



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica**

# **Cálculo y diseño de una Red de Incendio para una futura estación de Tren Subterráneo en la ciudad de Concepción**

**Habilitación Profesional presentada en  
conformidad a los requisitos para obtener  
el título de Ingeniero Civil Mecánico**

**Profesor Guía:  
Vicente Pita Vives**

**Pablo Andrés Vera Figueroa**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

La presente Habilitación Profesional está dedicada a mi familia, quienes por ellos soy lo que soy. A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.

Agradezco también a mis profesores por sus conocimientos y buenos momentos compartidos a lo largo de todos estos años de universidad.

Sin olvidar agradecer a mis amigos y amigas quienes siempre han estado en constante apoyo.

Gracias a todos de corazón.

Atte. Pablo

## CONTENIDOS

1.0	INTRODUCCIÓN .....	6
2.0	OBJETIVOS.....	7
2.1	OBJETIVO GENERAL .....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	7
3.0	UNIDADES DE MEDIDA.....	7
4.0	NORMAS .....	7
5.0	RED SECA.....	8
5.1	ANTECEDENTES.....	8
5.2	CRITERIO DE DISEÑO .....	9
5.3	CAÑERÍAS.....	10
6.0	CRITERIO DE DISEÑO – RED HÚMEDA.....	11
6.1	ESTACIONES DE MANGUERA.....	13
6.2	BOMBA.....	14
6.3	ESTANQUE .....	14
6.4	RESUMEN DE CAUDALES, VELOCIDADES Y PRESIONES .....	15
7.0	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE REDES .....	15
7.1	RED SECA.....	15
7.1.1	CAÑERÍAS.....	16
7.1.2	FITTING Y UNIONES.....	16
7.1.3	VÁLVULAS .....	17
7.1.4	BOCAS DE INCENDIO EXTERIORES E INTERIORES.....	17
7.1.5	GABINETE DE RED SECA.....	18
7.1.6	DESAGÜE DE LA RED.....	18
7.2	RED HÚMEDA.....	18
7.2.1	SISTEMA DE PRESION CONTRA INCENDIOS.....	18
7.2.2	ESTANQUE .....	19
7.2.3	TRATAMIENTO Y REVESTIMIENTO EXTERIOR DE CAÑERÍAS .....	20
7.2.4	CAÑERÍAS.....	20
7.2.5	FITTING Y UNIONES.....	21
7.2.6	GABINETE DE MANGUERAS .....	22
7.2.7	SISTEMA EXTINCIÓN INCENDIO.....	23
8.0	MEMORIA DE CÁLCULO REDES DE INCENDIO.....	24
8.1	METODOLOGIA DE CÁLCULO RED SECA Y RED HÚMEDA.....	24

8.2	FLUJOS DE AGUA POR TUBERÍAS EN PRESIÓN .....	24
8.2.1.	PÉRDIDAS DE CARGA POR LONGITUD .....	24
8.2.2.	PERDIDA DE CARGA POR SINGULARIDADES.....	25
8.3	RESISTENCIA DE CAÑERÍAS .....	26
8.3.1.	PRESIÓN INTERNA .....	26
9.0	CALCULO TRADICIONAL QUE VERIFICA VERACIDAD DE SOFTWARE .....	27
9.1	MÉTODO ANALÍTICO.....	28
9.2	MÉTODO AFT FATHOM.....	30
10.0	RESULTADOS OBTENIDOS – RED SECA .....	31
10.1	DESCRPCIÓN DEL SISTEMA.....	31
10.2	MODELACIÓN EN SOFTWARE AFT FATHOM.....	32
10.3	PARAMETROS DE CÁLCULO .....	32
10.4	RESULTADOS.....	33
10.5	VALIDACIÓN ESPESOR DE CAÑERÍAS .....	34
11.0	RESULTADOS OBTENIDOS - RED HÚMEDA .....	35
11.1	DESCRPCIÓN DEL SISTEMA.....	35
11.2	PARAMETROS DE CÁLCULO .....	35
11.3	MODELACIÓN EN SOFTWARE AFT FATHOM.....	36
11.4	RESULTADOS.....	37
11.4.1.	PRIMERA ETAPA .....	37
11.4.2	SEGUNDA ETAPA.....	38
12.0	CUBICACIÓN DE MATERIALES DE PIPING - ESTACIÓN DE TREN SUBTERRANEO.....	43
12.1	CUBICACIONES RED HÚMEDA .....	43
12.2	CUBICACIONES RED SECA.....	46
13.0	CONCLUSIONES .....	47

## Índice de Anexos

Anexo A 1: Diseño Típico Red de Incendio - Estación de Tren Subterráneo - Plano de Ingeniería y Detalles N°1 .....	50
Anexo A 2: Diseño Típico Red de Incendio - Estación de Tren Subterráneo - Plano de Ingeniería y Detalles N°2 .....	51
Anexo A 3: Diseño Típico Red de Incendio - Estación de Tren Subterráneo - Plano de Ingeniería y Detalles N°3 .....	52
Anexo A 4: Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Seca AFT Fathom.....	53
Anexo A 5: Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Húmeda AFT Fathom .....	57

## Índice de Tablas

Tabla 5-1: Requerimientos Mínimos de Operación NFPA 14 .....	9
Tabla 5-2: Tamaño Mínimo para Venteo.....	11
Tabla 5-3: Tamaños Mínimos para Drenajes .....	11
Tabla 6-1: Requerimiento de agua para mangueras y duración suministro de agua .....	13
Tabla 8-1: Fitting Red Seca y Húmeda .....	26
Tabla 8-2: Tensión Admisible del Material .....	26
Tabla 8-3: Espesor adicional cañerías .....	27
Tabla 9-1: Resultados Método Analítico.....	29
Tabla 9-2: Resultados Obtenidos AFT Fathom - Cañerías.....	30
Tabla 9-3: Resultados Obtenidos AFT Fathom – Fittings.....	30
Tabla 10-1: Parámetros Red Seca.....	33
Tabla 10-2: Resultados Red Seca .....	33
Tabla 10-3: Espesor de Cañería .....	34
Tabla 11-1: Parámetros Red Húmeda .....	35
Tabla 11-2: Resultados Red Húmeda .....	37
Tabla 12-1: Listado de Cubicaciones de Cañerías Red Húmeda .....	43
Tabla 12-2: Listado de Cubicaciones Fittings Red Húmeda .....	43
Tabla 12-3: Listado de Cubicaciones de Válvulas Red Húmeda .....	45
Tabla 12-4: Listado de Cubicaciones Cañerías Red Seca .....	46
Tabla 12-5: Listado de Cubicaciones Fittings Red Seca .....	46
Tabla 12-6: Listado de Cubicaciones de Válvulas Red Seca .....	46

## Índice de Figuras

Figura 1-1: Punto Neurálgico de Concepción.....	6
Figura 7-1: Dimensiones y Componentes Gabinetes Red de Incendio .....	23
Figura 9-1: Trazado de Impulsión y Descarga.....	28
Figura 9-2: Tazado de Impulsión y Descarga – AFT Fathom .....	30
Figura 10-1: Disposición Red Seca.....	31
Figura 10-2: Esquema Red Seca en AFT Fathom. ....	32
Figura 10-3: Presión de Sistema v/s Longitud de Flujo .....	34
Figura 11-1: Esquema Red Húmeda en AFT Fathom. ....	36
Figura 11-2: Modelo Primera Etapa. ....	37
Figura 11-3: Curvas de Operación Bomba Centrifuga Serie N 627. ....	39
Figura 11-4: Curva Real de Operación. ....	40
Figura 11-5: Curva de Bomba v/s Curva del Sistema.....	41
Figura 11-6: Presión v/s Longitud .....	42
Figura 11-7: Velocidad v/s Longitud de Flujo .....	42

## 1.0 INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Concepción, capital de la Región del Biobío, se proyecta en un futuro próximo construir un sistema de tren subterráneo en el punto más central de la ciudad. Por lo que es fundamental calcular y diseñar bajo las normativas correspondientes. En el caso de esta edificación que se proyecta construir en el punto neurálgico de la ciudad, la ubicación estratégica será en intersección de las avenidas Paicavi y Los Carrera, orientación noroeste, en la Figura 1-1 se muestra la ubicación del punto neurálgico de concepción.

**Figura 1-1: Punto Neurálgico de Concepción.**



Fuente: Google Earth – Elaboración Propia

Calcular y diseñar un sistema de redes para la provisión de agua, en caso de incendio dentro de la estación de tren subterráneo, es primordial que sea en conformidad a las exigencias previstas en el Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y de Alcantarillado (RIDAA), aprobado por D.S. N°50 del Ministerio de Obras Públicas, además de las normas NFPA 14, 20 y Nch 2095/4 que acotan los criterios mínimos para el diseño de lo que se denomina Red de Incendio (Red Húmeda y Red Seca).

## **2.0 OBJETIVOS**

La presente Habilitación Profesional tiene los siguientes objetivos.

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Calcular y diseñar una Red de Incendio para una futura estación de Tren Subterráneo en la ciudad de Concepción, en concordancia con las normas pertinentes.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Diseñar las redes de incendio Seca y Húmeda, aplicando el software AFT Fathom.

Determinar la presión mínima de alimentación del carro de bombas de bomberos, a la entrada de la conexión exterior de la Red Seca, para entregar el caudal requerido en el punto más alejado de la estación.

Determinar el punto de operación de la bomba de alimentación que atiende la Sala de Bombas, de la Red Húmeda.

## **3.0 UNIDADES DE MEDIDA**

En el desarrollo de los cálculos de la presente habilitación profesional, se utilizarán los siguientes sistemas de unidades y mediciones:

- Sistema Internacional (SI)
- Sistema Anglosajón (Sistema Inglés)

Se dará preferencia al sistema SI y se utilizarán los sistemas de unidades de medición nativos de los documentos y normas referidas para facilitar la revisión directa de los cálculos y referencias.

## **4.0 NORMAS**

El requerimiento mínimo a considerar en las etapas de diseño, fabricación y construcción corresponde a cualquier criterio definido en normas aplicables, estándares industriales u otro documento de referencia. Criterios más restrictivos o conservadores deberán aplicarse cuando se considere necesario o en caso de discrepancia entre criterios.

Normas generales, sobre prevención de incendio

NCh 933

Terminología

NCh 934

Clasificación de fuegos

NCh 2095                      Protección contra incendios – Sistemas de rociadores –  
Parte 1: Terminología, características y clasificación.

#### Normas de resistencia al fuego

NCh 935                      Ensayos de resistencia al fuego  
NCh 2209                    Ensayo del comportamiento al fuego de elementos de  
construcción vidriados.

#### Normas sobre señalización en edificios

NCh 2111                    Señales de seguridad  
NCh 2189                    Condiciones básicas  
  
NFPA                        National Fire Protection Association

#### Especialmente las siguientes Normas:

NFPA 14                    Standard for the Installation of Standpipe and Hose System.  
NFPA 20                    Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire  
Protection.  
NFPA 24                    Standard for the Installation of Private Fire Services Mains.  
ANSI                        American National Standard Institute.  
ASTM                        American Society for Testing and Materials.  
INN                         Instituto Nacional de Normalización.  
DIN                         Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für  
Normung).

## 5.0        **RED SECA**

### 5.1        **ANTECEDENTES**

Los carros de bomberos de gran capacidad (CARROS DE RESCATE PESADO C12) poseen bombas para la impulsión del agua en la red seca de las instalaciones. Estas bombas de agua son capaces de trabajar en bajas presiones, entregando un punto nominal de 3000L/m@10bar (50L/s@102m.c.a.) y a alta presión entregando un punto nominal de 300L/m@35bar (5L/s@357m.c.a.).

De acuerdo a la Norma Internacional NFPA 14 (National Fire Protection Association) en Tabla 5-1 se indican los requerimientos mínimos para la instalación de sistemas de tuberías verticales y de mangueras.

**Tabla 5-1: Requerimientos Mínimos de Operación NFPA 14**

Requerimientos Mínimos de Operación NFPA 14					
Ítem	Requerimiento	Unidad de Media	Clase		
			I	II	III
1	Estación de Manguera	(pulg)	2 ½	1 ½	1 ½ a 2 ½
2	Operador (**)	-	• y ••	• y •••	• y ••
3	Tasa de Flujo Según Requerimientos Hidráulicos	(L/min)	946	379	946
4	Presión Mínima de Diseño	(bar)	6,9	4,5	6,9
5	Presión Máxima de Diseño	(bar)	<12,1	<6,9	<12,1
6	Distancia entre Estación de Manguera Máxima	m	61	40	-
7	Conexiones a Proveer por Norma	-	2	1	2

(\*\*) Nomenclatura con respecto al tipo de Operador:

- = Cuerpo de Bomberos.
- = Personal entrenado en el manejo de chorros de incendios pesados.
- = Personal entrenado en el manejo de chorros de incendios ligeros.

## 5.2 CRITERIO DE DISEÑO

Para el dimensionamiento de las redes de acuerdo a la normativa vigente, considerando que la estación de tren subterráneo dispone de estas redes (húmeda y seca) para extinción de incendios, debe contar con certificación de autoridades competentes, que hacen cumplir los requerimientos de códigos y normas para la aprobación de equipos, materiales y/o instalación.

De acuerdo a las características de edificio y el tipo de personal capaz de manipular las redes de incendio, se considera en conformidad a las normas NCh. 2095, NFPA 14, que las redes de incendio deberán ser Clase II, debido a que el edificio clasifica como edificio de baja altura y riesgo de fuego ligero.

Se considera que el personal que entraría a operar los gabinetes de mangueras frente a una amenaza de fuego, primariamente sería personal entrenado o bomberos, por lo que se determina que la Red Seca será diseñada para un sistema Clase II.

Esta red será de uso exclusivo para el cuerpo de bomberos, construida en acero galvanizado ASTM A-53 con unión roscada y tendrá un diámetro mínimo de 100 mm. Se considera esta red de cañerías como Clase II, por lo que el caudal mínimo de descarga en la conexión más remota deberá ser de **379 L/min** (100 gpm) a una presión de descarga de **46 mca** (4,5 bar).

La red deberá ir ubicada de tal manera que permita su inspección, y no podrá situarse en lugares comunes con conductores eléctricos. En la parte superior deberá llevar una ventosa para evacuar el aire del sistema. En su parte inferior se proyecta un drenaje para evacuar el agua una vez usada la red.

La red seca de esta tubería se prolongará hasta el interior de la estación de tren subterráneo, hasta el nivel andén y nivel puente, donde se iniciará en dos bocas de 3" (75 mm.) de diámetro, ubicadas a un metro de altura sobre el nivel del piso y en un lugar de fácil acceso.

Las bocas se diseñan provistas de válvulas de retención en la vertical, o bifurcación con chapaleta de desviación según DIN 14.361, válvulas de retención que rematarán en unión Storz DIN 14.322, cada una de ellas con su correspondiente tapa Storz, asegurada con cadenilla, que la proteja de deterioro o del ingreso de cuerpos extraños.

La red seca dispone de bocas de salida debidamente señalizadas en el nivel puente y nivel andén, se ubicará en los espacios comunes y lugares de fácil acceso. Deberá cuidarse que ningún punto quede a una distancia mayor de cuarenta metros de una boca de salida.

Estas bocas están provistas de su correspondiente llave de globo anular de 45° o llave de bola, que rematarán en una unión Storz de 2" que permita acoplar la unión Storz DIN 14.322. Las salidas deberán estar protegidas por las correspondientes tapas Storz, que las resguarden de deterioros o del ingreso de cuerpos extraños.

### **5.3 CAÑERÍAS**

El trazado de cañerías dentro de estaciones, debe ser principalmente aéreo; las cañerías en trincheras o canaletas, túneles o enterradas, deberán ser consideradas como una opción secundaria en casos muy justificados.

Las instalaciones de cañerías de agua serán dimensionadas empleando un criterio de velocidad entre 1,2 a 3,5 m/s.

Las pérdidas de carga por fricción podrán ser calculadas por la fórmula de Darcy- Weisbach y ecuación de Colebrook (o gráfico de Moody) o la fórmula empírica de Hazen-Williams.

Excepto donde se diga lo contrario, el espesor de pared se calculará de acuerdo al Código ASME B31.3 en su última versión.

Todas las cañerías están distribuidas en forma ordenada y con su correspondiente soportación. Sus trazados serán directos y prácticos.

Se contempla al momento del diseño aspectos de mantenibilidad y constructibilidad del sistema de cañerías, montaje, reparaciones y reemplazo de piezas y equipos, con el propósito de facilitar la ejecución de estas actividades durante su vida útil.

Para cerrar extremos muertos de cañerías donde no se contempla ninguna extensión futura, se instalarán tapas gorro soldadas. Cuando una extensión futura es prevista o un drenaje es necesario, las cañerías serán cerradas con flanges ciegos y una válvula respectivamente. Tapones o tapas gorros roscados y una válvula serán usados en un extremo final roscado a cerrar.

En los puntos bajos del sistema de cañerías, se proyectan drenajes. Los puntos de drenajes deberán ser incorporados en cada lugar donde se pueda acumular líquido durante la operación o limpieza aguas arriba de una válvula de control o de corte.

Los puntos altos de cada línea principal tienen un venteo automático para eliminar el aire atrapado. En zonas alejadas de los puntos de operación, se recomienda emplear ventosas automáticas, considerando un adecuado mantenimiento periódico.

Los tamaños mínimos para venteos y drenajes están de acuerdo a las Tabla 5-2 y Tabla 5-3:

**Tabla 5-2: Tamaño Mínimo para Venteo**

Tamaños Mínimos para Venteo	Cañerías
1/2"	1/2" a 12"
3/4"	14" a 18"

**Tabla 5-3: Tamaños Mínimos para Drenajes**

Tamaños Mínimos para Drenajes	Cañerías
1/2"	1/2" a 1"
1 1/2"	4" a 6"
2"	8" a 12"
3"	14" a 16"

## **6.0 CRITERIO DE DISEÑO – RED HÚMEDA**

De acuerdo a las características de edificio y el tipo de personal capaz de manipular las redes de incendio, se considera en conformidad a las normas NCh. 2095, NFPA 20 y NFPA 14, que la red húmeda de incendio deberá cumplir los requerimientos hidráulicos de Clase II, debido a que el edificio clasifica como edificio de baja altura y riesgo de fuego ligero.

El sistema de protección contra incendio consiste principalmente en una red hidráulica presurizada provista de un estanque de acumulación, una estación de bombeo, válvulas de corte, presostato, válvulas de seguridad, depósito hidroneumático y gabinete con manguera. Esta red será utilizada para combatir los fuegos incipientes.

La presurización se diseña a modo de asegurar una presión mínima de **46 m.c.a** (4,5 bar) y una presión máxima de **70 m.c.a** (6,9 bar), entregando un caudal de **379 L/min** a la salida de la manguera, en el gabinete Clase II más alejado y/o más elevado. Para tal efecto, deben considerarse elementos reductores de presión en los sectores o puntos en que el nivel de presión pueda sobrepasar la presión máxima permitida.

El diseño de la red de cañerías y estaciones de mangueras está en concordancia con las normas NFPA 14, y NFPA 24, normas que establecen consideraciones para el diseño de instalación de tuberías verticales y mangueras.

Se restringe realizar cualquier arranque desde la red de incendio que no sean para sistemas de extinción, debiendo tomarse las medidas necesarias que impidan la extracción de agua para otros usos.

El sistema de red de agua para extinción de incendios, cuenta con un volumen de almacenamiento exclusivo para extinción, equivalente como mínimo a 15 minutos de operación al 150% de la capacidad máxima de la bomba, de acuerdo a la norma NFPA 20.

A fin de asegurar la permanente renovación del agua, evitando así el desarrollo de microorganismos, para lo cual la instalación asegura que el estanque permanece siempre con su capacidad máxima completa, opción a evaluar en esta etapa de ingeniería.

Si el estanque es exclusivo para almacenar agua para la red de incendio, se contempla revisar la calidad físico-química y microbiológica del agua cada tres meses, para asegurarse la no formación de algas o contaminación de ésta.

La red estará constituida por cañerías de acero con uniones soldadas y válvulas enflanchadas, no aceptándose otro material. Eventualmente podrán emplearse uniones tipo Victaulic en líneas aéreas, cuando se requiera tener facilidad de desarme y reconfiguración de un sector de la red.

Todas las válvulas deberán son abertura y cierre lento. Las válvulas de corte en puntos intermedios de la red serán tipo mariposa o compuerta (de preferencia esta última para perder menos presión). Las válvulas de operación, en las estaciones de mangueras, se proyectan del tipo globo o angulares. No se emplean válvulas tipo bola.

En tabla 6.1, se muestra los requerimientos de caudal para el diseño del sistema de bombeo y dimensionamiento de estanque red de incendio, de acuerdo a la clasificación del riesgo. En este diseño se trata de riesgo ligero.

Para efecto del dimensionamiento del estanque almacenamiento de la red incendio húmeda, evalúa los criterios descritos, que corresponden a los indicados por la norma NFPA 20 y NCh 2095/4, se seleccionara el criterio que de mayor autonomía al sistema.

**Tabla 6-1: Requerimiento de agua para mangueras y duración suministro de agua**

Clasificación del riesgo	Mangueras interiores, L/min	Combinación total, mangueras interiores y exteriores, L/min	Duración en minutos
Ligero	379	379	30
Ordinario	379	946	60-90
Extra	379	1 893	90-120

Fuente: NCh 2095/4, edición 2001.

## 6.1 ESTACIONES DE MANGUERA

En cada piso del edificio se instalarán Estaciones de Manguera que permitan con sus mangueras cubrir toda el área del piso si fuere necesario frente a un incendio. Estas estaciones consistentes cada una en un arranque desde la red de agua contra incendio con una válvula con conexión tipo abrazadera de 1½” con mangueras de ataque rápido.

Para edificios, zonas reducidas, de riesgo bajo a moderado se utilizarán mangueras semi-rígidas.

Cada Estación de Manguera está alojada en un gabinete metálico con puerta abatible en 180°. Estos gabinetes han de instalarse en lugares, previamente coordinados con arquitectura, protegidos del tránsito de materiales, pero visibles, bien iluminados y señalizados, cercanos a las instalaciones de alto riesgo, pero situados a una distancia suficiente para evitar que un incendio pueda impedir su accesibilidad o ponga en riesgo al operador de la estación.

La implementación mínima de los gabinetes se hará en conformidad a la NFPA 14 para un servicio Clase II:

- Carrete con manguera 1 ½”, para una presión máxima de 70 m.c.a, de 30 m. de largo, con acoplamiento rápido tipo Storz y pitón de combinación (cierre-neblina-chorro). El diseño del gabinete debe permitir que el carrete sea extraíble y con posibilidad de giro de 180°. La manguera debe ser resistente al fuego y soportar una temperatura de 80 °C.

La distancia entre gabinetes no excede 40 metros, instalándose lo más cerca posible de la intersección de galerías, situando gabinetes en puntos intermedios de las mismas para cumplir con el requisito de superficie cubierta.

## 6.2 BOMBA

Las bombas son del tipo centrífuga horizontal, dependiendo de las condiciones de superficie que se disponen en el lugar, serán de una etapa y carcasa partida. La bomba y el motor deberán estar directamente conectados mediante un acoplamiento flexible con protección, y el conjunto montado sobre una base estructural metálica.

El diseño de la bomba debe estar de acuerdo a la norma NFPA 20, especialmente en lo indicado en ítem 4.1, requerimientos generales.

El sistema de bombas es una unidad completa aprobada, compuesta por una bomba principal accionada por un motor eléctrico y otra bomba secundaria como stand – by, accionada por un motor eléctrico. Para la presurización continua de la red se contempla una Bomba eléctrica Jockey con su respectivo controlador.

La Bomba jockey se utiliza para mantener la presión de la red compensando pérdidas eventuales causadas por pequeñas fugas, evitando así las partidas de la bomba principal.

La bomba jockey realiza la maniobra de arranque y paro mediante una señal de presostato regulado entre dos valores de mínima y máxima presión.

La bomba Jockey, cumple con las características de Caudal (1 a 5% de la capacidad de impulsión de la bomba principal) y Altura (10% de la adicional) de acuerdo a lo indicado en el punto 4.25, de la norma NFPA 20.

Para efecto de determinar la capacidad de la bomba se utiliza bajo lo indicado por norma NCh2095, para clasificación de riesgo ligero, considerando un punto de descarga mínimo, es decir 379 l/min.

## 6.3 ESTANQUE

La capacidad mínima del estanque es capaz de suministrar agua durante 15 minutos al 150% del caudal nominal de la bomba, según la siguiente formula:

$$V_{TK} = 150\%(Q_{bomba}) * 15[min]$$

Para efecto de diseño y dimensionamiento del estanque, se considera como edificio de baja altura de acuerdo a lo indicado en la norma NFPA20, ítem N° 5.6 y según definición indicada 3.3.24, además de lo indicado por la norma NCh2095 (Tabla N° 5.1), se evaluarán estos dos criterios y se seleccionará el más conservador.

Debe permitirse que un tanque de agua esté dividido en compartimentos, de modo que los compartimentos funcionen como tanques individuales.

El volumen total de los tanques es suficiente para satisfacer la demanda para protección contra incendio en su fase inicial, durante un tiempo mínimo de 30 min.

Cada tanque individual o compartimiento es de un tamaño tal que almacene al menos el 50 % de la demanda para protección contra incendio, cuando cualquiera de los compartimientos esté fuera de servicio.

Se provee una válvula de recarga automática para cada uno de los tanques o compartimientos.

Se provee una válvula de recarga manual para cada uno de los tanques o compartimientos.

La reposición del agua para el estanque se realiza desde la red de agua potable, mediante una válvula manual o automática.

## **6.4 RESUMEN DE CAUDALES, VELOCIDADES Y PRESIONES**

Generadas las consideraciones más importantes para el diseño, se considera la siguiente información para el dimensionamiento de las redes contra incendio:

- Red Seca:
  - Velocidad: 1.2 a 3.5 m/s.
  - Presión: 46 m.c.a (En el punto más alejado).
  - Caudal: 379 L/min (Según indicado por NFPA 14).
  - Conexiones mínimas a proveer: 1 (Según indicado por NFPA 14).
  
- Red Húmeda:
  - Velocidad: 1.2 a 3.5 m/s
  - Presión: 46 a 70 m.c.a. (A la salida de la manguera).
  - Caudal: 379 l/min por descarga (De acuerdo lo indicado en la norma NCh. 2095, NFPA 14 y NFPA 20).
  - Conexiones mínimas a proveer: 1 (Según indicado por NFPA 14).

## **7.0 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE REDES**

### **7.1 RED SECA**

Consiste en un sistema de cañerías de acero pintadas, que parte desde una boca siamesa exterior de 3" tipo storz, cada una de ellas con su respectiva tapa storz, asegurada con cadena, situada frente al exterior del edificio, luego se distribuye por dentro de cada piso para terminar en gabinetes de red seca para incendios.

La red seca deberá ser ubicada de tal manera que permita su inspección. No podrá situarse en lugares comunes con los conductores eléctricos.

En la parte superior de la tubería llevará una ventosa automática que permita evacuar el aire del sistema cada vez que sea utilizado.

En la parte más baja del sistema, se dispondrá de un drenaje que permita desaguar completamente la tubería una vez utilizada.

La red seca tendrá bocas de salida debidamente señalizadas que se ubicarán en espacios comunes y lugares de fácil acceso. Deberá cuidarse que ningún punto de cada piso quede a una distancia mayor de 40 metros de una boca de salida.

Las bocas estarán provistas de su correspondiente llave angular de 45° o una llave de bola que remataran en una unión storz de 2" de diámetro, protegidas con las correspondientes tapas storz y cadenas.

#### 7.1.1 CAÑERÍAS

Para el diseño de la red seca de incendio se proyecta las siguientes cañerías:

- Cañerías de acero galvanizadas de Ø1 1/2", Ø2" y Ø4" de material ASTM A-53 Gr. B, y Schedule Std. con extremos roscados, hilo NPT según Norma ANSI B1.20.1 y coplas según norma ASTM A-865. Dimensiones de cañerías según norma ANSI B36.10.

Las cañerías a unir deberán contar con sus extremos roscados y se unirán mediante coplas del mismo material.

#### 7.1.2 FITTING Y UNIONES

Para el diseño de la red seca de incendios se proyectan los siguientes fittings:

- Fitting como codos, tee, cap, coplas, de Ø2" y Ø4" serán de acero galvanizados de fierro maleable ASTM A-197 Clase 150, extremos reforzados con hilo interior NPT. Estos se ubican en el trazado de la línea principal. Los cap se utilizan para cerrar la línea y se ubican en los extremos de la línea de desagüe de Ø2".
- Para las derivación de Ø2" a Ø4", está proyectado con un collarín tipo Victaulic salida E72 de material acero ASTM A-536 con junta de EPDM (monómero de etileno propileno dieno) de Grado E.

- Se proyectan uniones flexibles para una fácil mantención. Estas uniones flexibles deberán ser del tipo acople Victaulic E75 de material ASTM A-536 con junta de EPDM (monómero de etileno propileno dieno) de Grado E.

Todos los fittings deberán ser de clase 150 o superior y para las cañerías Schedule Std.

### 7.1.3 VÁLVULAS

Para el diseño de la red seca de incendio se proyectan las siguientes válvulas:

- Válvula de retención de Ø4" tipo chapaleta, clase 150, con hilo interior NPT, con cuerpo, chapaleta y asiento en material bronce ASTM B62 Alloy 836. Esta válvula se ubica después de la conexión siamesa en la línea vertical de Ø4".
- Válvula de ventosa de Ø2" para presión PN16, con hilo interior NPT, con cuerpo exterior en fundición de hierro ASTM A48, cuerpo interior nylon reforzado y flotador en polipropileno expandido. Esta válvula cumple el objetivo de vaciar el aire del interior de la red seca de incendios y se ubica dentro de la cámara de hormigón.
- Válvulas de bola Ø2" para presión de 400 Lbs WOG, con hilo interior NPT, con cuerpo, vástago y bola en material bronce cromado tipo OT 58, asiento material PTFE. Estas válvulas se ubican en los drenaje de la línea principal de Ø4" y en la entrada de la válvula de ventosa.
- Válvula de globo Ø2" con vástago en 45°, clase 150, con hilo interior NPT, con cuerpo en bronce ASTM B62, vástago en bronce ASTM B124, tapón en bronce ASTM B62 y asiento en acero inoxidable ASTM A276. Estas válvulas se ubican en los gabinetes de mangueras de red seca, de cada piso. Estas válvulas terminan en una unión Storz de 2" que permita acoplar la unión Storz DIN 14.322. Las salidas deberán estar protegidas por las correspondientes tapas Storz, que las resguarden de deterioros o del ingreso de cuerpos extraños.

Todos las válvulas deberán ser de clase 150 o superior. Cualquier cambio en las especificaciones de estas válvulas, ya sea de materiales o tipo de válvulas a realizar por el contratista, deberá justificar los cambios y obtener el V° B° de la ITO antes de comenzar con los trabajos.

### 7.1.4 BOCAS DE INCENDIO EXTERIORES E INTERIORES

La boca exterior estará provista de válvulas de retención o bifurcación con chapaleta de desviación según DIN 14.361, válvulas de retención que rematarán en unión Storz DIN 14.322, cada una de ellas con su correspondiente tapa Storz, asegurada con cadenilla. Presión nominal se indica en Tabla 7-1.

### 7.1.5 GABINETE DE RED SECA

Los gabinetes para la red seca de incendios, serán compartidos con gabinete de red húmeda. La ubicación y cantidad está definida para cada piso en los planos del sistema de red seca de incendios, ver Anexos.

Los gabinetes de la red seca de incendios, deberán ser con tapa o puerta de vidrio doble, con marco metálico y chapa magnética. Las dimensiones de los gabinetes proyectados se indican en Figura 7-1.

### 7.1.6 DESAGÜE DE LA RED

Se considera la instalación de cañería de acero galvanizado de Ø2" ASTM A-53 Gr. B, con llave de bola de Ø2" con hilo interior NPT, Esta conexión de Ø2" está proyectada con un collarín tipo Victaulic para derivación de Ø4" a Ø2" (Collarín Victaulic salida E72 o similar).

El drenaje deberá permitir el desagüe de toda la red, la ubicación de cada drenaje está definida en los planos de red seca de incendios del edificio, ver Anexo A 2.

## 7.2 **RED HÚMEDA**

### 7.2.1 SISTEMA DE PRESION CONTRA INCENDIOS

El proveedor del sistema de bombeo debe proveer todos los equipos y componentes, como una unidad compacta, de acuerdo normas, como se indica a continuación.

El sistema de presión contra incendios es una unidad compacta completa aprobada por UL / FM, compuesta por una bomba principal accionada por un motor eléctrico y otra bomba secundaria como stand - by. Para la presurización continua de la red se deberá considerar una Bomba Jockey con su respectivo controlador.

Las bombas (principal y secundaria) deberán ser listadas, es decir, aptas para trabajar a un caudal de 150% del nominal y a una presión no menor de 65% del valor nominal de diseño. La presión a válvula cerrada o de corte ( $Q = 0 \text{ m}^3/\text{h}$ ), no superará el 140% de la presión nominal. La condición de succión deberá ser inundada.

La bomba deberá operar entre el 90% y el 140% de su capacidad nominal determinada.

El impulsor de las Bombas deberá ser más pequeño que el 90% del tamaño del impulsor máximo y más grande que el 110% del tamaño del impulsor menor disponible para la enfundadura de la bomba propuesta.

Las Bombas deberán ser del tipo centrífuga horizontal. La bomba y el motor deberán estar directamente conectados mediante un acoplamiento flexible con protección, y el conjunto

montado sobre una base estructural metálica. Estas Bombas deberán cumplir los requerimientos de la Norma ISO 5199: Especificaciones Técnicas para Bombas Centrifugas.

La Bomba Jockey es la encargada de mantener presurizada la línea y deberá entrar en funcionamiento de forma automática cuando existan pérdidas eventuales causadas por pequeñas fugas, evitando la partida de la bomba principal.

El suministro para las bombas deberá incluir al menos los siguientes accesorios:

- Válvula de venteo.
- Válvula de Compuerta.
- Válvula Check.
- Vacuómetro para la succión y manómetro para la descarga.
- Medidor de flujo.
- Switch de Presión

El controlador para las Bombas deberá ser proporcionado con su gabinete metálico con una indicación clara de su función en el panel frontal y a la vez deberá cumplir con los requerimientos de la norma NFPA 20 y NFPA 70.

La partida de las bombas será manual a excepción de la bomba jockey que deberá ser automática.

El controlador deberá activar alarmas visuales y acústicas en caso de detenerse por alta temperatura del agua, baja presión de aceite, ausencia de energía eléctrica primaria en el Controlador.

El suministro deberá considerar un tablero de fuerza y control dedicado a la bomba principal y bomba jockey.

El proveedor deberá considerar en su diseño que el sistema eléctrico disponible es de 380 V, 50 Hz, 3F + N + T.

### 7.2.2 ESTANQUE

El diseño del estanque debe estar de acuerdo a los requerimientos de la NFPA, especialmente a la NFPA 20, NFPA 22 y todas las leyes, regulaciones y códigos aplicables.

La capacidad mínima del estanque debe ser capaz de suministrar durante 15 minutos de agua el 150% del caudal nominal de la bomba.

También se puede utilizar el criterio indicado por la Norma Chilena NCh 2095/4, esta norma indica para riesgo ligero un suministro de agua con una autonomía que varía entre 30 y 60 minutos.

El estanque será de hormigón armado dividido en 2 partes, con tapa y escotilla de ingreso como se indica en plano, ver Anexo A3.

El estanque es exclusivo para almacenar agua para la red de incendio, se deberá procurar realizar, con cierta periodicidad, una inspección de verificación de calidad del agua, para asegurarse la no formación de algas o contaminación de ésta.

Ambos estanques deben ser alimentados desde la matriz de agua potable que alimenta a los estanques de agua potable del edificio, deberán contar con válvulas tipo flotador para mantener los niveles de los estanques.

El estanque deberá incluir una placa anti vórtice, según las características definidas en la norma NFPA 20 y NFPA 22.

### 7.2.3 TRATAMIENTO Y REVESTIMIENTO EXTERIOR DE CAÑERÍAS

Las cañerías y fittings de acero carbono ubicadas en Sala de Bombas, se les aplicará un tratamiento superficial consistente en un arenado a metal blanco (SSPC-SP5.), seguido de dos manos de anticorrosivo epóxico de distinto color, más una mano de pintura epóxica de terminación color rojo.

Para las cañerías fuera de la Sala de Bombas se les aplicará un arenado comercial (SSPC-SP6), seguido de dos manos de anticorrosivo epóxico de distinto color, más una mano de pintura epóxica de terminación color rojo.

Interiormente a estas cañerías no se aplicara ningún tipo de tratamiento superficial, ni pintura.

Si el contratista encuentra discrepancias entre las normas y lo descrito en la presente especificación técnica, referido a los revestimientos exteriores de pintura, el contratista deberá justificar los cambios a realizar en los procedimientos de pintura y obtener el Vº Bº de la ITO antes de comenzar los trabajos.

### 7.2.4 CAÑERÍAS

Para el diseño de la red húmeda de incendio se proyecta las siguientes cañerías:

- Cañerías de acero carbono de Ø6" de material ASTM A-53 Gr. B, Schedule Std, con extremos biselados para soldar. Dimensiones de cañerías según norma ANSI B36.10.

- Cañerías de acero carbono de Ø2" y Ø4" de material ASTM A-53 Gr. B, Schedule Std, con extremos biselados, sin hilo según Norma ANSI B1.20.1 y coplas según norma ASTM A-865. Dimensiones de cañerías según norma ANSI B36.10.
- Cañerías de acero carbono de Ø2" y Ø4" de material ASTM A-53 Gr. B, Schedule Std, con extremos ranurados tipo Victaulic o similar. Dimensiones de cañerías según norma ANSI B36.10.
- Cañerías de acero carbono de Ø1 1/2" de material ASTM A-53 Gr. B, Schedule Std, con extremos roscados, hilo NPT según Norma ANSI B1.20.1 y coplas según norma ASTM A-865. Dimensiones de cañerías según norma ANSI B36.10.

En los tramos de cañería con extremos biselados, se soldarán por el método de arco eléctrico, utilizando como material de aporte electrodo 6011 de revestimiento celulósico u otro. Estos puntos de unión deberán tratados robustamente con anticorrosivo epóxico.

#### 7.2.5 FITTING Y UNIONES

Para el diseño de la red húmeda de incendios se proyectan los siguientes fitting:

- Fittings como codos, tee, cap, coplas, en Ø2" y Ø4", de acero con extremos biselados para soldar, estos deben ser sch 40 de material ASTM A-234 WPB, dimensiones según Norma ANSI B16.9. Se pueden utilizar en tramos rectos o tramos cortos con curvas.
- Para las derivación de Ø2" a Ø4", está proyectado con un collarín tipo Victaulic salida E72 de material acero ASTM A-536 con junta de EPDM (monómero de etileno propileno dieno) de Grado E.
- Fitting como codos, tee, cap, coplas, de 1 1/2" serán de acero carbono de fierro maleable ASTM A-197 Clase 150, extremos reforzados con hilo interior NPT. Ubicados en el trazado de la línea principal y en la cámara prefabricada de hormigón. Los cap se utilizan para cerrar la línea y se ubican en los extremos de la línea principal de Ø4".
- Se proyectan uniones flexibles para una fácil mantención. Estas uniones flexibles deberán ser del tipo acople Victaulic E75 de material ASTM A-536 con junta de EPDM (monómero de etileno propileno dieno) de Grado E.

Todos los fittings deberán ser de clase 150 o superior y para las cañerías Schedule 40.

En los tramos de cañería con extremos biselados, se soldarán por el método de arco eléctrico, utilizando como material de aporte electrodo 6011 de revestimiento celulósico u otro. Estos puntos de unión deberán tratados robustamente con anticorrosivo epóxico.

#### 7.2.6 GABINETE DE MANGUERAS

Los sistemas de mangueras serán suministrados de acuerdo a la norma NFPA 14. Las redes húmedas serán instaladas para servicios con Gabinete de Manguera 1½", según las características definidas en la norma NFPA 14.

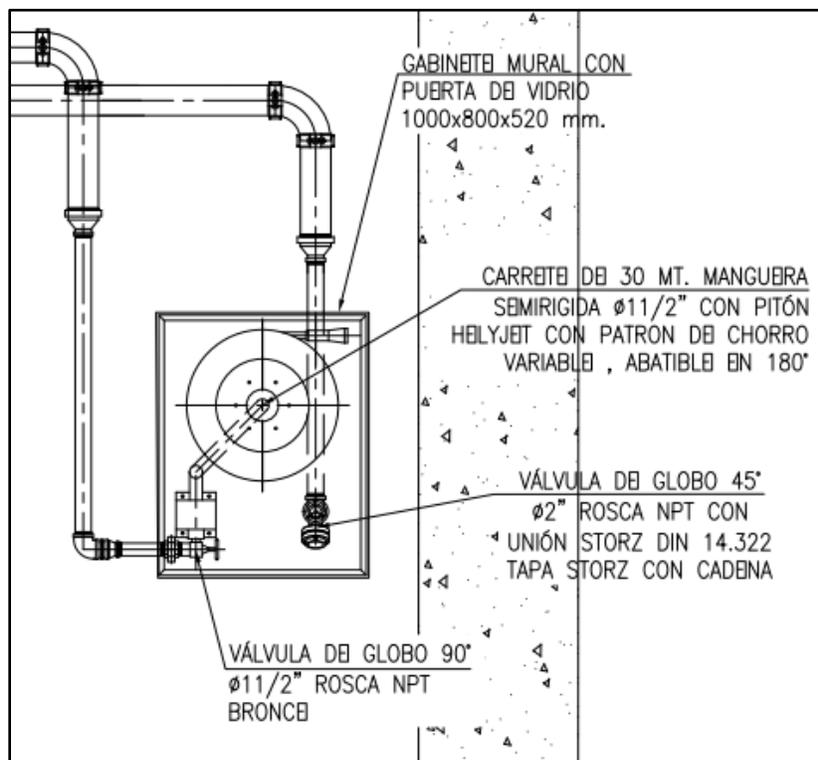
Las mangueras de las redes húmedas serán de color rojo, de 38 mm (1½") de diámetro semi rígidas. Mangueras para una presión máxima de 100 psi (70 m.c.a.) y resistente a una temperatura de 80 °C. Cada manguera será dispuesta y conectada limpia y ordenadamente en un gabinete claramente identificable junto con un pitón ajustable neblina/chorro, conexión storz y válvula.

Los gabinetes deberán ser ubicados a una altura entre 0,9 a 1,5 m del nivel piso. Estarán dispuestos de modo que la totalidad de las áreas de cada nivel de la edificación estén dentro del radio de cobertura máxima de la manguera de 30 m.

Los Gabinetes de Mangueras serán de construcción metálica, con puertas y con provisiones para adecuado drenaje. Puertas de vidrio deberán ser consideradas solamente en oficinas, y áreas con terminaciones arquitectónicas. Los gabinetes en la posición abierta o cerrada no deberán obstruir las vías de escape.

Los Gabinetes de Mangueras deberán estar clara y adecuadamente identificados y señalizados.

En Figura 7-1 se indican componentes de los gabinetes red de incendio.



**Figura 7-1: Dimensiones y Componentes Gabinetes Red de Incendio**

### 7.2.7 SISTEMA EXTINCIÓN INCENDIO

Todas las redes de agua serán proyectadas en cañerías ASME Schedule Std o equivalente.

El diseño sísmico de soportes para las cañerías debe satisfacer la norma NFPA 14: Norma para la Instalación de Tomas de Agua y Sistemas de Mangueras.

El sistema de extinción por normativa chilena deberá cubrir plenamente las áreas de riesgo por un periodo de a lo menos 30 minutos de operación continua a su máxima capacidad.

El sistema de bombeo de la red deberá constar con líneas de pruebas, independientes de las líneas principales, que permitan operaciones de prueba periódicas sin contaminar las instalaciones, garantizando su funcionamiento en forma permanente.

La instalación del sistema contra incendio no debe obstruir el acceso para inspección y mantenimiento de los equipos protegidos.

El caudal máximo por descarga 379 L/min a una presión menor a 6,9 bares, valor a obtener en el gabinete de mangueras más remoto.

## 8.0 MEMORIA DE CÁLCULO REDES DE INCENDIO

### 8.1 METODOLOGIA DE CÁLCULO RED SECA Y RED HÚMEDA

Para el cálculo hidráulico de los Sistemas de Red Húmeda y Seca de Incendios, en el presente proyecto, se utiliza el Software AFT FATHOM, versión 8.0. AFT Fathom es un software de simulación dinámica de fluidos, que se utiliza para calcular pérdidas de carga y distribución de flujo para líquidos, además modela sistemas de ductos y tuberías para gases de baja velocidad.

En el modelo generado en el Software AFT Fathom, a los elementos de las redes de incendio, se asignan las siguientes características:

- Cañerías: diámetros, schedule, material.
- Válvulas: tipo, clase, diámetro.
- Fittings: diámetros, radio, espesor, material.

Para el cálculo numérico de la simulación es necesario ingresar estos parámetros al software para la obtención de resultados. AFT Fathom como resultados entrega las condiciones de operación de los elementos para el escenario proyectado.

Como variable importante en el diseño de redes, se determina que las instalaciones de cañerías de agua serán dimensionadas empleando un criterio de velocidad entre 1,2 a 3,5 m/s.

Las pérdidas de carga por fricción podrán ser calculadas por la fórmula de Darcy- Weisbach y ecuación de Colebrook (o gráfico de Moody) o la fórmula empírica de Hazen-Williams.

Excepto donde se diga lo contrario, el espesor de pared se calculará de acuerdo al Código ASME B31.3 en su última versión.

A continuación se describe la metodología utilizada en el software AFT Fathom para el cálculo de los Sistemas de Red de Incendios.

## 8.2 FLUJOS DE AGUA POR TUBERÍAS EN PRESIÓN

### 8.2.1. PÉRDIDAS DE CARGA POR LONGITUD

Las pérdidas de carga por longitud se calcularán de acuerdo a la fórmula clásica de Darcy-Weisbach para fluido puro, para escurrimiento en presión:

$$\lambda_l = \frac{L}{D_i} f \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

- $L$  : Longitud de la tubería [m]  
 $D_i$  : Diámetro interior de la tubería [m]  
 $V$  : Velocidad del flujo [m/s]  
 $g$  : Aceleración de gravedad [m/s<sup>2</sup>]  
 $f$  : Coeficiente de fricción de la tubería. Se evalúa por medio de la relación de Colebrook y White, para tuberías con flujo en régimen turbulento:

$$f = \left[ 1,14 - 2 \log \left( \frac{\varepsilon}{Di} + \frac{9,35}{Re \sqrt{f}} \right) \right]^{-2} \quad Re > 4000$$

Dónde:

- $\varepsilon$  : Rugosidad de la tubería.  
 $Re$  : Número de Reynolds. Se calcula como:  $Re = VDi / \mu$   
 $\mu$  : Viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s).

Para la determinación del factor de fricción se considerará una rugosidad de 0,04572 [mm] utilizada para cañerías de acero carbono ASTM A-53 Gr. B.

### 8.2.2. PERDIDA DE CARGA POR SINGULARIDADES

El cálculo de las pérdidas de energía por singularidades (codos, tee, válvulas, etc.) se realizará según la siguiente expresión:

$$\lambda_s = k \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

- $k$  : Coeficiente de pérdida de singularidades  
 $V$  : Velocidad de flujo [m/s]

Para obtención de valores de  $k$  (Coeficiente de pérdida de singularidades) ver Tabla 8-1.

**Tabla 8-1: Fitting Red Seca y Húmeda**

Fitting	Factor K
Tee (flujo a 180°)	0,9
Tee (flujo a 90°)	1,3
Codo 90° roscado	0,5 (Fathom)
Válvula check	2,5
Válvula globo (modelo en Y)	1,3
Red. conc. Ø4"xØ2"	1,0 (Fathom)

### 8.3 RESISTENCIA DE CAÑERÍAS

La siguiente formulación está en base a la norma ANSI B31.3 para cañerías de acero carbono. El cálculo está enfocado en calcular la presión interna máxima a resistir por las cañerías a utilizar en la red seca de incendios. Estas cañerías ya están definidas y corresponden a cañerías de acero carbono de Ø2" y Ø4" de material ASTM A-53 Gr. B, Sch 40, STD.

#### 8.3.1. PRESIÓN INTERNA

La fórmula para determinar la presión interna que resiste la cañería es la siguiente:

$$P = \frac{2 \cdot SE \cdot (e_m - A)}{D - 2y \cdot (e_m - A)}$$

Dónde:

- $P$  : Presión interna de diseño [MPa].
- $SE$  : Tensión admisible del material [MPa], según Tabla 8-2.
- $e_m$  : Espesor mínimo de pared [mm]. Reducción de espesor nominal a espesor mínimo de 12,5% por tolerancia de fabricación según norma ASTM A53.  
 $e_m = e_N \cdot (100\% - 12,5\%)$ .
- $A$  : Espesor adicional a compensar el material removido por roscado, corrosión o erosión [mm], según Tabla 8-3 ( $A=1,65$  mm).
- $D$  : Diámetro exterior de la cañería [mm].
- $y$  : Coeficiente de reducción ( $y = 0,4$ ), para materiales dúctiles.

**Tabla 8-2: Tensión Admisible del Material**

<b>TABLA I. Tensión Admisible en el Material por consideraciones de Presión Interna y Temperatura, SE, psi (MPa)</b>							
Tipo Cañería	Especificación	Grado	Resistencia mínima de Tracción psi (MPa)	Valores de SE para diversas Temperaturas, °F °C			
				≤ 650°F (343°C)	700°F (371°C)	750°F (399°C)	800°F (427°C)
Soldadura por Resistencia eléctrica	ASTM A53 Y 135	Grado A	48000 (330)	10200 (70,3)	9900 (68,3)	9100 (62,7)	7700 (53,1)
		Grado B	60000 (415)	12800 (88,2)	112200 (84,1)	11000 (75,8)	9200 (63,4)
Sin costura	ASTM A53 Y A106	Grado A	48000 (330)	10200 (82,7)	11700 (80,7)	10700 (73,8)	9000 (62,1)
		Grado B	60000 (415)	115000 (10,3)	14400 (99,3)	13000 (89,6)	10800 (74,5)

**Tabla 8-3: Espesor adicional cañerías**

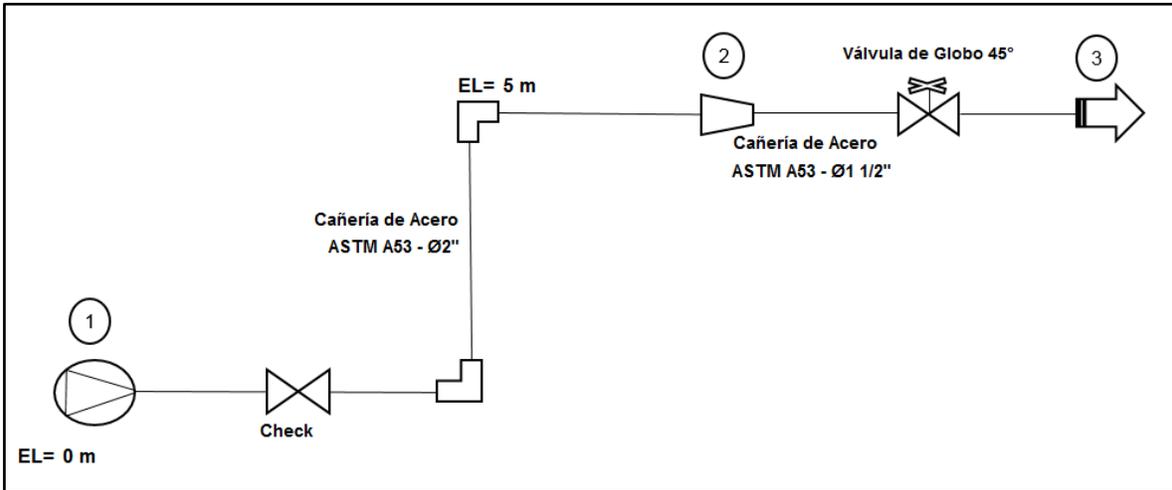
<b>TABLA II. Espesor Adicional por Roscado, Corrosión o Erosión A, in (mm)</b>		
Tipo de Cañerías		A in (mm)
Roscada	d ≤ 3/8" (9,53 mm)	0,05 (1,27)
	d ≥ 1/2" (12,7)mm	Profundidad del Hilo
Extremos	d ≤ 1" (25,4 mm)	0,05 (1,27)
Planos	d < 1" (25,4 mm)	0,065 (1,65)

Considerando un ambiente de mediana corrosividad, con una tasa de desgaste por corrosión de 0.05 micrones/año y el espesor adicional por corrosión de 1.65 mm, la vida útil del sistema se estima en 33 años.

## **9.0 CALCULO TRADICIONAL QUE VERIFICA VERACIDAD DE SOFTWARE**

Se realiza un cálculo tradicional de un sistema sencillo (Impulsión y Descarga) para efecto de comprobar que los resultados entregados por el software AFT Fathom son acertados o están cercanos al método de cálculo analítico. La finalidad de este ejercicio es que ambos métodos de análisis, determinen la presión de entrada en el punto 1, para efecto de entregar un caudal de 379 L/min, con una presión de descarga de 10 mca, considerando el mismo trazado en ambos métodos.

El trazado a analizar y comprobar se muestra en la Figura 9-1.



**Figura 9-1: Trazado de Impulsión y Descarga**

### 9.1 MÉTODO ANALÍTICO

Considerando el trazado de Figura 9-1, en Tabla 9-1 se determina la presión de entrada.

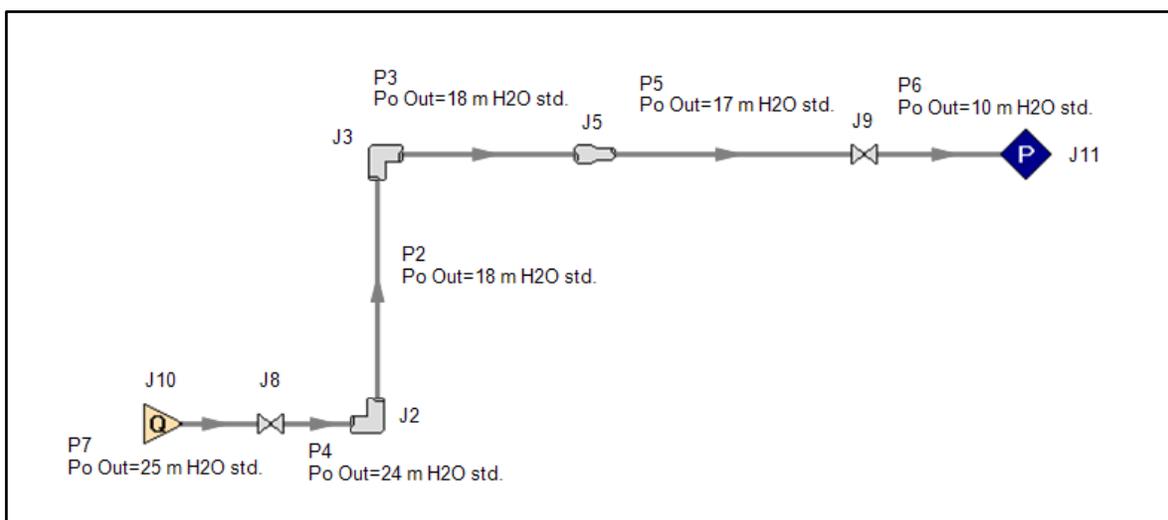
**Tabla 9-1: Resultados Método Analítico**

		Tramo 1-2	Tramo 2-3
Caudal entrada	m³/h	22,7	22,7
	L/min	379	379
Caudal salida	m³/h	22,7	22,74
Longitud	m	6	2,5
Elevación entrada	m	0,0	5,0
Elevación salida	m	5,0	5,0
Diámetro Nominal	pulg	2	1,5
Espesor Schedule STD			
Espesor cañería	mm	3,91	3,68
Espesor revest	mm	0	0
Diámetro Externo	mm	60,3	48,3
Diámetro Interno	m	0,052	0,041
Velocidad de flujo	m/s	2,92	4,80
Densidad	t/m³	1,03	1,03
Viscosidad dinám	Cp	1,10	1,10
Viscosidad dinám	kg/(ms)	1,10E-03	1,10E-03
Viscosidad fluido	m²/s	1,07E-06	1,07E-06
Reynolds		1,43E+05	1,84E+05
Régimen		Turbulento	Turbulento
Rugosidad	mm	0,0457	0,0457
f		0,019	0,020
f inicial		7,23	7,03
f final		7,23	7,03
error		1,13E-16	6,75E-18
Pérdida de carga fricción ( $\lambda$ )	m	0,950	1,452
J	%	15,83	58,07
N° v/v mariposa		0	0
N° v/v retención		1	0
N° v/v cuchillo		0	0
N° v/v Ventosa		0	0
N v/v Globo 45°		0	1
N° reducciones		0	1
N° de codo 90°		2	0
N° de codo 45°		0	0
N° uniones		0	0
K mariposa		2	2
K retención		2,5	2,5
K cuchillo		1,2	1,2
K ventosa		1,5	1,5
K Globo 45°		4,9	4,9
K reducción		0,5	0,5
K codo 90°		0,75	0,75
K codo 45°		0,35	0,35
K union		0,04	0,04
K total		4,00	5,38
Pérdida de carga fitting ( $\lambda_s$ )	m	1,739	6,314
Factor de seguridad	%	0	0
Pérdida de carga total	m	2,688	7,765
$\Delta H$	m	5	0
TDH	mcf	7,69	7,77
Presión entrada	mca	25,00	17,31
Presión salida	mca	17,31	9,55

Observando Tabla 9-1, se puede concluir que para descargar 379 L/min a una presión de salida de 9,55 mca se requiere en el sistema una presión de entrada de 25 mca.

## 9.2 MÉTODO AFT FATHOM

Se realiza el trazado de la Figura 9-1 en la pizarra del software de simulación dinámica de fluidos como se muestra en la Figura 9-2.



**Figura 9-2: Trazado de Impulsión y Descarga – AFT Fathom**

En Tabla 9-2 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 9-2: Resultados Obtenidos AFT Fathom - Cañerías**

Pipe	Name	Vol. Flow Rate (m3/hr)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (m H2O std.)	P Static Min (m H2O std.)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	dP Stag. Total (m H2O std.)	dP Static Total (m H2O std.)	dP Gravity (m H2O std.)	dH (meters)	P Static In (m H2O std.)	P Static Out (m H2O std.)	P Stag. In (m H2O std.)	P Stag. Out (m H2O std.)	fL/D + K	fL/D
2	Pipe	22.74	2.918	23.230	17.710	0.000	5.000	5.5201	5.5201	4.996	0.5245	23.230	17.710	23.66	18.14	1.2083	1.2083
3	Pipe	22.74	2.918	17.465	17.290	5.000	5.000	0.1747	0.1747	0.000	0.1748	17.465	17.290	17.90	17.72	0.4028	0.4028
4	Pipe	22.74	2.918	23.651	23.476	0.000	0.000	0.1747	0.1747	0.000	0.1748	23.651	23.476	24.08	23.91	0.4028	0.4028
5	Pipe	22.74	4.809	16.330	15.394	5.000	5.000	0.9364	0.9364	0.000	0.9372	16.330	15.394	17.51	16.57	0.7947	0.7947
6	Pipe	22.74	4.809	9.643	9.019	5.000	5.000	0.6243	0.6243	0.000	0.6248	9.643	9.019	10.82	10.20	0.5298	0.5298
7	Pipe	22.74	2.918	24.910	24.735	0.000	0.000	0.1747	0.1747	0.000	0.1748	24.910	24.735	25.34	25.17	0.4028	0.4028

**Tabla 9-3: Resultados Obtenidos AFT Fathom – Fittings**

Jct	Name	P Static In (bar)	P Static Out (bar)	P Stag. In (bar)	P Stag. Out (bar)	Vol. Flow Rate Thru Jct (m3/hr)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
2	Bend	2,3021	2,2781	2,345	2,321	22,74	6,312	0,5660
3	Bend	1,7367	1,7127	1,779	1,755	22,74	6,312	0,5660
5	Area Change	1,6955	1,6014	1,738	1,717	22,74	6,312	0,4972
8	Check Valve	2,4256	2,3193	2,468	2,362	22,74	6,312	2,5000
9	Valve	1,5095	0,9457	1,625	1,061	22,74	6,312	4,8799
10	Assigned Flow	2,4427	2,4427	2,485	2,485	22,74	6,312	0,0000
11	Assigned Pressure	0,8844	0,8844	1,000	1,000	22,74	6,312	0,0000

Observando Tabla 9-2 y Figura 9-2, se puede concluir que para descargar 379 L/min o 22,74 m<sup>3</sup>/hr, a una presión de salida de 10 mca se requiere en el sistema una presión de entrada de 25,17 mca, como indica la cañería N°7.

Este análisis respalda la veracidad de los resultados del software AFT Fathom.

## 10.0 RESULTADOS OBTENIDOS – RED SECA

### 10.1 DESCRPCIÓN DEL SISTEMA

La Figura 10-1 muestra la disposición de la red seca de incendios de la estación de tren subterráneo. La red comienza en la parte superior de la estación, con una conexión siamesa de 3”, pasando a una cañería de 4”, la cual baja por el shaft de ventilación de la estación, alimentando el nivel andén a través de dos matrices principales de 4”, de aquí se derivan dos arranques de 2” hacia el nivel mesanina. Finalmente se ubican en cada nivel conexiones storz de 2”, cada 40 m, de donde se alimentan los gabinetes de manguera dispuestos en la estación.

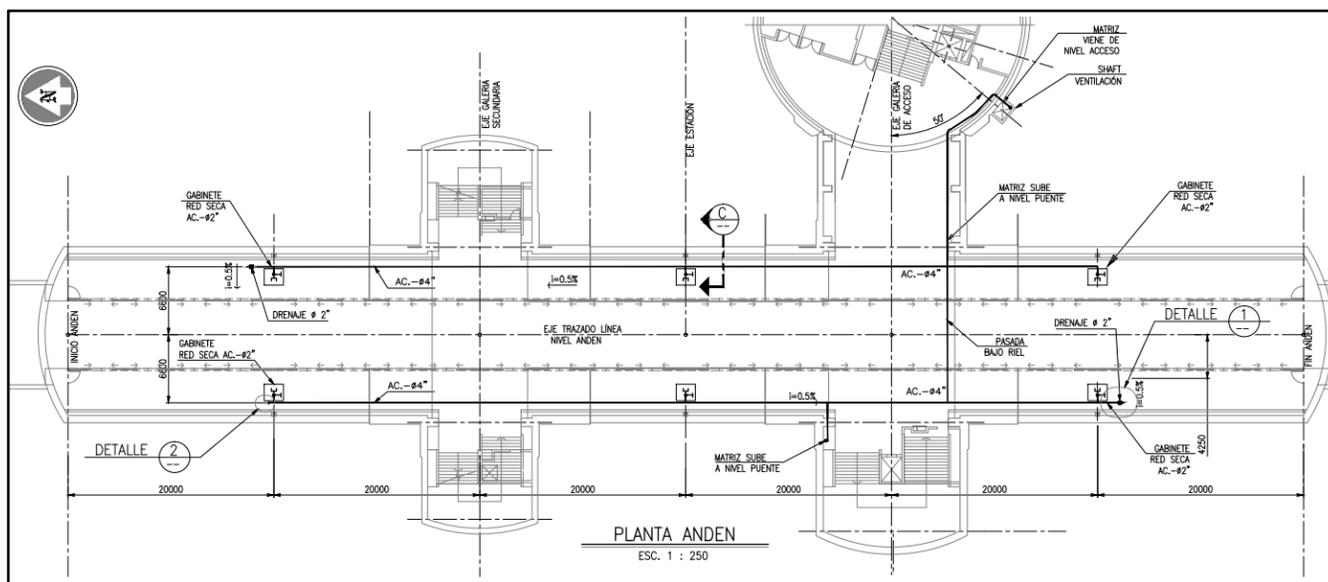
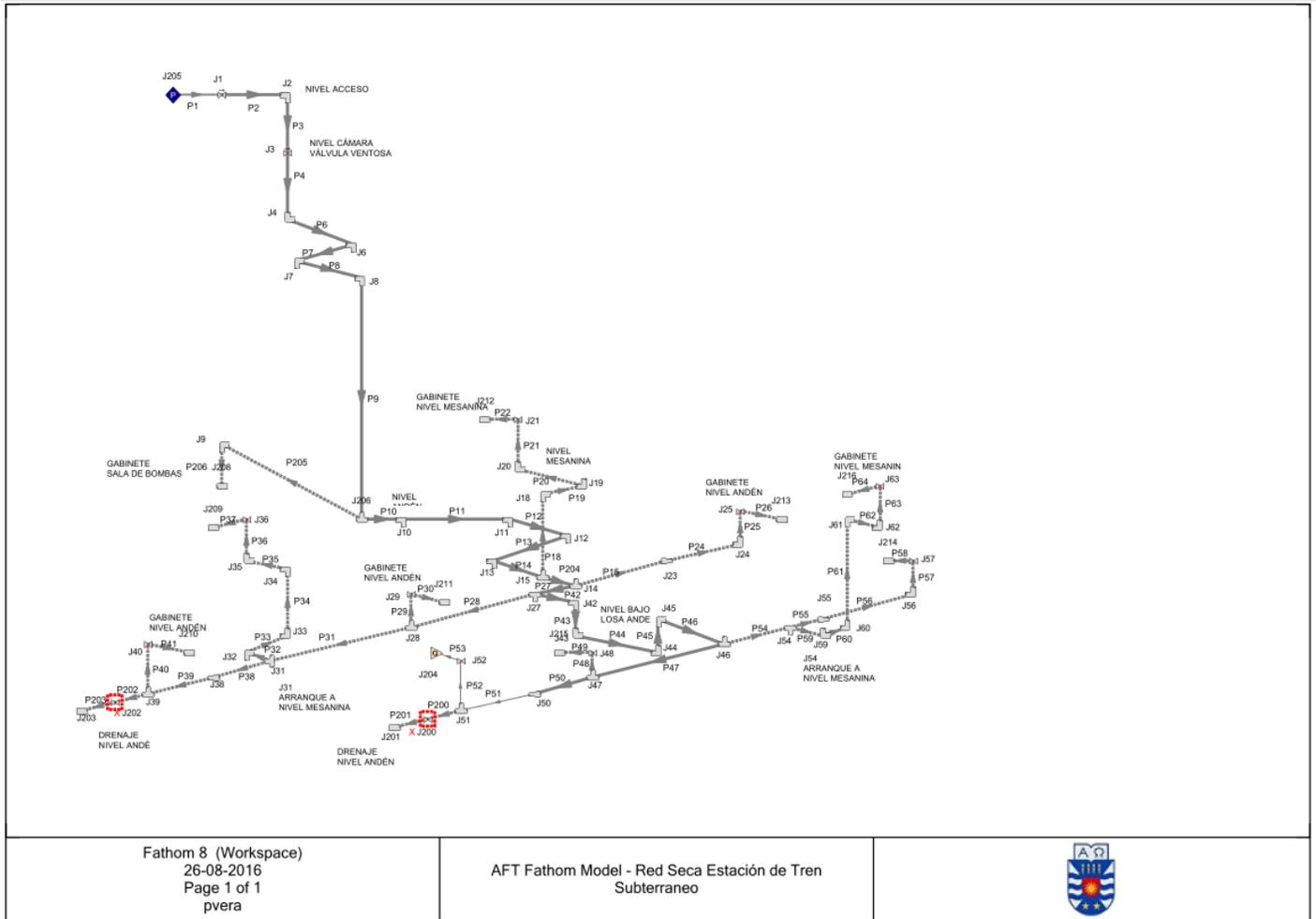


Figura 10-1: Disposición Red Seca

## 10.2 MODELACIÓN EN SOFTWARE AFT FATHOM

En Figura 10-2 se muestra el esquema de la red seca realizada en el software AFT FATHOM, donde se aprecia las cañerías (P1@P203) y los fitting y válvulas (J1@J204). El esquema posee la siguiente composición:



**Figura 10-2: Esquema Red Seca en AFT Fathom.**

## 10.3 PARAMETROS DE CÁLCULO

En Tabla 10-1, se muestran los principales parámetros utilizados para los cálculos de red seca de incendio, los cuales fueron ingresados en el software de cálculo Fathom.

**Tabla 10-1: Parámetros Red Seca**

Parámetros de Cálculo	Valor	Unidad
Caudal de descarga	379	L/min
Presión de descarga	46	mca
Viscosidad dinámica	1	cP
Densidad	1000	Kg/m <sup>3</sup>
Desnivel geométrico	-21,24	m
<b>Cañería de alimentación</b>		
Diámetro	4"	-
Designación material	Acero Carbono ASTM A-53, Schedule STD	-
Rugosidad absoluta (Fathom)	0,04572	mm
<b>Cañería de descarga</b>		
Diámetro	2"	-
Designación material	Acero Carbono ASTM A-53, Schedule STD	-
Rugosidad absoluta (Fathom)	0,04572	mm

#### 10.4 RESULTADOS

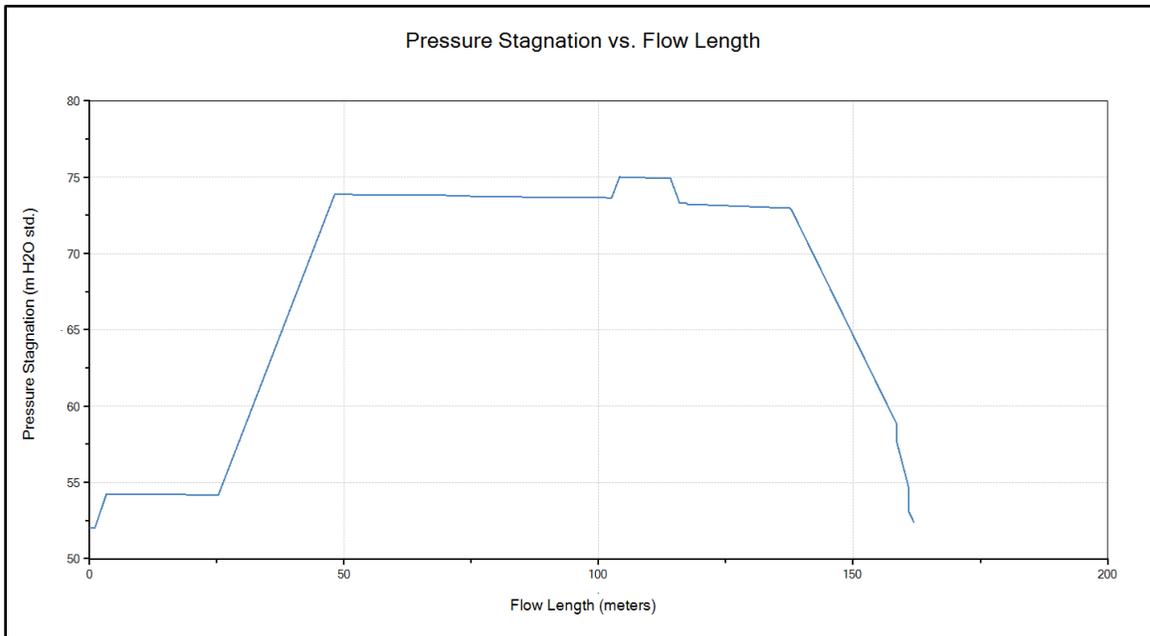
La Tabla 10-2, muestra los resultados de las presiones requeridas desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga. En el anexo A 4, se muestran los resultados totales entregados por el software Fathom.

**Tabla 10-2: Resultados Red Seca**

Artefacto	Cañería	Caudal (L/min)	Di (mm)	Velocidad (m/s)	Presión (mca)
Conexión J1	Ø4" Sch STD	379	102,3	0,51	37 (Presión Alimentación)
Descarga J204	Ø2" Sch STD	379	52,5	2,92	50,3 (Presión Descarga)

El resultado establece que la presión necesaria que debe levantar el carro bomba para alimentar todo el sistema es de 37 mca (3,63 bar) para un caudal de 379 L/min.

En Figura 10-3 se muestra el comportamiento de la presión del sistema a medida que avanza el flujo por la tubería.



**Figura 10-3: Presión de Sistema v/s Longitud de Flujo**

### 10.5 VALIDACIÓN ESPESOR DE CAÑERÍAS

En Tabla 10-3 se muestra el valor de la presión máxima que resiste las cañerías utilizadas en el sistema de red seca de incendios: Se observa que la cañería de 2" y 4", resisten 53 y 57,2 bares, respectivamente, cumpliendo las solicitudes de presiones del sistema.

**Tabla 10-3: Espesor de Cañería**

Ítem	Valor	Valor	Unidad
Material	ASTM A53 Gr B, con costura	ASTM A53 Gr B, con costura	-
DN	2" Sch STD	4" Sch STD	-
De	60,3	114,3	mm
e	3,91	6,02	mm
e <sub>m</sub> (-12,5%)	3,4213	5,2675	mm
SE	88,2	88,2	MPa
A	1,65	1,65	mm
Y	0,4	0,4	-
P	5,30	5,72	MPa
P	53	57,2	Bar

La tabla anterior está calculada en base al capítulo 8.3 - Resistencia de Cañerías.

## 11.0 RESULTADOS OBTENIDOS - RED HÚMEDA

### 11.1 DESCRPCIÓN DEL SISTEMA

La Figura 10-1 muestra la disposición de la red seca de incendios de la estación de tren subterráneo, por lo que la red húmeda tiene el mismo trazado, partiendo desde la sala de bombas hasta llegar a los gabinetes de red de incendio.

### 11.2 PARAMETROS DE CÁLCULO

En Tabla 11-1, se muestran los principales parámetros utilizados para los cálculos de red seca de incendio, los cuales fueron ingresados en el software de cálculo Fathom.

**Tabla 11-1: Parámetros Red Húmeda**

Parámetros de Cálculo	Valor	Unidad
Caudal de descarga	379	L/min
Presión Mínima de descarga	46	mca
Presión Máxima de descarga	70	mca
Viscosidad dinámica	1	cP
Densidad	1000	Kg/m <sup>3</sup>
Desnivel geométrico	-21,24	m
<b>Cañería de alimentación</b>		
Diámetro	4"	-
Designación material	Acero Carbono ASTM A-53, Schedule STD	-
Rugosidad absoluta (Fathom)	0,04572	mm
<b>Cañería de descarga</b>		
Diámetro	2"	-
Designación material	Acero Carbono ASTM A-53, Schedule STD	-
Rugosidad absoluta (Fathom)	0,04572	mm

### 11.3 MODELACIÓN EN SOFTWARE AFT FATHOM

En Figura 11-1 se muestra el esquema de la red seca realizada en el software AFT FATHOM, donde se aprecia las cañerías (P11@P216) y los fitting y válvulas (J10@J230). El esquema posee la siguiente composición:

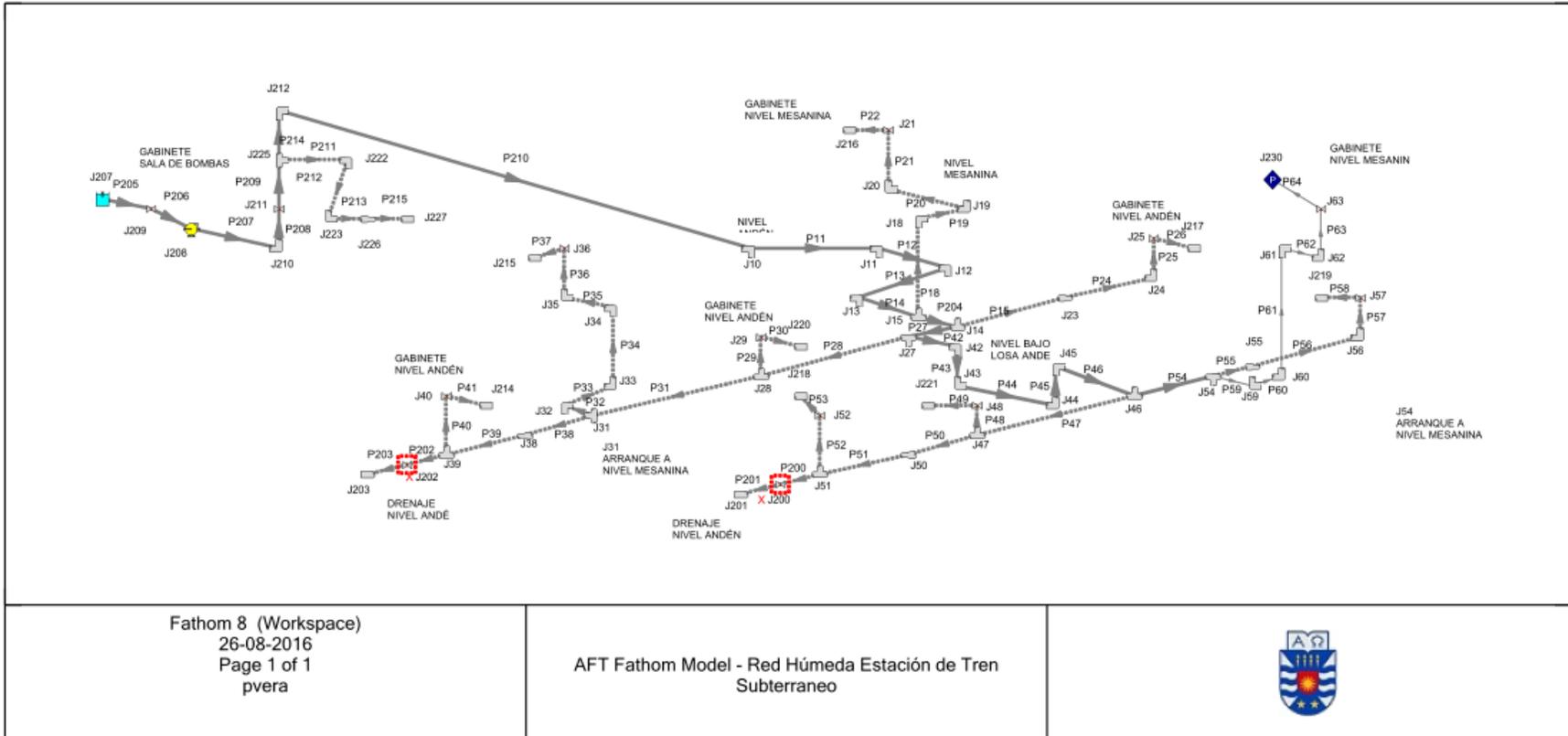


Figura 11-1: Esquema Red Húmeda en AFT Fathom.

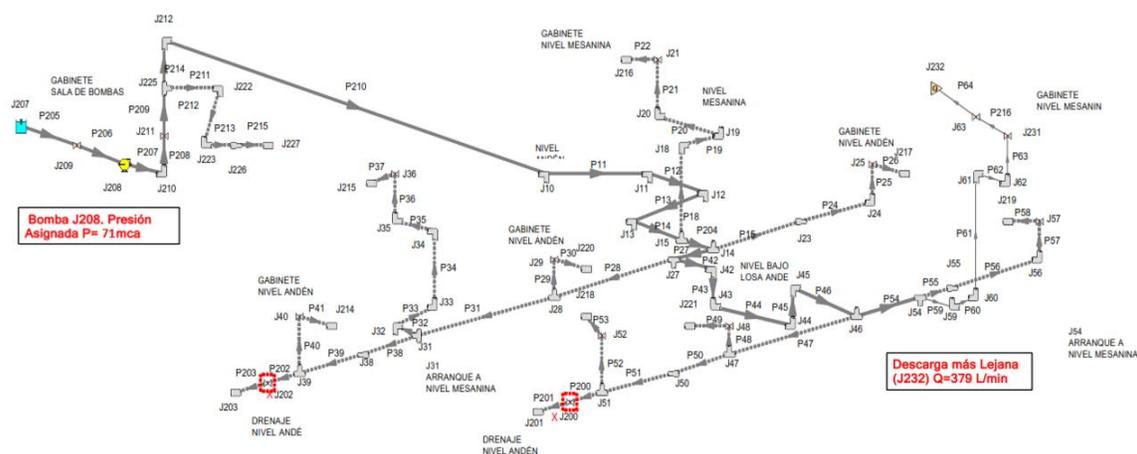
## 11.4 RESULTADOS

### 11.4.1. PRIMERA ETAPA

Para dar comienzo a la obtención de resultados, y hacer correr el software, se verifica que todas las cañerías, fittings y válvulas estén de acuerdo a los planos mecánicos de la estación de tren subterráneo, ver tabla de Anexos.

La bomba se designa como J208 y la descarga más alejada como J232.

Para dar comienzo a la primera etapa de resultados, al sistema se le exige que en la descarga más alejada (J232) se logre entregar el caudal requerido, 379 L/min, luego a la bomba se le asigna una presión de descarga de 71 mca, y al reservorio (Estanque) NPSHr de 1,24 m con una presión de superficie de 1 atm. Ver figura 11-2.



**Figura 11-2: Modelo Primera Etapa.**

La Tabla 11-2, muestra los resultados del punto de operación de la bomba y las presiones requeridas desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga.

**Tabla 11-2: Resultados Red Húmeda**

Artefacto	Cañería De Entrada	Caudal (L/min)	Di (mm)	Velocidad (m/s)	Presión (mca)
Bomba J208	Ø4" Sch STD	379	102,3	0,77	71 (Presión de Salida)
Artefacto	Cañería De Salida	Caudal (L/min)	Di (mm)	Velocidad (m/s)	Presión (mca)
Descarga J232	Ø2" Sch STD	379	52,5	2,9	59 (Presión de Salida)

De acuerdo a los resultados de la Tabla 11-2 la presión de descarga en la descarga más alejada (J232) 59 mca, de acuerdo a la norma NFPA 20, está dentro del rango. Ver capítulo 6, Criterio de Diseño Red Húmeda.

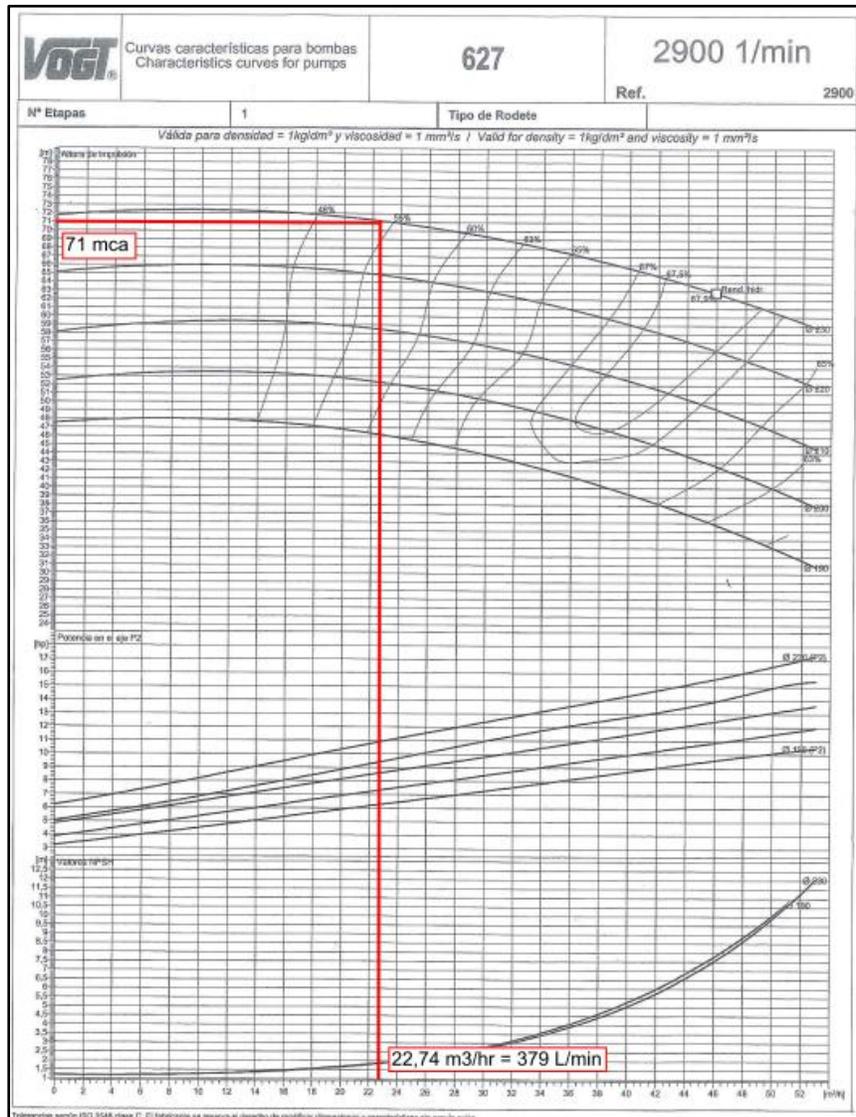
Se concluye que la bomba preliminarmente requiere un TDH de 71 mca para impulsar un caudal de 379 L/min en la descarga más alejada.

#### 11.4.2 SEGUNDA ETAPA

En esta etapa se verifica el funcionamiento del sistema con la curva de descarga de una bomba real. De acuerdo al punto de operación preliminar se selecciona la siguiente bomba centrífuga horizontal de 1 etapa.

Se selecciona una bomba centrífuga unicelular, de flujo radial y eje horizontal. La bomba es marca VOGT, de Serie N, modelo 627 de 2900 rpm.

Las curvas de operación de esta bomba se muestran en Figura 11-3.



**Figura 11-3: Curvas de Operación Bomba Centrifuga Serie N 627.**

Preliminarmente se selecciona una bomba que satisface el requerimiento del sistema, por lo que para verificar el funcionamiento de la bomba con el sistema se ingresara la curva de operación de la bomba al software AFT Fathom, para un diámetro de rodete de 230 mm, tal como se muestra en Figura 11-4.

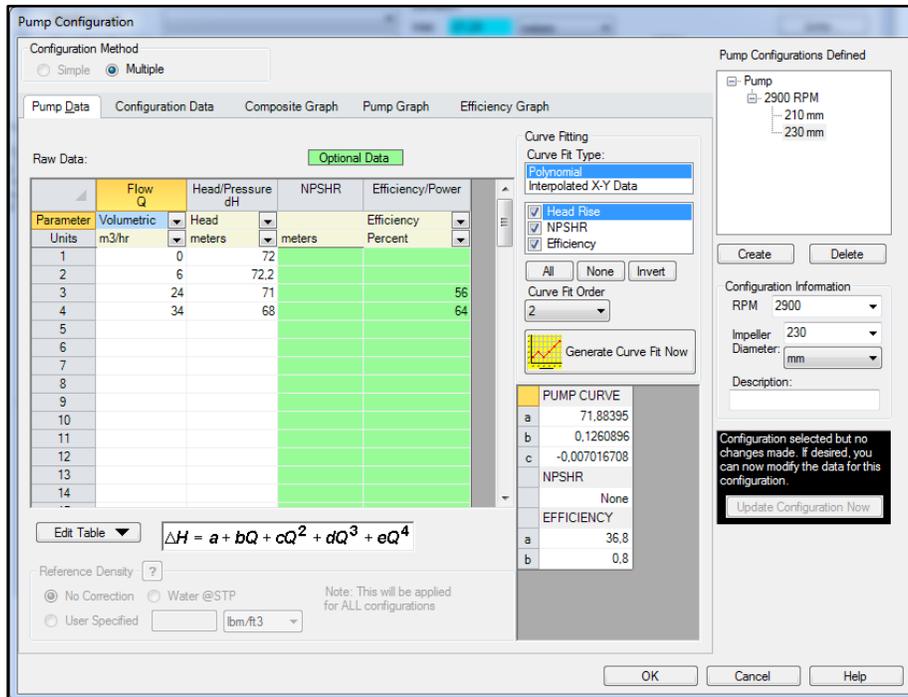


Figura 11-4: Curva Real de Operación.

La Tabla 11-3, muestra los resultados del nuevo punto de operación de la bomba y las presiones requeridas desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga. En el Anexo A 5, se muestran los resultados totales entregados por el software Fathom.

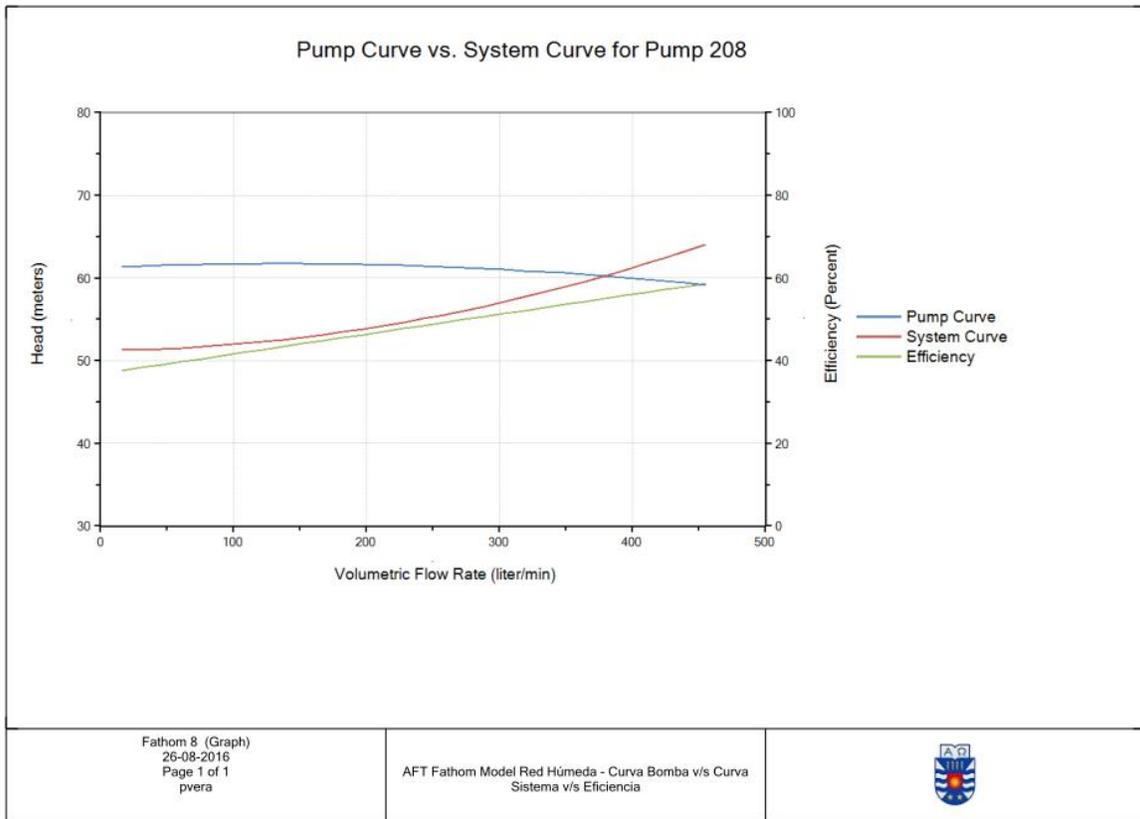
Se informa que el nuevo análisis, incorpora VDF (Variador de Frecuencia), esto genera que la bomba puede variar su rpm, para efecto de entregar el caudal requerido (379 L/min) a la presión requerida (En este caso 60 mca).

Tabla 11-3: Resultados Red Húmeda

Artefacto	Cañería De Entrada	Caudal (L/min)	Di (mm)	Velocidad (m/s)	Presión (mca)
Bomba J208	Ø4" Sch STD	379	102,3	0,76	72 (Presión de Salida)
Artefacto	Cañería De Salida	Caudal (L/min)	Di (mm)	Velocidad (m/s)	Presión (mca)
Descarga J230	Ø2" Sch STD	379	52,5	2,9	61 (Presión de Salida)

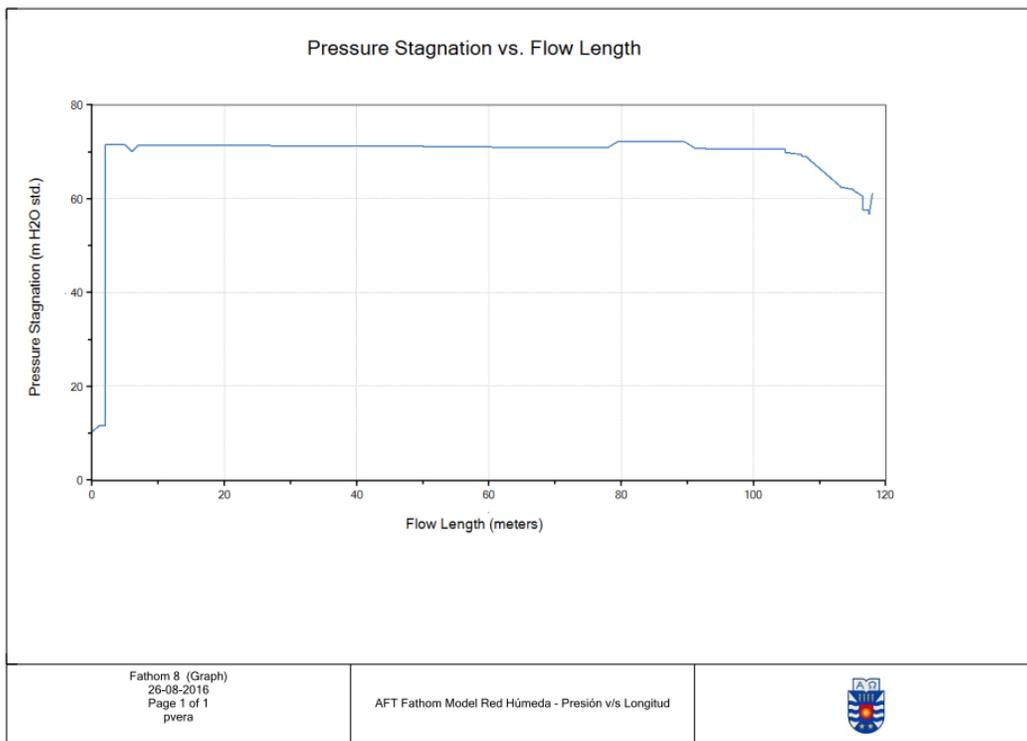
El resultado final establece que la presión necesaria que debe levantar la bomba para alimentar todo el sistema es de 72 mca (7,06 bar) para entregar en el punto más alejado un caudal de 379 L/min.

En figura 11-5 se cruzan la curva de la bomba con la curva del sistema.



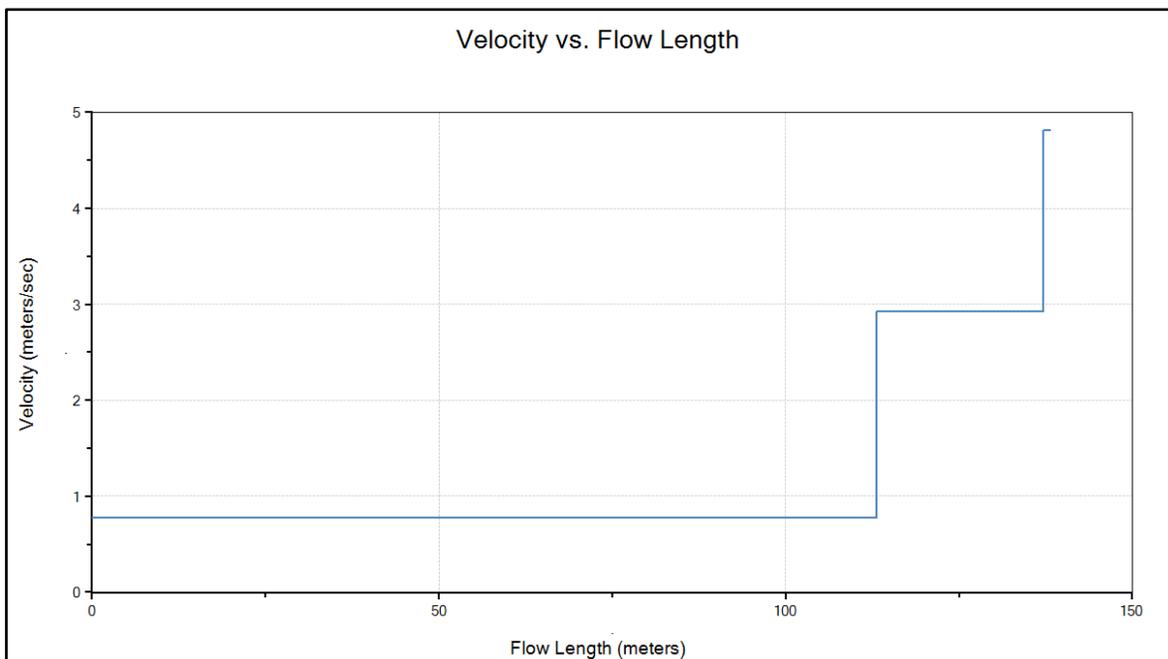
**Figura 11-5: Curva de Bomba v/s Curva del Sistema**

En Figura 11-6 se observa el comportamiento de la presión del sistema a medida que avanza el flujo por la tubería.



**Figura 11-6: Presión v/s Longitud**

En Figura 11-7 se muestra el incremento de velocidad, debido al cambio de diámetro de la cañería, a medida que avanza el flujo.



**Figura 11-7: Velocidad v/s Longitud de Flujo**

## 12.0 CUBICACIÓN DE MATERIALES DE PIPING - ESTACIÓN DE TREN SUBTERRANEO

Considerando que para la simulación del modelo se ingresan las características de los elementos de las redes y el software no entrega un listado detallado de las cubicaciones proyectadas, en los siguientes Listados de Cubicaciones se indican dimensiones y normas de cañerías, válvulas, accesorios y componentes proyectados en las redes de incendio (Húmeda y Seca) de la estación de tren subterráneo.

### 12.1 CUBICACIONES RED HÚMEDA

**Tabla 12-1: Listado de Cubicaciones de Cañerías Red Húmeda**

Ítem	Cantidad [m]	Ø	Descripción
1	0,2	1"	Cañería ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. 80 Extremos roscados ASME B1.20.1
2	8,6	1 1/2"	Cañería ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. 80 Extremos roscados ASME B1.20.1
3	2,6	2"	Cañería ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. 80 Extremos roscados ASME B1.20.1
4	0,4	3"	Cañería Galvanizada ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. Std Extremos ranurados para acople E77
5	114,8	4"	Cañería ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. Std Extremos para soldar a tope
6	6,2	6"	Cañería ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. Std Extremos para soldar a tope
7	0,2	1"	Cañería ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. 80 Extremos roscados ASME B1.20.1

**Tabla 12-2: Listado de Cubicaciones Fittings Red Húmeda**

Ítem	Cantidad (un)	Ø	Ø <sub>2</sub>	Descripción
1	1	1"		Codo 90° ASTM A105 ASME B16.11 clase 3000 Extremos roscados ASME B1.20.1
2	19	1 1/2"		Codo 90° ASTM A105 ASME B16.11 clase 3000 Extremos roscados ASME B1.20.1
3	3	2"		Codo 90° ASTM A105 ASME B16.11 clase 3000 Extremos roscados ASME B1.20.1
4	2	4"		Codo 90° Largo ASTM A234 Gr. WPB ASME B16.9 Extremos biselados
5	5	4"		Codo 90° ASTM A536 Gr. 65-45-12 Radio 3D Extremos ranurados para acople victaulic E77
6	2	6"		Codo 90° ASTM A536 Gr. 65-45-12 Radio 3D Extremos ranurados para acople victaulic E77

Ítem	Cantidad (un)	Ø	Ø <sub>2</sub>	Descripción
7	2	4"		Tee ASTM A536 Gr. 65-45-12 Extremos ranurados para acople vitaulic E77
8	4	6"		Tee ASTM A234 Gr. WPB ASME B16.9 Extremos biselados
9	1	2"		Flange slip on ASTM A105 RF ASME B16.5 Clase 150
10	6	3"		Flange slip on ASTM A105 RF ASME B16.5 Clase 150
11	14	4"		Flange slip on ASTM A105 RF ASME B16.5 Clase 150
12	8	6"		Flange slip on ASTM A105 RF ASME B16.5 Clase 150
13	1	2"		Empaquetadura plana Goma A.E. 70° Shore A, e=3mm clase 150 FF ASME B16.21
14	6	3"		Empaquetadura plana Goma A.E. 70° Shore A, e=3mm clase 150 FF ASME B16.21
15	8	4"		Empaquetadura plana Goma A.E. 70° Shore A, e=3mm clase 150 FF ASME B16.21
16	6	6"		Empaquetadura plana Goma A.E. 70° Shore A, e=3mm clase 150 FF ASME B16.21
17	3	6"		Flange ciego ASTM A105 ASME B16.5 clase 150
18	27	4"		Acople Victaulic E77 ASTM A536 Gr. 65-45-15 Emp. Nitrilo T
19	7	6"		Acople Victaulic E77 ASTM A536 Gr. 65-45-15 Emp. Nitrilo T
20	3	6"	1"	Thredolet ASTM A105 clase 3000
21	1	2"	1 1/2"	Reducción concéntrica ASTM A536 Gr. 65-45-12 Extremos ranurados para acople vitaulic E77, Galvanizado
22	3	4"	2"	Reducción concéntrica ASTM A536 Gr. 65-45-12 Extremos ranurados para acople vitaulic E77, Galvanizado
23	17	1 1/2"		Unión Americana (Tuerca Unión) ASTM A105 clase 3000
24	9	1 1/2"		Copla ASTM A197 ASME B16.3 clase 3000 Extremos roscados HI ASME B1.20.1
25	8	4"	1 1/2"	Acople de Salida Victaulic Estilo 72 ASTM A536 Gr. 65-45-15 Emp. Nitrilo T

**Tabla 12-3: Listado de Cubicaciones de Válvulas Red Húmeda**

Ítem	Cantidad (un)	Ø	Descripción
1	4	1 1/2"	Válvula de bola para presión de 400 Lbs WOG, con hilo interior NPT, con cuerpo, vástago y bola en material bronce cromado tipo OT 58, asiento material PTFE.
2	2	1 1/2"	Válvula tipo flotador
3	9	1 1/2"	Válvula de globo, clase 150, con hilo interior NPT, con cuerpo en bronce ASTM B62, vástago en bronce ASTM B124, tapón en bronce ASTM B62 y asiento en acero inoxidable ASTM A276.
4	3	1 1/2"	Válvula Reductora de Presión, cuerpo de bronce, conexión flange FF ASME B16,5
5	1	4"	Válvula Reductora de Presión, cuerpo de bronce, conexión flange FF ASME B16,5
6	1	1"	Válvula de bola para presión de 400 Lbs WOG, con hilo interior NPT, con cuerpo, vástago y bola en material bronce cromado tipo OT 58, asiento material PTFE.
7	2	2"	Válvula de bola para presión de 400 Lbs WOG, con hilo interior NPT, con cuerpo, vástago y bola en material bronce cromado tipo OT 58, asiento material PTFE.
8	2	2"	Válvula de compuerta, OS&Y, cuerpo ASTM A216 WCB, conexión flange FF ASME B16.5
9	1	2"	Válvula retención, tipo chapaleta, clase 150, con hilo interior NPT, con cuerpo, chapaleta y asiento en material bronce ASTM B62 Alloy 836.
10	1	2"	Válvula de ventosa, cuerpo hierro fundido recubierto en polyester, juntas Buna-N
11	2	3"	Válvula mariposa, cuerpo acero carbono ASTM A216 WCB, extremos wafer operación volante.
12	2	4"	Válvula mariposa, cuerpo acero carbono ASTM A216 WCB, extremos wafer operación volante.
13	2	4"	Válvula retención, tipo chapaleta, clase 150, con hilo interior NPT, con cuerpo, chapaleta y asiento en material bronce ASTM B62 Alloy 836.
14	4	6"	Válvula mariposa, cuerpo acero carbono ASTM A216 WCB, extremos wafer operación volante.

## 12.2 CUBICACIONES RED SECA

**Tabla 12-4: Listado de Cubicaciones Cañerías Red Seca**

Ítem	Cantidad [m]	Ø	Descripción
1	7	2"	Cañería ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. 80 Extremos roscados ASME B1.20.1 Galvanizado
2	20	4"	Cañería Galvanizada ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. Std roscados ASME B1.20.1 Galvanizado
3	126	4"	Cañería Galvanizada ASTM A53 TIPO E GR. B ASME B36.10M Sch. Std Extremos ranurados para acople E77

**Tabla 12-5: Listado de Cubicaciones Fittings Red Seca**

Ítem	Cantidad (un)	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>	Descripción
1	1	4"	3"	Bifurcación Gemelas HI/HE Ø4"xØ3"xØ3" NPT con Chapaleta y Desviación DIN 14,361
2	3	4"		Tee Galvanizada ASTM A536 Gr. 65-45-12 Extremos ranurados para acople victaulic E77
3	6	4"		Codo 90° ASTM A536 Gr. 65-45-12 Radio 3D Extremos roscados ASME B1.20.1 Galvanizado
4	4	4"		Codo 90° ASTM A536 Gr. 65-45-12 Radio 3D Extremos ranurados para acople victaulic E77
5	3	4"	2"	Reducción concéntrica ASTM A536 Gr. 65-45-12 Extremos ranurados para acople victaulic E77, Galvanizado
6	4	4"	2"	Acople de Salida Victaulic Estilo 72 ASTM A536 Gr. 65-45-15 Emp. Nitrilo T
7	26	4"		Acople Victaulic E77 ASTM A536 Gr. 65-45-15 Emp. Nitrilo T
10	9	2"		Unión Americana (Tuerca Unión) ASTM A105 clase 3000
11	9	2"		Copla ASTM A197 ASME B16.3 clase 3000 Extremos roscados HI ASME B1.20.1 Galvanizado
12	1	4"		Tapa Gorro

**Tabla 12-6: Listado de Cubicaciones de Válvulas Red Seca**

Ítem	Cantidad (un)	Ø	Descripción
1	9	2	Válvula de globo, clase 150, con hilo interior NPT, con cuerpo en bronce ASTM B62, vástago en bronce ASTM B124, tapón en bronce ASTM B62 y asiento en acero inoxidable ASTM A276.
2	2	1	Válvula de ventosa, cuerpo hierro fundido recubierto en polyester, juntas Buna-N
3	1	4	Válvula retención, bronce, ranurada ambos extremos, conexión NPT HI

## 13.0 **CONCLUSIONES**

La presente Habilitación Profesional entrega las siguientes conclusiones:

### RED SECA

- En consideración al trazado del modelo y al criterio de diseño de no generar velocidades mayores a 3,5 m/s en la conducción del fluido, el piping de la red seca de incendios está compuesto por cañería de acero Schedule STD, de diámetro 4" como línea principal y cañería de acero Schedule STD, de diámetro 2" como líneas de descarga.
- De acuerdo a los requerimientos mínimos que exige la norma NFPA 14 y NCh 2095, para que en el punto más desfavorable se obtenga una presión de descarga de 46 mca, debe existir una presión de alimentación desde la bomba del carro de bomberos de 379 L/min de caudal y 37 m.c.a. de presión.
- La pérdida de carga es menor a 2 bar (20,39 m.c.a.), es decir que de acuerdo a que corresponde al tramo más desfavorable o extenso no pueden existir mayores pérdidas de carga. En consideración con los antecedentes en el subcapítulo 5.1, las pérdidas determinadas son menores a la presión mínima que puede impulsar la bomba del carro de bombas, frente a esto es posible suplir los requerimientos que exige la norma.
- La red seca posee conexiones roscadas, pero además se deberá utilizar acoples ranurados (acoples tipo Victaulic o similar) cada 12 metros o en cambio de dirección para así lograr un fácil desmontaje e inspección de la instalación, si es requerido.
- La presión máxima en cualquier punto de la red seca, no supera los 10 bar (100 mca), por ende se deberá utilizar fitting y válvulas clase 150 (150 lb/pulg<sup>2</sup>) o superior.
- Para el caso de las presiones resistentes de las cañerías utilizadas en el sistema de red seca, se calculó que la cañería de acero de 2" Sch STD resiste 53 bar y la cañería de acero de 4" Sch STD resiste 57,2 bar de presión, dando como resultado que ambas cañerías cumplen con las solicitudes de presiones del sistema.

En conformidad con los requerimientos estipulados en subcapítulo 5.1 y análisis de resultados obtenidos en capítulo 13, la Red Seca de incendios cumple con lo exigido por las normativas vigentes. Por lo tanto esta red es posible someterla a certificación de autoridades competentes y aprobar, bajo las normativas más exigentes como la NFPA 14 y NCh 2095.

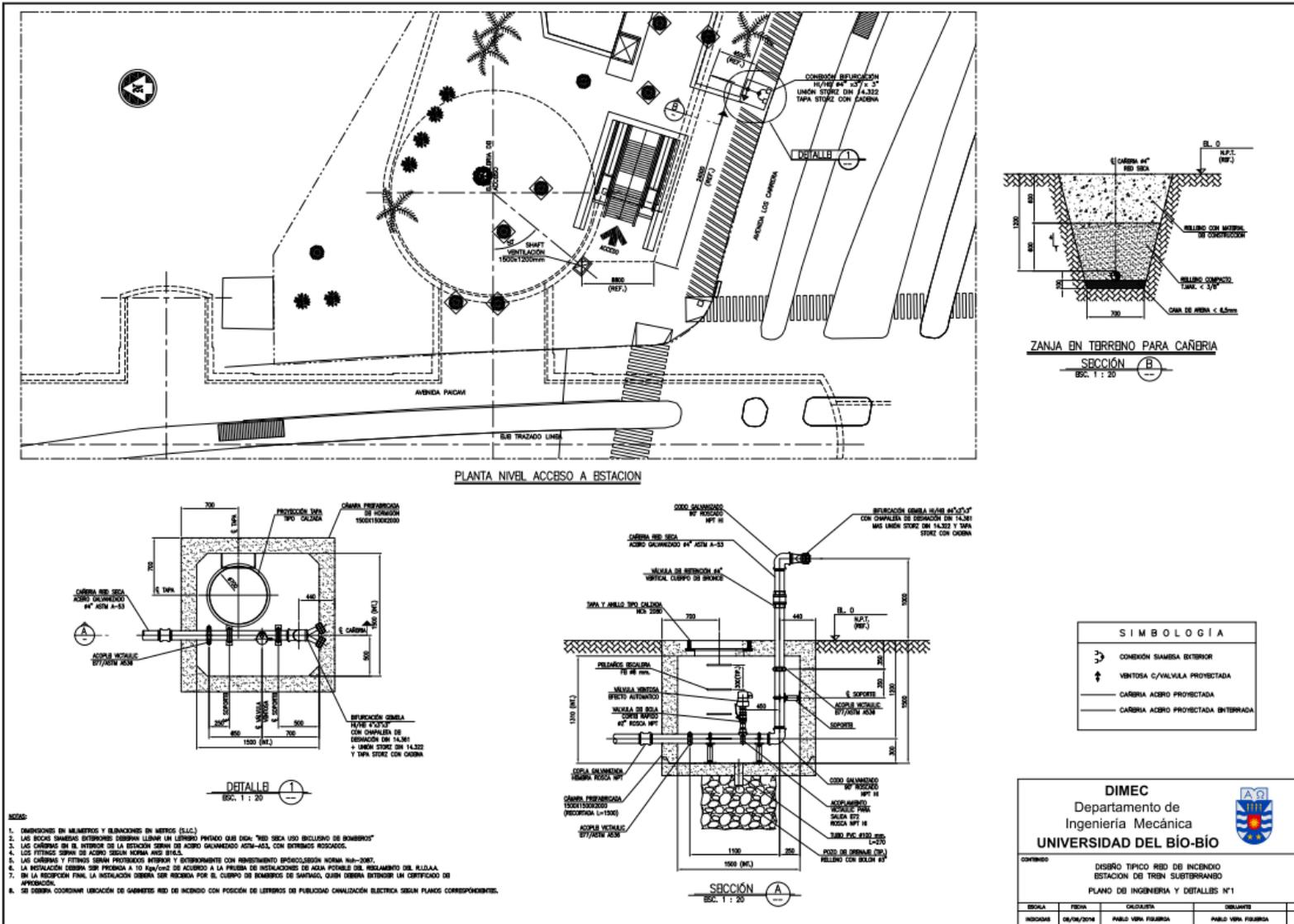
## RED HÚMEDA

- En consideración al trazado del modelo y al criterio de diseño de no generar velocidades mayores a 3,5 m/s en la conducción del fluido, el piping de la red húmeda de incendios estará compuesto por cañería de acero Schedule STD, de diámetro 4" como línea principal y cañería de acero Schedule STD, de diámetro 2" como líneas de descarga.
- Para el sistema de impulsión, se seleccionó una bomba centrífuga unicelular, de flujo radial y eje horizontal. La bomba es marca VOGT, de Serie N, modelo 627 de 2900 rpm.
- De acuerdo a los requerimientos mínimos que exige la norma NFPA 14 y NCh 2095, en gabinetes mangueras de clase II, el resultado final establece que la presión necesaria que debe levantar la bomba para alimentar todo el sistema es de 72 mca (7,06 bar) para entregar en el punto más alejado un caudal de 379 L/min.
- Se incluye en el como equipamiento mecánico de Sala de Bombas 2 bombas horizontales marca VOGT, de Serie N, modelo 627, para efecto de que una bomba opere de manera normal y otra opere stand by,
- Se incluye como equipamiento mecánico una bomba Jockey, para efecto de mantener presurizada la línea de tubería.
- Se incluye como equipamiento mecánico un Variador de Frecuencia (VDF) para efecto de variar las rpm de la bomba y poder regular la presión de descarga y caudal entregado.

En conformidad con los requerimientos estipulados en subcapítulo 5.1, sistemas de tuberías verticales clase II y análisis de resultados obtenidos en capítulo 13 (Red Húmeda), la Red de Incendios cumple con lo exigido por las normativas vigentes. Por lo tanto esta red es posible someterla a certificación de autoridades competentes y aprobar, bajo las normativas más restrictivas como la NFPA 14, NFPA 20 y NCh 2095.

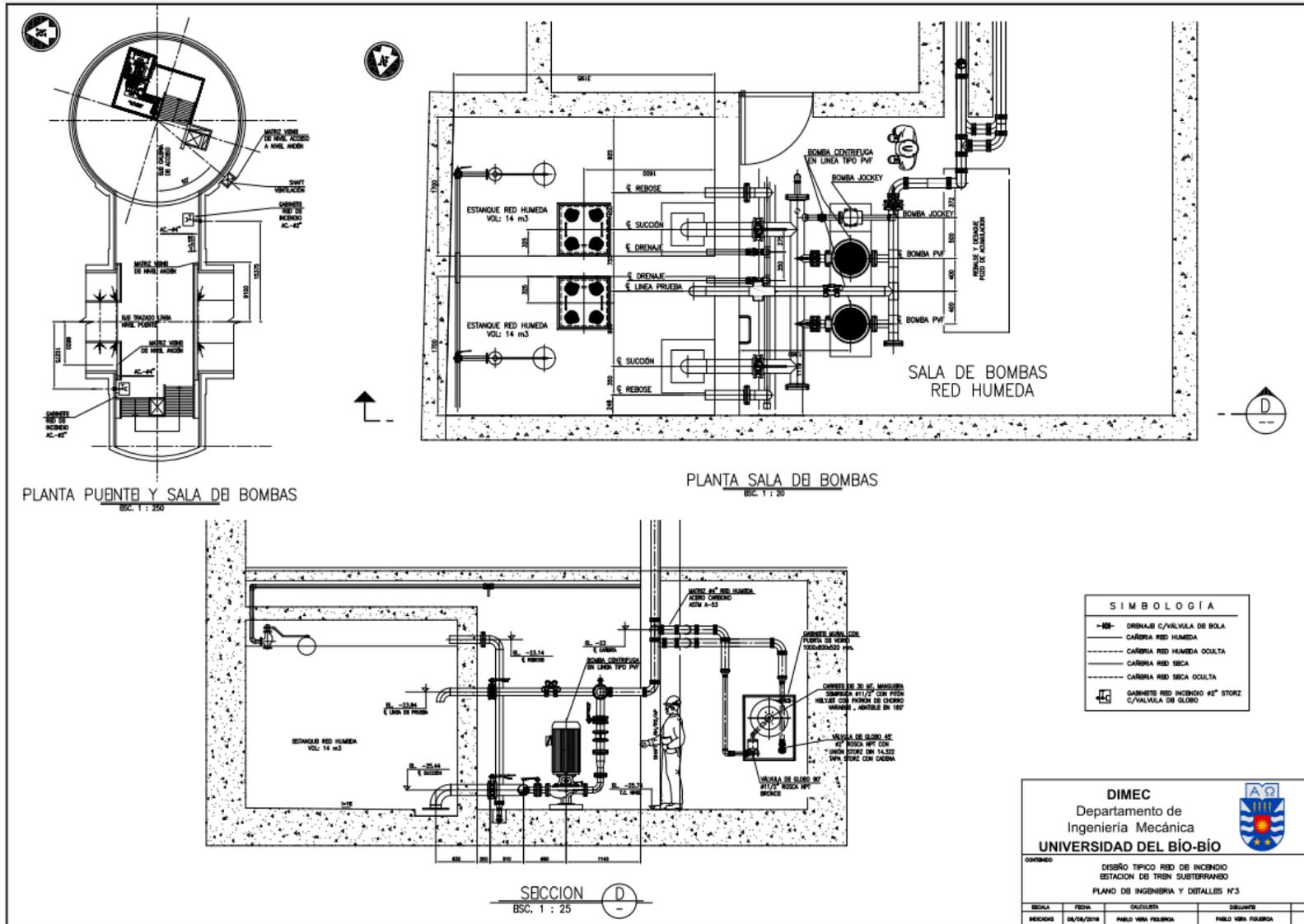
## **ANEXOS A**

Anexo A 1: Diseño Típico Red de Incendio - Estación de Tren Subterráneo - Plano de Ingeniería y Detalles N°1





Anexo A 3: Diseño Típico Red de Incendio - Estación de Tren Subterráneo - Plano de Ingeniería y Detalles N°3



### Anexo A 4: Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Seca AFT Fathom

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 1 pvera		AFT Fathom Model Red Seca - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom								
<b>Pipe Output Table</b>										
Pipe	Name	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (liter/min)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (m H2O std.)	P Static Min (m H2O std.)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	Length (meters)	dH (meters)
1	Pipe	3 inch	379,0	1,3244	36,91	36,90	1,0000	1,0000	0,5000	0,014068
2	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	36,73	36,73	1,0000	1,0000	0,5000	0,003763
3	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	37,21	36,71	1,0000	0,5000	0,5000	0,003763
4	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	38,91	37,13	0,5000	-1,3000	1,8000	0,013547
6	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	38,90	38,81	-1,3000	-1,3000	11,5000	0,086550
7	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	38,80	38,76	-1,3000	-1,3000	4,2000	0,031610
8	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	38,75	38,70	-1,3000	-1,3000	6,2500	0,047038
9	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	58,38	38,69	-1,3000	-21,2400	22,9400	0,172649
10	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	58,38	58,35	-21,2400	-21,2400	3,4000	0,025589
11	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	58,34	58,20	-21,2400	-21,2400	18,5000	0,139233
12	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	58,19	58,16	-21,2400	-21,2400	4,6000	0,034620
13	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	58,14	58,06	-21,2400	-21,2400	10,3000	0,077519
14	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	58,05	57,97	-21,2400	-21,2400	10,0000	0,075261
15	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	57,97	57,97	-21,2400	-21,2400	10,5000	0,000000
18	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	58,00	52,98	-21,2400	-16,2000	5,0400	0,000000
19	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	52,98	52,98	-16,2000	-16,2000	0,4000	0,000000
20	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	52,98	52,98	-16,2000	-16,2000	12,9000	0,000000
21	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	52,98	51,96	-16,2000	-15,1700	1,4500	0,000000
22	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	51,96	51,96	-15,1700	-15,1700	0,5000	0,000000
24	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,97	57,97	-21,2400	-21,2400	9,8000	0,000000
25	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,97	56,52	-21,2400	-19,7900	2,4100	0,000000
26	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	56,52	56,52	-19,7900	-19,7900	0,5000	0,000000
27	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	57,91	57,89	-21,2400	-21,2400	1,5000	0,011289
28	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	57,92	57,92	-21,2400	-21,2400	20,7000	0,000000
29	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,92	56,48	-21,2400	-19,7900	2,4100	0,000000
30	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	56,48	56,48	-19,7900	-19,7900	0,5000	0,000000
31	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	57,92	57,92	-21,2400	-21,2400	23,2000	0,000000
32	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,92	57,92	-21,2400	-21,2400	2,5000	0,000000
33	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,92	57,92	-21,2400	-21,2400	0,8000	0,000000
34	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,92	52,90	-21,2400	-16,2000	5,0400	0,000000
35	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	52,90	52,90	-16,2000	-16,2000	6,2000	0,000000
36	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	52,90	51,88	-16,2000	-15,1700	1,4500	0,000000
37	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	51,88	51,88	-15,1700	-15,1700	0,5000	0,000000
38	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	57,92	57,92	-21,2400	-21,2400	0,1000	0,000000
39	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,92	57,92	-21,2400	-21,2400	21,9000	0,000000
40	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,92	56,48	-21,2400	-19,7900	2,4100	0,000000
41	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	56,48	56,48	-19,7900	-19,7900	0,5000	0,000000

### Continuación Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Seca AFT Fathom

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 2 pvera	AFT Fathom Model Red Seca - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom	
--	--	---

Pipe	Name	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (liter/min)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (m H2O std.)	P Static Min (m H2O std.)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	Length (meters)	dH (meters)
42	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	57,86	57,86	-21,2400	-21,2400	1,0000	0,007526
43	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	59,32	57,84	-21,2400	-22,7400	1,7000	0,012794
44	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	59,31	59,23	-22,7400	-22,7400	10,0000	0,075261
45	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	59,22	57,71	-22,7400	-21,2400	1,7000	0,012794
46	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	57,69	57,68	-21,2400	-21,2400	1,5000	0,011289
47	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	57,66	57,51	-21,2400	-21,2400	20,3000	0,152780
48	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,54	56,09	-21,2400	-19,7900	2,4100	0,000000
49	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	56,09	56,09	-19,7900	-19,7900	0,5000	0,000000
50	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	57,48	57,47	-21,2400	-21,2400	0,2000	0,001505
51	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	57,04	53,00	-21,2400	-21,2400	20,7000	4,056155
52	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	52,57	50,65	-21,2400	-19,7900	2,4100	0,472238
53	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	50,09	49,90	-19,7900	-19,7900	1,0000	0,195943
54	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	57,69	57,69	-21,2400	-21,2400	12,0000	0,000000
55	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	57,69	57,69	-21,2400	-21,2400	0,4000	0,000000
56	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,69	57,69	-21,2400	-21,2400	10,0000	0,000000
57	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,69	56,24	-21,2400	-19,7900	2,4100	0,000000
58	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	56,24	56,24	-19,7900	-19,7900	0,5000	0,000000
59	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,69	57,69	-21,2400	-21,2400	2,5000	0,000000
60	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,69	57,69	-21,2400	-21,2400	0,8000	0,000000
61	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,69	52,67	-21,2400	-16,2000	5,0400	0,000000
62	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	52,67	52,67	-16,2000	-16,2000	1,9000	0,000000
63	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	52,67	51,64	-16,2000	-15,1700	1,4500	0,000000
64	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	51,64	51,64	-15,1700	-15,1700	0,5000	0,000000
200	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	53,43	53,43	-21,2400	-21,2400	0,5000	0,000000
201	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	No Solution	No Solution	-21,2400	-21,2400	0,1000	0,000000
202	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	57,92	57,92	-21,2400	-21,2400	0,5000	0,000000
203	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	No Solution	No Solution	-21,2400	-21,2400	0,1000	0,000000
204	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	57,97	57,94	-21,2400	-21,2400	5,0000	0,037631
205	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	58,41	58,41	-21,2400	-21,2400	7,0000	0,000000
206	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	59,16	58,41	-21,2400	-22,0000	1,5000	0,000000

All Junction Table

Jct	Name	P Static In (m H2O std.)	P Static Out (m H2O std.)	P Stag. In (m H2O std.)	P Stag. Out (m H2O std.)	Vol. Flow Rate Thru Jct (liter/sec)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
1	Check Valve	36,90	36,73	36,99	36,76	6,317	6,292	2,5000
2	Bend	36,73	36,71	36,76	36,74	6,317	6,292	0,5092
3	Check Valve	37,21	37,13	37,24	37,16	6,317	6,292	2,5000
4	Bend	38,91	38,90	38,94	38,93	6,317	6,292	0,5092
6	Bend	38,81	38,80	38,84	38,83	6,317	6,292	0,5092
7	Bend	38,76	38,75	38,79	38,78	6,317	6,292	0,5092

**Continuación Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Seca AFT Fathom**

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 3 pvera		AFT Fathom Model Red Seca - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom						
Jct	Name	P Static In (m H2O std.)	P Static Out (m H2O std.)	P Stag. In (m H2O std.)	P Stag. Out (m H2O std.)	Vol. Flow Rate Thru Jct (liter/sec)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
8	Bend	38,70	38,69	38,73	38,72	6,317	6,292	0,5092
9	Bend	58,41	58,41	58,41	58,41	0,000	0,000	0,0000
10	Bend	58,35	58,34	58,38	58,37	6,317	6,292	0,5092
11	Bend	58,20	58,19	58,23	58,22	6,317	6,292	0,2716
12	Bend	58,16	58,14	58,19	58,17	6,317	6,292	0,5092
13	Bend	58,06	58,05	58,09	58,08	6,317	6,292	0,5092
14	Tee or Wye	57,95	57,95	57,97	57,97	N/A	N/A	See Mult. Losses
15	Tee or Wye	57,99	57,99	58,00	58,00	N/A	N/A	See Mult. Losses
18	Bend	52,98	52,98	52,98	52,98	0,000	0,000	0,0000
19	Bend	52,98	52,98	52,98	52,98	0,000	0,000	0,0000
20	Bend	52,98	52,98	52,98	52,98	0,000	0,000	0,0000
21	Valve	51,96	51,96	51,96	51,96	0,000	0,000	0,0000
23	Area Change	57,97	57,97	57,97	57,97	0,000	0,000	0,0000
24	Bend	57,97	57,97	57,97	57,97	0,000	0,000	0,0000
25	Valve	56,52	56,52	56,52	56,52	0,000	0,000	0,0000
27	Tee or Wye	57,91	57,91	57,92	57,92	N/A	N/A	See Mult. Losses
28	Tee or Wye	57,92	57,92	57,92	57,92	N/A	N/A	See Mult. Losses
29	Valve	56,48	56,48	56,48	56,48	0,000	0,000	0,0000
31	Tee or Wye	57,92	57,92	57,92	57,92	N/A	N/A	See Mult. Losses
32	Bend	57,92	57,92	57,92	57,92	0,000	0,000	0,0000
33	Bend	57,92	57,92	57,92	57,92	0,000	0,000	0,0000
34	Bend	52,90	52,90	52,90	52,90	0,000	0,000	0,0000
35	Bend	52,90	52,90	52,90	52,90	0,000	0,000	0,0000
36	Valve	51,88	51,88	51,88	51,88	0,000	0,000	0,0000
38	Area Change	57,92	57,92	57,92	57,92	0,000	0,000	0,0000
39	Tee or Wye	57,92	57,92	57,92	57,92	N/A	N/A	See Mult. Losses
40	Valve	56,48	56,48	56,48	56,48	0,000	0,000	0,0000
42	Bend	57,86	57,84	57,89	57,87	6,317	6,292	0,5092
43	Bend	59,32	59,31	59,35	59,34	6,317	6,292	0,5092
44	Bend	59,23	59,22	59,26	59,25	6,317	6,292	0,5092
45	Bend	57,71	57,69	57,74	57,72	6,317	6,292	0,5092
46	Tee or Wye	57,67	57,67	57,69	57,69	N/A	N/A	See Mult. Losses
47	Tee or Wye	57,52	57,52	57,54	57,54	N/A	N/A	See Mult. Losses
48	Valve	56,09	56,09	56,09	56,09	0,000	0,000	0,0000
50	Area Change	57,47	57,04	57,50	57,47	6,317	6,292	1,0000
51	Tee or Wye	53,24	53,24	53,43	53,43	N/A	N/A	See Mult. Losses
52	Valve	50,65	50,09	51,09	50,52	6,317	6,292	1,3000
54	Tee or Wye	57,69	57,69	57,69	57,69	N/A	N/A	See Mult. Losses
55	Area Change	57,69	57,69	57,69	57,69	0,000	0,000	0,0000
56	Bend	57,69	57,69	57,69	57,69	0,000	0,000	0,0000

**Continuación Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Seca AFT Fathom**

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 4 pvera		AFT Fathom Model Red Seca - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom						
Jct	Name	P Static In (m H2O std.)	P Static Out (m H2O std.)	P Stag. In (m H2O std.)	P Stag. Out (m H2O std.)	Vol. Flow Rate Thru Jct (liter/sec)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
57	Valve	56,24	56,24	56,24	56,24	0,000	0,000	0,0000
59	Bend	57,69	57,69	57,69	57,69	0,000	0,000	0,0000
60	Bend	57,69	57,69	57,69	57,69	0,000	0,000	0,0000
61	Bend	52,67	52,67	52,67	52,67	0,000	0,000	0,0000
62	Bend	52,67	52,67	52,67	52,67	0,000	0,000	0,0000
63	Valve	51,64	51,64	51,64	51,64	0,000	0,000	0,0000
X200	Valve	53,43	No Solution	53,43	No Solution	0,000	0,000	0,0000
201	Dead End	No Solution	No Solution	No Solution	No Solution	0,000	0,000	0,0000
X202	Valve	57,92	No Solution	57,92	No Solution	0,000	0,000	0,0000
203	Dead End	No Solution	No Solution	No Solution	No Solution	0,000	0,000	0,0000
204	Assigned Flow	49,90	49,90	50,33	50,33	6,317	6,292	0,0000
205	Assigned Pressure	36,91	36,91	37,00	37,00	6,317	6,292	0,0000
206	Tee or Wye	58,39	58,39	58,41	58,41	N/A	N/A	0,0000
208	Dead End	59,16	59,16	59,16	59,16	0,000	0,000	0,0000
209	Dead End	51,88	51,88	51,88	51,88	0,000	0,000	0,0000
210	Dead End	56,48	56,48	56,48	56,48	0,000	0,000	0,0000
211	Dead End	56,48	56,48	56,48	56,48	0,000	0,000	0,0000
212	Dead End	51,96	51,96	51,96	51,96	0,000	0,000	0,0000
213	Dead End	56,52	56,52	56,52	56,52	0,000	0,000	0,0000
214	Dead End	56,24	56,24	56,24	56,24	0,000	0,000	0,0000
215	Dead End	56,09	56,09	56,09	56,09	0,000	0,000	0,0000
216	Dead End	51,64	51,64	51,64	51,64	0,000	0,000	0,0000

**Anexo A 5: Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Húmeda AFT Fathom**

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 1 pvera		AFT Fathom Model - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom								
<u>Pipe Output Table</u>										
Pipe	Name	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (liter/min)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (m H2O std.)	P Static Min (m H2O std.)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	Length (meters)	dH (meters)
11	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	69,03	68,89	-21,24	-21,24	18,5000	0,139233
12	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,88	68,85	-21,24	-21,24	4,6000	0,034620
13	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,83	68,76	-21,24	-21,24	10,3000	0,077519
14	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,74	68,67	-21,24	-21,24	10,0000	0,075261
15	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	68,66	68,66	-21,24	-21,24	10,5000	0,000000
18	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,70	63,68	-21,24	-16,20	5,0400	0,000000
19	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	63,68	63,68	-16,20	-16,20	0,4000	0,000000
20	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	63,68	63,68	-16,20	-16,20	12,9000	0,000000
21	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	63,68	62,65	-16,20	-15,17	1,4500	0,000000
22	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	67,25	62,65	-15,17	-19,79	0,5000	0,000000
24	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,66	68,66	-21,24	-21,24	9,8000	0,000000
25	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,66	67,21	-21,24	-19,79	2,4100	0,000000
26	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	67,21	67,21	-19,79	-19,79	0,5000	0,000000
27	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,60	68,59	-21,24	-21,24	1,5000	0,011289
28	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	68,62	68,62	-21,24	-21,24	20,7000	0,000000
29	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,62	67,17	-21,24	-19,79	2,4100	0,000000
30	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	67,17	67,17	-19,79	-19,79	0,5000	0,000000
31	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	68,62	68,62	-21,24	-21,24	23,2000	0,000000
32	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,62	68,62	-21,24	-21,24	2,5000	0,000000
33	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,62	68,62	-21,24	-21,24	0,8000	0,000000
34	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,62	63,60	-21,24	-16,20	5,0400	0,000000
35	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	63,60	63,60	-16,20	-16,20	6,2000	0,000000
36	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	63,60	62,57	-16,20	-15,17	1,4500	0,000000
37	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	67,17	62,57	-15,17	-19,79	0,5000	0,000000
38	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	68,62	68,62	-21,24	-21,24	0,1000	0,000000
39	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,62	68,62	-21,24	-21,24	21,9000	0,000000
40	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,62	67,17	-21,24	-19,79	2,4100	0,000000
41	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	67,17	67,17	-19,79	-19,79	0,5000	0,000000
42	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,56	68,55	-21,24	-21,24	1,0000	0,007526
43	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	70,02	68,53	-21,24	-22,74	1,7000	0,012794
44	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	70,00	69,93	-22,74	-22,74	10,0000	0,075261
45	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	69,91	68,40	-22,74	-21,24	1,7000	0,012794
46	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,39	68,38	-21,24	-21,24	1,5000	0,011289
47	Pipe	4 inch	0,0	0,0000	68,38	68,38	-21,24	-21,24	20,3000	0,000000
48	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,38	66,94	-21,24	-19,79	2,4100	0,000000
49	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	66,94	66,94	-19,79	-19,79	0,5000	0,000000
50	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,38	68,38	-21,24	-21,24	1,0000	0,000000

### Continuación Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Húmeda AFT Fathom

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 2 pvera	AFT Fathom Model - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom	
--	--	---

Pipe	Name	Pipe Nominal Size	Vol. Flow Rate (liter/min)	Velocity (meters/sec)	P Static Max (m H2O std.)	P Static Min (m H2O std.)	Elevation Inlet (meters)	Elevation Outlet (meters)	Length (meters)	dH (meters)
51	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,38	68,38	-21,24	-21,24	20,7000	0,000000
52	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,38	66,94	-21,24	-19,79	2,4100	0,000000
53	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	66,94	66,94	-19,79	-19,79	1,0000	0,000000
54	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,35	68,26	-21,24	-21,24	12,0000	0,090313
55	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,29	68,29	-21,24	-21,24	0,4000	0,000000
56	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,29	68,29	-21,24	-21,24	10,0000	0,000000
57	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	68,29	66,85	-21,24	-19,79	2,4100	0,000000
58	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	66,85	66,85	-19,79	-19,79	0,5000	0,000000
59	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	67,18	66,69	-21,24	-21,24	2,5000	0,489874
60	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	66,44	66,29	-21,24	-21,24	0,8000	0,156760
61	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	66,04	60,04	-21,24	-16,20	5,0400	0,987586
62	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	59,79	59,42	-16,20	-16,20	1,9000	0,372304
63	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	59,18	57,87	-16,20	-15,17	1,4500	0,284127
64	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	60,75	56,25	-15,17	-19,79	0,5000	0,097971
200	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,38	68,38	-21,24	-21,24	0,5000	0,000000
201	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	No Solution	No Solution	-21,24	-21,24	0,1000	0,000000
202	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	68,62	68,62	-21,24	-21,24	0,5000	0,000000
203	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	No Solution	No Solution	-21,24	-21,24	0,1000	0,000000
204	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	68,67	68,63	-21,24	-21,24	5,0000	0,037631
205	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	11,53	10,30	-20,00	-21,24	1,0000	0,007526
206	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	11,51	11,50	-21,24	-21,24	1,0000	0,007526
207	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	69,29	69,28	-21,24	-21,24	1,0000	0,007526
208	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	69,26	69,25	-21,24	-21,24	2,0000	0,015052
209	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	69,23	67,77	-21,24	-19,79	1,0000	0,007526
210	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	69,19	69,04	-21,24	-21,24	20,0000	0,150522
211	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	71,50	67,80	-19,79	-23,50	1,0000	0,000000
212	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	71,50	71,50	-23,50	-23,50	0,5000	0,000000
213	Pipe	2 inch	0,0	0,0000	71,50	71,50	-23,50	-23,50	0,5000	0,000000
214	Pipe	4 inch	379,0	0,7691	69,21	67,77	-19,79	-21,24	1,0000	0,007526
215	Pipe	1-1/2 inch	0,0	0,0000	72,00	71,50	-23,50	-24,00	0,5000	0,000000
216	Pipe	2 inch	379,0	2,9178	57,01	56,81	-15,17	-15,17	1,0000	0,195950

All Junction Table

Jct	Name	P Static In (m H2O std.)	P Static Out (m H2O std.)	P Stag. In (m H2O std.)	P Stag. Out (m H2O std.)	Vol. Flow Rate Thru Jct (liter/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
10	Bend	69,04	69,03	69,07	69,06	379,0	6,292	0,5092
11	Bend	68,89	68,88	68,92	68,91	379,0	6,292	0,2716
12	Bend	68,85	68,83	68,88	68,86	379,0	6,292	0,5092
13	Bend	68,76	68,74	68,79	68,77	379,0	6,292	0,5092
14	Tee or Wye	68,64	68,64	68,66	68,66	N/A	N/A	See Mult. Losses

### Continuación Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Húmeda AFT Fathom

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 3 pvera		AFT Fathom Model - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom						
Jct	Name	P Static In (m H2O std.)	P Static Out (m H2O std.)	P Stag. In (m H2O std.)	P Stag. Out (m H2O std.)	Vol. Flow Rate Thru Jct (liter/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
15	Tee or Wye	68,68	68,68	68,70	68,70	N/A	N/A	See Mult. Losses
18	Bend	63,68	63,68	63,68	63,68	0,0	0,000	0,0000
19	Bend	63,68	63,68	63,68	63,68	0,0	0,000	0,0000
20	Bend	63,68	63,68	63,68	63,68	0,0	0,000	0,0000
21	Valve	62,65	62,65	62,65	62,65	0,0	0,000	0,0000
23	Area Change	68,66	68,66	68,66	68,66	0,0	0,000	0,0000
24	Bend	68,66	68,66	68,66	68,66	0,0	0,000	0,0000
25	Valve	67,21	67,21	67,21	67,21	0,0	0,000	0,0000
27	Tee or Wye	68,60	68,60	68,62	68,62	N/A	N/A	See Mult. Losses
28	Tee or Wye	68,62	68,62	68,62	68,62	N/A	N/A	See Mult. Losses
29	Valve	67,17	67,17	67,17	67,17	0,0	0,000	0,0000
31	Tee or Wye	68,62	68,62	68,62	68,62	N/A	N/A	See Mult. Losses
32	Bend	68,62	68,62	68,62	68,62	0,0	0,000	0,0000
33	Bend	68,62	68,62	68,62	68,62	0,0	0,000	0,0000
34	Bend	63,60	63,60	63,60	63,60	0,0	0,000	0,0000
35	Bend	63,60	63,60	63,60	63,60	0,0	0,000	0,0000
36	Valve	62,57	62,57	62,57	62,57	0,0	0,000	0,0000
38	Area Change	68,62	68,62	68,62	68,62	0,0	0,000	0,0000
39	Tee or Wye	68,62	68,62	68,62	68,62	N/A	N/A	See Mult. Losses
40	Valve	67,17	67,17	67,17	67,17	0,0	0,000	0,0000
42	Bend	68,55	68,53	68,58	68,56	379,0	6,292	0,5092
43	Bend	70,02	70,00	70,05	70,03	379,0	6,292	0,5092
44	Bend	69,93	69,91	69,96	69,94	379,0	6,292	0,5092
45	Bend	68,40	68,39	68,43	68,42	379,0	6,292	0,5092
46	Tee or Wye	68,37	68,37	68,38	68,38	N/A	N/A	See Mult. Losses
47	Tee or Wye	68,38	68,38	68,38	68,38	N/A	N/A	See Mult. Losses
48	Valve	66,94	66,94	66,94	66,94	0,0	0,000	0,0000
50	Area Change	68,38	68,38	68,38	68,38	0,0	0,000	0,0000
51	Tee or Wye	68,38	68,38	68,38	68,38	N/A	N/A	See Mult. Losses
52	Valve	66,94	66,94	66,94	66,94	0,0	0,000	0,0000
54	Tee or Wye	68,21	68,21	68,29	68,29	N/A	N/A	See Mult. Losses
55	Area Change	68,29	68,29	68,29	68,29	0,0	0,000	0,0000
56	Bend	68,29	68,29	68,29	68,29	0,0	0,000	0,0000
57	Valve	66,85	66,85	66,85	66,85	0,0	0,000	0,0000
59	Bend	66,69	66,44	67,12	66,88	379,0	6,292	0,5660
60	Bend	66,29	66,04	66,72	66,48	379,0	6,292	0,5660
61	Bend	60,04	59,79	60,47	60,23	379,0	6,292	0,5660
62	Bend	59,42	59,18	59,86	59,61	379,0	6,292	0,5660
63	Valve	56,81	56,25	57,24	56,68	379,0	6,292	1,3000
X200	Valve	68,38	No Solution	68,38	No Solution	0,0	0,000	0,0000

**Continuación Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas - Red Húmeda AFT Fathom**

Fathom 8 (Output) 26-08-2016 Page 4 pvera		AFT Fathom Model - Resultados de Cañerías, Fittings y Válvulas AFT Fathom						
Jct	Name	P Static In (m H2O std.)	P Static Out (m H2O std.)	P Stag. In (m H2O std.)	P Stag. Out (m H2O std.)	Vol. Flow Rate Thru Jct (liter/min)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
201	Dead End	No Solution	No Solution	No Solution	No Solution	0,0	0,000	0,0000
X202	Valve	68,62	No Solution	68,62	No Solution	0,0	0,000	0,0000
203	Dead End	No Solution	No Solution	No Solution	No Solution	0,0	0,000	0,0000
207	Reservoir	10,33	10,33	10,33	10,33	379,0	6,292	0,0000
208	Pump	11,50	69,29	11,53	69,32	379,0	6,292	0,0000
209	Valve	11,53	11,51	11,56	11,54	379,0	6,292	0,7638
210	Bend	69,28	69,26	69,31	69,29	379,0	6,292	0,5092
211	Valve	69,25	69,23	69,28	69,26	379,0	6,292	0,7638
212	Bend	69,21	69,19	69,24	69,22	379,0	6,292	0,5092
214	Dead End	67,17	67,17	67,17	67,17	0,0	0,000	0,0000
215	Dead End	67,17	67,17	67,17	67,17	0,0	0,000	0,0000
216	Dead End	67,25	67,25	67,25	67,25	0,0	0,000	0,0000
217	Dead End	67,21	67,21	67,21	67,21	0,0	0,000	0,0000
218	Dead End	66,94	66,94	66,94	66,94	0,0	0,000	0,0000
219	Dead End	66,85	66,85	66,85	66,85	0,0	0,000	0,0000
220	Dead End	67,17	67,17	67,17	67,17	0,0	0,000	0,0000
221	Dead End	66,94	66,94	66,94	66,94	0,0	0,000	0,0000
222	Bend	71,50	71,50	71,50	71,50	0,0	0,000	0,0000
223	Bend	71,50	71,50	71,50	71,50	0,0	0,000	0,0000
225	Tee or Wye	67,79	67,79	67,80	67,80	N/A	N/A	0,0000
226	Area Change	71,50	71,50	71,50	71,50	0,0	0,000	0,0000
227	Dead End	72,00	72,00	72,00	72,00	0,0	0,000	0,0000
230	Assigned Pressure	60,75	60,75	61,18	61,18	379,0	6,292	0,0000
231	Valve Ventosa	57,87	57,01	58,30	57,44	379,0	6,292	2,0000