad de los mismos se procedió a su dimensionamiento.

Para el análisis se consideraron las estaciones de bombeo a plena capacidad (caudal de diseño).

Datos considerados

Los datos considerados son los siguientes:

Topología del sistema, diámetros, longitud de la tubería y cotas de nodos: de acuerdo datos suministrados (archivo modelo Piccolo)

Material: PRFV case 10.

Celeridad: 700m/s

Se consideró una rugosidad de las cañerías de 0.03mm (cuanto más baja es la rugosidad más desfavorables son los resultados correspondientes a transitorios en caso de parada de bombas.)

La Figura 1 presenta en forma esquemática al acueducto, sus caudales y características de bombeo.

Resultados obtenidos

Regimen Permanente

Agua Santafesinas suministró los archivos del modelo Piccolo utilizados para el cálculo del acueducto.

Estos datos fueron pasados al modelo Epanet para la resolución del régimen permanente que corresponde a la condición inicial para la modelación de los transitorios.

La Figura 2 presenta el modelo Epanet desarrollado.

Transitorios Hidráulicos

Los datos de Epanet fueron transmitidos al modelo GOLPE con el cual se realizaron simulaciones de transitorios hidráulicos sin considerar dispositivos antiarriete y considerándolos.

Hay dos estaciones de bombeo:

- Estación Baigorria, dimensionada para 3.20 m³/s.
- Estación E dimensionada para 1.48m³/s, con tres salidas: una a Gálvez de 1m³, otra para Pérez de 0.18m³/s y otra que denominamos Local de 0.30m³/s.

En el análisis de transitorios se simuló la detención brusca simultánea total de ambas estaciones de bombeo. Se realizó primero una verificación sin considerar dispositivos antiarriete y luego se consideró su inclusión.

Cabe destacar que este es un análisis preliminar que deberá ser verificado durante el proyecto detallado teniendo en cuenta las características finales de los equipos electromecánicos adoptados.

Sin protección antiarriete

La Figura 3 presenta la variación de presión inmediatamente aguas abajo de los bombeos. Se observa luego de la parada brusca de las bombas la variación oscilatoria violenta de las presiones alcanzándose, por ejemplo, inmediatamente aguas abajo de la elevadora Baigorria una presión máxima cercana a 150m-25.77m=124 mca y una presión mínima asociada a cavitación.

El cuadro siguiente presenta las envolventes para todos los nodos del modelo, se puede verificar, especialmente en base a las bajas presiones obtenidas en varios nodos, la necesidad de dispositivos antiarriete.

ENVOLVENTES SIN ANTIARIE

NODO	XN	ZN	HN	HMAX	HMIN	PMAX	PMIN
1042	3910	27.63	54.09	61.19	43.3	33.56	15.67
1043	-3598	17.54	75.94	114.49	13.79	96.95	-3.75
1044	-3728	17.54	73.3	107.95	16.19	90.41	-1.35
1045	-3587	17.54	81.25	130.57	18.22	113.03	0.68
1046	-3317	19.34	86.25	138.53	33.16	119.19	13.82
1049	-2525	28.37	97.16	117.14	47.45	88.77	19.08
1058	4945	24.19	44.65	53.83	31.63	29.64	7.44
1059	5011	24.19	42.84	52.28	30.17	28.09	5.98
1074	-3687	17.54	65.56	80.9	49.13	63.36	31.59
1085	-3866	18.55	62.71	62.71	62.71	44.16	44.16
1097	5220	23.01	40.91	49.13	30.04	26.12	7.03
1098	5258	22.97	35.42	42.5	27.09	19.53	4.12
1099	5342	22.97	30.49	34.57	25.63	11.6	2.66
1115	-2595	24.52	50	50	50	25.48	25.48
1147	-1469	25.77	109.46	149.57	-36.46	123.8	-62.23
1148	-2107	28.47	103.69	135.98	6.21	107.51	-22.26
1149	-2536	28.38	98.7	114.35	48.53	85.97	20.15
1150	-3470	19.34	86.13	105.74	67.85	86.4	48.51
1151	-3833	17.54	80.08	97.08	62.1	79.54	44.56
1152	-3811	18.55	64.16	73.74	53.51	55.19	34.96
1153	-3690	22.34	49.71	56.03	44.71	33.69	22.37
1154	-3561	25.56	41.45	46.4	37.25	20.84	11.69
1156	-2476	32.28	97.25	109.09	-25.95	76.81	-58.23
1157	-1732	35.03	89.82	99.5	7.41	64.47	-27.62
1158	-489	35.09	71.47	92.78	32.95	57.69	-2.14
1159	567	34.6	75.08	82.75	57.27	48.15	22.67
1160	1880	25.89	62.87	78.13	47.19	52.24	21.3
1161	3076	24.78	58.27	69.99	45.5	45.21	20.72
1162	3581	24.78	56.38	63.85	46.06	39.07	21.28
1164	-3265	26.42	34.94	40.01	29.72	13.59	3.3
1166	-2664	27.62	98.5	98.5	98.5	70.88	70.88
1167	-3803	18.77	62.78	68.18	57.29	49.41	38.52
1168	-3733	22.34	49.68	56	44.51	33.66	22.17
1170	-4787	22.34	43.62	43.62	43.62	21.28	21.28
1172	-3770	19.73	59.04	63.97	53.92	44.24	34.19
1180	-1354	35.03	89.4	89.4	89.4	54.37	54.37
1181	471	34.6	74.55	74.55	74.55	39.95	39.95
1182	3790	24.78	55.58	55.58	55.58	30.8	30.8
1184	-2567	28.01	98.67	107.9	62.72	79.89	34.71
1185	-2642	27.62	98.53	106.94	83.12	79.32	55.5
1186	-3507	19.4	86.13	99.84	73.88	80.44	54.48
1187	-3495	19.44	86.13	93.23	79.93	73.79	60.49
1188	-3874	19.15	64.08	71.82	55.93	52.67	36.78
1189	-3898	19.73	64.02	68.6	59.7	48.87	39.97
1190	-4612	30.74	49.42	110.89	-56.26	80.15	-87
1191	-4010	29.26	54.42	113.2	-58.77	83.94	-88.03
1192	-4019	28.82	55.91	114.01	-59.53	85.19	-88.35
1193	-2763	27.66	59.87	115.65	-61.37	87.99	-89.03
1194	-2606	27.48	60.6	116.06	-61.74	88.58	-89.22
1195	-2791	29.73	101.21	110.87	-46.35	81.14	-76.08
1196	-2884	26.42	29.94	34.5	25.48	8.08	-0.94
1198	-3727	21.05	54.22	58.59	49.53	37.54	28.48
51502	3888	23.84	55.9	63.58	45.22	39.74	21.38
135804	-3435	19.44	86.12	86.12	86.12	66.68	66.68
156103	-3876	19.73	63.94	63.94	63.94	44.21	44.21
156109	-3811	19.02	57.69	62.65	53.4	43.63	34.38
156110	-4252	18.76	53.67	53.67	53.67	34.91	34.91
156212	-3763	22.16	53.35	56.37	49.81	34.21	27.65
166202	-3980	22.16	51.8	51.8	51.8	29.64	29.64
baigo	-1033	25.77	110.76	150.17	-45.31	124.4	-71.08
perez	-2395	27.47	61.4	116.32	-62.11	88.85	-89.58
galv	-2394	27.47	105.09	112.18	-64.43	84.71	-91.9
loc	-2328	27.47	50.52	52.32	36.61	24.85	9.14
32	5404	25	25	25	25	0	0
1165	-6306	35	35	35	35	0	0
1197	-2411	27.24	27.24	27.24	27.24	0	0
1	-2601	50	50	50	50	0	0

Con protección antiarriete

Se consideró como elemento de protección la inclusión de tanques antiarriete de aire. Después de un análisis iterativo se obtuvieron los siguientes volúmenes:

Estación de Bombeo	Salida	V inicial de aire a régimen permanente máximo	V máximo de aire obtenido	Volumen adoptado para los tanques
Baigorria	Baigorria	20	49.33	60
Estación E	Galvez	6	18.23	22
	Perez	4	13.19	16
	Local	-	-	-

La Figura 4 presenta las variaciones de cota piezométrica inmediatamente abajo de los bombeos.

El cuadro siguiente presenta las envolventes para todos los nodos del modelo, se puede verificar la ausencia de depresiones y la existencia de presiones admisibles considerando una cañería de PRFV clase 10 para el estado de carga correspondiente a transitorios.

ENVOLVENTES		CON ANTIARIEETE					
NODO	XN	ZN	HN	HMAX	HMIN	PMAX	PMIN
1042	3910	27.63	54.09	56.46	50.59	28.83	22.96
1043	-3598	17.54	75.94	80.13	65.9	62.59	48.36
1044	-3728	17.54	73.3	76.81	65.24	59.27	47.7
1045	-3587	17.54	81.25	86.4	67.32	68.86	49.78
1046	-3317	19.34	86.25	91.95	68.76	72.61	49.42
1049	-2525	28.37	97.16	102.54	72.19	74.17	43.82
1058	4945	24.19	44.65	48.37	41.79	24.18	17.6
1059	5011	24.19	42.84	46.22	40.27	22.03	16.08
1074	-3687	17.54	65.56	66.69	63.79	49.15	46.25
1085	-3866	18.55	62.71	62.71	62.71	44.16	44.16
1097	5220	23.01	40.91	43.78	38.78	20.77	15.77
1098	5258	22.97	35.42	37.82	33.83	14.85	10.86
1099	5342	22.97	30.49	31.83	29.56	8.86	6.59
1115	-2595	24.52	50	50	50	25.48	25.48
1147	-1469	25.77	109.46	134.15	51.26	108.38	25.49
1148	-2107	28.47	103.69	118.3	63.6	89.83	35.13
1149	-2536	28.38	98.7	103.85	72.51	75.47	44.13
1150	-3470	19.34	86.13	88.41	80.7	69.07	61.36
1151	-3833	17.54	80.08	82.13	75.75	64.59	58.21
1152	-3811	18.55	64.16	64.76	63.32	46.21	44.77
1153	-3690	22.34	49.71	49.99	49.29	27.65	26.95
1154	-3561	25.56	41.45	41.78	41.06	16.22	15.5
1156	-2476	32.28	97.25	98.47	49.46	66.19	17.18
1157	-1732	35.03	89.82	91.17	56.3	56.14	21.27
1158	-489	35.09	71.47	85.41	61.81	50.32	26.72
1159	567	34.6	75.08	77.1	65.92	42.5	31.32
1160	1880	25.89	62.87	65.53	55.94	39.64	30.05
1161	3076	24.78	58.27	61.05	53.21	36.27	28.43
1162	3581	24.78	56.38	58.57	53.12	33.79	28.34
1164	-3265	26.42	34.94	35.36	34.56	8.94	8.14
1166	-2664	27.62	98.5	98.5	98.5	70.88	70.88
1167	-3803	18.77	62.78	63.13	62.29	44.36	43.52
1168	-3733	22.34	49.68	49.97	49.14	27.63	26.8
1170	-4787	22.34	43.62	43.62	43.62	21.28	21.28
1172	-3770	19.73	59.04	59.42	58.53	39.69	38.8
1180	-1354	35.03	89.4	89.4	89.4	54.37	54.37
1181	471	34.6	74.55	74.55	74.55	39.95	39.95
1182	3790	24.78	55.58	55.58	55.58	30.8	30.8
1184	-2567	28.01	98.67	101.3	76.76	73.29	48.75
1185	-2642	27.62	98.53	101.24	93.84	73.62	66.22
1186	-3507	19.4	86.13	87.68	82.5	68.28	63.1
1187	-3495	19.44	86.13	86.87	84.27	67.43	64.83
1188	-3874	19.15	64.08	64.5	63.43	45.35	44.28
1189	-3898	19.73	64.02	64.23	63.68	44.5	43.95
1190	-4612	30.74	49.42	49.43	30.51	18.69	-0.23
1191	-4010	29.26	54.42	54.42	29.42	25.16	0.16
1192	-4019	28.82	55.91	55.91	29.13	27.09	0.31
1193	-2763	27.66	59.87	59.87	28.45	32.21	0.79
1194	-2606	27.48	60.6	60.6	28.34	33.12	0.86
1195	-2791	29.73	101.21	103.44	45.03	73.71	15.3
1196	-2884	26.42	29.94	30.19	29.69	3.77	3.27
1198	-3727	21.05	54.22	54.48	53.76	33.43	32.71
51502	3888	23.84	55.9	58.31	52.49	34.47	28.65
135804	-3435	19.44	86.12	86.12	86.12	66.68	66.68
156103	-3876	19.73	63.94	63.94	63.94	44.21	44.21
156109	-3811	19.02	57.69	60.26	55.82	41.24	36.8
156110	-4252	18.76	53.67	53.67	53.67	34.91	34.91
156212	-3763	22.16	53.35	53.54	53.06	31.38	30.9
166202	-3980	22.16	51.8	51.8	51.8	29.64	29.64
baigo	-1033	25.77	110.76	137.5	48.19	111.73	22.42
perez	-2395	27.47	61.4	61.4	28.21	33.93	0.74
galv	-2394	27.47	105.09	107.72	40.97	80.25	13.5
loc	-2328	27.47	50.52	52.32	36.61	24.85	9.14
32	5404	25	25	25	25	0	0
1165	-6306	35	35	35	35	0	0
1197	-2411	27.24	27.24	27.24	27.24	0	0
1	-2601	50	50	50	50	0	0

Se consideran dos alternativas de instalación de los tanques antiariete:

- Los tanques antiariete se instalarán verticalmente y se dotarán de un sistema automático (accionado en base a los niveles líquidos en los tanques registrados continuamente por sensores instalados dentro de tubos de vidrio en U) que suministrará aire a través de un compresor y un sistema de cañerías para reponer la disolución del mismo en el agua, la conexión de dichas cañerías se realizará por la parte superior de cada tanque (Figura 5).
- Otra alternativa sería dotar a los tanques de una membrana que evite el contacto agua – aire y así torne innecesaria la existencia del sistema de suministro de aire, estos tanques se instalarán en forma horizontal (Figura 6).
- Cabe destacar que en todos los puntos altos de los acueductos y a distancias máximas de acuerdo a las normas vigentes, se instalarán válvulas de aire triple función.

Especificación técnica de los tanques

Tanque con compresor

Requerimientos

Los trabajos de asociados a la protección antiariete comprenden el suministro, montaje y puesta en funcionamiento de cámaras de aire para protección contra golpe de ariete, compresores de aire, cañerías y válvulas mariposa para agua, cañerías y válvulas para aire a presión, controladores de nivel de líquido en las cámaras y todos los accesorios para el funcionamiento completo del mencionado sistema.

Productos

Cámara de aire para golpe de ariete

Se proveerán e instalarán cámaras de aire para amortiguar los efectos de golpe de ariete, las cuales se ubicarán en posición vertical.

Los tanques serán cilíndricos con cabezales semielípticos y serán construidos en chapa de acero de calidad mínima SA 515 - 70.

La presión máxima de servicio de los tanques será de 10 Kg/cm² la de prueba será de 10*1.5kg/cm²= 15kg/cm².

Cada tanque contará con las siguientes conexiones:

- Entrada de aire por la parte superior.
- Válvula de seguridad en la parte superior.
- Entrada de hombre (500mm).
- Conexión para desagüe en la parte inferior 50 mm (2")
- Entrada de agua en la parte inferior que se calculará para no tener velocidades superiores a 3m/s, considerando la entrada a los tanques del caudal máximo de bombeo dividido por el nro de tanques.
- Tubo de vidrio protegido indicador de nivel.

Todos los elementos descriptos contarán con todos sus accesorios para su funcionamiento y deberán estar de acuerdo con las especificaciones técnicas adjuntas.

Las cámaras de aire serán de acero al carbono de calidad no inferior a la correspondiente a la Norma ASTM SA 515 - 70. Estos recipientes deberán diseñarse, fabricarse, inspeccionarse y ensayarse según las Normas ASME, sección VIII, división 1 y sus agregados subsecuentes.

Todas las soldaduras serán a tope y deberán ser realizadas por el método de arco sumergido o arco protegido, se realizarán según normas AWS.

Cuando hay tuberías externas que se conectarán al recipiente se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- a) Las uniones roscadas no podrán realizarse directamente sobre el recipiente.
- b) Las conexiones bridadas deberán cumplir con las especificaciones de las Normas ANSI B 16.5, mediante bridas de cuello soldable.

Compresores de aire para alimentación de las cámaras

Se proveerán e instalarán 2 (dos) compresores de aire (uno en funcionamiento y otro en reserva) sin tanque incorporado para un caudal, por unidad, de 10 m³/h normal y para una presión máxima de trabajo de 10 Kg/cm². Serán accionados eléctricamente y del tipo libre de aceite a pistón seco. Tendrá un post-enfriador refrigerado por aire a los efectos de bajar la temperatura de descarga a 25° F (14 °C) por encima de la temperatura ambiente. Se aceptarán construcciones del tipo dúplex con 2 compresores montados sobre una base común y diseño compacto. Tendrán arranque y parada automática a partir del nivel de agua detectado por el controlador de nivel en las cámaras de aire.

Los cilindros del compresor serán de fundición gris y serán enfriados por aire, para lo cual deberán tener aletas radiadoras de superficie adecuada.

La carcaza, pistones, bielas, válvulas cigüeñales etc. deberán estar contruidos por materiales de probada resistencia para sus fines, de la más alta calidad, perfectamente maquinados y alisados. Los anillos y bandas de desgaste de los pistones serán de teflón del tipo autolubricado.

En su boca de toma de aire, el compresor tendrá un filtro de fácil desarme para el lavado o renovación.

Los compresores serán accionados por motores eléctricos asincrónicos para una tensión de servicio 3 x 380 V - 50 Hz y una potencia aproximada de 2,5 HP.

Los compresores deberán tener un panel alternador a los efectos de conmutar en forma automática la operación de los dos compresores.

El volante deberá estar perfectamente balanceado y será accionado por correas múltiples tipo V (trapezoidales), las mismas podrán tensarse con facilidad.

Tanto el compresor y el motor se montarán sobre una base común que se podrá construir en acero perfilado o hierro fundido, la cual será sólidamente fundada a fin de evitar vibraciones excesivas.

Cañerías de aire alimentacion de camaras de aire

A la salida de cada compresor se instalará:

- 1 filtro para aire (2 en total)
- 1 válvula de retención para aire (2 en total)
- 1 válvula de cierre (2 en total)

A continuación se instalará una cañería de Ø 25 mm (1") mínimo que se conectarán a un colector general del mismo diámetro a los efectos de alimentar las cámaras de aire, para ello de este colector partirán respectivos ramales de 12.5 mm (Ø 1/2") que se conectarán a la parte superior de cada cámara.

Sobre el colector de 25 mm (Ø 1") se instalará un manómetro.

A la entrada de cada cámara se instalará una válvula de cierre y una válvula de seguridad. En la cañería se instalará una válvula de cierre que permita el eventual purgado de la línea de aire. Todas las válvulas serán esféricas de accionamiento manual aptas para aire comprimido. Las cañerías serán de acero sin costura según Norma ASTM A 53 grado B y espesor mínimo correspondiente al Schedule 40.

Cuando se alcance el nivel máximo permitido de agua detectado por el transmisor de nivel se producirá el arranque del compresor introduciendo aire en los tanques. Cuando se alcance el nivel de parada se detendrá el compresor.

Todos los elementos descriptos contarán con todos sus accesorios para su funcionamiento y deberán estar de acuerdo con las especificaciones técnicas adjuntas.

Transmisor - indicador de nivel

Se proveerán e instalarán dos (2) medidores de nivel del tipo sonda capacitiva a los efectos de controlar el nivel de agua en cada cámara de aire. Estos tendrán el control sobre los siguientes niveles a través del PLC para el arranque y parada del compresor para ello deberá tener una salida analógica de 4 a 20 mA de CC.

- 1) Nivel de detención secuencial de bombas
- 2) Nivel muy alto (nivel de alarma)
- 3) Nivel de arranque del compresor.
- 4) Nivel de parada del compresor
- 5) Nivel muy bajo (nivel de alarma)
- 6) Nivel de detención secuencial de bombas

Todos los elementos descriptos contarán con todos sus accesorios para su funcionamiento y deberán estar de acuerdo con las especificaciones técnicas adjuntas.

Tanque con membrana

Generalidades

Las cámaras de aire serán del tipo con membrana de separación aire-agua.

La función de la cámara contra el golpe de ariete es permitir una amortiguación de las variaciones de presión en la red y en la estación de bombeo. Con este fin se proveerán cámaras con dispositivos de control y de seguridad necesarios para esta función.

Productos

La cámara será cilíndrica con dos fondos de forma semi-cilíndrica en chapa de acero soldado de calidad mínima ASTM S.A.515 Gr.70. La soldadura de las uniones serán realizadas conforme a las reglas del arte y según los procedimientos más modernos.

La cámara será calculada, construidas, probadas e instaladas según las normas ISO o ASME Sección VIII referentes a las cámaras bajo presión.

La membrana será de butil alimentario certificada para la utilización en agua potable por un organismo especializado. Será concebida para adherirse a la forma interna de los aparatos y llenar todo el volumen de las cámaras en estado natural sin ningún riesgo de ruptura.

Se reforzarán las partes que están en contacto con los fondos y a nivel de la salida. Su temperatura será de -20 a +100°C y su carga de ruptura de un mínimo de 85 kg/cm². El espesor mínimo del butil será de 2 mm.

Todas las cámaras de más de 5m³ instalados horizontalmente estarán provistos de por lo menos dos salidas. En caso de una única salida, ésta estará en el centro, en el caso de salidas múltiples, estarán dispuestas de manera tal que permitan un movimiento interno de la membrana sin riesgo de plegado o deterioro.

Cada salida estará provista de una reja anti-extrusión totalmente «rilsanizada» compuesta por aletas anti-vortex

La cámara estará provista de los siguientes equipos :

- un manómetro y toma de inflar a la altura de un hombre
- una entrada de hombre ; DN 500mm puesto sobre bases para las cámaras de menos de 2 m³, DN 700mm puesto sobre bases para las cámaras de más de 3 m³
- para las cámaras verticales, una entrada de hombre DN700 en la parte superior como fijación a la membrana,
- una escalera fijada en la cámara
- dos cáncamos de izaje de la cámara (2 para los volúmenes de menos de 2 m³; 4 para los mayores)
- un toma de vaciado equipada con una válvula manual
- un conducto de toma de presión alta y de soporte del tubo de nivel equipado con una válvula de seguridad a bolilla
- un tubo de nivel

La cámara equipada especialmente para la medición y la protección serán provistas además de tomas y tubos de medición equipados con contactos magnéticos.

Ensayos

Los tanques serán ensayados hidráulicamente en fábrica con un coeficiente de 1.5 de la presión de servicio.

Además, deberán cumplir con las secciones relacionadas indicadas en el punto 2.

Las membranas están hinchadas con aire y verificamos que no hay microfugas en las soldaduras.

Conclusiones

En base al estudio realizado surgen las siguientes conclusiones:

- *Si no se instalan elementos de protección antiarriete, se obtienen presiones asociadas a la cavitación en varios nodos del acueducto.*
- Lo anterior demuestra la necesidad de instalar una protección adecuada.
- Se utilizaran como dispositivos de protección tanques de aire, los cuales consisten en recipientes cerrados a la atmósfera que poseen agua y aire y se encuentran conectados a la impulsión inmeditamente aguas abajo de las bombas.
- Se obtuvo para los tanques antiarriete los volúmenes indicados en el siguiente cuadro:

Estación de Bombeo	Salida	Volumen inicial de aire a régimen permanente máximo	Volumen máximo de aire obtenido	Volumen total adoptado para los tanques
		M3	M3	M3
Baigorria	Baigorria	20	49.33	60
Estación E	Galvez	6	18.23	22
	Perez	4	13.19	16
	Local	-	-	-

- Las presiones obtenidas con estos tanques son compatibles con cañerías de PRFV Clase 10.
- Se permiten dos tipos de tanques:
 - Tanques antiarriete verticales los que se dotarán de un sistema automático que suministrara aire a través de un compresor para reponer la disolución del mismo en el agua.

- Otra alternativa es disponer tanques horizontales con un sistema de membrana interior de forma tal de evitar el contacto agua – aire y haciendo innecesaria la instalación de compresores.
- En todos los puntos altos de los acueductos y respetando distancias máximas con respecto a las normas vigentes, se instalarán válvulas de aire triple función de diámetros adecuados.
- Cabe destacar que este es un análisis preliminar que deberá ser verificado durante el proyecto detallado teniendo en cuenta las características finales de los equipos electromecánicos adoptados.