



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Diseño Moderno de Sistemas de Agua para Protección Contra Incendios  
Edificio Publishing**

**Andrés Esteban Proaño Guevara**

**Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero  
Mecánico.**

**Quito**

**Mayo de 2012**

**Universidad San Francisco de Quito  
Colegio de Ingeniería Mecánica**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Diseño Moderno de Sistemas de Agua para Protección contra Incendios  
Edificio Publishing**

**Andrés Esteban Proaño Guevara**

**Laurent Sass, PHD.**

**Director de Tesis**

.....

**Jesús Portilla, PHD.**

**Miembro del Comité de Tesis**

.....

**Pedro Meneses, Ms.C.**

**Miembro del Comité de Tesis**

.....

**Alfredo Valarezo, PHD.**

**Miembro del Comité de Tesis**

.....

**Santiago Gangotena, PHD.**

**Decano del Colegio Politécnico**

.....

**Quito, mayo de 2012**

© Derechos de autor  
Andrés Esteban Proaño Guevara  
2012

**Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres, quienes han sido un apoyo incondicional en mi vida personal y profesional. Espero que se sientan muy orgullosos de lo que hemos logrado juntos y que sepan que jamás los defraudaré.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres y hermanas por el apoyo emocional que me han brindado durante toda la vida. A mis profesores, por la incansable labor de compartir sus conocimientos y brillantes ideas. A mis compañeros de carrera, por su comprensión, amistad e infinitos momentos inolvidables de estudio y diversión. Y sobre todo, agradezco a Dios, por darme la fuerza y sabiduría necesarias para cumplir mis metas personales y profesionales.

## Resumen

Este proyecto se refiere al estudio de los pasos sistemáticos que se deben seguir para realizar el diseño correcto de un sistema de agua para protección contra incendios, como es el del Edificio Publishing ubicado en la ciudad de Quito - Ecuador. Se analizan las principales características de combustión, tipos de incendios y sistemas para combatirlos. Además, se describe la ubicación y función de cada componente del sistema. Posteriormente, se procede a realizar el dibujo ingenieril bajo los parámetros que indica la norma americana NFPA (National Fire Protection Association), la cual describe la ubicación de la tubería, válvulas, accesorios, rociadores, mangueras y bomba de agua de la red. Una vez realizado todo el esquema gráfico sobre los planos arquitectónicos, se procede a realizar el cálculo hidráulico para seleccionar el caudal y la presión que deberá suministrar la bomba de agua para alimentar el sistema. Dicho cálculo se realiza por medio de un software profesional para diseño de sistemas contra incendios llamado SprinkCAD, cuya efectividad se comprueba por medio de un ejemplo de cálculo realizado de manera manual. Finalmente, se seleccionan los materiales y equipos según los resultados hidráulicos obtenidos. Todos estos elementos deben estar listados para ser utilizados en sistemas contra incendios según la norma NFPA.

## **Abstract**

This project refers to the study of the systematic steps to follow in order to perform the correct design of fire protection water systems such as the one of the Publishing Building located in the city of Quito - Ecuador. It is discussed the main characteristics of combustion, the types of fires and the systems to fight them. It is also described the location and function of each system component. Subsequently, it is proceeded to perform the engineering drawing under the NFPA (National Fire Protection Association) standard, which describes the location of the pipe, valves, fittings, sprinklers, hoses and the fire pump of the network. Once the graphic scheme has been made over the architectural plans, it is proceeded to perform the hydraulic calculations to select the flow and pressure that the fire pump will have to provide to the system. The calculation is made by a professional software used for the design of fire protection systems called SprinkCAD, whose precision is compared with a manual calculation example. Finally, the materials and equipment are selected according to the results of the hydraulic calculations. All these elements must be listed to be used in fire protection systems as shown in the NFPA standard.

## Tabla de Contenido

<b>Introducción.</b>	1
<b>Objetivos.</b>	3
<b>1. Fundamentos Teóricos.</b>	4
1.1 Principios de Combustión.	4
1.2 Tipos de Incendios.	5
1.3 Sistemas de Protección de Incendios.	5
1.4 Sistemas de Agua para Protección contra Incendios.	6
<b>2. Equipos y Accesorios Mecánicos del Sistema.</b>	9
2.1 Bomba de Incendios.	12
2.2 Bomba Jockey.	16
2.3 Tablero de Control de la Bomba Principal.	17
2.4 Tablero de Control de la Bomba Jockey.	18
2.5 Arreglo Vertical.	20
2.6 Otras Válvulas.	29
2.7 Rociadores.	37
2.8 Gabinetes y Puntos de Manguera para Control de Incendios.	39
<b>3. Norma NFPA (National Fire Protection Association)</b>	42
3.1 Uso de la Norma NFPA	44
3.2 Descripción de los Principales Artículos de la Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores (NFPA 13), aplicables para el Diseño del Edificio Publishing.	46
3.2.1 Definiciones	46
3.2.2 Requisitos Generales	47
3.2.3 Clasificación de las Ocupaciones y Mercancías.	48

3.2.4 Componentes y Accesorios del Sistema.	49
3.2.5 Requisitos de la Instalación.	56
3.2.6 Suspensión, Arriostramiento y Sujeción de la Tubería del Sistema.	63
3.2.7 Enfoques de Diseño.	64
3.2.8 Planos y Cálculos.	67
3.3 Descripción de los Principales Artículos de la Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras (NFPA 14), aplicables para el Diseño del Edificio Publishing.	77
3.3.1 Componentes del Sistema.	77
3.3.2 Diseño.	78
3.4 Descripción de los Principales Artículos de la Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección de Incendios (NFPA 20), aplicables para el Diseño del Edificio Publishing.	84
3.4.1 Requerimientos Generales.	84
3.4.2 Bombas Centrífugas.	96
<b>4. Proceso de Diseño de Sistemas de Agua para Protección de Incendios.</b>	<b>98</b>
4.1 Análisis del Proceso de Diseño por medio de un Ejemplo Práctico referente a una Fábrica de Vidrio.	98
4.2 Cálculos Hidráulicos	105
4.2.1 Ecuación de Flujo de un Orificio.	105
4.2.2 Ecuación de Hazen - Williams.	106
4.2.3 Ecuación de Darcy - Weisbach.	107
4.2.4 Ecuación de Colebrook.	108
4.2.5 Número de Reynolds.	108
4.2.6 Comparación de la Ecuación de Darcy - Weisbach con la Ecuación de Hazen - Williams.	110
4.2.7 Cálculo Hidráulico Manual de la Red de Incendios de la Fábrica de Vidrio por medio de la Ecuación de Hazen - Williams.	116

4.3 Software para el Desarrollo del Diseño y Cálculos Hidráulicos Automáticos de Sistemas de Agua para Protección contra Incendios.	124
4.3.1 Verificación de los Cálculos Hidráulicos Manuales de la Fábrica de Vidrio por medio de SprinkCAD.	125
4.3.2 Comparación de Resultados de Cálculos Hidráulicos realizados con SprinkCAD para la Fábrica de Vidrio por medio de la Ecuación de Darcy - Weisbach y la Ecuación de Hazen - Williams.	135
<b>5. Diseño del Sistema de Agua para Protección contra Incendios del Edificio Publishing.</b>	<b>137</b>
5.1 Tipo de Edificación.	137
5.2 Tipo Riesgo según NFPA 13.	137
5.3 Dibujo del Sistema de Incendios del Edificio Publishing.	138
5.3.1 Datos y Restricciones según la norma NFPA 13.	138
5.3.2 Descripción a Detalle del Dibujo de la Red de Incendios de cada Piso del Edificio Publishing.	139
5.4 Cálculos Hidráulicos .	146
5.4.1 Información del Proyecto.	147
5.4.2 Información del Área de Diseño.	148
5.4.3 Perímetro del Área de Diseño.	149
5.4.4 Información de Rociadores.	151
5.4.5 Información de Mangueras.	151
5.4.6 Información del Suministro de Agua.	152
5.5 Análisis de Resultados.	153
5.6 Selección de la Bomba.	154
5.6.1 Dimensionamiento de la Bomba de Incendios.	154
<b>Conclusiones y Recomendaciones.</b>	<b>162</b>
<b>Bibliografía.</b>	<b>164</b>

<b>ANEXO A</b>	166
Figura A1. Curva de Suministro y Punto de Demanda de la Fábrica de Vidrio.	167
Figura A2. Bomba de Carcasa Partida (Split Case) / Vista Explicativa.	168
Figura A3. Bomba de Succión Terminal (End Suction) / Vista Explicativa.	169
Figura A4. Bomba Lineal (Vertical In Line) / Vista Explicativa.	170
Figura A5. Bomba Vertical de Turbina / Vista Explicativa.	171
Figura A6. Bomba Jockey Multi - Etapas / Vista Explicativa.	172
Figura A7. Vista Exterior del Tablero de Control de la Bomba Principal de Incendios.	173
Figura A8. Vista Exterior del Tablero de Control de la Bomba Jockey.	174
Tabla A1. Tabla de Resultados del Ejemplo de Cálculo Hidráulico Manual de la Fábrica de Vidrio / Parte 1.	175
Tabla A2. Tabla de Resultados del Ejemplo de Cálculo Hidráulico Manual de la Fábrica de Vidrio / Parte 2.	176
<b>ANEXO B</b>	177
<b>Tablas y Figuras de la Norma NFPA 13</b>	
Tabla 6.2.3.1 Identificación de las Características de Descarga de los Rociadores.	178
Tabla 6.2.5.1 Rangos de Temperatura, Clasificaciones y Código de Color.	178
Tabla 6.3.6.1 Materiales y Dimensiones de las Tuberías Especialmente Listadas.	178
Tabla 6.3.1.1 Materiales y Dimensiones de las Tuberías.	179
Tabla 6.4.1 Materiales y Dimensiones de los Accesorios.	180
Tabla 6.4.3 Materiales y Dimensiones de los Accesorios Especialmente Listados.	181
Tabla 8.6.2.2.1 (a) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociador Estándar Montante / Rociador Estándar Colgante) para Riesgo Ligero.	181
Tabla 8.6.2.2.1 (b) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociador Estándar Montante / Rociador Estándar Colgante) para Riesgo Ordinario.	181
Tabla 8.6.2.2.1 (c) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociador Estándar Montante / Rociador Estándar Colgante) para Riesgo Extra.	182
Tabla 8.6.2.2.1 (d) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociador Estándar Montante / Rociador Estándar Colgante) para Almacenamiento en Pilas Altas.	183

Tabla 8.7.2.2.1 Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociadores de Pared de Rociado Estándar).	183
Tabla 8.16.2.4.2 Dimensiones del Drenaje.	184
Tabla 9.2.2.1 (a) Distancia Máxima entre Soportes (pies - pulg).	185
Tabla 9.2.2.1 (b) Distancia Máxima entre Soportes (métrico).	185
Tabla 11.2.2.1 Requisitos de Abastecimiento de Agua para Sistemas de Rociadores por Tablas de Cálculo.	186
Tabla 11.2.3.1.1 Curvas Densidad / Área.	186
Tabla 11.2.3.1.2 Requisitos para la Asignación de Chorros de Mangueras y de Duración del Abastecimiento de Agua para Sistemas Calculados Hidráulicamente.	186
Tabla 22.4.3.1.1 Tabla de Longitudes Equivalentes de la Tubería de Acero Cédula 40.	187
Tabla 22.4.4.7 Valores de C de Hazen - Williams.	188
Tabla 22.5.2.2.1 Tabulación de Tuberías para Riesgo Ligero.	188
Tabla 22.5.2.4 Número de Rociadores Encima y Debajo de un Cielo Raso.	188
Tabla 22.5.3.4 Tabulación de Tuberías para Riesgo Ordinario.	189
Tabla 22.5.3.5 Número de Rociadores - Separaciones Mayores que 12 pies (3.7 m).	189
Tabla 22.5.3.7 Número de Rociadores Encima y Debajo de un Cielo Raso.	189
 <b>Tablas y Figuras de la Norma NFPA 14</b>	
Tabla 7.8.2.1 Tuberías Verticales por Cédula (Tabla) de Tubería y por los Tamaños de Tubería Nominal Mínima para los Tubos de Suministro (en pulgadas).	190
 <b>Tablas y Figuras de la Norma NFPA 20</b>	
Tabla 5.8.2 Capacidades de Bombas Centrífugas contra Incendios.	191
Tabla 5.12.1.1.2 Protección del Equipamiento.	191
Tabla 5.25 (a) Resumen de Información sobre Bomba Centrífuga contra Incendio	192
Tabla 5.25 (b) Resumen de Información sobre Bomba Centrífuga contra Incendio (métrico).	193
Figura A.6.2. Curvas de Características de la Bomba.	194

<b>ANEXO C</b>	195
Figura C1. Vista General Subsuelo 3.	196
Figura C2. Vista Detallada de la Red de Incendios del Subsuelo 3.	197
Figura C3. Modelo 3D del SCI del Subsuelo 3.	198
Figura C4. Vista General Subsuelo 2.	199
Figura C5. Vista Detallada de la Red de Incendios del Subsuelo 2.	200
Figura C6. Modelo 3D del SCI del Subsuelo 2.	201
Figura C7. Vista General Subsuelo 1.	202
Figura C8. Vista Detallada de la Red de Incendios del Subsuelo 1.	203
Figura C9. Modelo 3D del SCI del Subsuelo 1.	204
Figura C10. Vista General Planta Baja.	205
Figura C11. Vista Detallada de la Red de Incendios de la Planta Baja.	206
Figura C12. Modelo 3D del SCI de la Planta Baja.	207
Figura C13. Vista General Piso 1.	208
Figura C14. Vista Detallada de la Red de Incendios del Piso 1.	209
Figura C15. Modelo 3D del SCI del Piso 1.	210
Figura C16. Vista General Piso 2.	211
Figura C17. Vista Detallada de la Red de Incendios del Piso 2.	212
Figura C18. Modelo 3D del SCI del Piso 2.	213
Figura C19. Vista General Piso 3.	214
Figura C20. Vista Detallada de la Red de Incendios del Piso 3.	215
Figura C21. Modelo 3D del SCI del Piso 3.	216
Figura C22. Vista General Terraza.	217
Figura C23. Vista Detallada de la Red de Incendios de la Terraza.	218
Figura C24. Modelo 3D del SCI de la Terraza.	219
Figura C25. Modelo 3D del Sistema Completo de Protección de Incendios del Edificio Publishing.	220
Figura C26. Detalle del Montante Vertical y Alimentadores de cada Piso.	221
Figura C27. Detalle de Rociadores Colgantes.	222
Figura C28. Detalle de Rociadores Montantes.	223
Figura C29. Detalle de Rociadores de Pared Horizontales.	224
Figura C30. Diagrama del Arreglo de la Bomba de Incendios del Edificio Publishing.	225

<b>ANEXO D</b>	226
Figura D1. Área Calculada del Subsuelo 3.	227
Figura D2. Áreas Calculadas del Subsuelo 2.	228
Figura D3. Áreas Calculadas del Subsuelo 1.	229
Figura D4. Áreas Calculadas de la Planta Baja.	230
Figura D5. Áreas Calculadas del Piso 1.	231
Figura D6. Áreas Calculadas del Piso 2.	232
Figura D7. Áreas Calculadas del Piso 3.	233
Figura D8. Áreas Calculadas de la Terraza.	234
Figura D9. Gráfica del Resultado de Demanda y Suministro del SCI del Edificio Publishing.	235
Tabla D1. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Hazen - Williams, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio. Parte 1.	236
Tabla D2. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Hazen - Williams, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio. Parte 2.	237
Tabla D3. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Darcy - Weisbach, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio. Parte 1.	238
Tabla D3. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Darcy - Weisbach, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio. Parte 2.	239
Tabla D5. Datos de Distribución de Rociadores del Edificio Publishing.	240
Tabla D6. Resultados de Todas las Áreas Calculadas del Edificio Publishing. Unidades Sistema Inglés.	241
Tabla D7. Resultados de Todas las Áreas Calculadas del Edificio Publishing. Unidades Sistema Métrico.	242
Tabla D8. Lista de Precios de Bombas de Agua para Incendios.	243
Tabla D9. Lista de Materiales / Parte 1.	244
Tabla D10. Lista de Materiales / Parte 2.	245
Tabla D11. Lista de Materiales / Parte 3.	246

Tabla D12. Lista de Materiales / Parte 4.	247
Tabla D13. Especificaciones Técnicas de los Equipos y Materiales del Sistema de Incendios del Edificio Publishing / Parte 1.	248
Tabla D14. Especificaciones Técnicas de los Equipos y Materiales del Sistema de Incendios del Edificio Publishing / Parte 2.	249
Detalle D1. Suspensión, Arriostramiento y Sujeción de la Tubería del Sistema contra Incendios del Edificio Publishing.	250
Tabla D15. Presupuesto Referencial de Instalación de la Red de Protección contra Incendios del Edificio Publishing.	254

## Lista de Figuras

### Capítulo 1. Fundamento Teóricos.

Figura 1.1 (a). Sistema de Árbol.

Figura 1.1 (b). Sistema de Lazo (Circuito).

Figura 1.1 (c). Sistema Cuadrulado.

### Capítulo 2. Componentes del Sistema.

Figura 2.1. Diagrama General de un Sistema de Protección contra Incendios Típico.

Figura 2.2. Detalle del Impulsor de la Bomba de Incendios.

Figura 2.3. Bomba de Carcasa Partida.

Figura 2.4. Bomba de Succión Terminal.

Figura 2.5. Bomba Lineal.

Figura 2.6. Bomba Vertical de Turbina.

Figura 2.7. Bomba Jockey Multi - Etapa.

Figura 2.8. Tablero de Control de la Bomba Principal contra Incendios.

Figura 2.9. Tablero de Control de la Bomba Jockey.

Figura 2.10. Válvula de Alarma de tipo Retención.

Figura 2.11. Válvula de Alarma de tipo Retención / Vista Explicativa.

Figura 2.12. Válvula de Control tipo Mariposa.

Figura 2.13. Válvula de Control tipo Mariposa / Vista Explicativa.

Figura 2.14. Manómetro con Muelle Tubular.

Figura 2.15. Manómetro con Muelle Tubular / Vista Explicativa.

Figura 2.16. Cámara de Retardo.

Figura 2.17. Cámara de Retardo / Vista Explicativa.

Figura 2.18. Montaje de Restricción / Vista Explicativa.

Figura 2.19. Interruptor de Alarma de Presión.

Figura 2.20. Alarma de Incendio.

Figura 2.21. Alarma de Incendio / Vista Explicativa.

Figura 2.22. Válvula Angular.

Figura 2.23. Válvula Angular / Vista Explicativa.

- Figura 2.24. Arreglo Vertical.
- Figura 2.25. Arreglo Múltiple.
- Figura 2.26. Arreglo Múltiple / Vista Explicativa.
- Figura 2.27. Válvula de Retención Regular.
- Figura 2.28. Válvula de Retención Regular / Vista Explicativa.
- Figura 2.29. Válvula de Compuerta.
- Figura 2.30. Válvula de Compuerta / Vista Explicativa.
- Figura 2.31. Válvula de Bola.
- Figura 2.32. Válvula de Bola / Vista Explicativa.
- Figura 2.33. Filtro.
- Figura 2.34. Filtro / Vista Explicativa.
- Figura 2.35. Válvula Reguladora de Presión.
- Figura 2.36. Válvula Reguladora de Presión / Vista Explicativa.
- Figura 2.37. Válvula de Alivio.
- Figura 2.38. Válvula de Alivio / Vista Explicativa.
- Figura 2.39. Rociadores Estándar.
- Figura 2.40. Gabinete con Manguera de 1-1/2 pulgadas y Extintor.
- Figura 2.41. Gabinete con Válvula Angular de 2-1/2 pulgadas.
- Figura 2.42. Gabinete con Manguera de 1-1/2 pulgadas, Válvula Angular de 2-1/2 pulgadas y Extintor.
- Figura 2.43. Gabinete con Válvula Angular de 2-1/2 pulgadas y Extintor.

#### **Capítulo 4. Proceso de Diseño de Sistemas de Agua para Protección de Incendios**

- Figura 4.1. Diagrama de la Fábrica de Vidrio.
- Figura 4.2. Sección Vertical del Montante de Alimentación de la Fábrica de Vidrio.
- Figura 4.3. Sistema para Alimentar una Manguera de 1-1/2 pulg (38 mm).
- Gráfica 4.1. Función de pérdida de presión en juego de válvulas BFP de 4 pulgadas.  
Propiedad de Viking Group.
- Figura 4.4. Rociadores
- Figura 4.5. Tubería Principal, Suministro y Tapón.
- Figura 4.6. Ramales.
- Figura 4.7. Subientes, Bajantes y Elevaciones.

Figura 4.8. Asignación de Diámetros de Tubería.

Figura 4.9. Conexión Vertical de Puntos en Común.

Figura 4.10. Válvulas Gráficas.

Figura 4.11. Bomba de Incendios Gráfica.

Figura 4.12. Información del Proyecto.

Figura 4.13. Información del Área de Diseño.

Figura 4.14. Ejemplo del Perímetro del Área de Diseño.

Figura 4.15. Información Asignada a un Rociador.

Figura 4.16. Información Asignada a una Manguera.

Figura 4.17. Información del Suministro de Agua.

Figura 4.18. Información del Área de Diseño con el Método de Darcy - Weisbach.

## **Capítulo 5. Diseño del Sistema de Agua para Protección contra Incendios del Edificio Publishing.**

Figura 5.1. Distribución de Rociadores en el Cuarto de Mensajeros.

Figura 5.2. Distribución de Rociadores en la Sala Relax.

Figura 5.3. Distribución de Rociadores en el Archivo.

Figura 5.4. Información del Proyecto del Edificio Publishing.

Figura 5.5. Información del Área de Diseño de los Subsuelos del Edificio Publishing.

Figura 5.6. Información del Área de Diseño de los Pisos Altos del Edificio Publishing.

Figura 5.7. Información del Suministro de Agua para el Edificio Publishing.

Tabla 5.1. Resumen de Resultados de los Cálculos Hidráulicos del Edificio Publishing.

Figura A.6.2 de NFPA 20. Curva Característica de la Bomba.

Figura 5.8. Hidrantes de una Red de Suministro.

Figura 5.9. Información Gráfica de la Demanda, Suministro y Bomba de Incendios.

Figura 5.10. Curva A-9081-1 MOD 4x4x9.5 F. Propiedad de AC Pump ITT.

## **Introducción**

Los sistemas contra incendios forman una parte muy importante en la industria de la construcción de edificaciones a gran escala. Estos sistemas pueden variar según el tipo de riesgo, materiales y equipos que se intente proteger. En el presente texto se analizarán los principios teóricos, los componentes principales, las normativas y el proceso de diseño de un sistema profesional de agua para protección contra incendios.

Es importante conocer los métodos modernos que se utilizan para generar un diagrama ingenieril acompañado de cálculos hidráulicos. En este caso se utilizará un programa llamado SprinkCAD, cuyas herramientas ayudarán a obtener resultados precisos en tiempos relativamente cortos. Sin embargo, los programas son inútiles si no se conocen los conceptos y normativas que se deben respetar para realizar un diseño correcto. Es por eso, que en este texto, se explicará que es lo que hace exactamente el programa de computación SprinkCAD y cómo se debe alimentar la información hidráulica que necesita para obtener los resultados deseados de manera correcta. Además, se debe conocer detalladamente los equipos y accesorios que se utilizan en el sistema para poder seleccionarlos adecuadamente una vez finalizado el análisis ingenieril.

La norma en la cual se basa este estudio es la NFPA (National Fire Protection Association) de Estados Unidos, la cual ha sido realizada en base a múltiples experimentos y bajo investigación de eventos reales de incendios. Se utiliza esta norma porque todos los equipos y accesorios certificados que existen en el mercado se fabrican en base a las especificaciones que esta norma requiere.

Lamentablemente, en el Ecuador no existe una normativa lo suficientemente explicativa y estandarizada para aplicar en los diversos proyectos comerciales y residenciales que se realizan. Es por eso que la mayoría de sistemas contra incendios en los diferentes tipos de edificaciones son poco funcionales y hasta inútiles. Aunque en la actualidad se está haciendo algo para mejorar estos sistemas, no se logra llegar al nivel mínimo de protección que requiere la norma NFPA americana. Diseños e instalaciones realizados bajo dicha norma pueden realizarse solamente para compañías multinacionales que vienen a invertir en el país pero se rigen a estándares internacionales, tales como General Motors o Lafarge.

Esta tesis se realiza con el propósito de describir los procesos correctos que se deben seguir para realizar un diseño y posterior instalación de una red hídrica para protección de incendios funcional y alcanzable, aplicable a cualquier tipo de edificación que lo requiera, como es el caso del Edificio Publishing de la ciudad de Quito, que será analizado en este texto.

Una vez comprendido el procedimiento, se podrá realizar el diseño normalizado de una red de agua para protección contra incendios que garantizará la seguridad de las personas y bienes materiales que una construcción determinada pretenda resguardar.

## **Objetivos**

1. Conocer los tipos de sistemas de protección contra incendios y cuando deben ser utilizados.
2. Analizar los fundamentos teóricos referentes a los sistemas de agua para protección contra incendios.
3. Conocer los equipos y materiales que componen un sistema de agua de protección contra incendios.
4. Analizar las ecuaciones que se utilizan en el cálculo del diseño de un sistema hidráulico para protección contra incendios.
5. Analizar las normas de la NFPA y seleccionar las adecuadas para el tipo de edificación y riesgo que se intenta proteger.
6. Realizar el diagrama ingenieril explicativo de una edificación real como es el Edificio Publishing de la ciudad de Quito – Ecuador.
7. Realizar el cálculo hidráulico de la red de protección de rociadores y gabinetes perteneciente al Edificio Publishing por medio de un software profesional de ingeniería referente a sistemas contra incendios.
8. Analizar los resultados del cálculo hidráulico realizado y seleccionar de manera correcta los equipos y materiales que se deberán instalar en la respectiva edificación.

## 1. Fundamentos Teóricos

### 1.1 Principios de Combustión [8]

La combustión es el proceso que experimenta un producto al quemarse. También se la conoce como el cambio químico de oxidación acompañado por la producción de calor y luz. El fuego en sí, es una reacción rápida de oxidación exotérmica. Esto significa que crece rápidamente, emite calor y utiliza oxígeno para descomponer químicamente al combustible. Para que se inicie un fuego es necesario que se presenten conjuntamente estos tres factores: combustible, oxígeno y calor o energía de activación. El calor que se produce por el fuego varía dependiendo del combustible que se está quemando.

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos. La exposición a un incendio puede producir heridas muy graves y hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente por quemaduras graves.

Además, existe una reacción en cadena que ocurre químicamente con la combinación de un ión formado de oxígeno e hidrógeno ( $\text{OH}^-$ ). Esta es una combinación química que puede ocurrir a partir de la unión del ión cargado negativamente, tal como  $\text{OH}^-$ , y el combustible descomponiéndose durante la combustión.

Los elementos sólidos y líquidos deben pasar por un cambio físico a gas antes de que puedan incendiarse o quemarse. Durante el proceso de combustión, la descomposición química de sólidos y líquidos se da por la aplicación de calor. A esto se le llama pirolisis o gasificación. Luego, los gases se combinan con el oxígeno y emiten calor como un subproducto del fuego.

Los incendios en los edificios pueden empezar con fallos en las instalaciones eléctricas o instalaciones de combustión, como las calderas, escapes de combustible, accidentes en la cocina, niños jugando con mecheros o cerillas, o accidentes que implican otras fuentes de fuego, como velas y cigarrillos. El fuego puede propagarse rápidamente a otras estructuras, especialmente a aquellas en las que no se cumple con las normas básicas de seguridad.

## 1.2 Tipos de Incendios [8]

Los incendios se clasifican en cuatro grupos como sigue:

**Clase A:** Se refiere a incendios que tienen que ver con materiales combustibles ordinarios como: madera, papel, caucho, telas y plásticos.

**Clase B:** Incendios que implican gasolina, aceites, pintura, gases y líquidos inflamables y lubricantes.

**Clase C:** Son aquellos incendios que comprometen la parte eléctrica.

**Clase D:** Incendios que implican metales combustibles, como el sodio, el magnesio, el potasio u otros que pueden entrar en ignición cuando se reducen a limaduras muy finas.

## 1.3 Sistemas de Protección de Incendios [8]

Para proteger un edificio contra incendios se pueden utilizar los siguientes sistemas:

**Sistemas de Agua:** Generalmente utilizados en edificaciones con riesgo ligero, ordinario y en almacenamiento de materiales de características regulares (Incendios Clase A).

**Sistemas Secos o Pre – acción:** Se utilizan en zonas de riesgo ordinario y extra como cuartos eléctricos y refrigerados (Incendios Clase A y C).

**Sistemas de Espuma:** Se usan en riesgos especiales donde se almacenan combustibles, líquidos inflamables y algunas sustancias químicas (Incendios Clase B).

**Sistemas de Agentes Limpios:** Se usan en riesgos especiales en donde no puede haber conductividad eléctrica durante la extinción y en donde el agente extintor no pueda producir residuos o dañar el material almacenado. Estos sistemas se utilizan generalmente en cuartos de datos, museos y librerías (Clase A, C y D).

Todos estos sistemas de detección son complementarios y generalmente van acompañados de un sistema eléctrico de detección de incendios. Debido a la complejidad de cada sistema, en este texto se analizarán a detalle solamente los sistemas de agua para protección contra incendios Clase A.

## **1.4 Sistemas de Agua para Protección contra Incendios [12]**

### **1.4.1 Redes de Tubería**

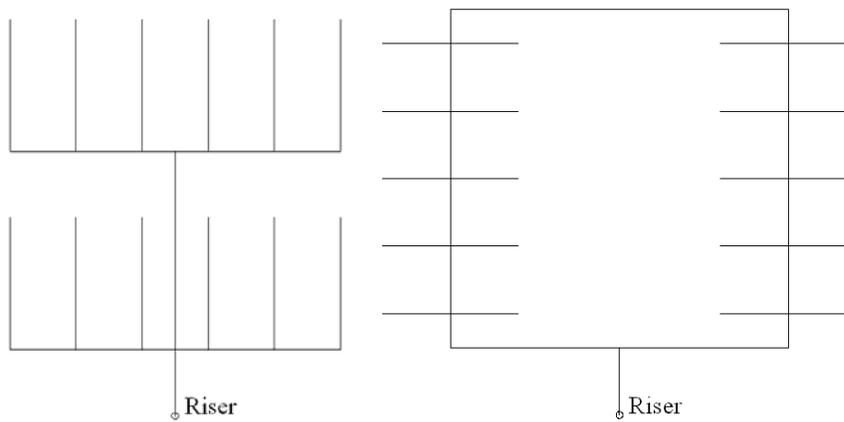
Los sistemas de agua para protección de incendios tienen como objetivo el extinguir todo tipo de llamas con agua a alta presión, cuando el caso o escenario lo permita. Estos sistemas se componen básicamente de una red de tuberías conectadas a dispositivos de descarga (rociadores y gabinetes) cuya alimentación proviene de una fuente de agua acompañada de una bomba hidráulica, en caso de necesitarla.

Las redes de tubería pueden ser diseñadas con la configuración de un sistema de árbol, un sistema cuadrículado o de un sistema de lazo (circuito). En los sistemas comunes de árbol se instala una tubería principal con solamente una trayectoria de agua para alimentar al rociador más lejano. Los cálculos y la instalación de estos sistemas pueden resultar relativamente más sencillos. Ver Figura 1.1 (a).

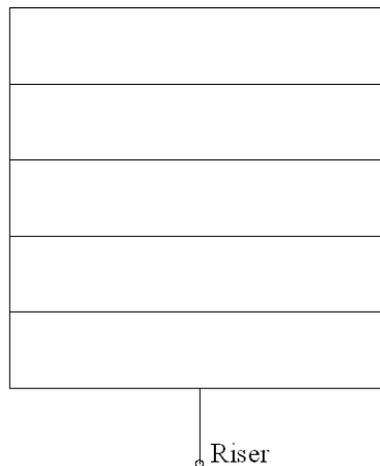
Si se aplica un circuito, la tubería principal puede tomar más de una trayectoria para alimentar al rociador más lejano. Este sistema es eficiente porque tiene la ventaja de llevar cantidades menores de agua a través de las tuberías principales, las cuales se conectan entre sí en los extremos. Con esto podemos disminuir el tamaño de la tubería ya que tenemos menor presión. Ver Figura 1.1 (b).

Los sistemas cuadrículados se utilizan cuando el área a proteger es rectangular y considerablemente grande. Este es el sistema más eficiente ya que se pueden tener múltiples trayectorias compuestas por la tubería principal y los ramales por estar conectados entre sí. Sin embargo, por motivo de costos e instalación no es muy común en edificaciones de riesgo ligero y ordinario. Ver Figura 1.1 (c).

Aunque los diseños de lazo y cuadrículado tienen un pequeño beneficio económico por lo que necesitan menos rociadores o tubería más pequeña, requieren un diseño hidráulico más complejo. Además, se debe considerar la arquitectura de la edificación en donde será aplicado el sistema y la posibilidad de combinar los diferentes tipos de diseño.



*Figura 1.1 (a). Sistema de Árbol.      Figura 1.1 (b). Sistema de lazo (circuito).*



*Figura 1.1 (c). Sistema Cuadrulado.*

## 1.4.2 Sistemas de Rociadores

Los sistemas de rociadores son aquellos que constan de tramos de tubería que están interconectados por boquillas rociadoras y se activan automáticamente debido a un aumento considerable de temperatura.

## 1.4.3 Sistemas de Gabinetes

Estos sistemas se refieren a tramos de tubería que alimentan mangueras para protección de incendios por medio de válvulas ubicadas en cajetines o gabinetes. Estas mangueras son

activadas de manera manual por personal entrenado o directamente por el cuerpo de bomberos.

Ambos sistemas se pueden instalar de manera independiente con dos líneas principales de alimentación y dos montantes verticales así como también de manera complementaria con una línea principal y un montante vertical en donde se debe tomar como referencia la presión y el caudal de más alta demanda.

#### **1.4.4 Componentes Principales de una Red de Rociadores y Gabinetes**

Los principales componentes de un sistema de agua son:

Rociadores: Boquillas cerradas con bulbos sensibles a la temperatura.

Gabinetes: Contienen un extintor y una válvula angular para acoplar una manguera.

Ramales: Tubería que alimenta a los rociadores.

Línea Principal: Tubería que alimenta ramales, rociadores y gabinetes.

Montante Vertical (Riser): Tubería que alimenta las líneas principales y que atraviesa diferentes pisos.

Suministro de Agua: Acometida de la calle y/o bomba de agua.

Válvulas: Dispositivos de control de flujo, presión y alarma.

Soportes: Dispositivos para anclar la red de tubería y sus respectivos componentes.

## 2. Equipos y Accesorios Mecánicos del Sistema

Un sistema contra incendios está compuesto de una serie de equipos, accesorios y materiales tal como se muestra en la Figura 2.1 y su descripción general se detalla a continuación.

1. Bomba de Incendios: Suministra la presión y caudal determinados.
2. Bomba Jockey: Mantiene la presión del sistema.
3. Tablero de Control de la Bomba Principal: Controla el encendido y apagado de la bomba principal.
4. Tablero de Control de la Bomba Jockey: Controla el encendido y apagado de la bomba jockey.
5. Válvula de Alarma: Controla el flujo de una zona específica y genera una alarma en caso de ser abierta.
6. Válvula de Control tipo Mariposa: Controla el paso del agua en posición “abierta” o “cerrada” en la dirección de una línea recta.
7. Válvula Angular: Controla el paso del agua en posición “abierta” o “cerrada” en donde la boca de salida es perpendicular a la boca de entrada.
8. Arreglo Múltiple: Sirve para censar la presión de un área específica y permite simular la activación de rociadores mediante una válvula de drenaje.
9. Válvula de Retención (Check): Se utiliza para asegurar que el flujo de agua se genere en una sola dirección, evitando el contraflujo.
10. Válvula de Compuerta: Controla el paso del agua en posición “abierta” o cerrada. Se utiliza para presiones y caudales considerablemente altos.
11. Rociadores: Boquillas activadas automáticamente por calor por donde se libera el agua contenida en el sistema.
12. Gabinetes: Contienen una manguera conectada a una válvula angular que se abre de manera manual permitiendo así el paso del agua.

Accesorios Opcionales:

13. Filtro: Sirve para retener residuos cuando se toma agua de estanques abiertos. Se coloca justo después de la toma de agua.

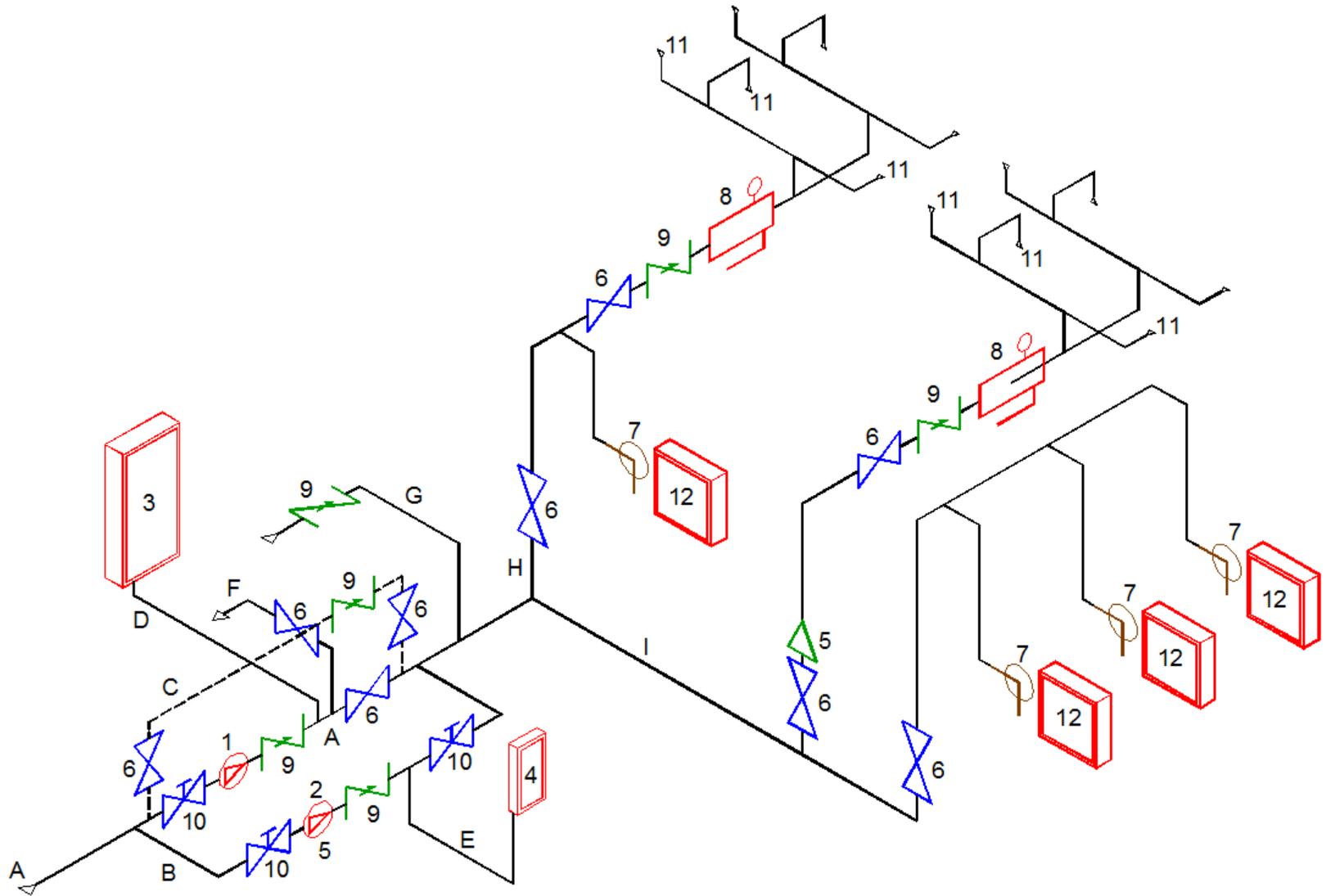
14. Válvula Reguladora de Presión: Sirve para regular la presión antes de una zona determinada alimentada por rociadores. Se coloca justo antes de cada red de alimentación de rociadores.

Como se puede ver en la Figura 2.1 la toma de agua junto con la línea principal en donde se coloca la bomba principal de incendios se nombra con la letra A. El tramo B corresponde a la línea donde se ubica la bomba jockey y sus válvulas aledañas. La línea C es el “bypass” que se instala cuando la acometida municipal es suficiente para alimentar aunque sea un área protegida. Los tramos D y E corresponden a las líneas que censan la pérdida de presión de agua del sistema y se conectan a los respectivos paneles de control de las bombas para iniciar su funcionamiento. La línea F se refiere al tramo de pruebas de la bomba principal de incendios. El tramo G pertenece a la acometida de los bomberos que se toma a partir de la válvula siamesa ubicada en el exterior de la edificación protegida.

Además, en la Figura 2.1, se muestran dos sistemas nombrados con la letra H e I. El sistema marcado con la letra H es un sistema combinado de rociadores y gabinetes; es muy común en edificios de pequeño y mediano tamaño en donde las áreas por piso son protegidas por una o dos estaciones de manguera.

El sistema que se nombra con la letra I es un sistema separado en donde una línea principal alimenta rociadores y otra línea principal alimenta exclusivamente gabinetes. Estos sistemas se utilizan generalmente en edificios de gran tamaño o en construcciones de riesgo extra como bodegas y fábricas.

Como se puede ver en la Figura 2.1, en los sistemas combinados se coloca una válvula de retención con manómetros justo antes de la red de rociadores y después de la línea del gabinete, mientras que en los sistemas separados, se coloca una válvula de alarma regular para las redes de rociadores y una válvula mariposa para seccionar los distintos tramos de gabinetes.



*Figura 2.1. Diagrama General de un Sistema de Protección contra Incendios Típico [1, 8, 14].*

## 2.1 Bomba de Incendios [2,3]

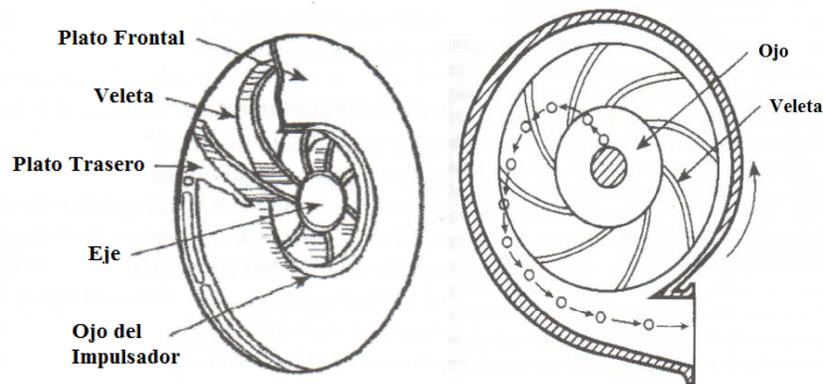
La bomba de agua es una maquina hidráulica o turbo-máquina que se encarga de elevar la presión del agua de manera que esta pueda ser utilizada en aplicaciones residenciales o industriales.

Existen dos métodos mecánicos que pueden ser usados para aumentar la presión del agua: desplazamiento positivo y fuerza centrífuga. Una bomba de desplazamiento positivo es un dispositivo que aumenta la energía de un fluido al empujarlo a través de una trayectoria conocida dentro de un volumen confinado. Las formas más comunes de bombas de desplazamiento positivo son las bombas de pistón y las bombas de engranajes giratorios. En la actualidad, se utilizan este tipo de bombas para concentrado de espuma y sistemas tipo Water Mist (nubes de agua), ya que pueden generar mayor presión que las bombas centrífugas. En este texto describiremos solamente las bombas centrífugas debido a que representan el 99% de bombas utilizadas en el mercado a nivel mundial.

Desde el punto de vista de las turbo-máquinas se dice que la bomba centrífuga es una máquina utilizada para convertir la energía mecánica de un motor principal en la energía hidráulica de un líquido que fluye, en este caso el agua.

Con esto podemos decir que la bomba de agua sirve para elevar la presión del agua, básicamente independientemente de otras condiciones que esta adquiera luego de pasar por la bomba.

Las bombas centrífugas se llaman así porque utilizan fuerza centrífuga para aumentar la energía de las gotas de agua. Estas gotas se ubican entre dos platos giratorios unidos formando el impulsor, el cual se monta en un eje metálico conectado a un motor que provee la rotación. Alrededor del eje hay una abertura en el impulsador que permite al agua entrar en el impulsador llamado “ojo”. Una vez que las gotas de agua entran por el impulsador, son comprimidas entre los platos donde recogen energía de la rotación mientras van saliendo hacia afuera del impulsador. Una vez afuera, son contenidas dentro del casco de la bomba.



*Figura 2.2 Detalle del Impulsador de la Bomba de Incendios.*

Al ser contenidas las gotas, la energía recogida por la rotación es almacenada como energía potencial mientras el agua se mantenga dentro del sistema de tubería. Una vez que el agua llega a un rociador abierto o a una boquilla de manguera, la contención es liberada y la energía potencial se convierte en energía cinética. El agua realiza el trabajo de combatir el fuego absorbiendo el calor que se genera.

La cantidad de energía que una gota de agua recogerá es una función de cuán rápido gira el impulsador y la eficiencia del contacto entre los platos y las gotas. Para evitar el deslizamiento entre las gotas y los platos, se agregan álabes para asegurar la rotación de las gotas junto con los platos.

La succión de la bomba se puede dar de dos maneras: succión individual o succión doble. En una bomba de succión individual, el agua llega a un solo lado del impulsador. En una bomba de succión doble, la mitad del agua llega a un lado del impulsador y la otra mitad del agua llega al lado opuesto del impulsador.

Las bombas centrífugas más importantes para sistemas contra incendios son: bomba de carcasa partida, bomba de succión terminal, bomba lineal y bomba vertical de turbina.

**Bomba de carcasa partida (Split Case).**- Es una bomba en la que la carcasa que rodea al impulsador se divide en dos partes (superior e inferior) atornilladas entre sí. Pueden ser verticales u horizontales y trabajan con doble succión. Ver Figuras 2.3 y A2 del Anexo A.

**Bomba de succión terminal (End – Suction).**- Es aquella que tiene la succión en la misma dirección del eje del motor y la descarga en dirección perpendicular al mismo. Generalmente son horizontales y trabajan con succión individual. Ver Figuras 2.4 y A3 del Anexo A.



*Figura 2.3. Bomba de Carcasa Partida*



*Figura 2.4. Bomba de Succión Terminal.*

**Bomba Lineal (In-Line).**- Es una bomba donde la línea central de la succión, descarga e impulsador se encuentran en el mismo plano. La succión de agua es perpendicular al eje del motor y la descarga es perpendicular al mismo, tal como en las bombas de succión terminal; lo que cambia es la forma del armazón. La mayoría de estas bombas son verticales y trabajan con succión individual. Ver Figuras 2.5 y A4 del Anexo A.



*Figura 2.5. Bomba Lineal.*

**Bomba Vertical de Turbina.-** Este tipo de bombas tiene aplicaciones donde la reserva de agua se encuentra por debajo de la bomba de incendios, de manera que los impulsores se encuentran sumergidos en el agua. Dependiendo de la capacidad de la bomba pueden ir conectados entre 1 a 10 impulsores, donde la succión del inferior toma el agua de la reserva y este descarga a la succión del impulsor que esta encima y así sucesivamente hasta que la del nivel superior descarga a la red de incendios. Ver Figuras 2.6 y A5 del Anexo A.



*Figura 2.6. Bomba Vertical de Turbina.*

## 2.2 Bomba Jockey [3]

Esta bomba sirve para mantener una presión prescrita que se necesita para prevenir un arranque intermitente de la bomba principal y para proveer suficiente flujo para rellenar el sistema durante un periodo de tiempo establecido. Estas bombas pueden ser de tipo regenerativa o multi – etapa que se caracterizan por generar bajos caudales a grandes presiones (Ver Figuras 2.7 y A6 del Anexo A). Tiene que ser dimensionada para reponer el rango de fuga permitido en 10 minutos o 1 gpm (3.8 L/min), el que sea mayor.

Para asegurar que la bomba principal trabaje en el momento adecuado, y la bomba jockey no interfiera con la protección del incendio, el sistema de la bomba debe censarse de la siguiente manera:

1. El punto de cierre de la bomba jockey debe ser igual a la presión de cierre de la bomba principal más la mínima presión estática de suministro [2].
2. El punto de arranque de la bomba jockey debe ser de mínimo 10 psi (0.68 bar) menos que el punto de cierre de la misma [2].
3. El punto de arranque de la bomba principal debe ser 5 psi (0.34 bar) menos que el punto de arranque de la bomba jockey [2].



*Figura 2.7. Bomba Jockey Multi - Etapa*

La capacidad de la bomba jockey puede ser del 1% de la capacidad nominal de la bomba principal. Generalmente es aceptable una bomba jockey de 5 a 10 gpm. No se debe exceder

la demanda de un rociador que es 15 gpm porque para esto debe activarse la bomba principal.

### **2.3 Tablero de Control de la Bomba Principal [4]**

El tablero de control de una bomba de incendios es un equipo electrónico que se conecta al motor de la bomba y lo enciende cuando censa una pérdida de presión. En este tablero se almacena toda la información de alimentación de la bomba referente a presión de trabajo, capacidad, voltaje, frecuencia, fase, horario de prueba, etc. Este tablero puede prender la bomba de manera automática y manual pero solo puede apagarla manualmente.

Entre las múltiples funciones que tiene un tablero de control para bomba de incendios con motor eléctrico están:

1. Indicador remoto de operación de la bomba.- El tablero viene con un juego de contactos normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrador (NC) y operaran cuando la bomba esté funcionando.
2. Indicador de pérdida de energía.- El tablero viene dotado con un contacto unipolar de dos vías (SPDT) que se activa con pérdidas de corriente, pérdida de una fase o pérdida de corriente del control.
3. Inversor de fases de energía.- El tablero viene dotado de un contacto unipolar de dos vías (SPDT) que se activa cuando se han invertida las fases de alimentación del tablero.
4. Indicador de sobrecarga del motor.- El tablero viene dotado con un contacto unipolar de dos vía (SPTD) que funciona cuando la corriente del motor sobrepasa el 125% de la carga máxima.
5. Luz piloto de corriente encendida.- Esta luz estará encendida cuando el contactor montado en el bastidor indique que hay corriente disponible y que el tablero está listo para operar.
6. Luz piloto de inversión de fase.- Esta luz estará encendida cuando exista una inversión de fase en la energía del controlador.
7. Luz piloto de motor disparado.- Esta luz estará encendida cuando el monitor de sobre corriente se haya disparado y desactivado el circuito de la bobina del contactor.

Independientemente del tipo de tablero de control que hayamos escogido para arrancar el motor de la bomba contra incendios, todos tienen los siguientes componentes:

1. Interruptor o seccionador
2. Bastidor con fusibles
3. Contactor o sistema de arranque
4. Interruptor de presión

El tablero de control de la bomba de incendios se ensambla y alambra en la fábrica, de acuerdo a las más estrictas regulaciones de calidad. Todo el alambrado y funciones deberán haber sido totalmente comprobadas para garantizar la operación apropiada.

Se deberá asegurar que todos los cables de alimentación estén debidamente ajustados. Los cables de salida del tablero y las conexiones de entrada al motor de la bomba deberán estar perfectamente aislados.

Las tuberías de control o líneas del circuito de presión deberán estar debidamente purgadas y sin goteos para que no den señales erróneas de caídas de presión. Ver Figuras 2.8 y A7 del Anexo A.

## **2.4 Tablero de Control de la Bomba Jockey [4]**

El tablero de control de la bomba jockey, a diferencia del tablero de la bomba principal, puede encender y apagar la bomba de manera automática y manual. Además, cuenta con una protección térmica que protege al motor de la bomba en caso de que se sobrecaliente. Si esto pasa, el tablero puede dar una alarma indicando que ha dejado de funcionar y que por lo tanto existe un problema en el sistema hidráulico. El tablero arrancará la bomba jockey generalmente a 5 psi sobre la presión programada para la bomba principal. Un interruptor de desconexión de palanca con fusible viene dimensionado de acuerdo a la potencia del motor además de un selector de tres posiciones: manual, apagado y automático, necesarios para la prueba de calibración del sistema. Ver Figuras 2.9 y A8 del Anexo A.



*Figura 2.8. Tablero de Control de la Bomba Principal contra Incendios.*



*Figura 2.9. Tablero de Control de la Bomba Jockey.*

## 2.5 Arreglo Vertical (Riser) [7]

El arreglo vertical o “riser” es un tramo de tubería vertical que se compone de varias válvulas y dispositivos, y se toma como punto de referencia de alimentación de una zona específica perteneciente a la edificación que se debe proteger. Se ubica entre la fuente de suministro de agua y la red de protección de rociadores. Además, sirve como punto de control hidráulico para cada zona.

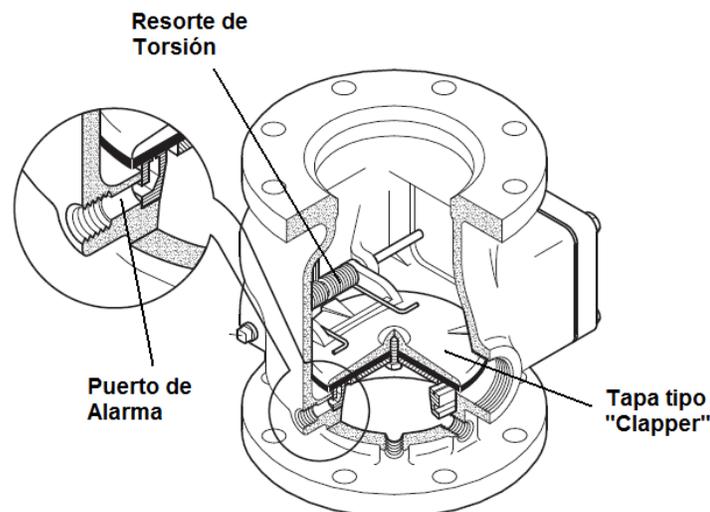
Sus componentes principales son:

1. Válvula de Alarma tipo Check.
2. Válvula de Control tipo Mariposa.
3. Manómetros.
4. Cámara de retardo.
5. Montaje de Restricción.
6. Interruptor de Alarma de Presión.
7. Alarma de Incendio.
8. Válvula de Drenaje tipo Angular.

**Válvula de Alarma tipo Check.-** Es un dispositivo que permite el flujo de agua en una sola dirección y se cierra mediante una tapa tipo “clapper” activada por un resorte de torsión. Tiene conexiones disponibles para manómetros, drenajes y dispositivos de alarma. Su tamaño puede variar entre 2-1/2 y 8 pulgadas (62.5 y 200 mm) de diámetro y deben soportar una presión mínima de 200 psi (20.7 bar). Ver Figuras 2.10 y 2.11.



*Figura 2.10. Válvula de Alarma tipo Check.*

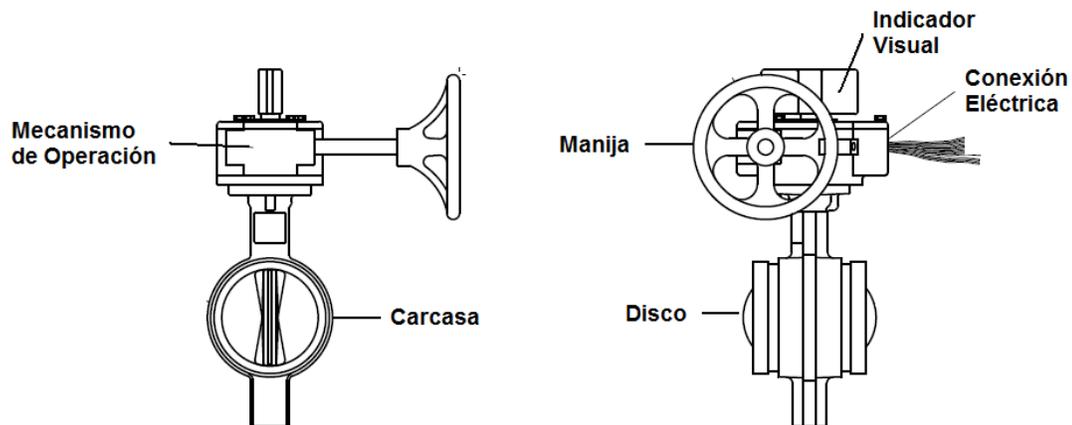


*Figura 2.11. Válvula de Alarma tipo Check/ Vista Explicativa.*

**Válvula de Control tipo Mariposa.-** Esta válvula es un artefacto que sirve para cerrar manualmente el paso de agua por medio de un disco circular giratorio. Tiene un indicador visual que se ubica en la misma posición del disco interno para saber a simple vista si la válvula se encuentra cerrada o abierta. Además, algunos modelos tienen un sensor eléctrico que manda una señal al tablero de detección de incendios y este activa una alarma en caso de cerrarse la válvula, ya que normalmente debe estar en posición abierta. Los tamaños de fabricación varían entre 2-1/2 y 10 pulgadas (62.5 y 250 mm) de diámetro y su presión de trabajo mínimo debe ser de 200 psi (20.7 bar). Ver Figuras 2.12 y 2.13.



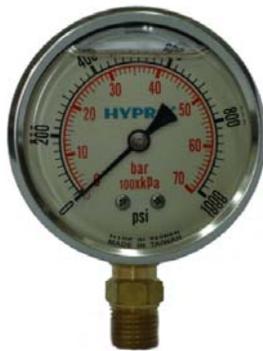
*Figura 2.12. Válvula de Control tipo Mariposa.*



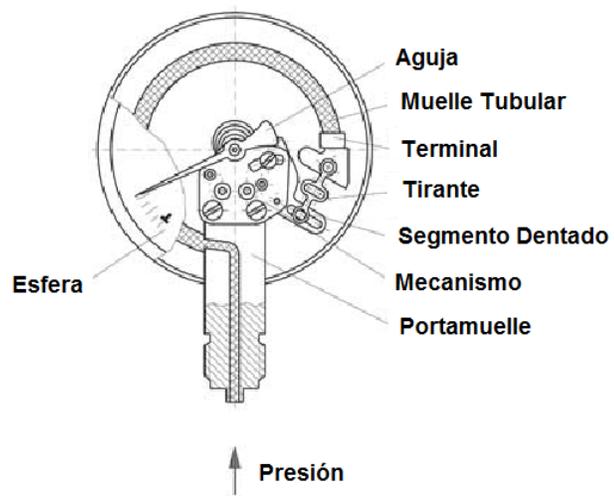
*Figura 2.13. Válvula de Control tipo Mariposa/ Vista Explicativa.*

**Manómetros.-** Son aparatos que sirven para medir la presión. Los más comunes son los que poseen muelles tubulares que conducen el agua bajo presión hacia un terminal conectado a un mecanismo que a su vez activa la aguja que marca la presión en la mascarilla. Generalmente, los manómetros muestran la presión en libras por pulgada cuadrada (psi) y en kilo pascales o bares como se muestra en la Figuras 2.14 y 2.15.

**Cámara de Retardo.-** Es un dispositivo que funciona como un pequeño tanque de almacenamiento de agua que sirve para retardar la activación de falsas alarmas en caso de variaciones de presión insignificantes que abren y cierran la tapa tipo “clapper” de la válvula de alarma tipo check. Está fabricada de hierro fundido y soporta una presión máxima de 300 psi. Ver Figuras 2.16 y 2.17.



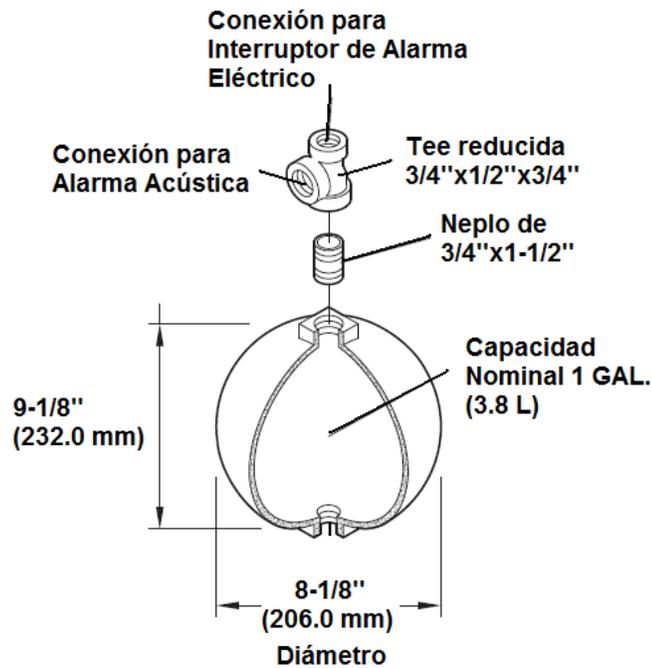
*Figura 2.14. Manómetro con Muelle Tubular.*



*Figura 2.15. Manómetro con Muelle Tubular/ Vista Explicativa.*

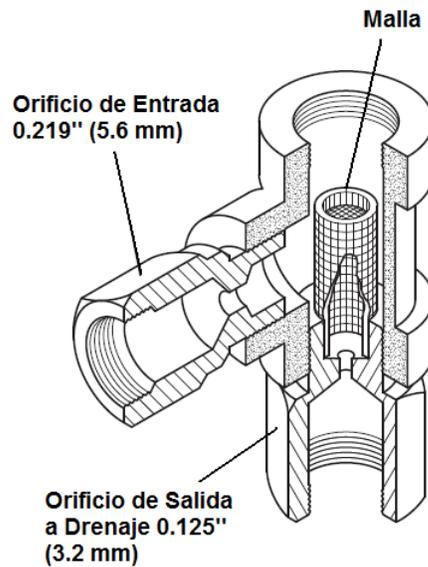


*Figura 2.16. Cámara de Retardo.*



*Figura 2.17. Cámara de Retardo/ Vista Explicativa.*

**Montaje de Restricción.-** Es un accesorio tipo T que funciona como retardador de flujo por medio de la diferencia de diámetros de sus tres lados. El flujo entra por un orificio de 0.219 pulgadas (5.6 mm), sale hacia la cámara de retardo por un orificio de 0.5 pulgadas (12.7 mm) y se drena a través de un último agujero de 0.125 pulgadas (3.2 mm). Además, cuenta con un filtro cilíndrico como se muestra en la Figura 2.18. Cuando el flujo de agua es pequeño, no se alcanza a llenar la cámara de retardo y el agua se drena; pero cuando el flujo de entrada es mayor que el flujo de drenaje (flujo extensivo), la cámara de retardo se llena y se activan las respectivas alarmas.



*Figura 2.18. Montaje de Restricción/ Vista Explicativa.*

**Interruptor de Alarma de Presión.-** Este interruptor se conecta en la parte superior de la cámara de retardo y trabaja con un sensor que al detectar presión cierra un circuito eléctrico y manda una señal de alarma al tablero de detección de incendios. Ver Figura 2.19.



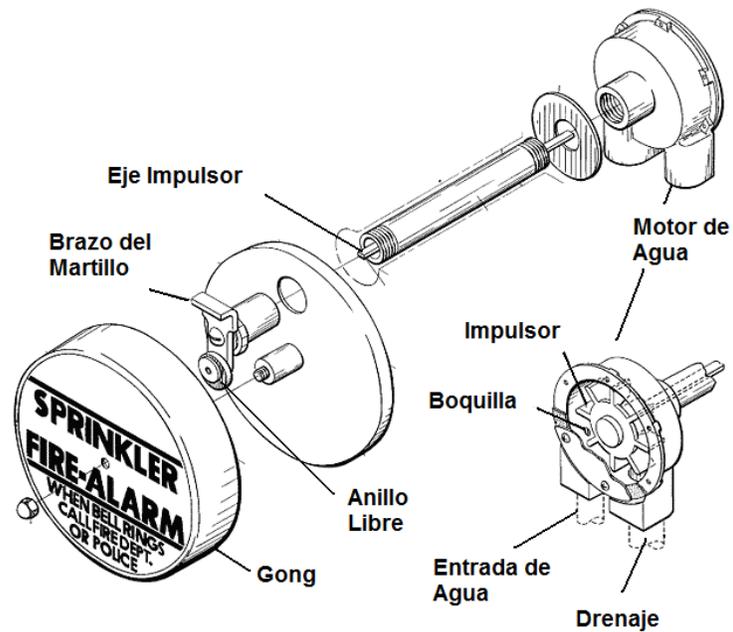
*Figura 2.19. Interruptor de Alarma de Presión.*

**Alarma de Incendio.-** La alarma de incendio es un gong que se activa por la presión elevada de agua que entra en su sistema. El agua a presión hace girar un impulsador que a su vez gira un eje conectado a un “martillo giratorio” descentrado compuesto de un anillo libre que al girar golpea el gong a una velocidad alta y uniforme produciendo un sonido

alto y extensivo. Ver Figuras 2.20 y 2.21. Se pueden utilizar también alarmas eléctricas activadas por un interruptor de presión de agua.



*Figura 2.20. Alarma de Incendio*

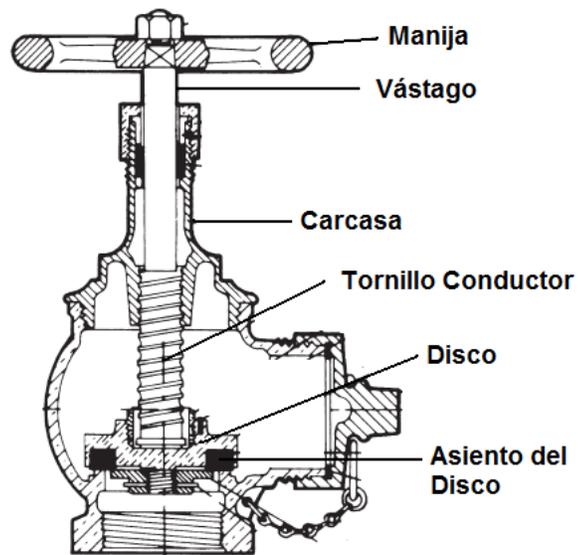


*Figura 2.21. Alarma de Incendio/ Vista Explicativa.*

**Válvula de Drenaje tipo Angular.**- Es una válvula empleada para controlar la circulación del agua, en la que el eje de salida es perpendicular al eje de entrada como se muestra en la Figuras 2.22 y 2.23. Se activa manualmente por medio de una manija giratoria que bloquea el agujero de entrada de agua con un disco ubicado en el lado contrario del vástago que lo conduce.



*Figura 2.22. Válvula Angular.*



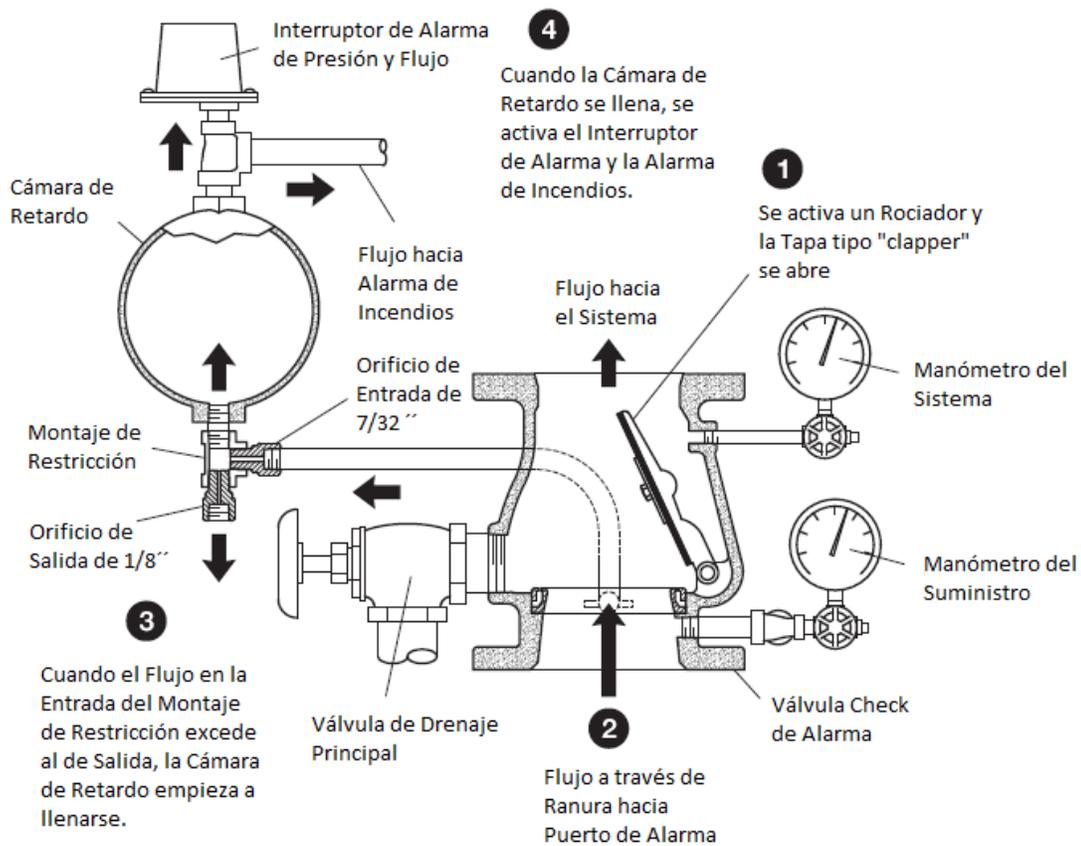
*Figura 2.23. Válvula Angular/ Vista Explicativa.*

## **Funcionamiento del Arreglo Vertical (Riser) [7]**

Una vez que el sistema es inicialmente presurizado, el agua fluye a través de la red hasta que las presiones del suministro y del sistema sean niveladas y el resorte de torsión cierre la tapa tipo “clapper” dentro de la válvula de alarma. Con la presión estabilizada, la válvula está en servicio y la ranura ubicada en el asiento de la tapa se sella. En consecuencia, no hay flujo de agua a través del puerto de alarma hacia los dispositivos de alerta.

Cuando hay flujo constante de agua dentro del sistema debido a la apertura de un rociador, la tapa tipo “clapper” se abre y el agua fluye a través de la ranura ubicada en el asiento de la tapa y por el puerto de alarma hacia el montaje de restricción. Si el flujo en la entrada del montaje de restricción excede al flujo de la salida, se empieza a llenar la cámara de retardo; y al sobrepasar su capacidad se activan el interruptor de alarma y la alarma de incendio. Las alarmas continuarán funcionando mientras la tapa tipo “clapper” permanezca abierta. El agua en las líneas de alarma se drenará automáticamente a través del orificio de 1/8 de pulgada en el montaje de restricción cuando la tapa se cierre debido a la discontinuación de flujo de agua dentro del sistema. Con la válvula de control tipo mariposa cerrada, se drena todo el sistema por medio de la válvula principal de drenaje para inspeccionar daños posibles en la red de protección.

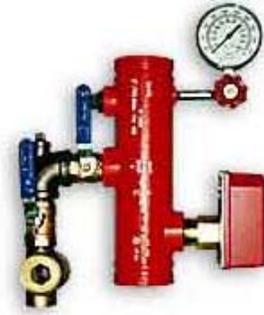
Una vez controlado el incendio, se reemplazan los rociadores que se activaron y se vuelve a presurizar el sistema para poder ubicar todos los elementos en la posición inicial de servicio. El diagrama de este arreglo vertical se muestra en la Figura 2.24.



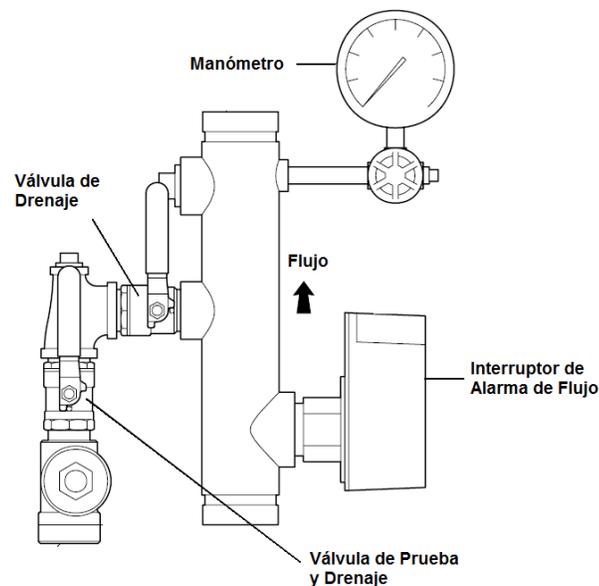
*Figura 2.24. Arreglo Vertical.*

## 2.6 Otras Válvulas [5,7]

**Arreglo Múltiple** .- Es otro juego de válvulas y dispositivos que se utilizan como medio de control de una zona independiente alimentada por rociadores. Se compone de un interruptor de alarma de flujo, un manómetro y una válvula de bola para desagüe como se muestra en las Figuras 2.25 y 2.26. Cuando un rociador de un área específica se abre, el interruptor de alarma de flujo envía una señal al panel de detección de incendios alertando al personal de seguridad. Además, posee un visor de prueba que simula la activación de un rociador.



*Figura 2.25. Arreglo Múltiple.*

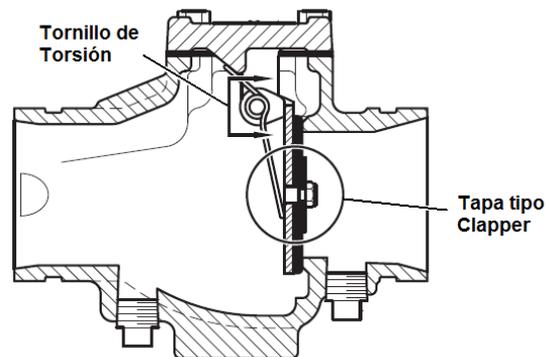


*Figura 2.26. Arreglo Múltiple/ Vista Explicativa.*

**Válvula de Retención Regular.**- Esta válvula es un dispositivo que asegura que el agua fluya en una sola dirección evitando el retorno de la misma. La mayoría de elementos que se activan en un sistema contra incendios tienen una línea de entrada y una línea de salida. Generalmente, las válvulas de retención se colocan en las líneas de salida de dichos elementos para evitar su activación ocasionada por contraflujo. Funciona por medio de un resorte de torsión que se conecta a una tapa tipo “clapper” que se abre solo en la dirección requerida. Ver Figuras 2.27 y 2.28.



*Figura 2.27. Válvula de Retención Regular*

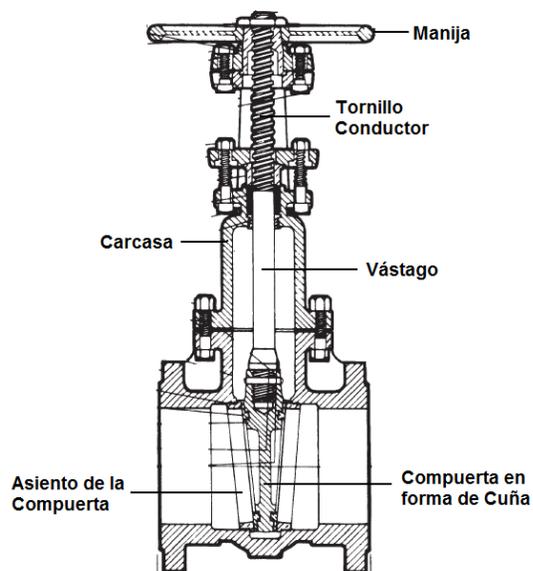


*Figura 2.28. Válvula de Retención Regular/ Vista Explicativa.*

**Válvula de Compuerta.-** Es una válvula que sirve para controlar el paso de agua por medio de un vástago que se cierra de manera lineal. Se activa manualmente por medio de una manija giratoria como se muestra en las Figuras 2.29 y 2.30. En sistemas contra incendios, se utilizan mayormente en la línea de agua de la bomba de suministro ubicada en el cuarto de máquinas.



*Figura 2.29. Válvula de Compuerta.*

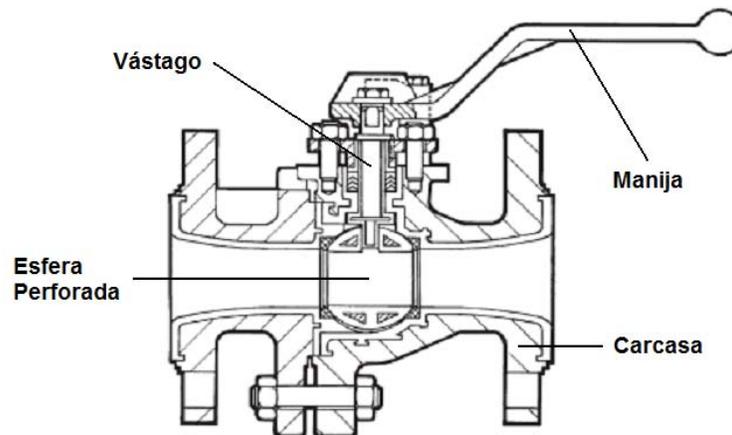


*Figura 2.30. Válvula de Compuerta/ Vista Explicativa.*

**Válvula de Bola.-** Es una válvula de control de paso que tiene una bola metálica perforada en el interior que al girar sobre su propio eje bloquea el flujo de agua. En sistemas contra incendios es mayormente utilizada para diámetros pequeños de tubería. Ver Figuras 2.31 y 2.32.



*Figura 2.31. Válvula de Bola.*

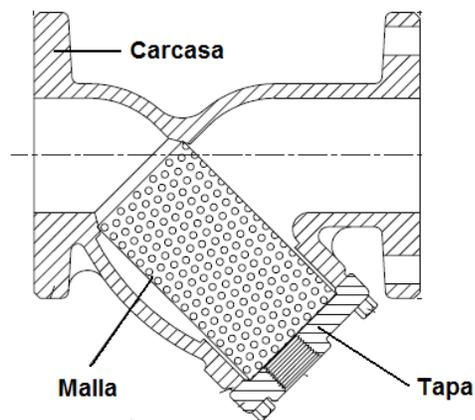


*Figura 2.32. Válvula de Bola/ Vista Explicativa.*

**Filtro.-** El filtro es un artefacto en forma de Y que sirve para retener basuras que pueda tener el agua. Se ubica con la malla hacia abajo y atrapa dichas basuras por gravedad. Puede ser fabricado de hierro o de bronce y se utiliza para prevenir daños en los equipos mecánicos. Ver Figuras 2.33 y 2.34.



**Figura 2.33. Filtro.**



**Figura 2.34. Filtro/ Vista Explicativa.**

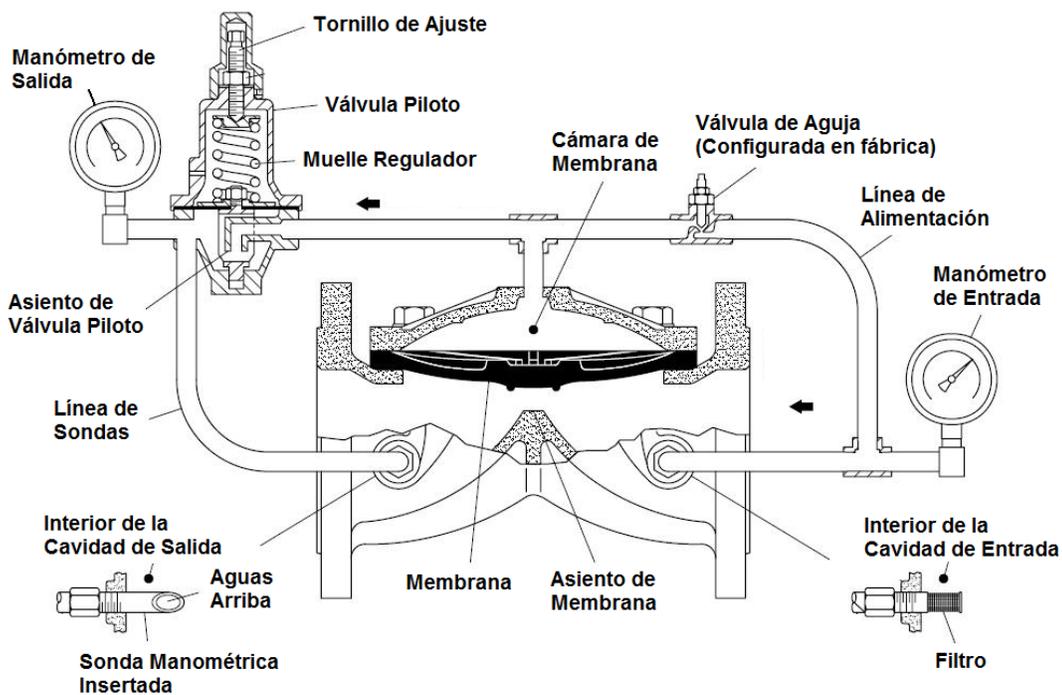
**Válvula Reguladora de Presión.-** Son conjuntos de válvulas que se utilizan en tuberías llenas de agua donde es necesario reducir una presión más alta de entrada a una presión más baja de suministro, bajo condiciones de flujo estáticas y/o residuales. Generalmente, estas válvulas pueden regularse en campo a una presión de 80 a 150 psi (5.5 a 10.3 bar). Se componen de una membrana de caucho, un filtro, una válvula de aguja, una válvula piloto, 2 manómetros y una sonda manométrica como se puede ver en las Figuras 2.35 y 2.36.

La presión de alimentación de agua del sistema entra desde la cavidad de entrada de la válvula a la cámara de membrana a través del filtro y de la válvula de aguja. La válvula de aguja, regulada en fábrica, proporciona el tamaño del orificio requerido de la línea de alimentación a la cámara de membrana para optimizar el rendimiento. El caudal de salida de la cámara de membrana a través de la válvula piloto es controlado por un resorte de

regulación pre ajustado en fábrica, y luego, ajustable en campo, a la presión de consigna aguas abajo que se desea mantener. Una línea de sondas conecta la salida de la válvula piloto a la tubería del sistema aguas abajo de la válvula por la sonda manométrica insertada en la cavidad de salida. Cuando la presión aguas abajo supera la presión de diseño del muelle, se interrumpe el flujo de salida de la cámara de membrana a través de la válvula piloto hacia la cavidad de salida de la válvula y aumenta la presión en la cámara de membrana. Cuando la presión aguas abajo cae por debajo de la presión de diseño del muelle, se reanuda el flujo de salida de la cámara de membrana a través de la válvula piloto hacia la cavidad de salida de la válvula y disminuye la presión en la cámara de membrana.



***Figura 2.35. Válvula Reguladora de Presión.***



**Figura 2.36. Válvula Reguladora de Presión/ Vista Explicativa.**

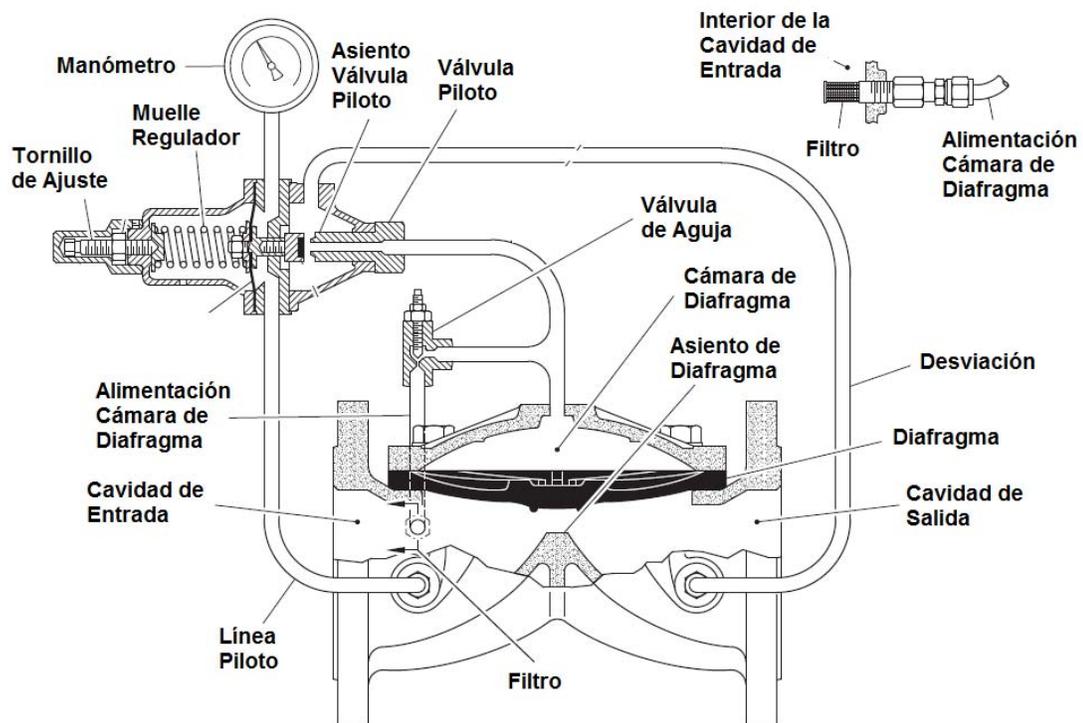
**Válvula de Alivio.-** La válvula de alivio es un dispositivo que se instala generalmente en línea, como una “T”, después de la bomba de agua y antes de la válvula de retención (check). Cuando se abre para permitir el paso de flujo excesivo y para aliviar la presión hacia la atmósfera, el sistema mantiene la presión de diseño predeterminada. En el caso de que la demanda del sistema se detenga, la válvula de alivio se abre completamente desfogando el 100% de la capacidad de la bomba. Después de esto, la válvula de retención (check) se cierra, la bomba se apaga de manera segura evitando sobretensiones y finalmente se cierra la válvula de alivio.

Cuando la presión de entrada es menor que la presión determinada, el asiento del diafragma y el asiento de la válvula piloto se mantienen cerrados. Con esto, la cámara del diafragma se mantiene presurizada y la válvula de alivio permanece en modo cerrado.

Cuando la presión de entrada es mayor que la presión determinada, se abre el asiento de la válvula piloto para liberar la presión de la cámara del diafragma más rápido de lo que la válvula de aguja puede restablecerla. Esto permite que la válvula de alivio pase a modo abierto. Ver Figuras 2.37 y 2.38.



*Figura 2.37. Válvula de Alivio.*



*Figura 2.38. Válvula de Alivio/ Vista Explicativa.*

## 2.7 Rociadores [7,14]

Los rociadores son boquillas cerradas por un dispositivo térmico de descarga que operan cuando el calor sobrepasa su límite de temperatura de activación. Se utilizan para todo tipo

de protección de incendios y su extensa clasificación depende del tipo de riesgo, tipo de almacenamiento y ubicación.

Los rociadores estándar poseen un bulbo de vidrio que contiene un fluido que se expande cuando es expuesto al calor. Cuando se alcanza la temperatura nominal, el fluido se expande lo suficiente para romper el vidrio del bulbo permitiendo que se active el rociador dejando fluir el agua.

### **Clasificación por Posición**

Los rociadores más comunes pueden ser de tipo colgante (con dirección hacia abajo), de tipo montante (con dirección hacia arriba) y de tipo horizontal de pared. Sin embargo, existen rociadores especiales que se utilizan para proteger áticos y pueden ser posicionados en diferentes direcciones. Todos estos rociadores pueden observarse en la Figura 2.39.

### **Clasificación por Temperatura de Activación**

La clasificación por sensibilidad de temperatura de activación puede variar según el riesgo y el tipo de aplicaciones industriales que se intenten proteger. En algunos casos se necesita mantener temperaturas bajas de trabajo y en otros casos es normal un incremento elevado de temperatura de operación (Industria de Hierro y Metal) por lo que se debe seleccionar adecuadamente el tipo rociador para que no se activen en vano. La clasificación de temperatura para rociadores estándar se muestra en la Tabla 6.2.5.1 de NFPA 13 en el Anexo B de este texto.

### **Clasificación por tipo de Riesgo**

Los rociadores varían según el tipo de riesgo, almacenamiento, combustibilidad e índice de liberación de calor de los incendios. Para los riesgos ligero y ordinario se pueden utilizar rociadores estándar con valores de K (constante dependiente del tamaño y configuración de un orificio) nominal de hasta 8.0. Para riesgos extra y de almacenamiento se deben instalar rociadores con valores de K entre 11.2 y 28.0. Véase la Tabla 6.2.3.1 de NFPA 13 ubicada en el Anexo B.

Además, existen rociadores o boquillas para cada tipo de sistema de protección de incendios, como pueden ser secos, de pre acción, de diluvio, agentes limpios, etc. Estos

rociadores no se tratarán en este texto ya que nos enfocaremos en analizar solamente lo que se refiere a sistemas de supresión de incendios con agua presurizada de respuesta inmediata.



*Figura 2.39. Rociadores Estándar.*

## **2.8 Gabinetes y Puntos de Manguera para Control de Incendios [15]**

Los gabinetes de incendios son artefactos que se utilizan para almacenar una manguera listada para protección de incendios además de una serie de accesorios opcionales que se puedan requerir según el tipo de riesgo de la edificación a proteger. Las mangueras son de activación manual y deben ser operadas por personal entrenado según la norma americana NFPA 14. Pueden ser de 2-1/2 y 1-1/2 pulgadas de diámetro y de 15 o 30 metros de largo.

Las mangueras de 2-1/2 pulgadas de diámetro deben tener una presión de trabajo de 100 psi y las mangueras de 1-1/2 pulgadas de diámetro deben tener una presión de trabajo de 65 psi. Son conectadas por medio de una válvula angular (normalmente abierta) que a su vez está conectada a la red de tuberías del sistema que proviene de la bomba de incendios.

Los gabinetes más comunes son los que poseen una manguera de 1-1/2 pulgadas y un extintor de 10 libras de químico seco que no conduce electricidad como se muestra en la Figura 2.40. Estos sistemas se utilizan cuando no se instalan redes de rociadores.



***Figura 2.40. Gabinete con Manguera de 1-1/2 pulg y Extintor.***

Cuando se instalan rociadores, se utilizan gabinetes que contienen solamente una válvula angular de 2-1/2 pulgadas para uso exclusivo del cuerpo de bomberos (Ver Figura 2.41). En algunos casos la autoridad competente puede exigir o recomendar el uso de gabinetes combinados que contengan una manguera de 1-1/2 pulgadas, un extintor y una válvula angular de 2-1/2 pulgadas como se muestra en la Figura 2.42. También se puede combinar un extintor con la válvula angular de 2-1/2 pulgadas como se ve en la Figura 2.43.



***Figura 2.41. Gabinete con Válvula Angular de 2-1/2 pulg.***



*Figura 2.42. Gabinete con Manguera de 1-1/2 pulg, Válvula Angular de 2-1/2 pulg y Extintor.*



*Figura 2.43. Gabinete con Válvula Angular de 2-1/2 pulg y Extintor.*

### **3. Norma NFPA (National Fire Protection Association)**

La NFPA es la fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y protección de vida. Con su sede en Quincy , Massachusetts, EE.UU., la NFPA es una organización internacional que desarrolla normas para proteger gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego. [13]

El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la NFPA es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los mas referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el Código Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código de Prevención de Fuego, y el Código Nacional de Alarmas de Incendios.

Las publicaciones de la NFPA han sido traducidas a varios idiomas y son referenciadas alrededor del mundo. Más de 75,000 miembros, representando 107 naciones, son parte de la red global de protección contra incendios. [13]

La misión de la NFPA internacional sin fines de lucro, establecida en 1896, es reducir la carga mundial de incendios y otros riesgos en la calidad de vida, ofreciendo y defendiendo códigos y normativas de consenso, investigación, entrenamiento y educación.[13]

NFPA es el principal defensor mundial de prevención de incendios y una fuente de autoridad en materia de seguridad pública. Desarrolla, publica y difunde más de 300 códigos y normativas de consenso destinados a minimizar la posibilidad y efectos del fuego y otros riesgos. [13]

A pesar de que existen códigos nacionales en Ecuador y en todo el mundo, ninguno alcanza la magnitud ni la promoción mundial que posee la NFPA americana debido a sus congresos y experimentaciones anuales. Es por eso, que en este texto, se realizará el diseño del sistema de protección contra incendios del Edificio Publishing en base a esta norma.

En las normas de NFPA se habla mucho sobre componentes o procedimientos listados. Esto se refiere a que son certificados por UL (Underwriters Laboratories Inc.) y/o FM (Factory Mutual). A continuación se describirá brevemente estas dos organizaciones.

Underwriters Laboratories Inc. (UL) es una organización independiente que desarrolla estándares, pruebas de laboratorio y certificaciones con la misión de mejorar la seguridad de vida y facilitar el comercio global. Fundada en 1894, UL es una empresa con sede en Chicago, con operaciones en todo el mundo. Ofrece experiencia en 5 campos estratégicos: Seguridad de Productos, Medio Ambiente, Vida y Salud, Servicios Educativos y Servicios de Verificación. Su amplio alcance, objetividad probada y sólida trayectoria los convierte en un símbolo de confianza que permite contribuir a la tranquilidad de todos. [16]

Algunos trabajos alcanzados por UL hasta el año 2010 son [16]:

- 22.4 mil millones de marcas UL aparecieron en productos.
- 67,797 fabricantes produjeron productos certificados por UL.
- 86,972 evaluaciones de productos fueron llevadas a cabo por UL.
- 563,862 visitas de inspección de los servicios de seguimiento se llevaron a cabo por parte de UL.
- 19,909 tipos de productos fueron evaluados por UL.
- 104 países con clientes de UL.
- 3,100 millones de consumidores de Asia, Europa y Norteamérica.
- 1,464 normas de seguridad actuales publicadas.
- 95 instalaciones de laboratorio, ensayos y certificación.
- 8,956 empleados en la familia de empresas de UL, listos para ofrecer servicio a los clientes de UL.
- 6,461 productos certificados para Energy Star.
- 46 países con empleados UL.

Para mayor información se recomienda visitar la página web de UL, [www.ul.com](http://www.ul.com).

FM Global es una compañía de seguros que se especializa en el servicio de prevención de pérdidas principalmente para grandes corporaciones. Posee una ramificación llamada Aprobaciones FM, la cual ofrece certificaciones y servicios de pruebas para productos de prevención de pérdidas para propiedades comerciales e industriales. Reconocido y respetado en todo el mundo, la certificación de las Aprobaciones FM garantiza a los

clientes que un producto o servicio ha sido objetivamente probado y cumple con los más altos estándares nacionales e internacionales. [9]

FM certifica principalmente estaciones centrales, detección de incendios y señalización, equipo de protección de incendios, detección de gas, equipo eléctrico, materiales, productos para techos y detección de humos. [9]

Para mayor información se recomienda visitar la página web de FM, [www.fmglobal.com](http://www.fmglobal.com).

A continuación se procederá a describir las normas más importantes que se utilizarán para realizar el diseño del Edificio Publishing, las cuales son: NFPA 13 (Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores), NFPA 14 (Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras) y NFPA 20 (Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección de Incendios).

### **3.1 Uso de la Norma NFPA**

La norma NFPA es una herramienta que no explica claramente el procedimiento para realizar el diseño correcto de una red de rociadores y mangueras para protección contra incendios. Asume que el lector ya conoce dicho procedimiento y simplemente describe ciertas restricciones importantes para que el diseñador las tome en cuenta al momento de realizar el diagrama de la red hídrica para incendios. Por lo tanto, en esta sección se va a dar una guía de cómo se debe aplicar esta norma para realizar el diseño del sistema de protección contra incendios del Edificio Publishing.

Primero, el diseñador debe conocer el tipo de edificación en la cual se planea instalar un sistema contra incendios, para lo cual, el propietario entregará toda la información pertinente sobre la construcción, sus características, habitabilidad y almacenamiento (Sección 3.2.2). Con esta información el diseñador puede determinar el riesgo de la ocupación (Sección 3.2.3) y seleccionar correctamente los materiales para armar el sistema.

El tipo de rociador es lo primero que se debe seleccionar (Sección 3.2.4.1). Para sistemas de riesgo ligero y ordinario el rociador más común es el de tipo estándar con un valor de

K= 5.6. Luego se debe realizar la distribución de rociadores por cada área cerrada por paredes o divisiones de gypsum (Secciones 3.2.5.4 y 3.2.5.5). Esto se puede comprender mejor con el ejemplo de la fábrica de vidrio que se analiza en el Capítulo 4.

Una vez que todos los rociadores han sido distribuidos correctamente, se debe insertar la tubería en el sistema. La tubería y los accesorios deben ser del material y de las dimensiones adecuadas (Secciones 3.2.4.2, 3.2.4.3, 3.2.4.4, 3.2.5.9 y 3.2.8.2). Las válvulas del sistema se colocarán estratégicamente para controlar, supervisar, probar y drenar el flujo y la presión de agua de la red contra incendios (Secciones 3.2.4.6 y 3.2.5.10).

Generalmente, los sistemas de rociadores vienen acompañados de estaciones o gabinetes con mangueras cuyas características se pueden ver en las Secciones 3.2.4.7 y 3.3.

Para conocer la demanda de flujo y presión del sistema, y así poder seleccionar los diámetros de tubería, válvulas, accesorios y la bomba de agua, deben realizarse cálculos hidráulicos en base a los parámetros que indica la norma en las Secciones 3.2.7 y 3.2.8.

Una vez que se ha seleccionado la bomba de agua, se deben conocer las restricciones para su instalación y los accesorios que la acompañan en base a los parámetros que indica la Sección 3.4.

Con esto, debe quedar claro que la norma no es una guía de diseño o instalación para sistemas de protección contra incendios. Simplemente enumera ciertos artículos, restricciones y parámetros que deben tomarse en cuenta para que el sistema funcione correctamente. La guía que presenta este texto para realizar el diseño de este tipo de sistemas se encuentra en los Capítulos 4 y 5 en donde se analizan dos construcciones típicas a proteger.

### **3.2 Descripción de los Principales Artículos de la Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores (NFPA 13), aplicables para el Diseño del Edificio Publishing.**

Esta norma proporciona los parámetros y restricciones necesarios para realizar el diseño del diagrama ingenieril de la red de rociadores de una construcción cualquiera. Además, determina los elementos que se deben tomar en cuenta para realizar los cálculos hidráulicos del sistema.

#### **3.2.1 Definiciones**

**Material de Combustibilidad Limitada.-** Se refiere a un material de construcción de edificios que no cumple con la definición de material incombustible que, en la forma en que se emplea, tiene un valor calorífico potencial que no supera los 3500 Btu/lb (8141 kJ/kg), al ensayarse de acuerdo con la NFPA 259, *Standard Test Method for Potential Heat of Building Materials*, NFPA 255 o ASTM E 84.

**Material Incombustible.-** Sustancia que no se encenderá ni quemará cuando esté sujeto al fuego. Los materiales cuyo informe señale que aprueban la norma ASTM E 136, *Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750°C*, deberán considerarse materiales incombustibles.

**Niveles de Combustibilidad e Índices de Liberación de Calor.-** Los niveles de combustibilidad y los índices de liberación de calor que determinan la clasificación de las ocupaciones pueden ser de categoría baja, moderada o alta dependiendo de las mediciones de cada material involucrado según los estándares de ASTM (E1474, D7309, E906, entre otros).

**Construcción con Obstrucciones.-** Construcción con paneles y otra construcción donde las vigas, cerchas u otros miembros impiden el flujo de calor o la distribución de agua, de tal modo que afecta materialmente la capacidad de los rociadores para controlar o suprimir un incendio.

**Construcción sin Obstrucciones.-** Construcción donde las vigas, cerchas u otros miembros no impiden el flujo de calor o la distribución de agua, de tal modo que afecte materialmente la capacidad de los rociadores para controlar o suprimir un incendio. La construcción sin obstrucciones tiene miembros estructurales horizontales que no son macizos, en los cuales las aberturas son al menos un 70 por ciento del área de la sección transversal, y la profundidad del miembro no supera la dimensión mínima de las aberturas, o todos los tipos de construcción donde el espaciamiento de los miembros estructurales supere los 7 1/2 pies (2.3 m) entre centros.

### **3.2.2 Requisitos Generales**

**Nivel de protección.-** Un edificio, cuando esté protegido por una instalación de sistemas de rociadores automáticos, deberá estar provisto con rociadores en todas las áreas excepto en aquellas donde secciones específicas de esta norma permitan la omisión de los rociadores.

**Certificación del propietario.-** El propietario de un edificio o estructura donde se va a instalar el sistema de rociadores contra incendios, o su agente autorizado, deberá brindar la siguiente información al instalador del sistema de rociadores, antes de realizar la distribución y los detalles del sistema de rociadores contra incendios:

1. Uso previsto del edificio incluyendo los materiales dentro del edificio y la altura máxima de cualquier almacenamiento.
2. Un plano preliminar del edificio o estructura junto con los conceptos de diseño necesarios para realizar la distribución y el detalle para el sistema de rociadores contra incendios.
3. Cualquier información especial sobre el abastecimiento de agua incluyendo las condiciones ambientales conocidas que podrían ser responsables de la corrosión, incluyendo a la corrosión influenciada microbiológicamente (MIC).

### **3.2.3 Clasificación de las Ocupaciones y Mercancías.**

#### **Clasificación de ocupaciones**

La clasificación de ocupaciones en esta norma deberá referirse únicamente a los requisitos de diseño, instalación y abastecimiento de agua de los rociadores.

#### **3.2.3.1 Ocupaciones de Riesgo Ligero**

Las ocupaciones de riesgo ligero deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustibilidad de los contenidos es baja, y se esperan incendios con bajos índices de liberación de calor. Algunas ocupaciones de riesgo ligero se encuentran numeradas en la sección A.5.2 de la norma NFPA 13.

#### **3.2.3.2 Ocupaciones de Riesgo Ordinario**

**Ocupaciones de Riesgo Ordinario (Grupo 1).**- Las ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo 1) deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustible es moderada, las pilas de almacenamiento de combustible no superan los 8 pies (2.4 m), y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado. Algunas ocupaciones de riesgo ordinario (grupo 1) se encuentran numeradas en la sección A.5.3.1 de la norma NFPA 13.

**Ocupaciones de Riesgo Ordinario (Grupo 2).**- Las ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo 2) deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos es de moderada a alta, donde las pilas de almacenamiento de contenidos con índices de liberación de calor moderado no superan los 12 pies (3.66 m), las pilas de almacenamiento de contenidos con un índice de liberación de calor elevado no superan los 8 pies (2.4 m). Algunas ocupaciones de riesgo ordinario (grupo 2) se encuentran numeradas en la sección A.5.3.2 de la norma NFPA 13.

### **3.2.3.3 Ocupaciones de Riesgo Extra**

**Ocupaciones de Riesgo Extra (Grupo 1).** Las ocupaciones de riesgo extra (Grupo 1) deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son muy altas y hay presentes polvos, pelusas u otros materiales, que introducen la probabilidad de incendios que se desarrollan rápidamente con elevados índices de liberación de calor pero con poco o ningún líquido inflamable o combustible. Algunas ocupaciones de riesgo extra (grupo 1) se encuentran numeradas en la sección A.5.4.1 de la norma NFPA 13.

**Ocupaciones de Riesgo Extra (Grupo 2).** Las ocupaciones de riesgo extra (Grupo 2) deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones con cantidades desde moderadas hasta considerables de líquidos inflamables o combustibles, u ocupaciones donde el escudado de los combustibles es extenso. Algunas ocupaciones de riesgo extra (grupo 2) se encuentran numeradas en la sección A.5.4.2 de la norma NFPA 13.

## **3.2.4 Componentes y Accesorios del Sistema**

### **3.2.4.1 Rociadores**

**Generalidades.-** A menos que se cumplan otros requisitos, el facto K, la descarga relativa, y la marca de identificación para los rociadores que tengan distintos tamaños de orificio, deberán estar de acuerdo con la Tabla 6.2.3.1 ubicada en el Anexo B.

#### **Características de Temperatura**

Los rociadores automáticos deberán tener los brazos del armazón, deflector, material de recubrimiento, o ampollas de líquido coloreado de acuerdo con los requisitos de la Tabla 6.2.5.1 del Anexo B. Esto indicará la temperatura que soportará el bulbo de vidrio del rociador antes de romperse o la temperatura a la que explota.

### **3.2.4.2 Tubería**

Las tuberías deberán cumplir o superar alguna de las normas de la Tabla 6.3.1.1 del Anexo B o estar de acuerdo con tubería listada.

**Tubería de Acero – Roscadas.-** Cuando las tuberías de acero especificadas en la Tabla 6.3.1.1 se unen con accesorios roscados, o por medio de accesorios usados con tubos que tienen ranuras cortadas, el espesor mínimo de pared debe estar de acuerdo con la tubería Cédula 30 [para tamaños de 8 pulg (200 mm) y mayores] o Cédula 40 [en tamaños menores que 8 pulg (200 mm)], para presiones de hasta 300 psi (20.7 bar).

### **3.2.4.3 Accesorios**

Los accesorios utilizados en los sistemas de rociadores deberán cumplir o superar las normas de la Tabla 6.4.1 ubicada en el Anexo B.

#### **Límites de Presión de los Accesorios**

Deberán permitirse los accesorios de hierro colado de 2 pulg (50 mm) de diámetro y menores, cuando las presiones no sean mayores que 300 psi (20.7 bar).

Deberán permitirse los accesorios de hierro dúctil de 6 pulg (150 mm) de diámetro y menores, cuando las presiones no sean mayores que 300 psi (20,7 bar).

Deberán permitirse los accesorios listados para presiones de sistema que no superen los límites especificados en sus listados.

Los accesorios que no cumplan los requisitos anteriores deberán ser de un modelo extra pesados cuando las presiones sean mayores que 175 psi (12.1bar)

#### **Acoples y Uniones**

No deberán utilizarse uniones roscadas en tuberías mayores que 2 pulg (50 mm).

Los acoples y uniones diferentes a los roscados, deberán ser de tipos específicamente listados para uso en sistemas de rociadores.

#### **Reducciones y Bujes**

A menos que se cumplan otros requisitos, deberán utilizarse accesorios de reducción de una sola pieza donde quiera que se efectúe un cambio en el tamaño de la tubería.

### **3.2.4.4 Unión de Tuberías y Accesorios**

#### **Tuberías y Accesorios Roscados.**

Todas las tuberías y accesorios roscados deberán tener roscas cortadas de acuerdo con la norma ASME B1.20.1, Pipe Threads, General Purpose (Inch).

Los compuestos o las cintas para juntas deberán aplicarse únicamente sobre las roscas macho.

#### **Tuberías y Accesorios Soldados**

Cuando las especificaciones de diseño requieran que alguna parte del sistema de tubería debe soldarse en el lugar, deberá permitirse soldar las tuberías de rociadores, cuando el proceso de soldadura se realice de acuerdo con la norma NFPA 51B, *Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Works*, y se provean los accesorios mecánicos requeridos para dicho trabajo.

#### **Métodos de Unión Ranurada.**

Las tuberías unidas con accesorios ranurados, deberán unirse con una combinación listada de accesorios, juntas y ranuras.

Las ranuras cortadas o laminadas sobre las tuberías, deberán ser compatibles dimensionalmente con los accesorios.

### **3.2.4.5 Soportes**

Los soportes deberán estar de acuerdo con los requisitos de la sección 3.2.6.

### **3.2.4.6 Válvulas**

La norma NFPA 13 tiene requerimientos para cada tipo de válvula que puede ser instalada en un sistema de rociadores contra incendios. En un nivel bastante básico, las válvulas pueden ubicarse en una de las tres categorías siguientes en NFPA 13: Válvulas de Control, Válvulas de Retención y Válvulas para Pruebas y Drenaje. [8]

Las válvulas de control pueden ser definidas como válvulas que controlan el flujo de agua hacia los rociadores. En otras palabras, al cerrar las válvulas de control se evitará que llegue agua a los rociadores. La NFPA estipula que cada sistema de rociadores debe ser provisto de una válvula indicadora listada en una posición accesible, ubicada de modo que controle todas las fuentes automáticas de abastecimiento de agua. [8]

Se requiere una válvula de control en cada piso donde existe una conexión para rociadores cuando se coloquen válvulas para manguera para el uso del departamento de bomberos adheridas a la tubería de suministro. [8]

Las válvulas de control también deben ser supervisadas de alguna manera para asegurar que nadie las manipule o las dejen en la posición "cerrado" por accidente. [8]

Todo sistema requiere tener una válvula de retención para separar el sistema del suministro. Tiene que haber una válvula de retención en todas las fuentes de suministro de agua. Donde exista más de una fuente de suministro de agua hacia el sistema, deberá instalarse una válvula de control indicadora junto a cada válvula de retención para permitir la reparación o la prueba de la misma mientras se mantiene las otras fuentes de suministro bajo operación regular. [8]

Deberá proporcionarse una conexión de pruebas de alarma de no menos de 1 pulg (25 mm) de diámetro, que termine en un orificio liso resistente a la corrosión, que suministre un flujo equivalente o menor al de un rociador del tipo que tenga el orificio más pequeño de todos los instalados en el sistema en particular, para ensayar cada dispositivo de alarma por flujo de agua, para cada sistema. [8]

### **3.2.4.7 Conexiones de Mangueras**

#### **Conexiones de Manguera Pequeñas**

Cuando sean requeridas, deberá instalarse conexiones para mangueras pequeñas (1-1/2 pulg). Las válvulas deberán estar disponibles para alcanzar todas las partes del área con 100 pies (30.5 m) de manguera más 30 pies (9.1 m) de distancia de chorro de manguera.

Cuando el edificio está protegido en su totalidad por un sistema de rociadores automáticos aprobado, no deberá requerirse la presencia de las líneas de mangueras de 1-1/2 pulg (40

mm) para su uso por parte de los ocupantes del edificio, sujeto a la aprobación de la autoridad competente.

Las conexiones de mangueras deberán ser alimentadas desde una de las siguientes:

1. Hidrantes exteriores
2. Un sistema de tuberías separada para conexiones de mangueras pequeñas.
3. Conexiones para mangueras con válvulas sobre tuberías verticales de rociadores, cuando tales conexiones están hechas corriente arriba de todas las válvulas de control de los rociadores.
4. Sistemas de rociadores adyacentes.

Deberá permitirse que las mangueras utilizadas únicamente para combatir incendios estén conectadas solamente a sistemas húmedos de rociadores, de acuerdo con las restricciones siguientes:

1. Las tuberías de abastecimiento de la conexión de mangueras no deberán conectarse a ninguna tubería menor que 2-1/2 pulg (65mm) de diámetro.
2. Los requisitos del enunciado 1 no deberán aplicarse a sistemas de tipo bucle y rejilla diseñados hidráulicamente, donde deberá permitirse que la tubería de dimensión mínima entre la tubería de abastecimiento de la estación de mangueras y la fuente sea de 2 pulg (51 mm).
3. Para tuberías que sirvan a una estación de mangueras única, la tubería deberá tener un mínimo de 1 pulg (25 mm) para tramos horizontales de hasta 20 pies (6.1 m), un mínimo de 1-1/4 pulg (33 mm) para el recorrido total de los tramos entre 20 pies y 80 pies (6.1 m y 24.4 m), y un mínimo de 1-1/2 pulg (38 mm) para el recorrido total de los tramos mayores que 80 pies (24.4 m). Para tuberías que sirvan a estaciones de mangueras múltiples, los tramos deberán tener un mínimo de 1-1/2 pulg (38 mm) en todo el tramo.
4. La tubería deberá tener por lo menos 1 pulg (25 mm) para los tramos verticales.
5. Cuando la presión en cualquier salida de la estación de mangueras supere los 100 psi (6.9 bar), deberá instalarse un dispositivo aprobado en la salida para reducir la presión a 100 psi (6.9 bar).

### **Conexiones de Mangueras para el uso del Departamento de Bomberos (Interiores)**

En edificios de ocupación de riesgo ligero u ordinario, deberá permitirse unir válvulas de mangueras de 2-1/2 pulg (64 mm) para el uso del departamento de bomberos, a tuberías verticales de sistemas de rociadores de tubería húmeda.

Deberán aplicarse las restricciones siguientes:

1. Cada conexión desde una toma de agua que es parte de un sistema combinado a un sistema de rociadores deberá tener una válvula de control individual y una válvula de retención del mismo diámetro que la conexión.
2. La dimensión mínima de la tubería vertical deberá ser de 4 pulg (102 mm) a menos que los cálculos hidráulicos indiquen que una tubería vertical de dimensión menor cumplirá con las demandas de los rociadores y de los chorros de mangueras.
3. Toda tubería vertical combinada de rociadores e hidrantes deberá estar equipada con una válvula de control de tubería vertical para permitir aislar una tubería vertical sin interrumpir el abastecimiento.

### **Conexiones para el Departamento de Bomberos (Exteriores)**

A menos que se cumplan otros requerimientos, las conexiones para el departamento de bomberos deberán consistir de dos conexiones de 2-1/2 pulg (65 mm) que utilizan accesorios giratorios NH roscados internos con "rosca normalizada 2.5-7.5" como se especifica en la norma NFPA 1963, *Standard for Fire Hose Connections*.

#### **3.2.4.8 Dispositivos de Alarma de Flujo de Alarma**

Los dispositivos de alarma de flujo de agua deberán estar listados para el servicio y construidos e instalados de tal forma que cualquier flujo de agua de un sistema de rociadores igual o mayor que el de un único rociador automático con el diámetro de orificio más pequeño instalado en el sistema, iniciará una alarma audible en las

instalaciones dentro de los 5 minutos a partir del inicio del flujo y hasta que dicho flujo se detenga.

El aparato de alarma para sistemas de tubería húmeda deberá consistir en una válvula de retención y alarma listada, u otro dispositivo de alarma de detección de flujo de agua listado con los accesorios necesarios requeridos para dar una alarma.

Las unidades de alarma deberán incluir una alarma, bocina o sirena mecánica listada, o un gong, timbre, alta voz, bocina o sirena eléctricos listados.

Todas las tuberías que conducen a dispositivos operados por motor de agua, deberán ser galvanizadas o de bronce u otro material resistente a la corrosión aceptado por esta norma, y de tamaño no menor que 3/4 pulg (20 mm).

Las tuberías entre el sistema de rociadores y un dispositivo iniciador de alarma accionado a presión deberán ser galvanizados o de metal no ferroso u otro material resistente a la corrosión aprobado de un tamaño nominal de tubería no menor que 3/8 pulg (10 mm).

Los accesorios de alarma operados eléctricamente que forman parte de un sistema de señalización auxiliar, de estación central, de protección local, privada o de estación remota, deberán instalarse de acuerdo con la norma NFPA 72, *National Fire Alarm Code*.

### **3.2.4.9 Drenaje**

**Generalidades.**- Todos los tubos y accesorios de los rociadores deberán estar instalados de modo que el sistema pueda ser drenado.

Las conexiones de drenaje para las tuberías verticales y tuberías principales de alimentación del sistema deberán dimensionarse como se indica en la Tabla 8.16.2.4.2 ubicada en el Anexo B.

Deberán proporcionarse drenajes auxiliares cuando un cambio de dirección en la tubería evite el drenaje de la tubería del sistema a través de la válvula principal de drenaje.

### **3.2.5 Requisitos de la Instalación**

#### **3.2.5.1 Requisitos Básicos**

Los requisitos de espaciamiento, ubicación y posición de los rociadores deberán basarse en los principios siguientes:

1. Los rociadores deberán instalarse en la totalidad del local.
2. Los rociadores deberán ubicarse de manera que no se exceda el área máxima de protección por rociador.
3. Los rociadores deberán posicionarse y ubicarse de manera que brinden un desempeño satisfactorio con respecto al tiempo de activación y la distribución.
4. Deberá permitirse omitir los rociadores en las áreas en que esta norma lo permita específicamente.
5. Cuando los rociadores son probados específicamente, y los resultados de las pruebas demuestren que las desviaciones de los requisitos de espacio libre desde los miembros estructurales no perjudican la capacidad del rociador para controlar o suprimir un incendio, deberá permitirse su posicionamiento y ubicación de acuerdo con los resultados de las pruebas.
6. Deberá permitirse que el espacio libre entre los rociadores y el cielo raso supere los máximos especificados en esta norma, siempre que se demuestre mediante pruebas o cálculos que la sensibilidad y el desempeño de los rociadores son comparables con aquellos instalados de acuerdo con estas secciones.
7. El mobiliario, tales como las unidades portátiles de armarios, gabinetes, cajas de trofeos, y características similares no destinadas para ocupación, no requieren que se instalen rociadores dentro de ellos. Deberá permitirse que este tipo de características estén fijadas a la estructura terminada.

Las válvulas y manómetros del sistema deberán ser accesibles para la operación, inspección, pruebas y mantenimiento.

### **3.2.5.2 Uso de Rociadores**

#### **Clasificaciones de Temperatura**

A menos que se cumplan otros requisitos, deberán utilizarse rociadores con clasificación de temperatura ordinario en la totalidad de los edificios.

Cuando las temperaturas máximas en el cielo raso superen los 100°F (38°C), deberán utilizarse rociadores con clasificación de temperatura de acuerdo con las temperaturas máximas en el cielo raso de la Tabla 6.2.5.1 (Ver Anexo B).

### **3.2.5.3 Aplicación de los Tipos de Rociadores**

Los rociadores deberán seleccionarse para su uso como se indica en esta sección y deberán posicionarse y espaciarse como se describe en la sección 3.2.5.4.

#### **Rociadores Pulverizados Montantes y Colgantes Estándar**

Deberán permitirse los rociadores pulverizados montantes y colgantes en todas las clasificaciones de riesgo de ocupación y en todos los tipos de construcciones de edificios.

**Rociadores Pulverizados de Pared.-** Los rociadores de pared deberán instalarse únicamente como sigue:

1. Ocupaciones de riesgo ligero con cielo rasos lisos, horizontales o con pendiente, planos.
2. Ocupaciones de riesgo ordinario con cielo rasos lisos, planos, cuando estén listados específicamente para ese uso.
3. Para proteger áreas bajo por debajo de puertas elevadas.

### 3.2.5.4 Posición, Ubicación, Espaciamiento y Uso de los Rociadores

Los rociadores deberán posicionarse para proporcionar protección al área acorde con los objetivos generales de esta norma, controlando la posición y el área de cobertura permitida para cada rociador.

#### Áreas de Protección por Rociador

##### Determinación del Área de Protección de Cobertura

El área de protección de cobertura por rociador ( $A_s$ ) deberá determinarse como sigue:

1. A lo largo de ramales como sigue:
  - a. Se determina las distancias entre rociadores (o a la pared u obstrucción, en el caso del último rociador del ramal), corriente arriba y corriente abajo.
  - b. Se elige el valor mayor entre dos veces la distancia a la pared, o la distancia al próximo rociador.
  - c. Esta dimensión se denominará S.
2. Entre ramales como sigue:
  - a. Se determina la distancia perpendicular al rociador del ramal adyacente (o a la pared u obstrucción, en el caso del último ramal) a ambos lados del ramal sobre el cual se ubica el rociador en cuestión.
  - b. Se elige el valor mayor entre dos veces la distancia a la pared u obstrucción, o la distancia al próximo rociador.
  - c. Esta dimensión se denominará L.

El área de protección de cobertura del rociador deberá establecerse multiplicando la dimensión S por la dimensión L, como sigue:

$$A_s = S \times L$$

El área máxima de protección de cobertura permitida de cualquier rociador no deberá exceder los 400 pies<sup>2</sup> (36 m<sup>2</sup>).

### **3.2.5.5 Rociadores Pulverizados Estándar, Colgantes y Montantes**

#### **Área Máxima de Protección de Cobertura**

El área máxima de protección de cobertura permitida para un rociador ( $A_s$ ) deberá estar de acuerdo con el valor indicado en la Tabla 8.6.2.2.1 (a) a la Tabla 8.6.2.2.1 (d) ubicadas en el Anexo B.

En ningún caso el área máxima de cobertura permitida para un rociador deberá exceder los 225 pies<sup>2</sup> (21 m<sup>2</sup>).

**Distancia Máxima entre Rociadores.-** La distancia máxima permitida entre rociadores deberá cumplir con la Tabla 8.6.2.2.1 (a) a la Tabla 8.6.2.2.1 (d) del Anexo B.

#### **Distancia Máxima a las Paredes.**

La distancia de los rociadores a las paredes no deberá ser mayor que la mitad de la distancia máxima permitida entre rociadores.

La distancia de la pared al rociador deberá medirse perpendicularmente a la pared.

#### **Distancias Mínimas a las Paredes**

Los rociadores deberán ubicarse a un mínimo de 4 pulg (102 mm) de una pared.

#### **Distancia Mínima entre Rociadores**

A menos que se cumplan otros requisitos, los rociadores deberán espaciarse no menos que 6 pies (1.8 m) entre centros.

#### **Posición de Deflector (Rociadores Estándar Colgantes y Montantes)**

#### **Distancia por Debajo de Techo**

#### **Construcción sin Obstrucciones**

Bajo construcciones sin obstrucciones, la distancia entre el deflector del rociador y el techo deberá tener como mínimo 1 pulg (25.4 mm) y como máximo 12 pulg (305 mm), en toda el área de cobertura del rociador.

### **Construcción Obstruida**

Bajo construcciones obstruidas, los deflectores deberán ser instalados dentro de los planos horizontales de 1 pulg a 6 pulg (25 mm a 152 mm) por debajo de los miembros estructurales y a una distancia máxima de 22 pulg (559 mm) por debajo el cielo raso o cubierta del techo.

### **3.2.5.6 Rociadores de Pared de Rociado Estándar**

#### **Determinación del Área de Protección de Cobertura.**

El área de protección de cobertura por rociador ( $A_s$ ) deberá determinarse como sigue:

1. A lo largo de la pared como sigue:
  - a. Se determina la distancia entre rociadores a lo largo de la pared (o hasta la pared u obstrucción terminal, en el caso del último rociador en el ramal), corriente arriba y corriente abajo.
  - b. Se elije la mayor de dos veces la distancia hasta la pared terminal o la distancia al próximo rociador.
  - c. Esta dimensión se denominará S.
  
2. A través del cuarto como sigue:
  - a. Se determine la distancia desde la pared sobre la que se instala el rociador hasta la pared opuesta a los rociadores, o al punto medio del cuarto cuando los rociadores están instalados sobre dos paredes opuestas.
  - b. Esta dimensión se denominará L.

El área máxima de protección del rociador deberá establecerse multiplicando la dimensión S por la dimensión L, como sigue:

$$A_s = S \times L$$

#### **Área Máxima de Protección de Cobertura**

El área máxima de protección de cobertura permitida para un rociador ( $A_s$ ) deberá estar de acuerdo con el valor indicado en la Tabla 8.7.2.2.1 ubicada en el Anexo B.

En ningún caso el área máxima de cobertura de un rociador deberá exceder los 196 pies<sup>2</sup> (18.2 m<sup>2</sup>).

**Distancia Máxima entre Rociadores.**

Cuando los rociadores pulverizadores de pared se instalan a lo largo de una única pared de cuartos o baños, éstos deberán espaciarse de acuerdo con las disposiciones de espaciamiento máximo de la Tabla 8.7.2.2.1.

**Distancia Máxima desde las Paredes**

La distancia de los rociadores a las paredes terminales no deberá exceder la mitad de la distancia permitida entre rociadores.

**Distancia Mínima desde las Paredes**

Los rociadores deberán ubicarse a un mínimo de 4 pulg (102 mm) desde una pared terminal.

La distancia de la pared al rociador deberá medirse perpendicularmente a la pared.

**Distancia Mínima entre Rociadores**

Los rociadores deberán espaciarse no menos de 6 pies (1.8 m) entre centros.

**Posición del Deflector desde los Cielos Rasos y Paredes (Rociadores de Pared de Rociado Estándar)****Distancia debajo de los Cielos Rasos y Desde las Paredes.****Cielos Rasos**

A menos que se cumplan otros requisitos, los deflectores de los rociadores de pared deberán ubicarse a no más de 6 pulg (152 mm) ni menos de 4 pulg (102 mm) de los cielos rasos.

Deberá permitirse ubicar los rociadores de pared horizontales de 6 pulg a 12 pulg (152 mm a 305 mm) ó de 12 pulg a 18 pulg (305 mm a 457 mm) por debajo de cielos rasos incombustibles y de combustibilidad limitada cuando estén listados para tal uso.

**Paredes**

Los deflectores de los rociadores de pared verticales deberán ubicarse a no más de 6 pulg (152 mm) ni a menos de 4 pulg (102) desde la pared desde la cual se proyectan.

Los deflectores de los rociadores de pared horizontales deberán ubicarse a no más de 6 pulg (152 mm) y se permite que se instalen con sus deflectores a menos de 4 pulg (102 mm) desde la pared sobre la que están montados.

**Orientación del Deflector**

Los deflectores de los rociadores deberán alinearse paralelos a los cielos rasos o techos.

Los rociadores de pared, cuando se instalan por debajo de un cielo raso inclinado, con una inclinación mayor que 2 en 12, deberán ubicarse en el punto más alto de la pendiente, y posicionarse para descargar hacia abajo a lo largo de la pendiente.

Deberá permitirse instalar rociadores de pared específicamente listados para otras configuraciones de cielos rasos de acuerdo con los requisitos del listado.

**3.2.5.7 Pozos y Salas de Máquinas de Ascensores**

Deberán instalarse rociadores pulverizadores de pared en la parte inferior de todo pozo de ascensor, a no más de 2 pies (0.61 m) por encima del piso del pozo.

Los rociadores requeridos en la parte inferior de los pozos de ascensor por el enunciado anterior no deberán requerirse para los pozos cerrados, incombustibles de ascensores, que no contengan fluidos hidráulicos combustibles.

Deberán instalarse rociadores pulverizadores montantes, colgantes o de pared en la parte superior de los pozos de ascensores.

**3.2.5.8 Escaleras**

**Construcción Combustible.** Deberán instalarse rociadores por debajo de todas las escaleras de construcción combustible.

**Construcción Incombustible.**

En los pozos de escaleras incombustibles que tienen escaleras incombustibles con terminaciones incombustibles o de combustibilidad limitada, deberán instalarse rociadores

en la parte superior del hueco y por debajo del primer descanso encima de la parte inferior del pozo.

### **3.2.5.9 Tubería**

Como se pudo ver en la sección de NFPA 13, "Componentes y Accesorios del Sistema", la norma describe los tipos de tubería recomendados (en cuanto a materiales) y los tipos de unión de tubería (roscado, ranurado y soldado). Sin embargo, la norma no puede recomendar la ubicación de la tubería porque esto no interfiere con el patrón de descarga de los rociadores y depende en gran parte de la forma del edificio en el cual se quiera instalar el sistema.

### **3.2.5.10 Válvulas**

La NFPA 13 describe la ubicación y posición de las válvulas del sistema. Sin embargo, la norma recomienda que su instalación se realice en base a los requerimientos del fabricante, siempre y cuando, las válvulas sean listadas para el uso en sistemas contra incendios. Al igual que las tuberías, la ubicación de las válvulas no interfiere con el patrón de descarga de los rociadores, pero se debe tomar en cuenta la posición ("cerrado" o "abierto") para que el sistema funcione correctamente.

## **3.2.6 Suspensión, Arriostramiento y Sujeción de la Tubería del Sistema**

### **3.2.6.1 Soportes**

Los soportes certificados por un ingeniero profesional registrado, que incluyen todo lo siguiente, deberán ser una alternativa aceptable para los requisitos de la sección actual.

1. Los soportes deberán estar diseñados para soportar cinco veces el peso de la tubería llena de agua más 250 lb (114 kg), en cada punto de soporte de la tubería.
2. Estos puntos de soporte deberán estar adecuados para soportar el sistema.

3. La separación entre los soportes no deberá exceder el valor dado para el tipo de tubo según se indique en la Tabla 9.2.2.1 (a) o Tabla 9.2.2.1 (b) ubicadas en el Anexo B.
4. Los componentes del soporte deberán ser de material ferroso.
5. Deberán presentarse cálculos detallados, cuando lo requiera la autoridad encargada de la revisión, indicando las tensiones desarrolladas en los soportes, en las tuberías y en los accesorios y los factores de seguridad permitidos.

### **3.2.7 Enfoques de Diseño**

#### **3.2.7.1 Generalidades**

Los requisitos de esta sección deberán aplicarse a todos los sistemas de rociadores a menos que se modifique por alguna sección específica diferente.

Deberá permitirse proteger a un edificio o a una parte de un edificio con cualquier base de diseño a criterio del diseñador.

Los requisitos mínimos de suministro de agua para un sistema de rociadores deberá determinarse agregando la asignación de chorros de mangueras a la demanda de agua para los rociadores.

#### **Sistemas con Clasificaciones Múltiples de Riesgos.**

Para los sistemas con clasificaciones de riesgos múltiples, la asignación para chorros de mangueras y la duración del suministro de agua deberán estar de acuerdo con uno de los siguientes:

1. Los requisitos de suministro de agua para la clasificación de riesgo más elevada dentro del sistema.
2. Los requisitos de suministro de agua para cada clasificación individual de riesgo deberán utilizarse en los cálculos para el área de diseño de dicho riesgo.
3. Para sistemas de clasificaciones múltiples de riesgos, donde la clasificación más elevada sólo ocurre dentro de habitaciones individuales de 400 pies<sup>2</sup> (37.2 m<sup>2</sup>) o

menos de área, sin habitaciones adyacentes, los requisitos de suministro de agua para la ocupación principal deberán utilizarse para el resto del sistema.

La asignación de agua para mangueras exteriores deberá agregarse al requerimiento del rociador en la conexión a la tubería principal de la ciudad o un hidrante de patio, el que esté más próximo a la tubería vertical del sistema.

Cuando se planean o requieran gabinetes interiores para mangueras, deberá aplicarse lo siguiente:

1. Deberá adicionarse a los requerimientos de los rociadores, una asignación total de agua de 50 gpm (189 L/min) para la instalación de una única estación de manguera.
2. Deberá adicionarse a los requerimientos de los rociadores, una asignación total de agua de 100 gpm (378 L/min) para la instalación con múltiples estaciones de manguera.
3. La asignación de agua deberá adicionarse en incrementos de 50 gpm (189 L/min), empezando en estación de manguera más lejana, agregando cada incremento a la presión requerida por el diseño del sistema de rociadores en ese punto.

Cuando se conecten válvulas de mangueras para el uso del departamento de bomberos, a tuberías verticales del sistema de rociadores de tubería húmeda, deberá aplicarse lo siguiente:

1. No deberá requerirse agregar el abastecimiento de agua a la demanda de las tomas de agua como se determina en la norma NFPA 14.
2. Cuando la demanda combinada del sistema de rociadores y la asignación para los chorros de manguera de la Tabla 11.2.3.1.2 del Anexo B, exceda los requisitos de la norma NFPA 14, deberá utilizarse esta demanda mayor.
3. Para edificios parcialmente protegidos por rociadores, la demanda de los rociadores, sin incluir la asignación para los chorros de mangueras, como se indica en la Figura 11.2.3.1.1 del Anexo B, deberá añadirse a los requisitos dados en la norma NFPA 14.

### **3.2.7.2 Enfoque para el Control de Incendios según Riesgo de la Ocupación**

**Generalidades.-** Los requisitos de demanda de agua deberán determinarse ya sea por el método de dimensión de tuberías por tablas o por el método de cálculo hidráulico.

#### **Requisitos de Demanda de Agua - Métodos de Cálculo Hidráulico.**

**Generalidades.-** El abastecimiento de agua para los rociadores deberá determinarse solamente a partir de uno de los siguientes:

1. Las curvas de densidad/área de la Figura 11.2.3.1.1 del Anexo B de acuerdo con el método correspondiente a esta curva.
2. En base al método de diseño de habitación.
3. Áreas especiales de diseño a criterio del diseñador.

#### **Método Densidad/Área**

##### **Abastecimiento de Agua**

El requisito de abastecimiento de agua sólo para los rociadores deberá calcularse a partir de las curvas densidad/área de la Figura 11.2.3.1.1 (Ver Anexo B) o a partir de secciones donde los criterios de densidad/área están especificados para los riesgos de ocupaciones especiales.

Cuando se utiliza la Figura 11.2.3.1.1, no deberá ser necesario cumplir con todos los puntos de la curva seleccionada.

##### **Rociadores**

Las densidades y áreas proporcionadas en la Figura 11.2.3.1.1 deberán utilizarse únicamente con rociadores pulverizados.

### **Método de Diseño de Habitación**

Los requisitos para el abastecimiento de agua solamente para rociadores, deberán basarse en la habitación que genere la mayor demanda.

La densidad seleccionada deberá ser la de la Figura 11.2.3.1.1 que corresponda a la clasificación de riesgo de la ocupación y al tamaño de la habitación.

Si la habitación es menor que el área especificada en la Figura 11.2.3.1.1, deberán aplicarse disposiciones especiales descritas más puntualmente en la norma NFPA 13.

### **Áreas Especiales de Diseño**

Para cálculo y diseño de áreas especiales como bodegas, se recomienda revisar la norma NFPA 13 directamente porque no es aplicable para este texto.

### **3.2.8 Planos y Cálculos**

Toda la información correspondiente a la presentación de planos y su contenido ingenieril referente a la red de incendios se describe claramente en el Capítulo 22 de la norma NFPA 13. De este capítulo, lo que se aplica para el presente texto, es el procedimiento de cálculo hidráulico, cuyas pautas principales se describen a continuación.

#### **3.2.8.1 Procedimiento de Cálculo Hidráulico**

Los diámetros de la tuberías no deberán ser menores que 1 pulg (25 mm) nominal para tuberías ferrosas ni  $\frac{3}{4}$  pulg (20 mm) nominal para tuberías de cobre o tuberías no metálicas listadas para el servicio contra incendios de los rociadores.

Por otra parte, el diámetro de las tuberías, el número de rociadores por ramal y el número de ramales por tubería principal transversal, deberán limitarse según el abastecimiento de agua disponible.

Sin embargo, deberán cumplirse las reglas de espaciamiento de los rociadores y todas las demás reglas cubiertas por ésta y otras normas aplicables.

Los cálculos hidráulicos deberán extenderse al punto efectivo del suministro de agua donde se conocen las características de dicho suministro.

## Fórmulas

### Fórmula de Pérdida por Fricción

Las pérdidas por fricción en las tuberías deberán determinarse en base a la fórmula de Hazen- Williams, como sigue:

$$p = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Donde:

p = resistencia por fricción en psi por pie de tubería.

Q = flujo en gpm

C = coeficiente de pérdida por fricción.

d = diámetro interior real de la tubería en pulgadas.

Para unidades SI, deberá utilizarse la ecuación siguiente:

$$p_m = 6.05 \left( \frac{Q_m^{1.85}}{C^{1.85}d_m^{4.87}} \right) 10^5$$

Donde:

p<sub>m</sub> = resistencia por fricción en bar por metro de tubería

Q<sub>m</sub> = flujo en L/min

C = coeficiente por pérdida de fricción

d<sub>m</sub> = diámetro interior real en mm

Para soluciones anticongelantes de dimensiones mayores a 40 gal, la pérdida por fricción deberá calcularse también utilizando la fórmula de Darcy - Weisbach:

$$\Delta P = 0.000216f \frac{l\rho Q^2}{d^5}$$

Donde:

ΔP = pérdida por fricción (psi)

f = factor de pérdida por fricción del diagrama de Moody

$l$  = longitud de la tubería (pies)

$\rho$  = densidad del fluido (lb/pie<sup>3</sup>)

$Q$  = flujo en la tubería (gpm)

$d$  = diámetro interior del tubo (pulg)

**Fórmula de Presión de Velocidad (Presión Dinámica).** La presión de velocidad deberá determinarse en base a la fórmula siguiente:

$$P_v = \frac{0.001123Q^2}{D^4}$$

Donde:

$P_v$  = presión de velocidad en psi (SI: 1 psi = 0.0689 bar)

$Q$  = flujo en gpm (SI: 1 gal = 3.785 L)

$D$  = diámetro interior en pulgadas (SI: 1 pulg = 25.4 mm)

**Fórmula de Presión Normal.** La presión normal ( $P_n$ ) deberá determinarse en base a la fórmula siguiente:

$$P_n = P_t - P_v$$

Donde:

$P_n$  = presión normal

$P_t$  = presión total en psi (bar)

$P_v$  = presión de velocidad en psi (bar)

Deberá permitirse el balance de presiones a través del uso de un factor  $K$  desarrollado para ramales o partes de los sistemas, utilizando  $K_p = Q/(p)^{0.5}$ .

## Longitudes Equivalentes de Tubería para Válvulas y Accesorios

### Tuberías y Accesorios

Para determinar la longitud equivalente del tubo para los accesorios y dispositivos deberá utilizarse la Tabla 22.4.3.1.1 ubicada en el Anexo B, a menos que los datos de pruebas del fabricante indiquen que son apropiados otros factores.

### Modificador de Longitud Equivalente.

Para los diámetros internos de la tubería, distintos de los de la tubería de acero Cédula 40 [Cédula 30 para diámetros de tubería de 8 pulg (200 mm) o mayores], la longitud equivalente mostrada en la Tabla 22.4.3.1.1 deberá multiplicarse por un factor derivado de la fórmula siguiente:

$$\left[ \frac{\text{Diámetro interno real}}{\text{Diámetro interno de la tubería de acero Calibre 40}} \right]^{4.87} = \text{Factor}$$

El factor así obtenido deberá modificarse luego como se requiere en la Tabla 22.4.3.1.1.

**Factores C.-** La Tabla 22.4.3.1.1 deberá utilizarse únicamente para factores C de Hazen – Williams de 120. Para otros valores de C, los valores de la Tabla 22.4.3.1.1 deberán multiplicarse por los factores indicados en la Tabla 22.4.3.2.

Valor de C	100	130	140	150
Factor de multiplicación	0.713	1.16	1.33	1.51

**Tabla 22.4.3.2. Multiplicador del Valor C. Propiedad de NFPA 13, 2007.**

**Válvulas.-** Los valores específicos de pérdida por fricción o las longitudes equivalentes de la tubería para válvulas de alarma, válvulas de tubería seca, válvulas de diluvio, filtros y otros dispositivos deberán estar disponibles para la autoridad competente.

**Valores Discrepantes.-** Los valores específicos de pérdida por fricción o las longitudes equivalentes de tubería para accesorios listados no mencionados en la Tabla 6.4.1 deberán

utilizarse en los cálculos hidráulicos cuando estas pérdidas o longitudes equivalentes de tubería son diferentes a aquellas indicadas en la Tabla 22.4.3.1.1.

### **Procedimiento de Cálculo**

Para todos los sistemas, el área de diseño deberá ser el área de mayor demanda hidráulica en base al criterio de la sección de "Enfoque de Diseño".

### **Método de Densidad/Área**

Cuando el diseño se basa en el método de densidad/área, el área de diseño deberá ser un área rectangular con una dimensión paralela a los ramales de por lo menos 1.2 veces la raíz cuadrada del área (A) utilizada de operación de los rociadores, la cual deberá permitir la inclusión de rociadores a ambos lados de la tubería principal transversal.

Toda fracción de rociador deberá ser llevado al siguiente rociador entero mayor (Ejemplo: 3.2 rociadores = 4 rociadores).

En los sistemas que tienen ramales con un número de rociadores insuficiente para cumplir con el requisito de 1.2, el área de diseño deberá extenderse para incluir los rociadores en ramales adyacentes alimentados por la misma tubería principal transversal.

**Método de Diseño por Cuarto.** Cuando el diseño se basa en el método de diseño por cuarto, el cálculo deberá basarse en el cuarto y el espacio comunicante, si lo hubiere, el que tenga mayor demanda hidráulica (Ver Norma NFPA 13).

### **Densidades de Diseño**

Las tuberías del sistema deberán diseñarse hidráulicamente utilizando densidades de diseño y áreas de operación de acuerdo con la sección de "Enfoque de Diseño", según se requiera para las ocupaciones o los riesgos involucrados.

La densidad deberá calcularse sobre la base del área del piso de operación de los rociadores. Cuando los rociadores se instalan debajo de un techo inclinado, el área utilizada para este cálculo deberá ser el plano horizontal debajo de los rociadores.

Cuando los rociadores están instalados encima y debajo de un cielo raso, o en el caso en que dos o más áreas están alimentadas desde un juego de ramales común, los ramales y los abastecimientos deberán calcularse para que alimenten la mayor demanda de agua.

**Rociadores del Área de Diseño**

Cada rociador en el área de diseño y en el resto del sistema diseñado hidráulicamente, deberá descargar a una tasa de flujo por lo menos igual al mínimo de la tasa de aplicación de agua estipulado (densidad) multiplicado por el área de operación de los rociadores. Cuando se requiere que los rociadores descarguen un flujo o presión específico más que una densidad, cada rociador en el área de diseño deberá descargar al flujo o presión por lo menos igual al mínimo requerido.

Los cálculos deberán comenzar en el rociador hidráulicamente más remoto.

La presión calculada en cada rociador deberá utilizarse para determinar la tasa de flujo de descarga de ese rociador en particular.

**Pérdida por Fricción.-** Las pérdidas por fricción de las tuberías deberán calcularse de acuerdo con la fórmula de Hazen – Williams, con los valores C de la Tabla 22.4.4.7 del Anexo B, como sigue:

1. Incluir las tuberías, los accesorios y los dispositivos tales como válvulas, medidores interruptores de flujos en tuberías de 2 pulgadas o menos de diámetro, y filtros, y calcular los cambios de elevación que afectan la descarga del rociador.
2. Las tuberías de drenaje conectadas no deberán incluirse en los cálculos hidráulicos.
3. Calcular las pérdidas por una te o una cruz cuando tenga lugar un cambio en la dirección del flujo, basándose en la longitud equivalente del tramo de tubería donde esté incluido el accesorio.
4. La te ubicada en el extremo superior de un tramo de tubería vertical deberá incluirse en el ramal; la te ubicada en la base de un tramo de tubería vertical, deberá incluirse en el tramo de tubería vertical; y la te o cruz ubicada en la unión de una tubería principal transversal con una tubería principal de alimentación deberá incluirse en la tubería principal transversal.
5. No incluir las pérdidas por accesorios para el flujo directo en una te o cruz.
6. Calcular las pérdidas de los codos reductores, en base al valor equivalente en pies, de la salida más pequeña.
7. Utilice el valor equivalente, en pies, del codo normalizado en cualquier cambio abrupto de dirección de 90 grados, tal como en un codo roscado.

8. Utilice el valor equivalente, en pies, para el codo de radio grande en cualquier giro de barrido de 90 grados, como en los codos tipo con bridas, soldados o con uniones mecánicas (Ver Tabla 22.4.3.1.1 del Anexo B).
9. Deberá excluirse la pérdida por fricción para el accesorio conectado directamente a un rociador.
10. Las pérdidas a través de válvulas reductoras de presión, deberán incluirse basándose en la condición de presión normal en la entrada. Deberán utilizarse los datos de pérdidas de presión de la literatura del fabricante.

**Presiones.**

Deberá permitirse el uso de la presión normal ( $P_n$ ), calculada por la sustracción de la presión de velocidad de la presión total. Cuando se utilice la presión normal, esta deberá utilizarse sobre todos los ramales y tuberías principales transversales cuando sea aplicable. El flujo de un rociador deberá calcularse utilizando el factor K nominal.

**Presión Mínima de Operación.**

La presión mínima de operación de cualquier rociador deberá ser de 7 psi (0.5 bar). Cuando en el listado del rociador se especifica una presión de operación mínima mayor para la aplicación deseada, deberá requerirse ésta presión mayor.

**Presión Máxima de Operación.-** Para ocupaciones de riesgo extra, paletizadas, en pilas sólidas, en cajas de contención, en almacenamiento en estanterías, la presión máxima de operación deberá ser de 175 psi (12.1 bar).

**3.2.8.2 Diseño de Tuberías por Tablas****Generalidades.**

Los requisitos para el dimensionamiento de las tuberías por medio de tablas, no deberán aplicarse a los sistemas calculados hidráulicamente.

Los sistemas de rociadores que tienen rociadores con factores K diferentes al valor 5.6 nominal, materiales para tuberías listados diferentes de los incluidos en la Tabla 6.3.1.1, los sistemas de riesgo extra Grupo 1 y Grupo 2, y los sistemas de protección de exposiciones, deberán calcularse hidráulicamente.

## **Tablas para Ocupaciones de Riesgo Ligero.**

### **Ramales.**

A menos que se permita por otros enunciados, los ramales no deberán tener más de 8 rociadores sobre ambos lados de una tubería principal transversal.

Cuando sean necesarios más de 8 rociadores sobre un ramal, deberá permitirse incrementar los ramales a 9 rociadores, haciendo los dos tramos finales de 1 pulg (25.4 mm) y 1-1/4 pulg (33 mm), respectivamente, y los tramos normalizados de ahí en adelante.

Deberá permitirse ubicar diez rociadores sobre un ramal, haciendo los dos tramos finales de 1 pulg (25.4 mm) y 1-1/4 pulg (33 mm), respectivamente, y alimentando el décimo rociador con una tubería de 2-1/2 pulg (64 mm).

### **Diámetros de Tubería.**

Los diámetros de la tubería deberán estar de acuerdo con la Tabla 22.5.2.2.1 ubicada en el Anexo B.

Cualquier área que requiera más rociadores que los especificados para la tubería de 3-1/2 pulg (89 mm) en la Tabla 22.5.2.2.1, y sin particiones divisorias (no necesariamente muros corta fuego), deberá ser alimentada por tuberías principales o tuberías verticales dimensionadas para ocupaciones de riesgo ordinario.

Cuando los rociadores se instalan encima y debajo de cielo rasos, y estos rociadores están alimentados desde un juego de ramales común o desde ramales independientes desde una tubería principal transversal común, estos ramales no deberán tener más de 8 rociadores encima y 8 rociadores debajo de cualquier cielo raso, sobre cada lado de la tubería principal transversal.

A menos que se cumplan otros requisitos, el dimensionamiento de las tuberías hasta 2-1/2 pulg (64 mm) inclusive deberá ser como se muestra en la Tabla 22.5.2.4 del Anexo B, utilizando el número mayor de rociadores que pudiera encontrarse en dos niveles adyacentes cualesquiera.

Los ramales y las tuberías principales transversales que alimentan rociadores instalados completamente encima o completamente debajo de cielo rasos, deberán dimensionarse de acuerdo con la Tabla 22.5.2.2.1.

Cuando el número total de rociadores encima y debajo de un cielo raso supera el número especificado en la Tabla 22.5.2.2.1 para tuberías de 2-1/2 pulg (64 mm), la tubería que alimenta a esos rociadores deberá incrementarse a 3 pulg (76 mm) y dimensionarse a continuación de acuerdo con la tabulación indicada en la Tabla 22.5.2.2.1 para el número de rociadores encima o debajo de un cielo raso, el que sea mayor.

### **Tablas para Ocupaciones de Riesgo Ordinario.**

A menos que se permita por otros enunciados, los ramales no deberán tener más de 8 rociadores sobre ambos lados de una tubería principal transversal.

Cuando sean necesarios más de 8 rociadores sobre un ramal, deberá permitirse incrementar los ramales a 9 rociadores, haciendo los dos tramos finales de 1 pulg (25,4 mm) y 1-1/4 pulg (33 mm), respectivamente, y los tramos normalizados de ahí en adelante.

Deberá permitirse ubicar 10 rociadores sobre un ramal, haciendo los dos tramos finales de 1 pulg (25,4 mm) y 1-1/4 pulg (33 mm), respectivamente, y alimentando el décimo rociador con una tubería de 2-1/2 pulg (64 mm).

Los diámetros de la tubería deberán estar de acuerdo con la Tabla 22.5.3.4 ubicada en el Anexo B.

Cuando la distancia entre los rociadores en un ramal excede los 12 pies (3.7 m) o la distancia entre ramales excede los 12 pies (3.7 m), el número de rociadores para un diámetro dado de tubería deberá estar de acuerdo con la Tabla 22.5.3.5 del Anexo B.

Cuando los rociadores se instalan encima y debajo de cielo rasos, y estos rociadores están alimentados desde un juego de ramales común o desde ramales independientes desde una tubería principal transversal común, estos ramales no deberán tener más de 8 rociadores

encima y 8 rociadores debajo de cualquier cielo raso, sobre cada lado de la tubería principal transversal.

El dimensionamiento de las tuberías hasta 3 pulg (76 mm) inclusive, deberá ser como se muestra en la Tabla 22.5.3.7 del Anexo B, utilizando el número mayor de rociadores que pudieran encontrarse en dos niveles adyacentes cualesquiera.

Los ramales y las tuberías principales transversales que alimentan rociadores instalados completamente encima o completamente debajo de los cielos rasos, deberán dimensionarse de acuerdo con la Tabla 22.5.3.4 o la Tabla 22.5.3.5. (Ver Anexo B).

Cuando el número total de rociadores ubicados encima y debajo de un cielo raso supera el número especificado en la Tabla 22.5.3.7 para tuberías de 3 pulg (76 mm), la tubería que alimenta a esos rociadores deberá incrementarse a 3-1/2 pulg (89 mm) y dimensionarse a continuación de acuerdo con la tabulación indicada en la tabla 22.5.2.2.1 o en la Tabla 22.5.3.4 para el número de rociadores ubicado encima o debajo de un cielo raso, el que sea mayor.

### **3.3 Descripción de los Principales Artículos de la Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras (NFPA 14), aplicables para el Diseño del Edificio Publishing**

La norma NFPA 14 describe los tipos de sistemas de manguera que pueden ser instalados en una edificación con o sin la presencia de rociadores. Los componentes del sistema como tubería, válvulas y soportes, además de los cálculos hidráulicos, ya fueron descritos en la norma NFPA 13, por lo que en esta sección se tratará de describir solamente los aspectos más importantes que caracterizan exclusivamente a los sistemas de mangueras.

#### **3.3.1 Componentes del Sistema**

##### **Estaciones de Manguera**

##### **Armarios y Gabinetes.**

Los armarios y gabinetes usados para contener mangueras de incendio deben ser de un tamaño que permita la instalación del equipo necesario en estaciones de manguera y diseñado para que no interfieran con el pronto uso de la conexión de manguera, la manguera y otro equipo en el momento del incendio.

Dentro del gabinete, las conexiones de manguera deben ser ubicadas de manera que haya al menos 1 pulg (25.4 mm) entre cualquier parte del gabinete y la manija de la válvula cuando ésta se halle en cualquier rango de posición desde totalmente abierta a totalmente cerrada.

El gabinete deber ser usado solo para equipo de incendio y cada gabinete deber estar claramente identificado.

## **Clases de Sistemas de Tubería Vertical**

### **Sistemas Clase I**

Un sistema de tubería Clase I debe proveer conexiones de manguera de 2-1/2 pulg (65 mm) para suministrar agua para uso por cuerpos de bomberos y aquellos entrenados en el manejo de chorros de incendio pesados.

### **Sistemas Clase II**

Un sistema de tubería vertical Clase II debe proveer estaciones de manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) para suministrar agua primordialmente para uso por personal entrenado o por el cuerpo de bomberos durante la respuesta inicial.

Debe permitirse usar una manguera de un mínimo de 1 pulg (25.4 mm) para estaciones de manguera en ocupaciones de riesgo ligero y cuando haya sido investigada y listada para este servicio y donde esté aprobada por la autoridad competente.

### **Sistemas Clase III**

Un sistema de tubería vertical Clase III debe estar provisto de estaciones de manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) para suministrar agua para uso por personal entrenado y conexiones de manguera de 2-1/2 pulg (65 mm) para suministrar un gran volumen de agua para uso por cuerpos de bomberos y aquellos entrenados en el manejo de chorros de incendio pesados.

Debe permitirse usar manguera de un mínimo de 1 pulg (25.4 mm) para estaciones de manguera en ocupaciones de riesgo ligero donde haya sido investigada y listada para este servicio y donde esté aprobada por la autoridad competente.

Donde el edificio está protegido por un sistema de rociadores automáticos aprobado, sujeto a la aprobación de la autoridad competente, no se requieren las estaciones de manguera Clase II para uso por personal entrenado, siempre que cada conexión de manguera Clase I sea de 2-1/2 pulg (65 mm) y esté equipada con un reductor de 2-1/2 pulg x 1-1/2 pulg (65 mm x 38 mm) y una tapa asegurada con cadena.

## **3.3.2 Diseño**

**Generalidades.-** El diseño del sistema de tubería vertical está determinado por la altura del edificio, la clasificación de ocupación del área por piso, diseño del sistema de

evacuación, la tasa de flujo requerida, presión residual y la distancia de la conexión de manguera desde la fuente de suministro de agua.

**Limitación de Presión.-** La presión máxima en cualquier punto en el sistema en cualquier momento no debe exceder 350 psi (24 bares).

### **Presión Máxima para Conexión de Manguera**

Donde la presión residual en una salida de 1-1/2 pulg (38 mm) sobre una conexión de manguera excede 100 psi (6,8 bares), debe proveerse un dispositivo de regulación de presión aprobado para limitar la presión residual de flujo a 100 psi (6,8 bares).

Donde la presión estática en una conexión de manguera excede 175 psi (11,9 bares), debe ser provisto un dispositivo de regulación de presión aprobado para limitar las presiones estática y residual en la salida de la conexión de manguera a 100 psi (6,8 bares) para conexiones de manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) y 175 psi (11,9 bares) para otras conexiones de manguera. La presión en el lado de entrada del dispositivo regulador de presión no debe exceder la tasa de presión de trabajo del dispositivo.

### **Ubicación de Conexiones de Manguera**

#### **Generalidades.**

Las conexiones y estaciones de manguera no deben ser obstruidas y estar ubicadas a no menos de 3 pies (0.9 m) o a más de 5 pies (1.5 m) sobre el piso.

La conexión de manguera no debe ser obstruida por la puerta abierta o cerrada, u otros objetos sobre el descanso.

#### **Sistemas Clase I**

Los sistemas Clase I deben estar provistos con conexiones de manguera de 2-1/2 pulg (65 mm) en las instalaciones siguientes:

1. En el descanso intermedio más alto entre niveles de piso en todas las escaleras de salida requeridas.
2. En cada lado del muro adyacente a las aberturas de las salidas horizontales.

3. En edificios que no sean galerías cubiertas, en cada pasadizo de salida, a la entrada de las áreas del edificio al pasadizo.
4. En edificios de galería cubierta, a la entrada de cada pasadizo de salida o corredor de salida y en el lado interior de entradas públicas desde el exterior a la galería.
5. En el descanso más alto de las escaleras con acceso a un techo y en techos con un desnivel de menos de 3 en 12 donde las escaleras no dan acceso al techo.

Debe ser permitido que conexiones de manguera sean ubicadas en los descansos del primer piso en las escaleras de salida donde sea aprobado por la autoridad competente.

Debe ser provista una conexión adicional de manguera de 2-1/2 pulg (65 mm) en la parte del sistema hidráulicamente más remota para facilitar la prueba.

Deben ser provistas conexiones adicionales de manguera, en ubicaciones aprobadas, cuando sea requerido por el cuerpo local de bomberos o por la autoridad competente cuando la parte más remota de un piso o planta sin rociadores esté ubicada a más de 150 pies (45.7 m) de distancia de recorrido desde una salida requerida que contenga o esté adyacente a una conexión de manguera o cuando la parte más remota de un piso o planta con rociadores esté ubicada a más de 200 pies (61 m) de distancia de recorrido desde una salida requerida que contenga o esté adyacente a una conexión de manguera.

### **Sistema Clase II**

Los sistemas Clase II deben estar provisto con estaciones de manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) de modo que todas las partes de cada nivel de piso del edificio estén dentro de 130 pies (39.17 m) de una conexión de manguera provista con manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) o dentro de 120 pies (36.6 m) de una conexión de manguera provista con manguera de menos de 1-1/2 pulg (38 mm).

Las distancias deben ser medidas a lo largo de la ruta de recorrido originada desde la conexión de manguera.

### **Sistemas Clase III**

Los sistemas Clase III deben ser provistos con conexiones de manguera como lo requieren los sistemas Clase I y Clase II.

La limitación de distancia de recorrido de 130 pies (39.7 m) no aplica a sistemas Clase III.

Para sistemas Clase III instalados sin manguera, los requisitos de suministro de agua deben ser los especificados para sistemas Clase I.

**Número de Tuberías Verticales.-** Deben proveerse tuberías verticales separadas en cada escalera requerida de salida.

#### **Interconexión de Tuberías Verticales**

Cuando dos o más tuberías verticales son instaladas en el mismo edificio o sección de edificio, ellas deben estar interconectadas.

#### **Tamaños Mínimos para Tuberías Verticales y Líneas Derivadas**

Las tuberías verticales Clase I y Clase III deben ser de al menos 4 pulg (100 mm) en tamaño. Las tuberías verticales que son parte de un sistema combinado (rociadores y mangueras) deben tener al menos 6 pulg (150 mm) en tamaño.

Donde el edificio está protegido totalmente por un sistema de rociadores automático aprobado en concordancia con NFPA 13, el tamaño mínimo de la tubería vertical debe ser de 4 pulg (100 mm) para sistemas calculados hidráulicamente.

#### **Límites de Presión Mínima y Máxima**

**Presión de Diseño Mínima para Sistemas Diseñados Hidráulicamente.-** Los sistemas de tubería vertical diseñados hidráulicamente deben estar proyectados para proveer la tasa de flujo de agua requerida a una presión residual mínima de 100 psi (6,8 bares) en la salida de la conexión de manguera de 2-1/2 pulg (65 mm) más remota hidráulicamente y 65 psi (4,5 bares) en la salida de la estación de manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) más remota hidráulicamente.

#### **Presión de Diseño Mínima para Sistemas de Tubería Diseñados por Cédula. (Tabla)**

Los sistemas de tubería vertical diseñados por cédula de la tubería deben tener la tubería dimensionada en concordancia con la cédula de tubería de la Tabla 7.8.2.1 del Anexo B para proveer la tasa de flujo requerida a una presión residual mínima de 100 psi (6,8 bares) en la conexión de manguera de 2-1/2 pulg (65 mm) más elevada y 65 psi (4,5 bares) en la estación de manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) más elevada.

Los diseños por cédula de tubería deben estar limitados a tuberías verticales húmedas para edificios que no son de altura (más de 23 m).

### **Tasas de Flujo**

#### **Sistemas Clase I y Clase III.**

##### **Tasa de Flujo Mínima.**

Para sistemas Clase I y Clase III, la tasa de flujo mínima para la tubería vertical hidráulicamente más remota debe ser de 500 gpm (1893 L/min).

Donde una tubería vertical horizontal en un sistema Clase I y Clase III suple tres o más conexiones de manguera en cualquier piso, la tasa mínima de flujo para tubería vertical horizontal de mayor demanda hidráulica debe ser de 750 gpm (2840 L/min).

La tasa de flujo mínima para tuberías verticales adicionales debe ser de 250 gpm (946 L/min) por tubería vertical, con un total que no exceda de 1250 gpm (473 L/min) o 1000 gpm (3785 L/min) para edificios totalmente equipados con rociadores.

Cuando el área de piso excede de 80,000 pies<sup>2</sup> (7432 m<sup>2</sup>), la segunda tubería vertical más remota debe estar diseñada para acomodar 500 gpm (1893 L/min).

##### **Requisitos de Cálculo Hidráulico**

Los cálculos hidráulicos y tamaños de tubería para cada tubería vertical deben estar basados en la provisión de 250 gpm (946 L/min) en las dos conexiones de manguera hidráulicamente más remotas en la tubería vertical y en la salida más alta de cada una de las otras tuberías verticales a la presión residual mínima requerida.

Donde una tubería vertical horizontal en un sistema Clase I y Clase III abastece tres o más conexiones de manguera en cualquier piso, los cálculos hidráulicos y tamaños de tubería para cada tubería vertical deben basarse en la provisión de 250 gpm (946 L/min) en las tres conexiones de manguera hidráulicamente más remotas de la tubería vertical y en la salida más alta de cada una de las otras tuberías verticales a la presión residual mínima requerida.

La tubería común de suministro debe ser calculada y dimensionada para proveer la tasa de flujo requerida para todas las tuberías verticales conectadas a tal tubería de suministro, con un total que no exceda 1250 gpm (4731 L/min).

## **Sistemas Clase II**

### **Tasa de Flujo Mínima**

Para sistemas Clase II, la tasa de flujo mínima para la conexión de manguera hidráulicamente más remota debe ser 100 gpm (379 L/min).

No debe requerirse flujo adicional donde es provista más de una conexión de manguera.

### **Requisitos de Cálculo Hidráulico**

Los cálculos hidráulicos y dimensiones de tubo para cada tubería vertical deben basarse en proveer 100 gpm (379 L/min) en la conexión de manguera hidráulicamente más remota en la tubería vertical a la presión mínima residual requerida.

La tubería de suministro común que sirve múltiples tuberías verticales debe ser calculada y dimensionada para proveer 100 gpm (379 L/min).

### **Tasas de Flujo Máxima para Conexiones Individuales**

El flujo máximo requerido desde una conexión de manguera de 2-1/2 pulg (65 mm) debe ser 250 gpm (946 L/min).

El flujo máximo requerido desde una conexión de manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) debe ser 100 gpm (379 L/min).

Para todos los sistemas, los cálculos hidráulicos deben ser la mayor demanda. Los cálculos deben comenzar en la salida de cada conexión de manguera y deben incluir la pérdida por fricción para la válvula de manguera y cualquier tubería conectora desde la válvula de manguera a la tubería vertical.

### **3.4 Descripción de los Principales Artículos de la Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección de Incendios (NFPA 20), aplicables para el Diseño del Edificio Publishing**

A continuación se describirán las normas aplicables únicamente para bombas centrífugas, ya que son las más utilizadas para sistemas de agua para protección contra incendios.

#### **3.4.1 Requerimientos Generales**

##### **Bombas**

Esta norma deberá aplicarse a bombas centrífugas de una etapa y a bombas centrífugas multi etapas de diseño de eje horizontal o vertical y bombas de desplazamiento positivo de diseño de eje horizontal o vertical.

##### **Otras Bombas**

Deberá permitirse la instalación de bombas distintas de las especificaciones en la norma presente y con características de diseño diferentes cuando éstas se encuentren listadas por un laboratorio de pruebas.

Estas bombas deberán limitarse a capacidades menores a 500 gpm (1892 L/min).

##### **Prueba de taller certificada.**

El fabricante deberá entregar al comprador curvas de pruebas de taller certificadas que muestren la capacidad de presión y la potencia al freno en caballos de fuerza de la bomba.

El comprador deberá entregar la información anterior a la autoridad competente.

##### **Suministros Líquidos**

##### **Fuentes.**

Deberá permitirse cualquier fuente de agua adecuada en cantidad, calidad y presión para que funcione como suministro de una bomba contra incendio.

Cuando el suministro de agua de una tubería pública principal no resulte adecuado en calidad, cantidad o presión, deberá suministrarse una fuente de agua alternativa.

La aceptabilidad del suministro de agua deberá determinarse y evaluarse con anterioridad a la especificación e instalación de la bomba contra incendio.

Para líquidos que no sean agua, la fuente de líquido para la bomba deberá ser adecuada para suministrar el índice máximo de flujo requerido para cualquier demanda simultánea por la duración requerida y el número requerido de descargas.

**Nivel.-** El nivel mínimo de agua de un foso o pozo húmedo deberá determinarse bombeando a no menos de 150 por ciento de la capacidad nominal de la bomba contra incendios.

### **Suministro Almacenado**

Un suministro almacenado más un rellenado automático confiable deberán ser suficientes para satisfacer la demanda requerida para la duración del diseño.

Deberá proveerse un método confiable para reponer el suministro.

### **Presión**

La presión disponible de un suministro de agua deberá calcularse sobre la base de un caudal de 150 por ciento de capacidad nominal de la bomba contra incendios.

Esta presión deberá ser la que señala la prueba de caudal.

### **Bombas, impulsores y controladores.**

Las bombas contra incendio deberán estar dedicadas al servicio de protección contra incendios y listadas para dicha actividad.

Los motores eléctricos, motores diesel, turbinas de vapor o una combinación de éstos, deberán ser impulsores aceptables para las bombas en una instalación única.

### **Presión Máxima para Bombas Centrífugas.**

La presión neta de apagado de la bomba más la presión máxima de succión estática, ajustada para elevación, no deberá superar la presión para la que los componentes se encuentren clasificados.

**Capacidades de bombas centrífugas contra Incendios.**

Una bomba centrífuga contra incendios deberá seleccionarse para funcionar al 150 por ciento o menos de la capacidad nominal.

Las bombas centrífugas contra incendios deberán tener una de las capacidades nominales identificadas en la Tabla 5.8.2 ubicada en el Anexo B y deberán estar clasificadas a presiones netas de 40 psi (2.7 bar) o más.

Las bombas centrífugas contra incendios con clasificaciones sobre 5000 gpm (18925 L/min) se encuentran sujetas a revisiones individuales por parte de la autoridad competente o un laboratorio de listado.

**3.4.1.1 Manómetros de Presión****Descarga**

Un manómetro de presión con un cuadrante no menor a 3.5 pulg (89 mm) de diámetro deberá conectarse cerca de la fundición de descarga con una válvula para manómetro de 0.25 pulg (6 mm) nominal.

El cuadrante deberá indicar la presión a por lo menos el doble de la presión de trabajo nominal de la bomba pero no a menos de 200 psi (13.8 bar).

El frente del cuadrante deberá leerse en bar, libras por pulgada cuadrada o ambos, con las graduaciones estándar del fabricante.

**Succión**

A menos que se cumplan otros requerimientos, un manómetro de presión y de vacío con un cuadrante menor a 3.5 pulg (89 mm) de diámetro deberá estar conectado a la tubería de succión cerca de la bomba con una válvula reguladora nominal de 0.25 pulg (6 mm).

El frente del cuadrante deberá leerse en pulgadas de mercurio (milímetros de mercurio) o psi (bars) para el rango de succión.

El manómetro deberá contar con un rango de presión dos veces superior a la presión de succión máxima nominal de la bomba, pero no menor a 100 psi (6.9 bar).

Estos requerimientos no deberán aplicarse en bombas tipo turbina de eje vertical que toman succión de un foso o pozo húmedo abierto.

### 3.4.1.2 Válvula de Alivio de Circulación

#### Válvula de Alivio Automática

A menos que se cumplan otros requerimientos, todas las bombas deberán contar con una válvula de alivio automática listada para el servicio de la bomba contra incendio, instalada y ajustada por debajo de la presión de apagado a la presión de succión mínima esperada.

La válvula deberá instalarse en el lado de descarga de la bomba antes de la válvula de retención de descarga.

La válvula deberá otorgar un caudal de suficiente agua como para evitar que la bomba se recaliente cuando funciona sin descarga.

Deberán hacerse provisiones para que se realice la descarga en un drenaje.

La válvula de alivio automática deberá tener un tamaño nominal de 0.75 pulg (19 mm) para bombas de una capacidad nominal que no supere los 2500 gpm (9462 L/min) y deberá tener un tamaño nominal de 1 pulg (25 mm) para bombas de una capacidad nominal de 3000 a 5000 gpm (11355 a 18925 L/min).

Estos requerimientos no deberán aplicarse a bombas impulsadas por motor para las cuales el agua refrigerante del motor sea obtenida de la descarga de la bomba.

### 3.4.1.3 Protección del Equipamiento

**Requerimientos generales.-** La bomba contra incendio, el impulsor, el controlador, el suministro de agua y el suministro de energía deberán estar protegidos contra la posible interrupción del servicio debido a daños causados por explosiones, incendios, inundaciones, terremotos, roedores, insectos, tormentas de viento, congelamiento, vandalismo y otras condiciones adversas.

#### Unidades de Bomba Contra Incendio Internas.

Las bombas contra incendio internas en edificios de gran altura deberán estar separadas físicamente o protegidas por una construcción ignífuga de dos horas.

Las bombas contra incendio internas en edificios que no sean de gran altura deberán estar separadas físicamente o protegidas por una construcción ignífuga de conformidad con la Tabla 5.12.1.1.2 del Anexo B.

La ubicación y el acceso al cuarto de la bomba de incendio deberán ser previamente planificados con el departamento de bomberos.

Los cuartos que contengan bombas contra incendio deberán estar libres de almacenamiento y penetraciones que no sean esenciales para la operación de la bomba y sus componentes relacionados.

#### **Unidades de Bomba contra Incendios Externas.**

Las unidades de bomba contra incendio ubicadas en el exterior deberán encontrarse por lo menos a 50 pies (15.3 m) de distancia de cualquier edificio expuesto.

Las instalaciones externas también deberán contar con protección contra posibles interrupciones.

### **3.4.1.4 Tubería y Accesorios**

#### **Tubería de Acero**

Deberá utilizarse tubería de acero sobre la tierra excepto para la conexión a tuberías de succión subterránea y tuberías de descarga subterráneas.

Cuando existan condiciones de agua corrosiva, las tuberías de succión de acero deberán ser galvanizadas o pintadas en el interior antes de la instalación con una pintura recomendada para superficies sumergidas.

No deberán utilizarse revestimientos bituminosos gruesos.

#### **Método de Conexión**

Las secciones de tuberías de acero deberán conectarse por medio de juntas mecánicas ranuradas, roscadas y con bridas u otros accesorios aprobados.

### **3.4.1.5 Tubería de Succión y Accesorios**

#### **Componentes.**

Los componentes de succión deberán consistir de todas las tuberías, válvulas y accesorios desde la brida de succión de la bomba hasta la conexión de la tubería de servicio de agua público y privada, tanque de almacenamiento, o reservorio, etc., que suministra el agua a la bomba.

**Tamaño de succión.**

A menos que se cumplan con otros requerimientos, el tamaño de la tubería de succión de una bomba única o de la tubería de succión de cabecera para bombas múltiples (funcionando en conjunto) deberá ser uno en el cual, con todas las bombas operando a un 150 por ciento de la capacidad nominal, la presión del manómetro en las bridas de succión de la bomba deberá ser de 0 psi (0 bar) o mayor.

Los requerimientos anteriores no deberán aplicarse cuando el suministro es un tanque de succión con la base con la misma elevación de la bomba, o superior, donde se permitirá que la presión del manómetro en la brida de la succión de la bomba descienda a -3 psi (-0.2 bar) con el mínimo nivel de agua después de que la máxima demanda y duración del sistema hayan sido provistos.

La tubería de succión deberá dimensionarse de manera que, con las bombas funcionando a 150 por ciento de su capacidad nominal, la velocidad en la porción de la tubería de succión ubicada dentro de los 10 diámetros de tubería antes de la brida de succión de la bomba no supere los 15 pies/seg (4.57 m/seg).

**Bombas con Desviaciones (Bypass).**- Cuando el suministro de succión tiene la presión suficiente para ser para ser de importancia sin la bomba, ésta deberá instalarse con una desviación (bypass).

**Válvulas**

En la tubería de succión deberá instalarse una válvula de compuerta tipo vástago ascendente (OS&Y) listada.

No deberá instalarse otra válvula que no sea una OS&Y listada en la tubería de succión dentro de los 50 pies (15.3 m) de la brida de succión de la bomba.

**Instalación.**

**Generalidades.**- Las tuberías de succión deberán colocarse con mucho cuidado a fin de evitar pérdidas de aire y bolsas de aire, las que podrían afectar seriamente el funcionamiento de la bomba.

**Codos y Derivaciones en T**

A menos que se cumplan otros requerimientos, no deberán permitirse los codos y derivaciones en T con un plano de línea central paralelo al eje de la bomba horizontal de carcasa bipartida.

No deberán aplicarse los requerimientos anteriores a codos y derivaciones en T con un plano de línea central paralelo al eje de la bomba horizontal de carcasa bipartida cuando la distancia entre las bridas de la entrada de succión de la tubería y el codo y la derivación en T es 10 veces mayor que el diámetro de la tubería de succión.

Deberán permitirse los codos con un plano de línea central perpendicular al eje de la bomba horizontal de carcasa bipartida en cualquier ubicación en la entrada de succión de la bomba.

**Reductor o Incrementador Cónico Excéntrico.-** Cuando la tubería de succión y la brida de succión de la bomba no son del mismo tamaño, deberán conectarse con un reductor o aumentador cónico excéntrico instalado de manera de evitar bolsas de aire.

**Filtro de Succión**

Cuando el suministro de agua se obtiene de una fuente abierta como un estanque o pozo húmedo, deberá obstruirse el pasaje de materiales que podrían tapar la bomba.

Deberá contarse con filtros de doble entrada en la boca de succión.

Los filtros deberán disponerse de manera que puedan ser limpiados o reparados sin alterar la tubería de succión.

**Dispositivos en la Tubería de Succión.**

No deberá instalarse en la tubería de succión ningún dispositivo o montaje que pudiera alterar el encendido o limitar la descarga de una bomba contra incendio o de un impulsor de bomba a menos que se encuentre identificado de otra manera.

Deberá permitirse la instalación de los siguientes dispositivos en la tubería de succión cuando se cumpla con los siguientes requerimientos:

1. Deberán permitirse válvulas de retención y dispositivos y montajes de prevención de contra flujo cuando así lo requieran otras normas NFPA o la autoridad competente.

2. Cuando la autoridad competente exige que se mantenga la presión positiva en la tubería de succión, se permitirá conectar a la misma una línea de detección de presión para una válvula obturadora de succión baja, específicamente listada para servicio de bomba contra incendio.
3. Deberá permitirse la instalación de dispositivos en la tubería de abastecimiento de succión o suministro de agua almacenada, y deberán configurarse para activar una señal si la presión de succión de la bomba o el nivel de agua caen por debajo de un mínimo predeterminado.
4. Deberá permitirse la instalación de filtros de succión en la tubería de succión cuando así lo requieran otras secciones de esta norma.
5. Deberán autorizarse otros dispositivos específicamente permitidos o requeridos por la presente norma.

#### **3.4.1.6 Tubería de Descarga y Accesorios**

Los componentes de descarga deberán consistir de tuberías, válvulas y accesorios que se extienden desde la brida de descarga de la bomba hasta el lado del sistema de la válvula de descarga.

La clasificación de presión de los componentes de descarga deberá ser adecuada para la presión máxima de descarga total con la bomba funcionando a velocidad de cierre y a velocidad nominal, pero no menor a la clasificación del sistema de protección contra incendio.

Sobre la tierra deberán utilizarse tuberías de acero con bridas, juntas roscadas o juntas ranuradas mecánicas.

Todas las tuberías de descarga de la bomba deberán probarse hidrostáticamente de acuerdo con la NFPA 13, y la NFPA 24.

Deberá instalarse una válvula de retención listada o un dispositivo de prevención de contraflujo listado en el montaje de descarga de la bomba.

Deberá instalarse una válvula listada indicadora de compuerta o tipo mariposa en el lado del sistema de protección contra incendio de la válvula de retención de la descarga de la bomba.

Cuando las bombas se instalan en serie, no deberá colocarse una válvula tipo mariposa entre bombas.

**Válvulas Obturadoras de Succión Baja.**

Las válvulas obturadoras de succión baja listadas para el servicio de la bomba contra incendio y sensibles a la presión de succión deberán permitirse cuando la autoridad competente requiera que se mantenga la presión positiva en la tubería de succión.

Cuando se requiera, las válvulas obturadoras de succión baja deberán instalarse entre la bomba y la válvula de retención de la descarga.

No deberán instalarse dispositivos de regulación de presión en la tubería de descarga, con excepción de los permitidos en esta norma.

**Supervisión de Válvulas.**

**Supervisada Abierta.-** Cuando se provean, la válvula de succión, válvula de descarga, válvula de desvío, y válvulas de aislamiento en el dispositivo o montaje de prevención de contraflujo deberán ser supervisadas en su posición abierta mediante uno de los siguientes métodos:

1. Servicios de señalización de estación central, propietario o estación remota.
2. Servicio de señalización local que provocará el sonido de una señal audible en un punto constantemente atendido.
3. Bloqueo de válvulas en posición abierta.
4. Sellado de las válvulas y una inspección aprobada semanal donde las válvulas se colocan dentro de gabinetes cerrados bajo el control del dueño.

**Supervisión Cerrada.-** Las válvulas de prueba de control de salida deberán supervisarse de manera cerrada.

**Protección de la tubería contra daños debidos al movimiento.-** Deberán contarse con un espacio libre no menor a 1 pulg (25 mm) alrededor de las tuberías que atraviesan paredes y pisos.

### **3.4.1.7 Válvulas de Alivio para Bombas Centrífugas**

#### **Generalidades.**

Deberá instalarse una válvula de alivio de presión cuando se instale una bomba contra incendio con motor diesel y cuando un total del 121 por ciento de la presión neta de apagado de la bomba más la presión máxima de succión estática, ajustada para la elevación, supere la presión para la cual los componentes han sido clasificados.

Deberán utilizarse válvulas de alivio de presión sólo cuando lo permita la presente norma de manera específica.

Cuando se instala un impulsor eléctrico de control de limitación de presión de velocidad variable, y la presión máxima de descarga total ajustada para elevación con la bomba funcionando a velocidad de cierre y a velocidad nominal excede la clasificación de presión de los componentes del sistema, deberá instalarse una válvula de alivio de presión.

#### **Tamaño**

Se permitirá que la válvula de alivio sea dimensionada hidráulicamente para que descargue suficiente agua para evitar que la presión de descarga de la bomba, ajustada para elevación, exceda la clasificación de presión de los componentes del sistema.

**Ubicación.-** La válvula de alivio deberá estar ubicada entre la bomba y la válvula de retención de descarga de la bomba y deberá estar conectada de manera que pueda quitarse para efectuar reparaciones sin alterar la tubería.

#### **Tipo**

Las válvulas de alivio de presión deberán ser listadas del tipo accionadas por resorte con diafragma operado por piloto.

#### **Descarga**

La válvula de alivio deberá descargar en una tubería abierta o en un cono o embudo conectado a la salida de la válvula.

La descarga de agua desde la válvula de alivio deberá ser fácilmente visible o detectable para el operador de la bomba.

Deberán evitarse las salpicaduras de agua dentro del cuarto de la bomba.

Si se utiliza un cono del tipo cerrado, éste deberá contar con un medio para detectar el movimiento del agua a través del cono.

Si la válvula de alivio cuenta con un medio para detectar el movimiento (flujo) de agua a través de la válvula, entonces no deberán requerirse conos o embudos en la salida.

#### **Tubería de Descarga.**

Si la tubería utiliza más de un codo, deberá utilizarse el tamaño de tubería siguiente más grande.

La tubería de descarga de la válvula de alivio que envía agua de vuelta a la fuente de abastecimiento, como un tanque de almacenamiento externo, deberá funcionar de manera independiente y no deberá combinarse con la descarga de otras válvulas de alivio.

**Descarga a la Fuente de Abastecimiento.-** Cuando la válvula de alivio es direccionada de vuelta a la fuente de abastecimiento, la válvula de alivio y la tubería deberán tener la capacidad suficiente para prevenir el exceso de presión para la cual los componentes del sistema han sido clasificados.

**Descarga a Reservorio de Succión.-** Cuando el suministro de agua hacia la bomba se toma de un reservorio de succión de capacidad limitada, la tubería de drenaje deberá descargar dentro del reservorio en un punto tan lejos de la succión de la bomba como sea necesario para evitar que la bomba tome aire introducido por la descarga de la tubería de drenaje.

**Válvula de Apagado.-** No deberá instalarse una válvula de apagado en el abastecimiento de válvula de alivio o en la tubería de descarga.

### **3.4.1.8 Bombas de Mantenimiento de Presión (Reforzadora o de Compensación)**

Las bombas de mantenimiento de presión deberán contar con capacidades nominales no menores a las de cualquier tasa normal de fugas.

Las bombas deberán tener una presión de descarga suficiente como para mantener la presión deseada del sistema de protección contra incendio.

Deberá instalarse una válvula de retención en la tubería de descarga.

Las válvulas indicadoras de compuerta o de mariposa deberán instalarse en los lugares necesarios para que la bomba, válvula de retención y otros accesorios variados se encuentren accesibles para la reparación.

### **Presión Excesiva**

Cuando una bomba de mantenimiento de presión del tipo centrífuga posee una presión de descarga total con la bomba funcionando en posición cerrado excediendo la clasificación de presión de trabajo del equipamiento de protección contra incendios, o cuando se utiliza una bomba de tipo paleta de turbina (periférica), deberá instalarse una válvula de alivio para evitar la sobre presurización del sistema en la descarga de la bomba para prevenir daños al sistema de protección contra incendio.

No deberán utilizarse temporizadores de operación cuando se usen bombas reforzadoras que tengan la capacidad de superar la presión de trabajo de los sistemas de protección contra incendio.

No deberá utilizarse una bomba contra incendio primaria o de respaldo como una bomba de mantenimiento de presión.

Deberá utilizarse acero en las tuberías de succión y de descarga en bombas reforzadoras, que incluye sistemas empaquetados prefabricados.

Los tamaños indicados en la Tabla 5.25 (a) y Tabla 5.25 (b) del Anexo B, deberán utilizarse como un mínimo

### **3.4.1.9 Líneas de Detección de Presión**

Para todas las instalaciones de bombas, incluyendo las bombas reforzadoras, cada controlador deberá tener su propia línea de detección de presión individual.

La conexión de la línea de detección de presión para cada bomba, incluyendo las bombas reforzadoras, deberán ser hechas entre la válvula de retención de descarga de esa bomba y la válvula de control de descarga.

La línea de detección de presión deberá ser una tubería o cañería de bronce, cobre, o de acero inoxidable serie 300 y los accesorios deberán ser de ½ pulg (15 mm) de tamaño nominal.

### **3.4.2 Bombas Centrífugas**

#### **Desempeño de Fábrica y de Campo.**

Las bombas deberán proporcionar no menos del 150 por ciento de capacidad nominal a no menos de 65 por ciento de la cabeza total clasificada.

La cabeza de cierre no deberá exceder el 140 por ciento de la cabeza clasificada para cualquier clase de bomba.

#### **Accesorios.**

Cuando sea necesario, el fabricante o representante autorizado deberá proveer los siguientes accesorios para la bomba:

1. Válvula automática de liberación de aire.
2. Válvula de alivio de circulación.
3. Manómetros de presión

Cuando sea necesario, deberán entregarse los siguientes accesorios:

1. Reductor cónico excéntrico en la boca de succión.
2. Distribuidor de válvula de manguera con válvulas de manguera.
3. Dispositivo de medición de caudal
4. Válvula de alivio y cono de descarga
5. Filtro de tubería

#### **Liberador Automático de Aire.**

A menos que se cumplan otros requisitos, las bombas controladas automáticamente deberán contar con una válvula listada de liberación de aire operada por flotador de un diámetro mínimo nominal de 0.5 pulg (12.7 mm) que descargue a la atmósfera.

## **Conexión al Motor y Alineación**

### **Tipo de acoplamiento**

Las bombas del tipo de acoplamiento separado con impulsor de motor eléctrico deberán ser conectadas mediante acoplamientos flexibles o mediante un eje de conexión flexible.

Todos los tipos de acoplamiento deberán estar listados.

Las bombas e impulsores en bombas del tipo de acoplamiento separado deberán estar alineadas de acuerdo con las especificaciones del fabricante del acoplamiento y de la bomba y de las Normas del instituto de hidráulica para bombas centrífugas, giratorias y alternativas.

#### **4. Proceso de Diseño de Sistemas de Agua para Protección de Incendios**

Los pasos principales que se deben seguir para realizar el diseño correcto de un sistema de agua para protección de incendios, que incluya rociadores y mangueras, son los siguientes:

1. Identificar el tipo de edificación o construcción, habitabilidad, propósito y almacenaje. Pueden ser oficinas, viviendas, bodegas, fábricas, museos, centros de conferencia, etc. Debe describirse el tipo de materiales que se almacenen para determinar el nivel de combustibilidad.
2. Identificar el tipo de riesgo. Puede ser de tipo ligero, ordinario o extra, según la norma NFPA 13. Una vez que se selecciona el riesgo, se sabrá qué tipo de rociadores utilizar, la densidad y el área a proteger, los diámetros de tubería de los ramales que alimentan a los rociadores, el espaciamiento entre rociadores y algunas otras restricciones que se describen en la norma NFPA 13.
3. Realizar el dibujo de la red de incendios sobre planos arquitectónicos reales, bajo las restricciones y recomendaciones de las normas NFPA 13, 14 y 20.
4. Realizar los cálculos hidráulicos para determinar la demanda del sistema en cuanto a flujo y presión, según los parámetros que describe la norma NFPA 13.
5. Seleccionar la bomba de agua (si el suministro municipal no abastece la demanda del sistema) en base al análisis de la curva que la describe (flujo vs presión).
6. Realizar la lista de materiales del sistema de incendios para que los contratistas mecánicos generen las ofertas de instalación pertinentes para las licitaciones que se presenten.

##### **4.1 Análisis del Proceso de Diseño por medio de un Ejemplo Práctico referente a una Fábrica de Vidrio.**

Supóngase que se tiene una fábrica de vidrio y oficinas tal como se muestra en la Figura 4.1. Según el artículo A.5.3.1 de la norma NFPA 13, este tipo de construcción es de riesgo ordinario (grupo 1). Los rociadores utilizados serán de tipo estándar con descarga del 100%, un factor de K igual a 5.6 y una rosca de 1/2 pulg NPT, tal como lo muestra la Tabla 6.2.3.1 de NFPA 13, ubicada en el Anexo B.

El área de la fábrica es de 2972 pies<sup>2</sup> (276.25 m<sup>2</sup>) y el área de las oficinas es de 606.19 pies<sup>2</sup> (56.35 m<sup>2</sup>). Según la Tabla 8.6.2.2.1 (b) de NFPA 13, ubicada en el Anexo B, el área máxima de cobertura de un rociador estándar, para riesgo ordinario, es de 130 pies<sup>2</sup> (12.1 m<sup>2</sup>) y el espaciamiento máximo de los rociadores deberá ser de 15 pies (4.57 m). Si se divide el área de la fábrica y oficinas para el área máxima de cobertura por rociador se tiene el número mínimo de rociadores que deben instalarse en la edificación. Entonces:

Número mínimo de rociadores en la fábrica =  $2972 \text{ pies}^2 / 130 \text{ pies}^2 = 22.86$  rociadores.  
Aproximando al inmediato superior, tenemos un mínimo de 23 rociadores.

Número mínimo de rociadores en las oficinas =  $606.19 \text{ pies}^2 / 130 \text{ pies}^2 = 4.66$  rociadores.  
Aproximando al inmediato superior, tenemos un mínimo de 5 rociadores.

Como se puede ver en la Figura 4.1, en la fábrica se colocan 26 rociadores y en las oficinas, debido a las divisiones de las paredes, se colocan 7 rociadores. Por lo tanto, se cumple con el requerimiento mínimo de protección por área.

Ahora, el área máxima de protección real de cada rociador en la fábrica, según NFPA 13, será igual a  $S \times L = 10.58 \text{ pies} (12 \text{ pies}) = 126.96 \text{ pies}^2$ . Como se puede ver en la Figura 4.1, las distancias entre rociadores no sobrepasan los 15 pies permitidos por NFPA 13. Cuando se tiene una distribución de rociadores poco uniforme, como en las oficinas, el área máxima de protección real de cada rociador será igual al área cerrada por paredes que protegen dividida por el número de rociadores. Lo importante es que no sea mayor a 130 pies<sup>2</sup>. Entonces

Área máxima de protección real para la Oficina 1 =  $91.19 \text{ pies}^2 / 1 \text{ rociador} = 91.19 \text{ pies}^2$

Área máxima de protección real para la Oficina 2 =  $93.92 \text{ pies}^2 / 1 \text{ rociador} = 93.92 \text{ pies}^2$

Área máxima de protección real para la Oficina 3 =  $362.08 \text{ pies}^2 / 4 \text{ rociadores} = 90.52 \text{ pies}^2$

Área máxima de protección real para la Bodega =  $37.00 \text{ pies}^2 / 1 \text{ rociador} = 37.00 \text{ pies}^2$

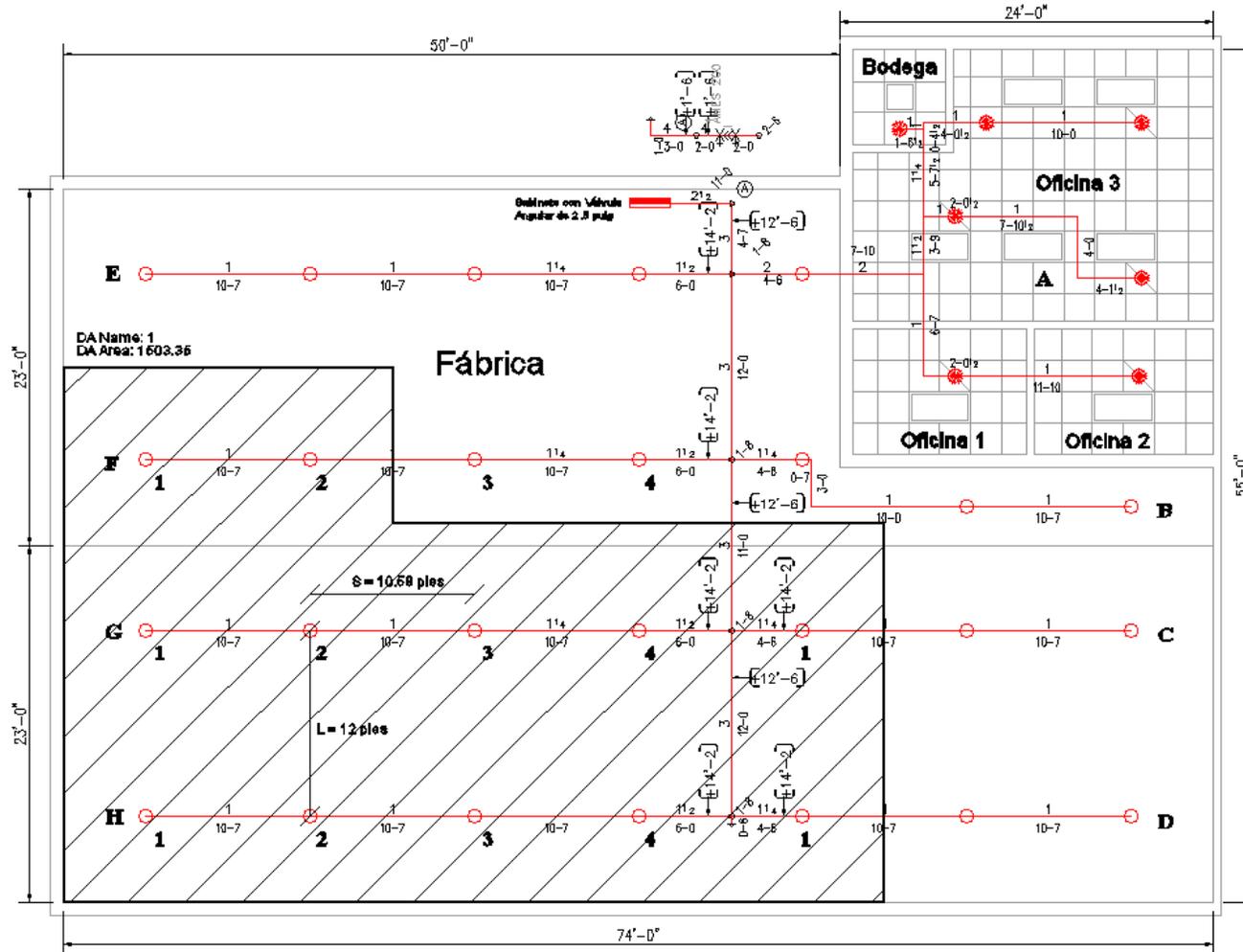


Figura 4.1. Diagrama de la Fábrica de Vidrio.

El cálculo hidráulico se realizará en base al área máxima de protección real, correspondiente a 126.96 pies<sup>2</sup>.

Según NFPA 13, ningún rociador debe estar separado de la pared una distancia mayor a la mitad de la distancia máxima permitida entre rociadores. En este caso la distancia máxima permitida es de 15 pies / 2 = 7.5 pies (2.28 m). La distancia máxima a una pared en la fábrica de vidrio es de 5.5 pies (1.68 m) y la distancia máxima a una pared en las oficinas es de 6.75 pies (2.06 m), lo cual cumple con la estrictión de la norma.

Como en la fábrica no existe cielo falso, se instalarán rociadores de tipo montante (dirección hacia arriba). Como en las oficinas se colocará cielo falso, se instalarán rociadores de tipo colgante (dirección hacia abajo). Según la norma NFPA 13, los rociadores montantes deberán instalarse a un mínimo de 1 pulg (25.4 mm) de la losa y a un máximo de 12 pulg (305 mm). Los rociadores colgantes se instalarán a nivel del cielo falso en las oficinas.

Los diámetros de tubería se asignan según la Tabla 22.5.3.4 de NFPA 13, ubicada en el Anexo B. Entonces, 1 pulg (25mm) alimentará hasta 2 rociadores, 1-1/4 pulg (32 mm) hasta 3 rociadores, 1-1/2 pulg (40 mm) hasta 5 rociadores, 2 pulg (50 mm) hasta 10 rociadores, 2-1/2 pulg (65 mm) hasta 20 rociadores, 3 pulg (80 mm) hasta 40 rociadores, 4 pulg (100 mm) hasta 100 rociadores y 6 pulg (150 mm) hasta 275 rociadores.

Como se tiene un total de 33 rociadores, la tubería principal de alimentación debe ser de un mínimo de 3 pulg (80 mm) de diámetro, como se ve en la Figura 4.1. Generalmente, la ubicación de la tubería se hace en base a las obstrucciones físicas de la edificación y según el criterio personal del diseñador.

Debido a que la edificación está protegida por rociadores, se colocará un gabinete para una válvula angular de 2-1/2 pulg (65 mm) que alimente una manguera perteneciente a un Sistema Clase I (250 gpm a 100 psi) tal como lo define la norma NFPA 14.

Según NFPA 13, deberá colocarse una válvula mariposa, una válvula de retención y un dispositivo de prueba con detección de flujo (Arreglo Múltiple) después de la "T" que alimenta al gabinete de manguera y justo antes de la red de rociadores. El equipo y

accesorios de alimentación del sistema (bomba de agua y válvulas) deberán seleccionarse después de realizar los cálculos hidráulicos.

Para dibujar el sistema, se comienza por medir las áreas y las distancias longitudinales horizontales y verticales de cada cuarto. Como se sabe que el área máxima de protección de un rociadores debe ser de 130 pies<sup>2</sup>, se podría espaciar los rociadores 11.4 pies horizontalmente y 11.4 pies verticalmente ( $\sqrt{130}$ ). Sin embargo, esta práctica no es recomendable porque puede presentarse la necesidad de desplazar los rociadores debido a obstrucciones como columnas o vigas y como la distribución es muy justa no se podría moverlos. Entonces, se recomienda trabajar con una área de protección referencial de 120 pies<sup>2</sup>.

En la fábrica, se tiene una longitud horizontal de 74 pies (22.56 m) y una longitud vertical de 46 pies (14.02), entre paredes. Como el área de protección referencial es de 120 pies<sup>2</sup>, se puede tomar en cuenta una distancia horizontal entre rociadores (S) de 10 pies y una distancia vertical entre rociadores (L) de 12 pies ( $10 \times 12 = 120$  pies<sup>2</sup>).

Si se divide la longitud horizontal total entre paredes por la distancia horizontal entre rociadores ( $74/10$ ), se tiene un número total de 7.4 rociadores. Si tomamos el inmediato inferior de 7, la distancia entre rociadores sería de 10.58 pies y si tomamos el inmediato superior de 8, la distancia entre rociadores sería de 9.25 pies.

Si se divide la longitud vertical total entre paredes por la distancia vertical entre rociadores ( $46/12$ ), se tiene un número total de 3.8 rociadores. Si tomamos el inmediato inferior de 3, la distancia entre rociadores sería de 15.33 pies y si tomamos el inmediato superior de 4, la distancia entre rociadores sería de 11.5 pies.

Al multiplicar todas las relaciones posibles entre distancias horizontales y verticales entre rociadores se tiene que:

$H * V = S * L = A_s = \text{Área de cobertura de los rociadores.}$

$$10.57 * 11.5 = 121.56 \text{ pies}^2$$

$$10.57 * 15.33 = 162.04 \text{ pies}^2$$

$$9.27 * 11.5 = 106.61 \text{ pies}^2$$

$$9.27 * 15.33 = 142.11 \text{ pies}^2$$

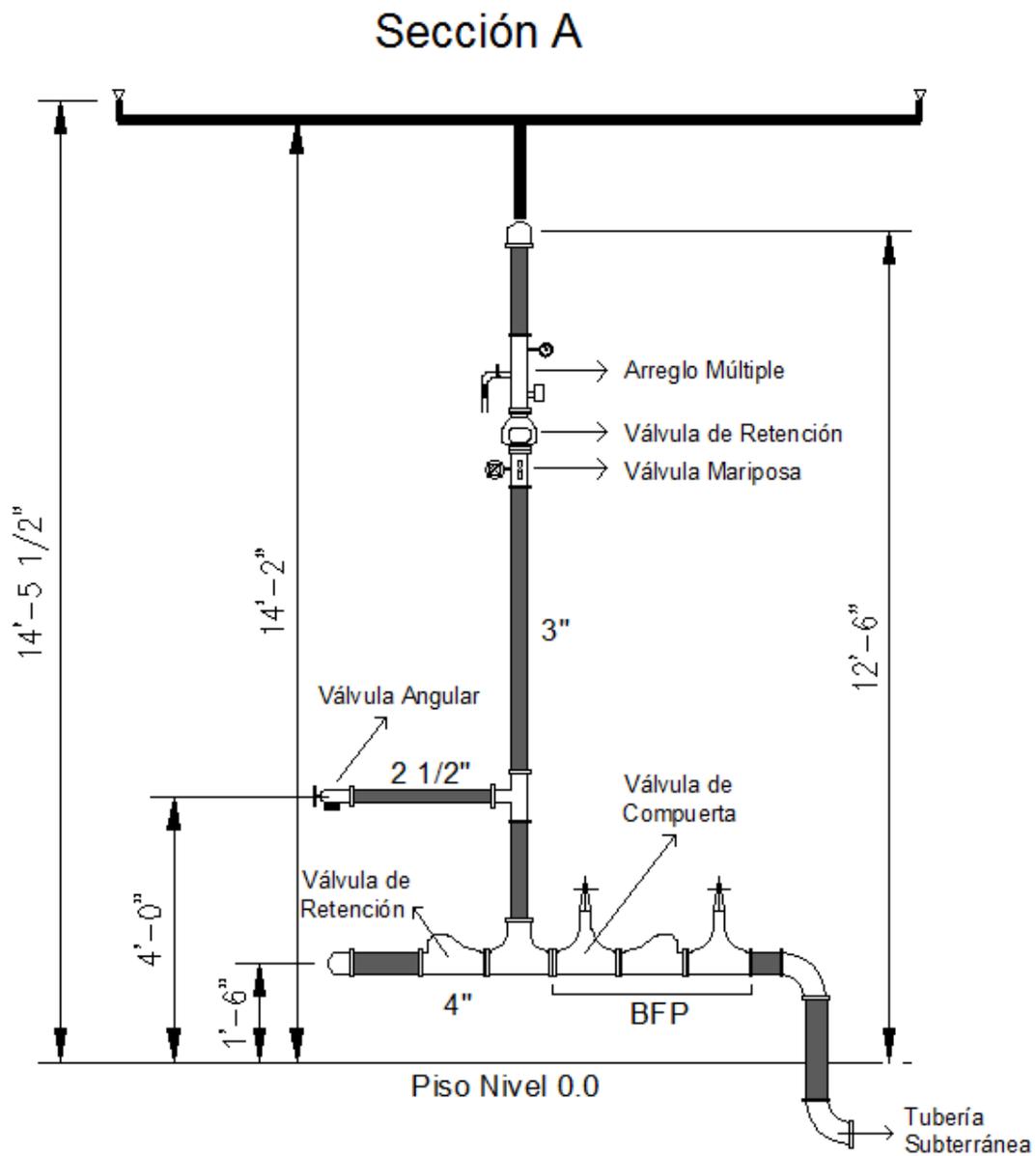
Como se puede ver, los únicos valores que cumplen con la restricción de 130 pies<sup>2</sup> de la NFPA 13 son el de 121.56 pies<sup>2</sup> y el de 106.61 pies<sup>2</sup>. Se seleccionará el de 121.56 pies<sup>2</sup> ya que se tendrían menos rociadores (28 rociadores) que con el valor de 106.61 pies<sup>2</sup> (32 rociadores).

Como se puede ver en la Figura 4.1, las oficinas ocupan una parte de la fábrica (sección superior derecha), por lo que el número de rociadores total de la misma debe ser reducido de 28 a 26. También, se puede ver que las distancias verticales entre rociadores no son realmente de 11.5 pies. Se han desplazado líneas horizontales de rociadores de tal manera que se tienen 2 tramos verticales de 12 pies y un tramo vertical de 11 pies, convirtiendo así el área máxima de protección real de los rociadores en 127 pies<sup>2</sup> (10.58 \* 12).

Es fácil calcular el número y la ubicación de los rociadores de las oficinas porque la oficina 1, la oficina 2 y la bodega tienen áreas menores a 130 pies<sup>2</sup> y solo requieren un rociador. Si dividimos el área de la oficina 3 de 362.08 pies<sup>2</sup> por 130 pies<sup>2</sup> de cobertura máxima por rociador, se necesitaría un total de 3 rociadores. Sin embargo, para que la distribución sea simétrica y se logre alcanzar la restricción mínima de separación hacia las paredes, anteriormente señalada, se colocarán 4 rociadores.

A continuación, se dibujan los ramales de manera horizontal y la tubería principal de alimentación de 3 pulg (80 mm) de manera vertical. Se coloca el gabinete de incendios junto al montante vertical "A". Este gabinete deberá tener una manguera de 50 pies (15 m) de largo para alcanzar a proteger todas las áreas de la fábrica y oficinas.

Como se puede ver en la Figura 4.2, la válvula mariposa, la válvula de retención y el arreglo múltiple para pruebas se colocan en el montante vertical "A" de 3 pulg (80 mm) de diámetro.



**Figura 4.2. Sección Vertical del Montante de Alimentación de la Fábrica de Vidrio**

Los dibujos de las Figuras 4.1 y 4.2 fueron realizados en AutoCAD. Una vez armada toda la red de agua para protección contra incendios, se procederá a realizar los cálculos hidráulicos del sistema para seleccionar el modo de suministro de agua en cuanto a flujo y presión, ya sea por medio de la acometida municipal o por medio de una bomba de agua.

## 4.2 Cálculos Hidráulicos

Los cálculos hidráulicos se realizan con el propósito de asegurar que los dispositivos de descarga (rociadores y mangueras) del sistema suministren la cantidad de agua necesaria a la presión requerida según la norma NFPA.

Lo más importante para realizar los cálculos hidráulicos es definir correctamente el tramo más desfavorable de tubería en cuanto a pérdidas. Con esto, es posible determinar las características reales de demanda de agua del sistema y así se podrá elegir la bomba adecuada para alimentarlo.

La norma NFPA 13 utiliza la Figura 11.2.3.1.1, ubicada en el Anexo B, para determinar el área mínima de protección y la densidad en función del tipo de riesgo. Para riesgo ligero se aplicará una densidad de 0.1 gpm/pies<sup>2</sup> bajo un área de protección mínima de 1500 pies<sup>2</sup> y para riesgo ordinario (grupo 1) se aplicará una densidad de 0.15 gpm/pies<sup>2</sup> bajo un área de protección mínima de 1500 pies<sup>2</sup>.

A partir de estos datos se podrá calcular el caudal mínimo requerido por el rociador más remoto en cuanto a pérdidas, al multiplicar la densidad por el área de protección real de dicho rociador ( $Q = \text{densidad} * A_s$ ) [1, 14].

### 4.2.1 Ecuación de Flujo de un Orificio [1, 14]

La presión de descarga de este rociador se calculará con la siguiente ecuación:

$$Q = K\sqrt{P}$$

Donde:

Q = flujo que descarga un orificio (gpm)

$K$  = constante dependiente del tamaño y configuración del orificio (gpm/psi<sup>2</sup>)

$P$  = presión total en el orificio (psi)

Entonces:  $P = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$

Las pérdidas por fricción se calcularán a partir de este rociador, hasta la fuente de suministro, por medio de la ecuación de Hazen - Williams, tal como lo indica la norma NFPA 13. Es posible que haya dudas al momento de utilizar la ecuación de Hazen - Williams para agua bajo condiciones normales, por el hecho de ser una fórmula relativamente antigua. Usualmente se prefiere utilizar coeficientes de fricción calculados por medio de la ecuación de Colebrook - Reynolds aplicados en la fórmula de Darcy - Weisbach. A continuación se describen ambas ecuaciones.

#### **4.2.2 Ecuación de Hazen - Williams [14]**

La ecuación de Hazen - Williams es una fórmula empírica que se utiliza como alternativa a la fórmula de Darcy - Weisbach para calcular las pérdidas de presión por fricción exclusivamente para agua y se define como:

$$\Delta p = \frac{4.52LQ^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Donde:

$\Delta p$  = pérdida de presión por fricción (psi)

$L$  = distancia de tubería (pies)

$Q$  = flujo en la tubería (gpm)

$C$  = coeficiente de pérdida por fricción (según Tabla 22.4.4.7 de NFPA 13 del Anexo B)

$d$  = diámetro interior de la tubería (in)

### 4.2.3 Ecuación de Darcy - Weisbach [10, 14, 17]

La pérdida de presión de un fluido en una tubería o ducto puede ser calculado por medio de la ecuación de Darcy - Weisbach de la siguiente manera:

$$\Delta h = f \frac{LV^2}{d2g}$$

Donde:

$\Delta h$  = pérdida de altura de cabeza (m, pies)

$f$  = coeficiente de fricción (a partir de la ecuación de Colebrook)

$L$  = longitud de la tubería (m, pies)

$V$  = velocidad (m/s, pies/s)

$d$  = diámetro interior de la tubería (m, pies)

$g$  = aceleración de la gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>, 32.17 pies/s<sup>2</sup>)

Ahora, como  $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$ , se obtiene:

$$\Delta p = f \frac{L\rho V^2}{2d}$$

Donde:

$\Delta p$  = pérdida de presión por fricción (Pa, psi)

$\rho$  = densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>, lb/pies<sup>3</sup>).

Si se desea obtener  $\Delta p$  en función del flujo  $Q$ , sabiendo que  $V = Q/A$ , se tiene:

$$\Delta p = 0.000216f \frac{L\rho Q^2}{d^5}$$

Donde:

$\Delta p$  = pérdida de presión por fricción (psi)

$f$  = coeficiente de fricción (a partir de la ecuación de Colebrook)

$L$  = longitud de la tubería (pies)

$\rho$  = densidad del fluido (lb/pies<sup>3</sup>)

$Q$  = flujo en la tubería (gpm)

$d$  = diámetro interior de la tubería (pulg)

#### **4.2.4 Ecuación de Colebrook [10, 17]**

La ecuación de Colebrook se define de la siguiente manera:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\varepsilon}{3.72d} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Donde:

$f$  = coeficiente de fricción para la ecuación de Darcy - Weisbach

$Re$  = número de Reynolds

$\varepsilon$  = factor de rugosidad de la tubería (m, ft)

$d$  = diámetro interno de la tubería (m, ft)

#### **4.2.5 Número de Reynolds [10, 17]**

El número de Reynolds es un número adimensional que sirve para caracterizar el movimiento de un fluido. Relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo para determinar si este es de tipo laminar o turbulento.

Flujo laminar:  $Re < 2000$

Flujo en transición:  $2000 < Re < 4000$

Flujo turbulento:  $Re > 4000$

El número de Reynolds se calcula de la siguiente manera:

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu} \text{ ó } \frac{Vd}{\nu}$$

Donde:

V = velocidad (m/s, pies/s)

d = diámetro interior de la tubería (m, pies)

$\rho$  = densidad del fluido ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\text{lb/pie}^3$ )

$\mu$  = viscosidad absoluta o dinámica del fluido ( $\text{N s/m}^2$ ,  $\text{lb}_f \text{ s/pie}^2$ ,  $\text{lb}_m/\text{s pie}$ )

$\nu$  = viscosidad cinemática del fluido ( $\text{m}^2/\text{s}$ ,  $\text{pies}^2/\text{s}$ )

Según la norma NFPA, el número de Reynolds también puede ser calculado de la siguiente manera:

$$Re = 50.6 \frac{Q\rho}{d\mu}$$

Q = flujo en la tubería (gpm)

$\rho$  = densidad del fluido ( $\text{lb/pies}^3$ )

d = diámetro interior de la tubería (in)

$\mu$  = viscosidad absoluta o dinámica del fluido (centipoise)

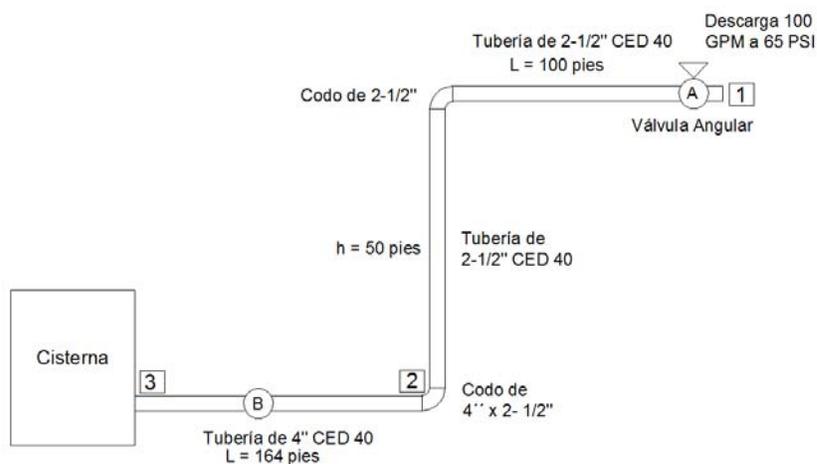
$1 \text{ N s/m}^2 = 1 \text{ Pa s} = 10 \text{ poise} = 1000 \text{ centipoise}$ .

#### 4.2.6 Comparación de la Ecuación de Darcy - Weisbach con la Ecuación de Hazen - Williams

A continuación se analizará un ejemplo que asegurará el uso de la ecuación de Hazen - Williams (según NFPA 13) y brindará tranquilidad al diseñador al momento de realizar los cálculos hidráulicos de un sistema de agua contra incendios cualquiera.

La comprobación se basa en calcular las pérdidas de un sistema simple con la ecuación de Darcy - Weisbach, cuyo factor de pérdidas por fricción se obtiene a partir de la ecuación de Colebrook, que a su vez utiliza la ecuación de Reynolds para identificar el fluido. El resultado de este cálculo se comparará con el resultado del cálculo de pérdidas realizado con la ecuación de Hazen - Williams y con esto se demostrará la validez de la fórmula cuando quiera ser utilizada para este tipo de propósitos.

Supóngase que se desea alimentar una manguera Clase II de 1-1/2 pulg (38 mm) de diámetro por medio de una red de tubería tal como se muestra en la Figura 4.3. El punto de referencia de descarga será la válvula angular de 2-1/2 x 1-1/2 pulg (65 x 38 mm) a la cual se conecta la manguera. El flujo de descarga requerido es de 100 gpm a una presión de 65 psi (Ver norma NFPA 14). Se van a calcular las pérdidas de presión por fricción a lo largo de la red de la tubería desde la válvula angular hasta el suministro de agua que se tomará de una cisterna. Con esto, se conocerá la presión que deberá proporcionar la bomba de agua para suministrar los 100 gpm a la manguera.



**Figura 4.3. Sistema para Alimentar una Manguera de 1-1/2 pulg (38 mm)**

El cálculo de pérdidas de presión se realizará por tramos como sigue:

$$\Delta p_T = \Delta p_{T_{anterior}} + \Delta p_{tubería} + \Delta p_{accesorios} + \Delta p_{válvulas} + \Delta p_h [1]$$

- Para el primer tramo,  $\Delta p_{T_{anterior}}$  será igual a la demanda de presión de descarga (65 psi).
- Las pérdidas de presión por fricción en tubería y accesorios,  $\Delta p_{tubería}$  y  $\Delta p_{accesorios}$ , serán calculadas por medio de Hazen Williams y Darcy - Weisbach, para longitudes de tubería "L" que incluyen la distancia equivalente correspondiente a accesorios como codos y "tees" tal como se muestra en la Tabla 22.4.3.1.1 de NFPA 13, ubicada en el Anexo B.
- Las pérdidas de presión por fricción de válvulas,  $\Delta p_{válvulas}$ , deben determinarse según sus curvas características de flujo vs pérdida de presión que serán proporcionadas por su fabricante. También, pueden calcularse por medio de distancias equivalentes de tubería, cuando el fabricante no provea la información necesaria.
- La pérdida de presión por altura de cabeza,  $\Delta p_h$ , se calcula al multiplicar el valor de 0.433 por la altura. Esto se determina gracias al experimento que realizó Torricelli, el cual demostró que 1 psi levanta 2.31 pies de la columna de agua. Entonces,
 
$$\Delta p_h = h \times \frac{1 \text{ psi}}{2.3 \text{ pies}} = h \times 0.433 \text{ psi/pies.} [1]$$

### **Cálculo de Pérdidas de Presión con la Ecuación de Darcy - Weisbach**

$$Q = 100 \text{ gpm} = 0.223 \text{ pies}^3/\text{s}$$

$$\rho \text{ a } 15^\circ\text{C (60}^\circ\text{F)} = 62.4 \text{ lb/pies}^3$$

$$\mu \text{ a } 15^\circ\text{C (60}^\circ\text{F)} = 2.344 \times 10^{-5} \text{ lb}_f \text{ s/pies}^2 = 75.406 \times 10^{-5} \text{ lb}_m/\text{s pies.}$$

$$\nu \text{ a } 15^\circ\text{C (60}^\circ\text{F)} = 1.21 \times 10^{-5} \text{ pies}^2/\text{s}$$

$$\varepsilon = 0.00033 \text{ pies}$$

$$d_{2.5} = 2.469 \text{ pulg} = 0.206 \text{ pies}$$

$$d_4 = 4.026 \text{ pulg} = 0.336 \text{ pies}$$

Se comienza calculando el área seccional de las tuberías de 2-1/2 y 4 pulg (65 y 100 mm):

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$A_{2.5} = \frac{1}{4}\pi 0.206^2 = 0.033 \text{ pies}^2$$

$$A_4 = \frac{1}{4}\pi 0.336^2 = 0.089 \text{ pies}^2$$

Luego se calcula la velocidad:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_{2.5} = \frac{0.223 \text{ pies}^3/\text{s}}{0.033 \text{ pies}^2} = 6.758 \text{ pies/s}$$

$$V_4 = \frac{0.223 \text{ pies}^3/\text{s}}{0.089 \text{ pies}^2} = 2.506 \text{ pies/s}$$

Como:

$$Re = \frac{V\rho d}{\mu}$$

Reynolds para tubería de 2-1/2 pulg (65 mm):

$$Re_{2.5} = \frac{\left(6.758 \frac{\text{pies}}{\text{s}}\right) \left(62.4 \frac{\text{lb}_m}{\text{pies}^3}\right) (0.206 \text{ pies})}{\left(75.406 \frac{\text{lb}_m}{\text{s pies}}\right)} \times 10^5 = 115,203.08$$

Reynolds para tubería de 4 pulg (100 mm):

$$Re_4 = \frac{\left(2.506 \frac{\text{pies}}{\text{s}}\right) \left(62.4 \frac{\text{lb}_m}{\text{pies}^3}\right) (0.336 \text{ pies})}{\left(75.406 \frac{\text{lb}_m}{\text{s pies}}\right)} \times 10^5 = 69,678.54$$

Como ambos valores son mayores a 4000 es un flujo turbulento. Por lo tanto se debe calcular el coeficiente de fricción  $f$  con la ecuación de Colebrook como sigue:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\varepsilon}{3.72d} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Para tubería de 2-1/2 pulg (65 mm):

$$\frac{1}{\sqrt{f_{2.5}}} = -2 \log \left[ \frac{0.00033 \text{ pies}}{3.72(0.206 \text{ pies})} + \frac{2.51}{115,203.08\sqrt{f_{2.5}}} \right]$$

$$f_{2.5} = 0.023$$

Para tubería de 4 pulg (100 mm):

$$\frac{1}{\sqrt{f_4}} = -2 \log \left[ \frac{0.00033 \text{ pies}}{3.72(0.336 \text{ pies})} + \frac{2.51}{69,678.54\sqrt{f_4}} \right]$$

$$f_4 = 0.022$$

### Tramo 1 - 2

$$L = 150 \text{ pies}$$

$$d = 2.469 \text{ pulgadas}$$

$$\Delta p_{tubería} = 0.000216 f_{2.5} \frac{L \rho Q^2}{d^5}$$

$$\Delta p_{tubería} = 0.000216(0.023) \frac{(150 \text{ pies}) \left( 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pies}^3} \right) (100 \text{ gpm})^2}{(2.469 \text{ in})^5} = 5.068 \text{ psi}$$

Como la distancia equivalente de tubería para un codo de 2-1/2 pulg (65 mm), según la Tabla 22.4.3.1.1 del Anexo B, es igual a 6 pies, para dos codos será de 12 pies. Entonces:

$$\Delta p_{accesorios} = 0.000216(0.023) \frac{(12 \text{ pies}) \left( 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pies}^3} \right) (100 \text{ gpm})^2}{(2.469 \text{ in})^5} = 0.405 \text{ psi}$$

La distancia equivalente para una válvula angular de 2-1/2 pulg (65 mm) es de 30.9 pies, entonces:

$$\Delta p_{válvulas} = 0.000216(0.023) \frac{(30.9 \text{ pies}) \left(62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pies}^3}\right) (100 \text{ gpm})^2}{(2.469 \text{ in})^5} = 1.044 \text{ psi}$$

$$\Delta p_h = 0.433(50 \text{ pies}) = 21.65 \text{ psi}$$

$$\Delta p_T = \Delta p_{T\text{anterior}} + \Delta p_{tubería} + \Delta p_{accesorios} + \Delta p_{válvulas} + \Delta p_h$$

$$\Delta p_T = 65 \text{ psi} + 5.068 \text{ psi} + 0.405 \text{ psi} + 1.044 \text{ psi} + 21.65 \text{ psi} = 93.167 \text{ psi}$$

### Tramo 2 - 3

L = 164 pies

d = 4.026 pulgadas

$$\Delta p_{tubería} = 0.000216 f_4 \frac{L \rho Q^2}{d^5}$$

$$\Delta p_{tubería} = 0.000216(0.022) \frac{(164 \text{ pies}) \left(62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pies}^3}\right) (100 \text{ gpm})^2}{(4.026 \text{ in})^5} = 0.46 \text{ psi}$$

$$\Delta p_{accesorios} = 0$$

$$\Delta p_{válvulas} = 0$$

$$\Delta p_h = 0$$

$$\Delta p_T = \Delta p_{T\text{anterior}} + \Delta p_{tubería} + \Delta p_{accesorios} + \Delta p_{válvulas} + \Delta p_h$$

$$\Delta p_T = 93.167 \text{ psi} + 0.46 \text{ psi} + 0 + 0 + 0 = 93.627 \text{ psi}$$

Entonces la bomba deberá alimentar 100 gpm a 93.627 psi para que la manguera descargue dicho flujo a una presión de 65 psi.

### Cálculo de Pérdidas de Presión con la Ecuación de Hazen - Williams

$$Q = 100 \text{ gpm}$$

$$C = 120$$

$$d_{2.5} = 2.469 \text{ pulg} = 0.206 \text{ pies}$$

$$d_4 = 4.026 \text{ pulg} = 0.336 \text{ pies}$$

#### Tramo 1 - 2

$$\Delta p_{tubería} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}L = \frac{4.52(100 \text{ gpm})^{1.85}}{(120)^{1.85}(2.469 \text{ pulg})^{4.87}}(150 \text{ pies}) = 5.932 \text{ psi}$$

$$\Delta p_{accesorios} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}L = \frac{4.52(100 \text{ gpm})^{1.85}}{(120)^{1.85}(2.469 \text{ pulg})^{4.87}}(12 \text{ pies}) = 0.475 \text{ psi}$$

$$\Delta p_{válvulas} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}L = \frac{4.52(100 \text{ gpm})^{1.85}}{(120)^{1.85}(2.469 \text{ pulg})^{4.87}}(30.9 \text{ pies}) = 1.222 \text{ psi}$$

$$\Delta p_h = 0.433(50 \text{ pies}) = 21.65 \text{ psi}$$

$$\Delta p_T = \Delta p_{T\text{anterior}} + \Delta p_{tubería} + \Delta p_{accesorios} + \Delta p_{válvulas} + \Delta p_h$$

$$\Delta p_T = 65 \text{ psi} + 5.932 \text{ psi} + 0.475 \text{ psi} + 1.222 \text{ psi} + 21.65 \text{ psi} = 94.279 \text{ psi}$$

#### Tamo 2 - 3

$$\Delta p_{tubería} = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}L = \frac{4.52(100 \text{ gpm})^{1.85}}{(120)^{1.85}(4.026 \text{ pulg})^{4.87}}(164 \text{ pies}) = 0.599 \text{ psi}$$

$$\Delta p_{accesorios} = 0$$

$$\Delta p_{válvulas} = 0$$

$$\Delta p_h = 0$$

$$\Delta p_T = \Delta p_{T_{anterior}} + \Delta p_{tubería} + \Delta p_{accesorios} + \Delta p_{válvulas} + \Delta p_h$$

$$\Delta p_T = 94.279 \text{ psi} + 0.599 \text{ psi} + 0 + 0 + 0 = 94.878 \text{ psi}$$

### Comparación de Resultados

$\Delta_{D-W}$  = Pérdida de presión obtenida con la ecuación de Darcy - Weisbach

$\Delta_{H-W}$  = Pérdida de presión obtenida con la ecuación de Hazen - Williams

$$\%Diferencia = 100 - \frac{\Delta_{D-W}(100)}{\Delta_{H-W}} = 100 - \frac{93.627(100)}{94.878} = 1.32\%$$

Como se puede ver, el porcentaje de diferencia es del 1.32% entre los resultados de las dos ecuaciones. Por lo tanto, es aceptable utilizar cualquiera de las dos fórmulas al momento de realizar los cálculos hidráulicos de un sistema de agua (bajo condiciones normales) para protección contra incendios.

Nótese que el valor de pérdidas calculado con la ecuación de Hazen - Williams es mayor al calculado por medio de la ecuación de Darcy - Weisbach. Esto brinda un factor de seguridad adicional en favor de la fórmula de Hazen - Williams, ya que la bomba proveerá mayor presión.

#### 4.2.7 Cálculo Hidráulico Manual de la Red de Incendios de la Fábrica de Vidrio por medio de la Ecuación de Hazen - Williams

El cálculo de la demanda de una manguera como el del ejemplo anterior es relativamente simple en comparación con el cálculo de la demanda de un sistema de rociadores. Para explicar mejor este proceso se va a analizar el cálculo hidráulico del sistema de rociadores de la fábrica de vidrio correspondiente a la Figura 4.1. Como ya se verificó que la ecuación de Hazen - Williams es aceptable para este tipo de cálculos, la utilizaremos para obtener las pérdidas por fricción de este sistema.

Datos generales de la fábrica de vidrio de la Figura 4.1:

- La edificación es de riesgo ordinario (grupo 1).
- Los rociadores a utilizar tienen un valor de K igual a 5.6 con descarga del 100%.
- El área máxima de protección real de los rociadores (As) es igual a 127 pies<sup>2</sup>.
- No se tomarán en cuenta la válvula mariposa, la válvula de retención y el arreglo múltiple ubicados en el montante de 3 pulg (80 mm) para simplificar los cálculos.

1. Cálculos Generales.- Primero se calculan los datos principales pertenecientes al área de protección como sigue:

1.1. Densidad de diseño.- La densidad de diseño se selecciona según las curvas de Densidad/Área de la norma NFPA 13 de 2007, Figura 11.2.3.1.1 ubicada en el Anexo B. En este caso, como la ocupación es de riesgo ordinario (grupo 1), la densidad debe ser de 0.15 gpm/pies<sup>2</sup> sobre un área de operación de 1500 pies<sup>2</sup>.

1.2. Todos los rociadores del área de protección deben ser alimentados por una sola línea principal. El área de 1500 pies<sup>2</sup> debe ser ubicada en el sector más remoto de la edificación. Además, debe ser un área rectangular cuyo lado mayor debe ser paralelo a los ramales y debe tener una dimensión de por lo menos 1.2 veces la raíz cuadrada del área de protección [10]. Para este diseño sería  $1.2 \times \sqrt{1500} = 46.5 \text{ pies}$ .

1.3. El número de rociadores que contiene el ramal más extenso en el área de operación del cuarto (1500 pies<sup>2</sup>) se calcula al dividir los 46.5 pies para el espaciamiento entre rociadores, que en este caso es de 10.58 pies. El resultado es de 4.4, pero aproximando al inmediato superior el número de rociadores sería de 5. El número total de rociadores que se abrirían se calcula al dividir el área total de protección de 1500 pies<sup>2</sup> por el área de protección de cada rociador que es de 10.58 pies x 12 pies = 127 pies<sup>2</sup>. Entonces  $1500/127 = 11.8$  rociadores y aproximando al inmediato superior se da un total de 12 rociadores que se considerarían como abiertos para realizar los cálculos hidráulicos y cuya activación colectiva representa la respuesta del sistema a un incendio.

Al terminar estos cálculos con éxito, se estará probando que los tamaños de tubería serán del diámetro suficiente para entregar el volumen de agua requerido, para el área en donde se origine el fuego, a una presión mínima requerida.

Una suposición que maneja el estándar de la NFPA es que la respuesta de los rociadores será oportuna, similar para todas las cabezas y ciertamente lo suficientemente rápidas para controlar un incendio. Otra suposición de la teoría de cálculo es que dos incendios nunca ocurrirían al mismo tiempo en diferentes partes del edificio.

2. Cálculos específicos a través de los ramales.- Es importante nombrar los ramales y los rociadores del área de protección escogida. Los ramales se nombran con letras mayúsculas y los rociadores con números, de esta manera, es más fácil ubicar un rociador al nombrarlo como A1, esto quiere decir que este rociador es el primero del ramal A. Para realizar los cálculos de manera correcta se deben utilizar tablas de trabajo tal como las Tablas A1 y A2 del Anexo A. Estas tablas deben completarse simultáneamente conforme se avance con los cálculos hidráulicos.

2.1. Para empezar con los cálculos se debe saber qué cantidad de agua sale por las boquillas de los rociadores de los ramales C o D. Para esto se multiplica la densidad de diseño por el área de cobertura del rociador:  $Q_{\text{rociador}} = 0.15 \text{ gpm/pies}^2 \times 127 \text{ pies}^2 = 19.05 \approx 19.1 \text{ gpm}$ .

2.2. Para calcular la presión mínima requerida primero se tiene que conocer el factor K del rociador. En este ejemplo el rociador a utilizarse es de tipo estándar con un factor K de 5.6. Entonces, si  $K = Q/\sqrt{P}$ ,  $P = (Q/K)^2 = (19.05 \text{ gpm} / 5.6 \text{ gpm/psi}^{0.5})^2 = 11.57 \approx 11.6 \text{ psi}$ .

2.3. Se empieza con el rociador 1 del ramal C. La longitud de la tubería hacia la línea principal es de 4.5 pies de centro a centro. En el trayecto se encuentra una T de 1-1/4 pulg de diámetro cuya longitud equivalente de tubería, según la Tabla 22.4.3.1.1. de NFPA 13 del Anexo B, es de 6 pies. Por lo tanto la tubería total equivalente es de 10.5 pies (6 + 4.5 pies). Según la ecuación de Hazen – Williams, la pérdida por fricción para una tubería de 1-1/4 pulgadas de diámetro para 19.05 galones es de 0.0313 psi/pie. Multiplicando por la longitud total, la

presión total para compensar las pérdidas sería de 0.33 psi. La presión total absoluta es la suma de la presión en la boquilla del rociador y la presión de compensación. Entonces  $P_T = 11.57 + 0.33 = 11.9$  psi. El factor K para este ramal será de  $K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = \frac{19.05}{\sqrt{11.9}} = 5.52 \text{ gpm/psi}^{0.5}$ .

- 2.4. Se continúa con el ramal G y el rociador G1. En la primera sección la tubería tiene un diámetro de 1 pulgada y 10.58 pies de largo. La pérdida por fricción para esta tubería con 19.05 gpm es de 0.1185 psi/pies. Entonces, la pérdida total que debe ser compensada es de  $0.119 \times 10.58 = 1.26$  psi. La presión total absoluta será de  $PT = 11.57 + 1.26 = 12.83 \approx 12.8$  psi.
- 2.5. Se continúa analizando el rociador G2. Debido a que en este rociador el flujo de salida no será el mismo, entonces  $Q = K\sqrt{P} = 5.6\sqrt{12.83} = 20.06 \approx 20.1 \text{ gpm}$ . Entonces el caudal total en este punto corresponde a la suma de los caudales de G1 y G2 y es  $Q_T = 20.06 + 19.05 = 39.1 \text{ gpm}$ . La pérdida por fricción para esta tubería es de 0.45 psi/pie y multiplicando este valor por la distancia de 10.58 pies la presión total a ser compensada por pérdida es de 4.76 psi. La presión total absoluta será de  $12.83 + 4.76 = 17.59 \approx 17.6$  psi.
- 2.6. Para el rociador G3.  $Q = K\sqrt{P} = 5.6\sqrt{17.59} = 23.49 \text{ gpm}$ .  $Q_T = 39.1 + 23.49 = 62.59 \text{ gpm}$ . Pérdida por fricción: 0.282 psi/pies. PE =  $10.58 (0.282) = 2.98$  psi.  $PT = PT \text{ anterior} + PE = 17.59 + 2.98 = 20.57 \approx 20.6$  psi.
- 2.7. En el rociador G4.  $Q = K\sqrt{P} = 5.6\sqrt{20.57} = 25.4 \text{ gpm}$ .  $Q_T = 62.59 + 25.4 = 87.99 \text{ gpm}$ . Pérdida por fricción: 0.250 psi/pies. Distancia equivalente de de T de 1-1/2 in = 8 ft. PE =  $(6+8) (0.248) = 3.5$  psi.  $PT = PT \text{ anterior} + PE = 20.57 + 3.5 = 24.07 \approx 24.1$  psi.
- 2.8. A continuación se realiza el balance entre el ramal G y C para analizar así el flujo que baja por el niple de 2 pulgadas a la línea principal de 3 pulgadas. Según se puede ver en la tabla de trabajo, el balance resulta ser una extensión del ramal G al cual se le debe agregar el caudal del ramal C cuyo factor K es de 5.52. Entonces,  $Q = K\sqrt{P} = 5.52\sqrt{24.07} = 27.08 \text{ gpm}$ .  $Q_T = 27.08 +$

87.99 = 115.07 *gpm*. Pérdida por fricción: 0.121 psi/pies. Distancia equivalente de 1 T de 2 pulg = 10 pies. PE = (1.67+10) (0.1218) = 1.42 psi. PT = PT anterior + PE = 24.07 + 1.42 psi = 25.49 ≈ 25.5 psi. A esta presión se le agrega la presión por altura de cabeza q es igual a 1.67(0.433) = 0.72 psi. Entonces PT = 25.49 + 0.72 = 26.21 ≈ 26.2 psi.

2.9. Se continúa con el ramal F. En F1,  $Q_{\text{rociador}} = 19.05 \text{ gpm}$ .  $K = 5.6$ .  $P = (Q/K)^2 = (19.05/5.6)^2 = 11.57 \text{ psi}$ . Pérdida por fricción: 0.119 psi/pies. PE = 10.58 (0.119) = 1.26 psi. PT = 11.57 + 1.26 = 12.83 ≈ 12.8 psi.

2.10. En F2,  $Q = K\sqrt{P} = 5.6\sqrt{12.83} = 20.06 \text{ gpm}$ .  $Q_T = 19.05 + 20.06 = 39.11 \text{ gpm}$ . Pérdida por fricción: 0.45 psi/pies. PE = 10.58 (0.45) = 4.76 psi. PT = PT anterior + PE = 12.83 + 4.76 = 17.59 psi.

2.11. Como no se consideran los rociadores F3 y F4 en el área de operación (no se abren) el caudal se mantendrá hasta la línea principal. Para tramo 3, Q = 39.11 *gpm*. Pérdida por fricción: 0.1184 psi/pies. PE = 10.58 (0.1184) = 1.25 psi. PT = PT anterior + PE = 17.59 + 1.25 = 18.84 ≈ 18.8 psi.

2.12. En tramo 4, Q = 39.11 *gpm*. Pérdida por fricción: 0.056 psi/pies. Distancia equivalente de 1 T de 1-1/2 in = 8 pies. PE = (6+8) (0.056) = 0.78 psi. PT = PT anterior + PE = 18.84 + 0.78 = 19.62 ≈ 19.6 psi.

2.13. En el neplo de 2 pulg, Q = 39.11 *gpm*. Pérdida por fricción: 0.017 psi/pies. Distancia equivalente de 1 T de 2 pulg = 10 pies. PE = (1.67 + 10) (0.017) = 0.20 psi. PT = PT anterior + PE = 19.62 + 0.20 + 0.72 (pérdida de presión por altura de cabeza) = 20.54 psi.

3. Cálculos específicos a través de la línea principal.- Para estos cálculos se tiene que tener en cuenta que la tubería de la línea principal tiene un diámetro interior de 3.26 pulgadas y posee una pared delgada de cédula 10. Se deben correr 115.07 galones desde los ramales DH hasta CG y la última presión total sería de 26.21 psi.

- 3.1. DH – CG. Pérdida por fricción: 0.013 psi/pies. PE = 12 (0.013) = 0.16 psi. PT = PT anterior + PE = 26.21 + 0.16 = 26.37  $\approx$  26.4 psi.
- 3.2. CG – F. Debido a que  $K_{CG} = Q/\sqrt{P} = 115.07/\sqrt{26.21} = 22.48 \text{ gpm}/\text{psi}^2$ .  
 $Q = K\sqrt{P} = 22.48\sqrt{26.37} = 115.44 \text{ gpm}$ .  $Q_T = 115.07 + 115.44 = 230.51$  gpm. Pérdida por fricción = 0.048 psi/pies. PE = 11 (0.048) = 0.53 psi. PT = PT anterior + PE = 26.37 + 0.53 = 26.9 psi.
- 3.3. F – RISER. Debido a que  $K_F = Q/\sqrt{P} = 39.11/\sqrt{20.54} = 8.63 \text{ gpm}/\text{psi}^2$ .  
 $Q = K\sqrt{P} = 8.63\sqrt{26.37} = 44.32 \text{ gpm}$ .  $Q_T = 230.51 + 44.32 = 274.83$  gpm. Pérdida por fricción = 0.066 psi/pie. Según la norma NFPA 13, la distancia equivalente de la Tabla 22.4.3.1.1 del Anexo B para accesorios diferentes de la cédula 40 debe multiplicarse por un factor que se calcula con la ecuación siguiente:

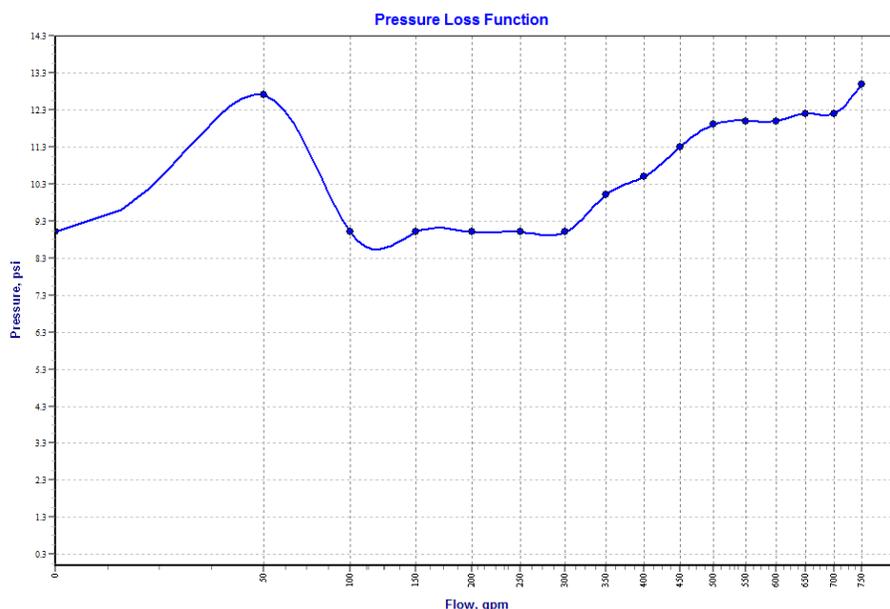
$$\text{Factor} = \left( \frac{\text{Diámetro interior real}}{\text{Diámetro interior CED 40}} \right)^{4.87} \quad [10]$$

Entonces, la distancia equivalente de un codo de 3 pulg para CED 10 =  
 $7 \times (3.26/3.068)^{4.87} = 9.41$  pies. La distancia equivalente para una T de 3 pulg será igual a  $15 \times (3.26/3.068)^{4.87} = 20.16$  pies. PE = (27.58 + 9.41 + 20.16) (0.066) = 3.77 psi. Pérdida de presión por altura de cabeza = 11(0.433) = 4.76 psi. PT = PT anterior + PE + PH = 26.9 + 3.77 + 4.76 = 35.43 psi.

Esto indica que el caudal que se necesita para alimentar la red de los 12 rociadores del área de operación es de 274.83 gpm. Si el sistema fuera perfectamente balanceado simplemente se necesitaría multiplicar  $0.15 \text{ gpm}/\text{pie}^2 \times 1500 \text{ pie}^2$  y así se obtendría 225 gpm para extinguir un incendio de riesgo ordinario 1. Sin embargo, ningún sistema puede ser balanceado de manera perfecta, el flujo obtenido siempre será mayor que 225 gpm. En este caso es aproximadamente un 22.15% más alto.

4. Cálculos en la red de alimentación.- Para terminar los cálculos se debe analizar la red de alimentación en la cual, el caudal se mantiene constante ya que no existen más fuentes de salida de agua.

4.1. En el encabezamiento (HEADER), El caudal  $Q = 274.83$  gpm y la tubería es de 4 pulgadas y cédula 40. Todas las válvulas tienen curvas características, realizadas por sus fabricantes, referentes a pérdidas (en psi) versus el flujo (en gpm). La combinación de dos válvulas de compuerta con una válvula de retención en el centro se llama "válvula de prevención de contra flujo" (Back Flow Preventor BFP) y usualmente vienen pre ensambladas de fábrica. Esta combinación se ubica antes del RISER como se ve en la Figura 4.2. La pérdida de una BFP de 4 pulg modelo AMES 5000 SS para 274.83gpm es de 8.9 psi como se puede ver en la Grafica 4.1. Entonces  $PT = 35.43 + 8.9 = 44.33$  psi. Debe recordarse que no se calculan las pérdidas de la válvula mariposa, válvula de retención y arreglo múltiple para simplificar los cálculos.



**Gráfica 4.1. Función de pérdida de presión en juego de válvulas BFP de 4 pulgadas.**  
**Propiedad de Viking Group.**

4.2. En la línea de entrada subterránea,  $Q = 274.83$  gpm. Se tiene un codo de 4 pulgadas antes de que la tubería entre en la tierra. Como es de cédula 40, la distancia equivalente será de 10 pies. Entre la BFP y el codo hay 3 pies. La pérdida por fricción para 274.83 gpm en tubería de 4 pulgadas de cédula 40

según la ecuación de Hazen - Williams es de 0.0237 psi/pie. Entonces  $PE = (10 + 3)(0.0237) = 0.3$  psi.  $PT = 44.33 + 0.3 = 44.63$  psi.

- 4.3. Ahora, la tubería que baja después del codo de cédula 40 para ser enterrado tiene un factor de C de 140 debido a sus características de menor rugosidad interior. La pérdida por fricción para 274.83 gpm en tubería especial para soterramiento de 4 pulgadas según la ecuación de Hazen - Williams es de 0.013 psi/pie. Se tiene un codo enterrado cuya distancia equivalente según el fabricante es de 18.33 pies. Además, la distancia horizontal después del último codo hacia la acometida municipal es de 111.5 pies. Entonces,  $PE = (18.33 + 111.5)(0.013) = 1.69$  psi.  $PH = 3.5(0.433) = 1.52$  psi.  $PT$  final =  $44.63 + 1.69 + 1.52 = 47.84$  psi.

Al final de los cálculos es importante agregar el caudal para los gabinetes requeridos. En el caso actual agregamos 250 gpm para un gabinete interior correspondiente a una ocupación de riesgo ordinario 1. Entonces, el diseño muestra como resultado una demanda total del sistema de 524.83 gpm a 47.84 psi.

Para realizar el diseño es importante analizar la gráfica de prueba de flujo o carta hidráulica, en donde analizamos la posición de nuestra demanda en comparación con la curva de alimentación de agua como se muestra en la Figura A1 del Anexo A. Esta curva muestra una presión estática de 60 psi y una presión residual de 50 psi a un flujo total de 605 gpm. La demanda cae a aproximadamente 3 psi bajo la curva de suministro de agua. Muchos diseñadores estarían satisfechos con este resultado. Otros, prefieren apretar un poco más la cercanía entre la curva de alimentación y punto de demanda para disminuir gastos económicos. Ésta es una práctica peligrosa por 4 razones principales:

1. La instalación del sistema de rociadores puede no ser instalada exactamente como se diseño, se pueden agregar desvíos, tramos de tubería, etc.
2. El ensayo de flujo de agua puede ser impreciso o simplemente aproximado, además que los sistemas de alimentación de agua se deterioran conforme envejecen sus tuberías subterráneas.
3. Con el tiempo pueden adherirse dispositivos restrictivos de presión al sistema tal como son los coladores y válvulas anti retorno.

4. Estos sistemas están diseñados para tener una vida larga. Algunos sistemas tienen hasta 100 años de existencia.

El agua que viaja dentro de tubería posee energía cinética. Ésta energía aumenta con la velocidad con la que viaja el agua. Como ya se ha señalado, la presión que viene con el movimiento del agua se llama presión de velocidad. En estos cálculos solo se toman en cuenta presiones normales, las cuales son las que expulsan el agua fuera de las boquillas de los rociadores. Es posible calcular las presiones de velocidad de manera manual, pero es extremadamente exhaustivo y no produce mayor significancia. Si los tediosos cálculos de ensayo y error para obtener las presiones de velocidad son incluidos en los cálculos manuales tal vez se vea una disminución de uno o dos psi. Por lo tanto, la presión de velocidad es muy pequeña en comparación a la presión total y su efecto en el resultado final de los cálculos hidráulicos es insignificante [1].

### **4.3 Software para el Desarrollo del Diseño y Cálculos Hidráulicos Automáticos de Sistemas de Agua para Protección contra Incendios**

Existe una variedad de programas computacionales que se utilizan para diseñar sistemas para protección contra incendios. Para este estudio se utilizará SprinkCAD que pertenece a Tyco International Ltd, la cual es una empresa global diversificada que provee productos y servicios vitales a clientes en más de 60 países. Con más de 100,000 empleados a nivel mundial, Tyco es un proveedor líder de productos y servicios de seguridad electrónica, protección contra incendios, productos y servicios de detección, válvulas y controles. [6, 7]

Debido a que los productos de Tyco (y compañías aliadas) como tuberías, accesorios, válvulas y rociadores son los más populares en el mercado, se ha elegido SprinkCAD, ya que genera una lista de materiales y especificaciones técnicas en base a estos productos. Además, existe un muy buen servicio técnico por parte del departamento de ingeniería y pueden realizarse capacitaciones por medio del internet. En otras palabras, si se trabaja con productos Tyco, SprinkCAD es la mejor herramienta para llevar a cabo la instalación de la mano del diseño.

SprinkCAD ofrece la facilidad de realizar modelos en tres dimensiones con el simple hecho de alimentar información a líneas y puntos dibujados en AutoCAD. Esta

información se refiere principalmente a diámetros y tipos de tubería, alturas, puntos verticales comunes, subientes, bajantes y pendientes. El programa inserta automáticamente los codos, reducciones, uniones y demás accesorios en el modelo 3D. Además, es posible insertar la bomba de agua (con los puntos característicos de la curva que la describe), válvulas (mariposa, angular, de compuerta, de retención, etc.) y soportes.

SprinkCAD realiza los cálculos hidráulicos por medio de un sub programa llamado SprinkCALC, el cual utiliza la fórmula de Hazen - Williams para determinar las pérdidas en la red de tuberías para agua en condiciones "normales" a 15.6°C (60°F). Cuando se utilizan soluciones anticongelantes en cantidades mayores a 40 galones, se utilizará el programa para calcular las pérdidas por medio de la fórmula de Darcy - Weisbach, como lo describe la norma NFPA 13.

#### **4.3.1 Verificación de los Cálculos Hidráulicos Manuales de la Fábrica de Vidrio de la Figura A1 por medio de SprinkCAD**

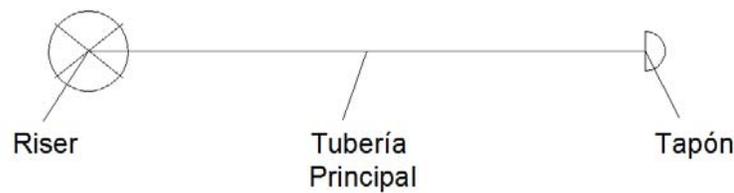
Para realizar los cálculos hidráulicos de manera automática con SprinkCAD primero se debe realizar el dibujo con los comandos y "layers" pertenecientes al programa dentro del sistema operativo de AutoCAD. Esto se realiza siguiendo los pasos que se muestran a continuación:

**1. Ubicación de Rociadores.-** Se insertan los rociadores en cada área cerrada siguiendo las normativas de NFPA 13 y centrándolos según el requerimiento arquitectónico. Es recomendable marcar los puntos de centrado con un "layer" que no pertenezca a SprinkCAD; por ejemplo: layer "0" (Ver Figura 4.4). Es importante tener cuidado al elegir entre rociadores montantes, colgantes y horizontales de pared según el tipo de techo y utilidad que se requiera.



*Figura 4.4. Rociadores.*

**2. Tubería Principal.-** Una vez ubicados todos los rociadores se procede a dibujar la tubería principal. Esta tubería se ubica generalmente en el perímetro de cada área, perpendicular a las paredes, en lo posible. Se deben colocar tapones al final de cada tramo de esta tubería de alimentación hacia los ramales. Además, se debe colocar el punto de suministro o “Riser” al inicio de toda la red (Ver Figura 4.5).



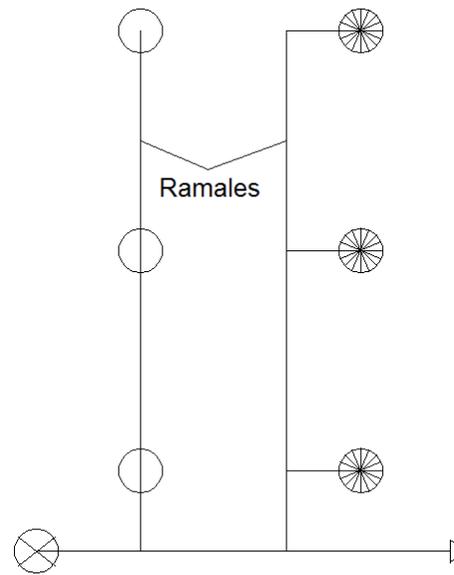
*Figura 4.5. Tubería Principal, Suministro y Tapón.*

**3. Ramales.-** Cuando la trayectoria de la tubería principal es satisfactoria se puede proceder a dibujar los ramales que interconectan los rociadores. Es recomendable que los ramales se grafiquen de manera paralela al menos que se presenten obstrucciones que lo impidan (Ver Figura 4.6).

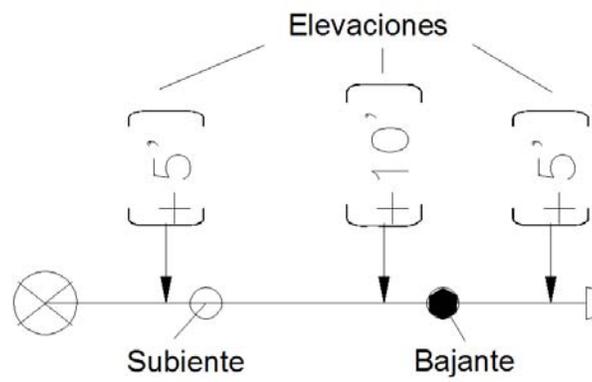
**4. Subientes y Bajantes.-** Como se sabe, no toda la tubería se encuentra ubicada a la misma altura; existen codos que desvían su dirección hacia arriba o hacia abajo. Para definir esto en el dibujo, se utilizan símbolos para subientes o bajantes que definen los puntos en donde la tubería cambia de dirección de manera vertical (Ver Figura 4.7).

**5. Definición de Elevaciones.-** Una vez marcados los puntos en donde la tubería sube o baja, se procede a definir las alturas de cada tramo de tubería con flechas y corchetes (Ver Figura 4.7).

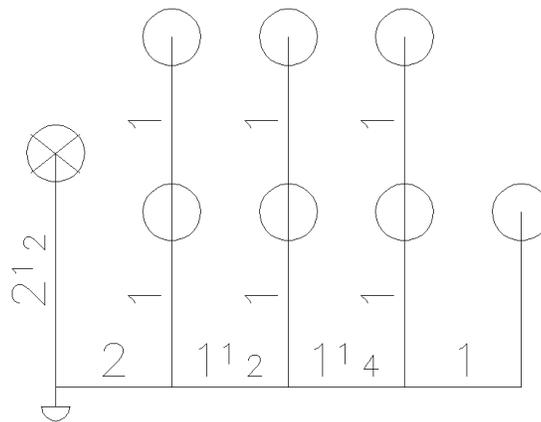
**6. Definición de Diámetros.-** Se asignan los diámetros correspondientes a cada tramo de tubería en base a la norma NFPA 13 y a los cálculos hidráulicos. Las reducciones de un diámetro mayor a uno menor deben ser insertadas en los puntos que sean pertinentes (Ver Figura 4.8).



**Figura 4.6. Ramales.**

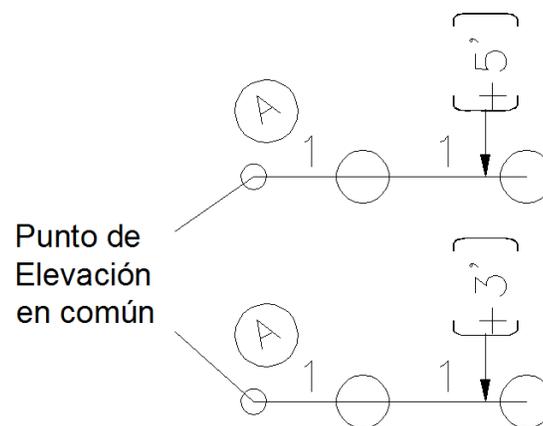


**Figura 4.7. Subientes, Bajantes y Elevaciones.**



**Figura 4.8. Asignación de Diámetros de Tubería.**

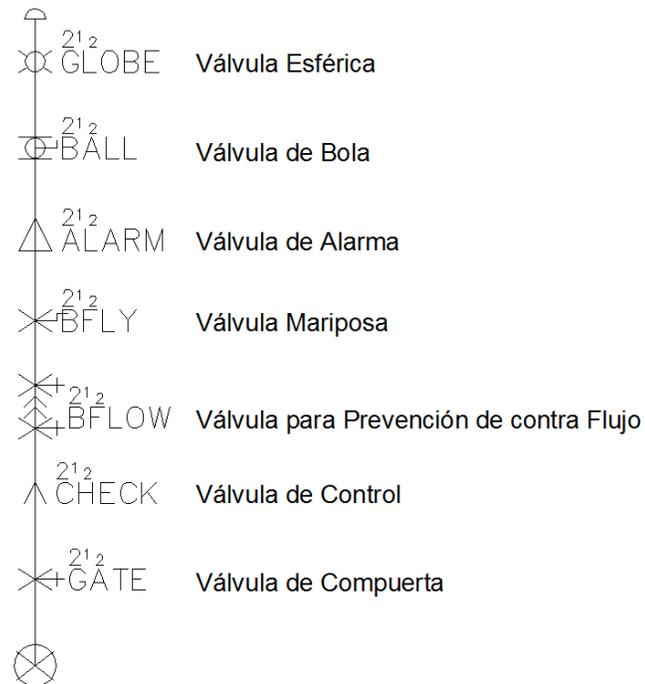
**7. Conexión de Pisos.-** Cada piso que se dibuja de manera independiente comparte un punto en común con los otros pisos en donde se conectan por medio de un montante vertical de tubería. Este punto en común se nombra con una letra mayúscula y se lo ubica en todos los pisos que lo compartan. Con esto, el montante vertical se dibujará automáticamente (Ver Figura 4.9).



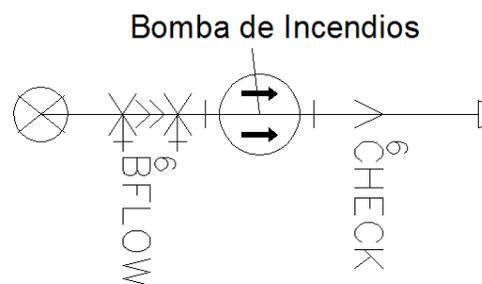
**Figura 4.9. Conexión Vertical de Puntos en Común.**

**8. Válvulas.-** Las válvulas se insertan en los puntos de las líneas principales según los requerimientos de la norma NFPA 13. Es necesario especificar el tipo de válvula para que el programa la reconozca el momento de correr los cálculos hidráulicos. Algunos de estos dispositivos se muestran en la Figura 4.10.

**9. Bomba de Agua.-** La bomba para protección de incendios se inserta en el cuarto de máquinas. Se deben especificar los puntos de presión y caudal de la curva de la bomba. Estos datos forman parte del suministro de agua que se toman como referencia en los cálculos hidráulicos (Ver Figura 4.11).



**Figura 4.10. Válvulas Gráficas.**



**Figura 4.11. Bomba de Incendios Gráfica.**

Como ya se había dibujado la red de incendios de la fábrica de vidrio con AutoCAD, lo único que se hace es sobreponer la información con los comandos de SprinkCAD. Una vez que se ha hecho esto, se procede a alimentar la información para realizar los cálculos hidráulicos como sigue:

1. Información del proyecto (nombre, dirección, diseñador, etc)
2. Área de protección de los rociadores (1500 pies<sup>2</sup>).
3. Densidad y área mínima de diseño (0.15 gpm/pie<sup>2</sup> y 1500 pies<sup>2</sup> para todo el sistema según NFPA 13 para riesgo ordinario 1)
4. Presión mínima de cada rociador (7 psi según NFPA 13)
5. Factor k de cada rociador (k = 5.6 para todos los rociadores del sistema)
6. Caudal adicional para mangueras (250 gpm para 1 manguera, según NFPA 14).
7. Presión para la manguera más remota (100 psi según NFPA 14).
8. Datos del suministro que sean ficticios o reales.
9. Número de rociadores que ocupan el lado mayor del área mínima de diseño (5).

Toda esta información se inserta en cuadros de diálogo que SprinkCAD presenta una vez que se desean realizar los respectivos cálculos hidráulicos.

**1. Información del Proyecto.**- La información del proyecto se coloca junto al dibujo de la fábrica de vidrio. Esta información se refiere principalmente al nombre del proyecto, ubicación, nombre del contratista y ubicación, autoridad competente, etc. Esto no interfiere con los cálculos hidráulicos pero es necesario para la identificación apropiada del proyecto. La información aparece como muestra la Figura 4.12.

Job: <b>Fábrica de Vidrio</b>			
Address:	Avenida A Calle B		
City:	Quito	State: Pichincha	Zip/Postal Code:
Contract #:		Date:	
Contractor:	SEINGPROAÑO	Designer:	Andrés Proaño
Address:	Almagro 2033 y Whimper		
City:	Quito	State: Pichincha	Zip/Postal Code:
Phone: 2556771	Fax:	Email:	
Approving Authority: <b>Cuerpo de Bomberos</b>			
Design Defaults		Standards: <b>NFPA13</b>	
Default Sprig Size:	1	Default Drop Size:	1
Default Sprig Material:	40	Default Drop Material:	40
Default Sprig Elevation:	14'	Default Drop Elevation:	14.458'

*Figura 4.12. Información del Proyecto.*

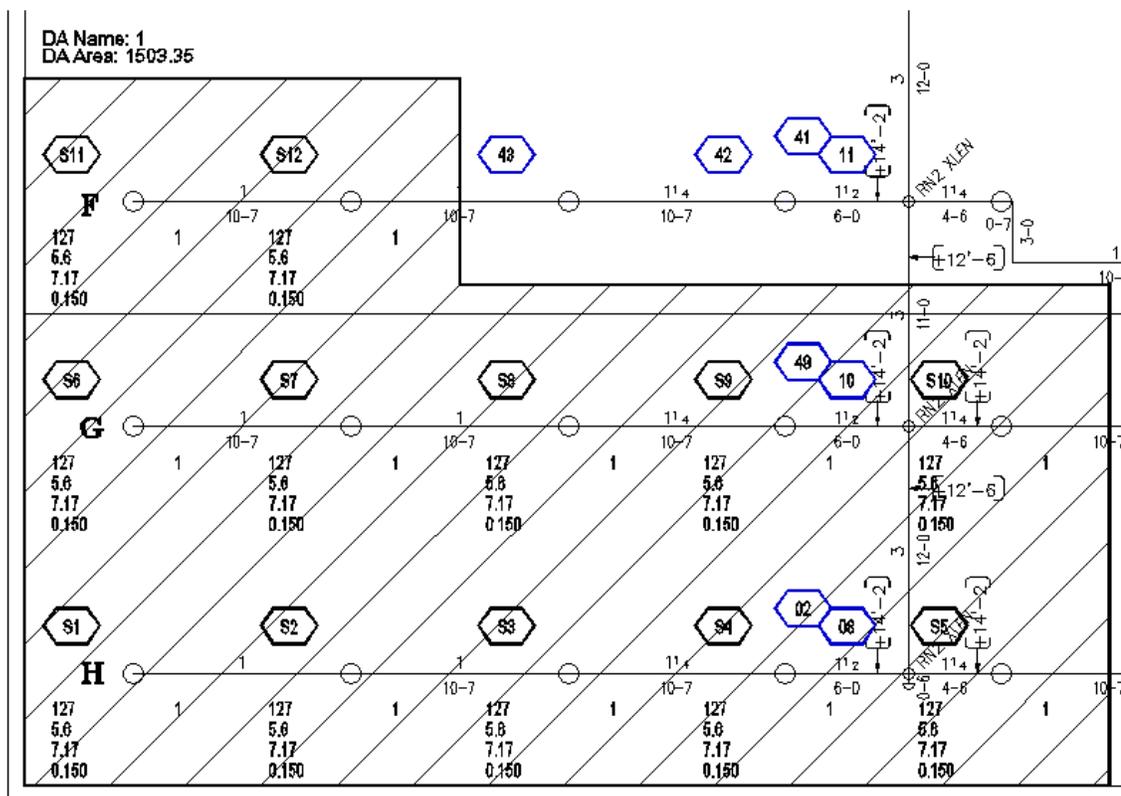
2. **Información del Área de Diseño.**- En este cuadro se inserta el número de área a calcular y se especifica que es un sistema de agua y no seco. Se determina que se calculará la demanda por medio de la ecuación de Hazen – Williams y se define la densidad correspondiente a riesgo ordinario (grupo 1) de 0.15 gpm/pies<sup>2</sup> sobre un área de 1500 pies<sup>2</sup> como se muestra en la Figura 11.2.3.1.1 de la norma NFPA 13 del Anexo B. Además, se especifica el caudal adicional perteneciente a las mangueras, que en este caso es de 250 gpm y corresponde a 1 manguera que deberá trabajar a una presión mínima de 100 psi según lo especifica la norma NFPA 14 (Ver Figura 4.13).

<b>Design Area 1</b>	<b>Wet System</b>
Fábrica	
Demand Calculations using Hazen-Williams Method	
Occupancy Classification:	Ordinario 1
Design Area Density:	0.15
Additional Outside Hose:	250

*Figura 4.13. Información del Área de Diseño.*

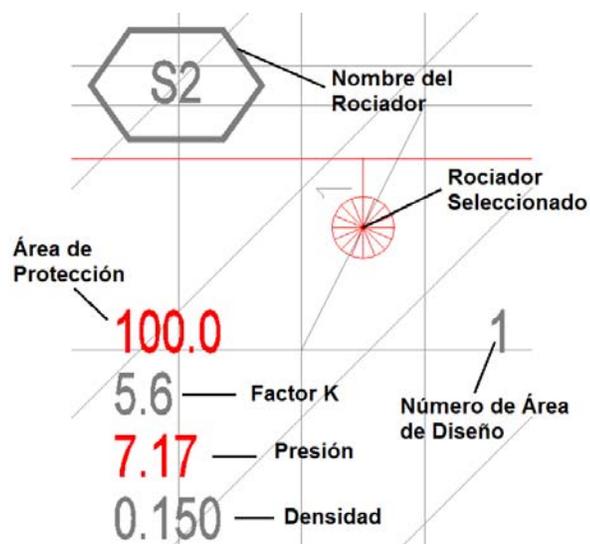
3. **Perímetro del Área de Diseño.**- Se crea el perímetro del área de diseño por medio de una poli-línea cerrada. Se selecciona la "tabla de información del área de diseño" insertada y luego se selecciona la poli línea. Con esto el programa ya reconoce el área de cálculo y asignará toda la información hidráulica dentro de ella. Para la fábrica de

vidrio se escogerá el área rayada de 1503.35 pies<sup>2</sup> tal como se muestra en la Figura 4.1 y en la Figura 4.14.



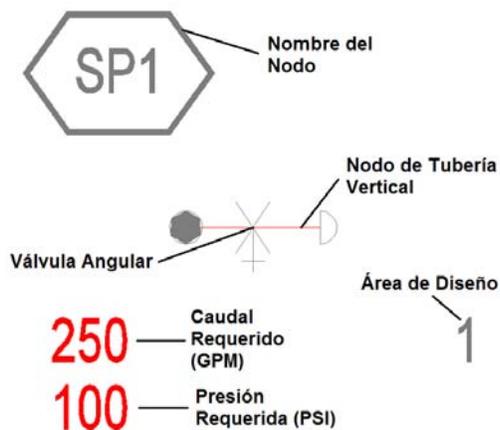
*Figura 4.14. Ejemplo del Perímetro del Área de Diseño.*

- 4. Información de Rociadores.-** Una vez que se ha escogido el área de diseño se procede a insertar la información de todos los rociadores que contiene según corresponda. Cada rociador debe ser nombrado con una letra y un número. Se debe insertar el tamaño y el nombre del área que protegerá, su factor K de descarga, la presión mínima requerida y la densidad correspondiente al riesgo adecuado. (Ver Figura 4.15). El tamaño del área de protección es el único dato que puede variar según la distribución de rociadores que se tenga. Para la fábrica de vidrio es de 127 pies<sup>2</sup>.



*Figura 4.15. Información Asignada a un Rociador.*

5. **Información de Mangueras.-** Se debe insertar el nombre de cada nodo que defina la ubicación de una manguera con dos letras y un número. Debe determinarse el área de diseño al cual pertenece, el caudal y la presión requeridos. El programa calculará todos los caudales pero sólo la presión del nodo más remoto (Ver Figura 4.16).

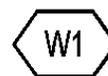


*Figura 4.16. Información Asignada a una Manguera.*

## 6. Información del Suministro de Agua

La información del suministro debe ubicarse en el punto perteneciente a la toma de agua que se marca en el dibujo. Se inserta el nombre del punto de referencia, la fecha de la

simulación, la localidad de la prueba de flujo, la fuente de la prueba de flujo, los puntos de la curva o recta del suministro de agua y los puntos de la curva de la bomba de agua, en caso de instalarse una (Ver Figura 4.17). La descripción de estas curvas se hará más adelante, cuando se tenga que seleccionar la bomba del Edificio Publishing. El suministro municipal será más que suficiente para abastecer la red de rociadores de la fábrica de vidrio.



Source Information			
Date of Flow Test / Info : 05/02/2012			
Location of flow test data :			
Fábrica			
Source of flow test data :			
Cuarto de Válvulas			
Source Data Points		Pump Data Points	
Pressure	Flow	Pressure	Flow
60.00	0.00		
50.00	600.00		

*Figura 4.17. Información del Suministro de Agua.*

Una vez que se ha insertado correctamente toda la información al sistema, SprinkCAD imprime los resultados en unas cartas hidráulicas tal como se muestra en las Tablas D1 y D2 del Anexo D. Como se puede ver en la Tabla D1, SprinkCAD ha calculado una demanda total de 525.7 gpm a una presión de 47.9 psi. Si estos resultados se comparan con los resultados del cálculo manual realizado anteriormente, que corresponde a 524.83 gpm a 47.84 psi, se tiene un porcentaje de diferencia del 0.17% para el caudal y del 0.13% para la presión, lo cual es más que aceptable para demostrar que el uso del software es totalmente seguro y eficiente.

### 4.3.2 Comparación de Resultados de Cálculos Hidráulicos Realizados con SprinkCAD para la Fábrica de Vidrio por medio de la Ecuación de Darcy - Weisbach y la Ecuación de Hazen Williams.

SprinkCAD también tiene la opción de calcular la demanda por medio de la ecuación de Darcy - Weisbach. Simplemente debe modificarse el método de cálculo en la información del área de diseño como se muestra en la Figura 4.18.

Design Area 4 Fábrica	Wet System
Demand Calculations using Darcy-Weisbach Method	
Occupancy Classification:	Ordinario 1
Design Area Density:	0.15
Additional Outside Hose:	250

*Figura 4.18. Información del Área de Diseño con el Método de Darcy - Weisbach*

Una vez realizado este cambio, SprinkCAD imprime los resultados como se muestra en las Tablas D3 y D4 del Anexo D. Como se puede ver en la Tabla D3, el programa ha calculado una demanda total de 527.8 gpm a una presión de 48.4 psi. Si se comparan estos resultados con los que SprinkCAD calculó por medio de la ecuación de Hazen - Williams se tiene un porcentaje de diferencia del 0.4% para el caudal y un porcentaje de diferencia del 1.03% para la presión.

Entonces, se han realizado tres comprobaciones para aprobar el uso de la ecuación de Hazen - Williams y del software (SprinkCAD) que se aplicarán en el diseño de la red de incendios del Edificio Publishing.

La primera, que se realizó calculando de manera manual la demanda de una manguera por medio de las ecuaciones de Hazen - Williams y de Darcy - Weisbach (Sección 4.2.6), dio como resultado un porcentaje de diferencia del 1.32 %. Esto verifica que a pesar de que la ecuación de Hazen - Williams no utiliza valores que describen más detalladamente el fluido, como el número de Reynolds, la viscosidad y la densidad, es bastante acertada para

calcular las pérdidas del sistema cuando el fluido es agua a una temperatura regular de 15°C.

La segunda comprobación demostró manualmente que lo que realiza el programa SprinkCAD automáticamente al momento de calcular la demanda hidráulica de un sistema como el de la fábrica de vidrio, es correcto y está de acuerdo con los parámetros que indica la norma NFPA 13 (Secciones 4.2.7 y 4.3.1). Además, se está comprobando que el diseñador sabe exactamente lo que hace el software al momento de realizar los cálculos hidráulicos y no solamente confía en los resultados que este genera.

Finalmente, en la tercera comprobación, se demuestra que la ecuación de Hazen - Williams no solo es útil para calcular la demanda de un solo punto de descarga, como en la primera comprobación (una manguera), sino también para múltiples puntos de descarga como los rociadores de la fábrica de vidrio. La verificación también se hace en relación a la ecuación de Darcy - Weisbach por medio de SprinkCAD (Sección 4.3.2) y el porcentaje de diferencia en relación a los resultados calculados por medio de la ecuación de Hazen - Williams es de menos del 1.05 %.

Con esto queda demostrado que es factible calcular las pérdidas de una red de rociadores con cualquiera de las dos ecuaciones (Hazen - Williams o Darcy - Weisbach).

## **5. Diseño del Sistema de Agua para Protección contra Incendios del Edificio Publishing**

El diseño del edificio Publishing, ubicado en la ciudad de Quito, será realizado en su totalidad con SprinkCAD, utilizando todas las herramientas descritas en el capítulo anterior.

### **5.1 Tipo de Edificación**

La edificación consiste en una construcción típica con estructura de hierro y revestimiento de hormigón y bloque. Tiene una elevación de 52.15 pies (15.9 m) y un área neta de aproximadamente 14,896.62 pies<sup>2</sup> (1384.65 m<sup>2</sup>). El edificio se compone de un subsuelo de servicio, dos subsuelos para parqueaderos, cuatro pisos de oficinas y una terraza con sala comunal.

En el subsuelo de servicio se encuentra la bodega general, el cuarto de bombas, la fosa de ascensores y la cisterna. El subsuelo 2 se compone de parqueaderos y dos bodegas pequeñas. El subsuelo 1 contiene parqueaderos, la cámara de transformadores, dos bodegas pequeñas, un cuarto de basura y un baño de servicio.

En la planta baja y en los tres pisos superiores se encuentran zonas de oficinas, salas de reuniones, salas de espera, baños y algunos cuartos de servicio. Finalmente, en la terraza, se ubica la sala comunal con 2 baños. Un aspecto interesante de esta construcción es que posee un conducto vertical central a lo largo de todos los pisos, el cual permite la entrada de luz y ventilación natural por medio de una cúpula superior translúcida.

### **5.2 Tipo de Riesgo según NFPA 13**

En este edificio no existe almacenamiento de ningún tipo de producto combustible o de combustibilidad baja en pallets o en estanterías que superen los 7.87 pies (2.4 m) de altura. Solamente se guardarán documentos en archivos metálicos cerrados de aproximadamente

6.56 pies (2 m) de altura. El propósito del edificio es la instalación exclusivamente de oficinas. No se tendrán laboratorios con químicos o productos alimenticios.

Debido a todas estas características y según las recomendaciones de la norma NFPA 13, se puede concluir que la edificación tiene dos tipos de riesgo: según el artículo A.5.2 de NFPA 13, los parqueaderos deben ser de riesgo ordinario (grupo 1) y según el artículo A.5.3.1 de NFPA 13, las oficinas deben ser de riesgo ligero.

El cliente puede requerir que ciertas áreas se protejan con un nivel de riesgo superior pero nunca inferior. Esto deberá ser supervisado por la autoridad competente municipal, que en el caso de Quito, es el Cuerpo de Bomberos.

### **5.3 Dibujo del Sistema de Incendios del Edificio Publishing**

#### **5.3.1 Datos y Restricciones según la norma NFPA 13**

Tanto para riesgo ligero como para riesgo ordinario, se pueden utilizar rociadores estándar con un factor de K de 5.6, descarga del 100% y con una rosca de 1/2 pulg NPT [14]. Este es el rociador que se va a instalar en el Edificio Publishing.

Para riesgo ligero, el área máxima de cobertura de un rociador es de 225 pies<sup>2</sup> (20.9 m<sup>2</sup>), mientras que para riesgo ordinario es de 130 pies<sup>2</sup> (12.1 m<sup>2</sup>), como se describió en el Capítulo 4. El espaciamiento máximo permitido entre rociadores para ambos riesgos es de 15 pies (4.6 m).[14]

Como ya se sabe, el área de cobertura ( $A_s$ ) es igual a la distancia entre rociadores en el ramal (S) por la distancia de rociadores entre ramales (L). Entonces si se utiliza el espaciamiento máximo para riesgo ligero se tiene:  $S \times L = 15 \times 15 = 225 \text{ pies}^2$ . Si se utiliza el espaciamiento máximo para riesgo ordinario se tiene:  $S \times L = 15 \times 8.66 = 130 \text{ pies}^2$ . Así es como funciona la distribución de áreas de los rociadores para ambos riesgos.

Como se puede ver en las Tablas 22.5.2.2.1 y 22.5.3.4 de NFPA 13, ubicadas en el Anexo B, ambos riesgos permiten alimentar la misma cantidad de rociadores con diámetros de 1 a

2 pulgadas (25 a 50 mm). A partir de 2-1/2 pulgadas (65 mm) de diámetro, el número de rociadores difiere según el tipo de riesgo.

Una vez que se han tomado en cuenta todos estos datos, que diferencian al nivel de riesgo ligero del ordinario, se procede a dibujar la red de rociadores y mangueras del edificio en cuestión.

### **5.3.2 Descripción a Detalle del Dibujo de la Red de Incendios de cada Piso del Edificio Publishing**

Como se describió en el Capítulo 4, deben analizarse las distancias longitudinales horizontales y verticales entre paredes de cada área cerrada para realizar la correcta distribución de rociadores. La ubicación de la tubería se determinará en base a las obstrucciones que presente la edificación y las válvulas se colocarán según las restricciones de la norma NFPA.

#### **Subsuelo 3**

El área total a proteger es de 737.73 pies<sup>2</sup> (68.57 m<sup>2</sup>) (la cisterna no necesita protección). Se procede a colocar 4 rociadores en la bodega general, 1 en el pasillo y 2 en el cuarto de bombas. Con esto se está protegiendo un área aproximada de 105.39 pies<sup>2</sup> (9.80 m<sup>2</sup>) por rociador. Por lo tanto, se cumple con la restricción de los 130 pies<sup>2</sup> (12.1 m<sup>2</sup>) que indica la norma NFPA.

Los rociadores son de tipo “montantes” ya que en estas áreas no se colocará cielo falso. El ramal que alimenta los rociadores se toma de una línea principal de 2-1/2 pulg (65 mm) que sale del montante principal de 6 pulg (150 mm) que sube por un ducto de servicio.

En la línea principal de 2-1/2 pulg (65 mm) se coloca una válvula mariposa, una válvula de alarma de tipo retención y un arreglo múltiple de prueba, justo antes de la distribución de rociadores (Ver Figuras C1, C2 y C3 del Anexo C).

## **Subsuelo 1 y Subsuelo 2**

El área de los subsuelos es de aproximadamente 14,564.61 pies<sup>2</sup> (1,353.79 m<sup>2</sup>); entonces el número mínimo de rociadores a instalarse en estos pisos debe ser de  $14,564.61 / 130 = 112.04$  rociadores. Elevando al inmediato superior se tiene un total de 113 rociadores. Como se puede ver en la Figura C4 del Anexo C, el subsuelo 2 tiene un total de 122 rociadores, y según la Figura C7 del Anexo C, el subsuelo 1 tiene un total de 114 rociadores. Entonces, ambos subsuelos cumplen con el requerimiento mínimo de cobertura para riesgo ordinario.

Cada subsuelo tiene dos niveles de piso conectados entre sí por medio de rampas. Para los niveles inferiores de piso, que son los de menor tamaño, se hace una distribución de rociadores de manera que cada uno proteja un área aproximada de 129.82 pies<sup>2</sup> (12.07 m<sup>2</sup>). En los niveles superiores de piso se distribuye los rociadores para que protejan un área de 110.88 pies<sup>2</sup> (10.31 m<sup>2</sup>). Como las bodegas tienen un área mayor a 130 pies<sup>2</sup>, deben colocarse 2 rociadores en cada una para cumplir con el área de protección requerida por NFPA 13.

En estas zonas también se colocan rociadores montantes. Las líneas principales se ubican de manera perimetral y sobre corredores para evitar que interfieran con el paso de los autos. Los ramales se dibujan de manera perpendicular a las líneas principales.

En el subsuelo 1 no se colocan rociadores en el cuarto de los transformadores debido a la conductividad eléctrica del agua. Es preferible proteger esta zona con un agente limpio o polvo seco, como el CO<sub>2</sub>.

En cada subsuelo, se coloca una válvula mariposa, una válvula de alarma de tipo retención y un arreglo múltiple de prueba en la línea principal de 4 pulg (100 mm). Además, se coloca una válvula angular para manguera de 2-1/2 x 1-1/2 pulg (65 x 38 mm), alimentada por una tubería de 2-1/2 pulg (65 mm) que se toma de la tubería principal de 4 pulg (100 mm) antes de colocar el juego de válvulas que controlan la red de rociadores (Ver Figuras de la C4 a la C9 del Anexo C).

## Planta Baja y Pisos Superiores

Si el área de oficinas fuera completamente abierta como la de los parqueaderos, se podría dividir el área total de los pisos, que es de 8,728.60 pies<sup>2</sup> (811.33 m<sup>2</sup>), por el área máxima de protección para riesgo ligero, que es de 225 pies<sup>2</sup> (20.9 m<sup>2</sup>), y así calcular el número mínimo de rociadores que se deberían instalar. Sin embargo, como éstas áreas tiene múltiples divisiones, debe calcularse el número de rociadores de cada habitación o zona cerrada por separado.

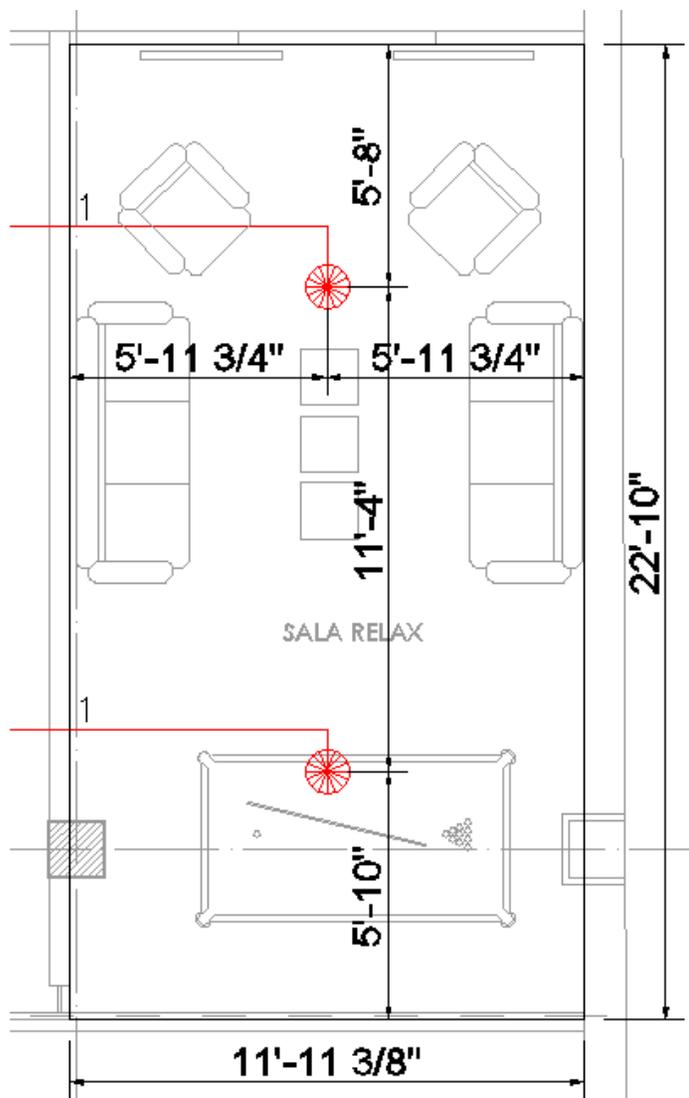
Por ejemplo, existen habitaciones simétricas como los "cuartos de mensajeros", que tienen un área de 69.95 pies<sup>2</sup> (6.5 m<sup>2</sup>). Como el área es menor a la cobertura máxima permitida de un rociador para riesgo ligero (225 pies<sup>2</sup>), deberá colocarse un rociador. Las distancias a las paredes son menores a la mitad de la distancia máxima permitida entre dos rociadores (< 7.5 pies) como se muestra en Figura 5.1.



*Figura 5.1. Distribución de Rociadores en el Cuarto de Mensajeros.*

Existen habitaciones como las "salas relax", que tienen un área de 272.76 pies<sup>2</sup> (25.35 m<sup>2</sup>). Como el área es mayor a la cobertura máxima permitida de un rociador para riesgo ligero (225 pies<sup>2</sup>), deberán colocarse 2 rociadores. Las distancias a las paredes son menores a la

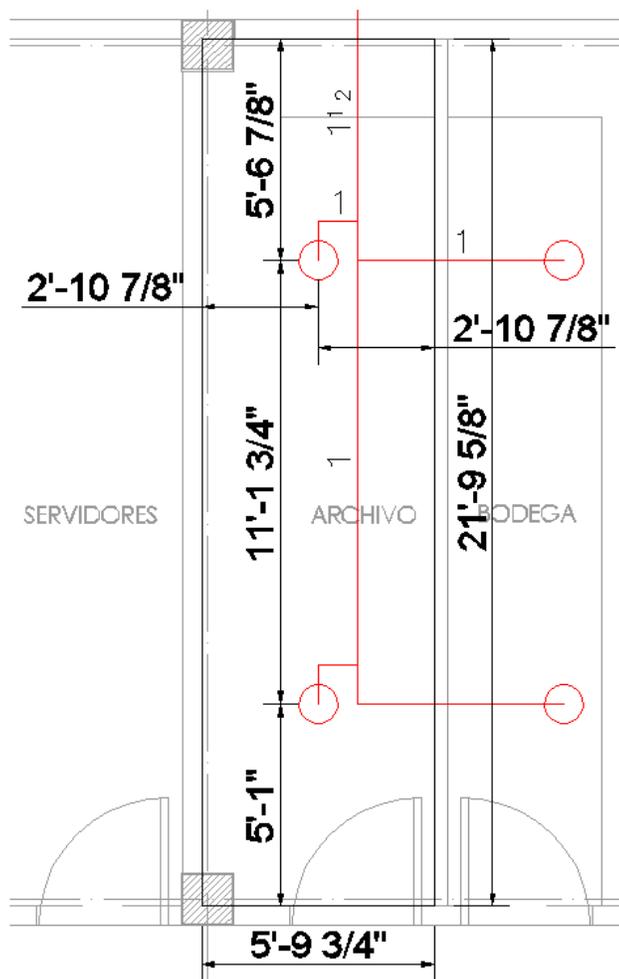
mitad de la distancia máxima permitida entre dos rociadores ( $< 7.5$  pies) y la distancia entre rociadores es menor que la longitud máxima permitida de 15 pies (Ver Figura 5.2).



**Figura 5.2. Distribución de Rociadores en la Sala Relax.**

Hay algunos cuartos como los "archivos", que tienen un área de  $126.68 \text{ pies}^2$  ( $11.77 \text{ m}^2$ ). Como el área es menor a la cobertura máxima permitida de un rociador para riesgo ligero ( $225 \text{ pies}^2$ ), debería colocarse un solo rociador, pero la distancia longitudinal vertical es mayor a 15 pies. Si se coloca un solo rociador las distancias a las paredes serían mayores a 7.5 pies y no se cumpliría con la restricción de NFPA 13 con respecto al distanciamiento

máximo a las paredes. Por lo tanto, se deberán instalar 2 rociadores en este tipo de áreas (Ver Figura 5.3).



**Figura 5.3. Distribución de Rociadores en el Archivo.**

En la planta baja y en los pisos superiores principales se colocan rociadores colgantes en las zonas en donde se instalará cielo falso. Estas zonas se refieren a las oficinas, corredores, salas de reuniones, salas de espera y baños. Zonas como bodegas, archivos y cuartos de servicio son protegidas con rociadores montantes porque no tienen cielo falso.

Como se puede ver en la Figura C11 del Anexo C, en la planta baja no se colocan rociadores sobre el espejo de agua porque es muy poco probable que se genere un incendio en esta área.

En todos estos pisos hay cuartos de servidores en los cuales no se colocan rociadores debido a la conductividad eléctrica del agua y también porque en caso de un incendio se intentará salvar la mayor cantidad de información posible. Por eso es recomendable utilizar agentes limpios o polvo seco en estas habitaciones (Incendio Clase C).

Al igual que en los subsuelos, se debe colocar una válvula de control, una válvula de alarma de tipo retención y un arreglo múltiple con un sensor de flujo y un dispositivo de prueba con drenaje de 2 pulgadas (50 mm) antes de la alimentación principal de los rociadores. También, debe colocarse un gabinete en cada piso con una válvula angular de 2-1/2 x 1-1/2 pulg (65 x 40 mm), la cual alimentará una manguera de 1-1/2 pulg (38 mm) de diámetro con 100 pies (30 m) de largo (Ver las Figuras C10 a C21 del Anexo C).

## **Terraza**

En la terraza se debe proteger la cúpula de vidrio ubicada sobre el conducto abierto vertical del edificio, el corredor y la sala comunal, con sus respectivos baños. Los rociadores utilizados son de tipo montante porque no se colocará cielo falso en estas zonas.

Para realizar la distribución de rociadores, cada área o habitación cerrada debe ser analizada por separado como se hizo en la planta baja y pisos superiores. De esta manera, se colocan 8 rociadores en la sala comunal, uno en cada baño y 8 rociadores bajo la cúpula translúcida.

La tubería principal de 2-1/2 pulg (65 mm) se ubica en el corredor y en una parte de la sala comunal. Los ramales se colocan en forma de árbol de manera perpendicular en relación con la tubería de alimentación principal.

En este piso también se colocan los juegos de válvulas de los pisos anteriores con su respectivo gabinete con manguera (Ver las Figuras C22, C23 y C24 del Anexo C).

## **Montante Vertical**

El montante vertical que sube por un ducto de servicio es de 6 pulg (150 mm) reduciéndose a 4 pulgadas (100 mm) en el cuarto piso y a 2-1/2 pulg (65 mm) en la terraza (Ver Figura C26 del Anexo C).

Debe colocarse un rociador de pared en la base de cada conducto de ascensor a no más de 2 pies (0.61 m) de la base del piso. Los rociadores automáticos en las salas de máquina de ascensores o en las partes superiores de los pozos de ascensores pueden ser de tipo montante, colgante o de pared. [14]

En los pozos de escaleras incombustibles que tienen escaleras incombustibles con terminaciones incombustibles o de combustibilidad limitada, deberán instalarse rociadores en la parte superior del hueco y por debajo del primer descanso encima de la parte inferior del pozo. [14]

### **Cuarto de Bombas**

El cuarto de bombas es la zona más importante de un sistema contra incendios y sus principales características y requerimientos son:

1. Durante un incendio una persona deberá supervisar la bomba en caso de que se requieran hacer algunos ajustes manuales para asegurar su operación.
2. El cuarto deberá tener paredes resistentes al fuego. Si el edificio no es muy alto, el tiempo de protección deberá ser de 2 horas, si el cuarto no tiene rociadores, y de 1 hora si el cuarto está protegido por rociadores. Si el edificio es alto, el tiempo de protección con o sin rociadores deberá ser de 2 horas.
3. El cuarto de bombas necesita tener accesibilidad desde el exterior del edificio por medio de pasajes y gradas construidas con paredes con resistencia al fuego con dos horas de duración.
4. La temperatura mínima en su interior debe ser de 40 °F (8 °C) para evitar el congelamiento del agua.
5. La ventilación también es importante ya que la persona a cargo de la supervisión necesitará aire fresco. Además, cuando se utilizan, los motores a diesel toman aire de la habitación para generar combustión. Este aire necesita ser reemplazado o el motor no podrá funcionar de manera eficiente.
6. El cuarto deberá tener luces artificiales y luces de emergencia.
7. El piso del cuarto de bombas deberá tener una inclinación dirigida hacia un drenaje que se utilizará para desalojar el exceso de agua de los artefactos de desalojo como válvulas de alivio, líneas sensores de presión y enfriadores de motores de diesel.

La bomba de incendios se complementa con varios arreglos de equipos y accesorios que aseguran el funcionamiento correcto y eficiente del sistema. Estos arreglos se dan a la entrada y a la salida de la bomba y sus restricciones se especifican en la norma NFPA 20 descrita en el Capítulo 2.

El arreglo de la bomba de incendios del Edificio Publishing se puede ver en la Figura C30 del Anexo C y las direcciones de flujo se muestran como sigue:

- A. Entrada de agua que viene de la cisterna.
- B. Línea sensor de la bomba jockey hacia el tablero de control de la misma.
- C. Línea sensor de la bomba principal de incendios hacia el tablero de control de la misma.
- D. Línea de pruebas de presión y flujo de la bomba principal de incendios.
- E. Línea de conexión para válvula siamesa.
- F. Salida de agua hacia el sistema de rociadores y gabinetes del edificio.

Los componentes principales son:

- 1. Válvula de Retención (Check).
- 2. Válvula Mariposa.
- 3. Válvula de Compuerta.
- 4. Bomba Principal de Incendios.
- 5. Bomba Jockey.

## 5.4 Cálculos Hidráulicos

Para realizar los cálculos hidráulicos del sistema de protección contra incendios del Edificio Publishing con SprinkCAD, se debe insertar la siguiente información tal como se explicó en el Capítulo 4.

- 1. Información del proyecto (nombre, dirección, diseñador, etc)
- 2. Área de protección de los rociadores (varía según las zonas en cada piso debido a que varía el espaciamiento entre rociadores de cada zona).
- 3. Densidad y área mínima de diseño
  - a. 0.15 gpm / pies<sup>2</sup> sobre 1500 pies<sup>2</sup> para riego ordinario de los subsuelos.

- b. 0.10 gpm / pies<sup>2</sup> sobre 1500 pies<sup>2</sup> para riesgo ligero de las oficinas.
- 4. Presión mínima de cada rociador (7 psi según NFPA 13)
- 5. Factor k de cada rociador (k = 5.6 para todos los rociadores del sistema)
- 6. Caudal adicional para mangueras (100 gpm por 2 mangueras = 200 gpm según NFPA 14).
- 7. Presión para la manguera más remota (65 psi según NFPA 14).
- 8. Datos del suministro que sean ficticios o reales (Ficticios, porque se toma agua de una cisterna).
- 9. Número de rociadores que ocupan el lado mayor del área mínima de diseño de 1500 pies<sup>2</sup>.

### **5.4.1 Información de Proyecto**

Nombre del Proyecto: Sistema contra Incendios del Edificio Publishing.

Dirección: La Floresta, Calle Mallorca y Guipuzcoa.

Ciudad: Quito

Provincia: Pichincha

Contratista: SEINGPROAÑO

Diseñador: Andrés Proaño

Fecha: 04/2012

Dirección Contratista: Almagro 2033 y Whimper.

Teléfono: 2556771

Autoridad Aprobadora: Cuerpo de Bomberos del Ecuador.

Normativa Utilizada: NFPA

La información del proyecto se coloca junto a los dibujos de la red de incendios del edificio como se indica en la Figura 5.4.

<b>Job:</b> Sistema contra Incendios del Edificio Publishing			
<b>Address:</b>	La Floresta, Calle Mallorca y Guipuzcoa		
<b>City:</b>	Quito	<b>State:</b>	Pichincha
		<b>Zip/Postal Code:</b>	
<b>Contract #:</b>		<b>Date:</b>	04/2012
<b>Contractor:</b>	SEINGPROAÑO	<b>Designer:</b>	Andrés Proaño
<b>Address:</b>	Almagro 2033 y Whimper		
<b>City:</b>	Quito	<b>State:</b>	Pichincha
		<b>Zip/Postal Code:</b>	
<b>Phone:</b>	2556771	<b>Fax:</b>	
		<b>Email:</b>	
<b>Approving Authority:</b>	Cuerpo de Bomberos del Ecuador		
<b>Design Defaults</b>		<b>Standards:</b>	NFPA13
<b>Default Sprig Size:</b>	1	<b>Default Drop Size:</b>	1
<b>Default Sprig Material:</b>	7	<b>Default Drop Material:</b>	7
<b>Default Sprig Elevation:</b>	0	<b>Default Drop Elevation:</b>	0

*Figura 5.4. Información del Proyecto del Edificio Publishing.*

## 5.4.2 Información del Área de Diseño

Como el edificio Publishing tiene dos niveles de riesgo se debe insertar diferente información para subsuelos (riesgo ordinario) y para los pisos superiores de oficinas y terraza (riesgo ligero).

Información del Área de Diseño para Riesgo Ordinario (Ver Figura 5.5)

Tipo de Sistema: Sistema de Agua

Ubicación: Edificio Publishing

Método de Cálculo: Hazen - Williams

Clasificación de la Ocupación: Riesgo Ordinario

Densidad del Área de Diseño: 0.15 gpm / pies<sup>2</sup>

Flujo Adicional para Mangueras: 200 gpm

<b>Design Area 1</b>	<b>Wet System</b>
<b>Edificio Publishing</b>	
<b>Demand Calculations using Hazen-Williams Method</b>	
<b>Occupancy Classification:</b>	<b>Ordinario 1</b>
<b>Design Area Density:</b>	<b>0.15</b>
<b>Additional Outside Hose:</b>	<b>200</b>

*Figura 5.5. Información del Área de Diseño de los Subsuelos del Edificio Publishing.*

Información del Área de Diseño para Riesgo Ligero (Ver Figura 5.6)

Tipo de Sistema: Sistema de Agua

Ubicación: Edificio Publishing

Método de Cálculo: Hazen - Williams

Clasificación de la Ocupación: Riesgo Ligero

Densidad del Área de Diseño: 0.10 gpm / pies<sup>2</sup>

Flujo Adicional para Mangueras: 200 gpm

<b>Design Area 1</b>	<b>Wet System</b>
<b>Edificio Publishing</b>	
<b>Demand Calculations using Hazen-Williams Method</b>	
<b>Occupancy Classification:</b>	<b>Ligero</b>
<b>Design Area Density:</b>	<b>0.10</b>
<b>Additional Outside Hose:</b>	<b>200</b>

*Figura 5.6. Información del Área de Diseño de los Pisos Altos del Edificio Publishing.*

### **5.4.3 Perímetro del Área de Diseño**

Esta selección varía para las zonas de cada piso debido a la distribución distinta de los rociadores. Para esto, se debe utilizar el requisito de 1.2 de NFPA para calcular el número de rociadores que debe tener el lado mayor de cada área de diseño de todos los pisos. Los resultados de estos cálculos se pueden ver en la Tabla D5 del Anexo D.

Por ejemplo, en la Figura D3 del Anexo D, en el área ESD, se muestra como el lado mayor del área tiene 5 rociadores según el cálculo de la Tabla D5. El número de rociadores que se escogen son los que entren en el área de diseño aproximada de 1500 pies<sup>2</sup> pero nunca menos de 12, porque es el número de rociadores que obtenemos al dividir 1500 pies<sup>2</sup> por 130 pies<sup>2</sup>, que es el área máxima de cobertura que un rociador debe tener para riesgo ordinario.

Ahora, en el área ESI, de la misma Figura D3, se puede observar como no alcanzan los 4 rociadores calculados para el lado mayor que un ramal debería tener. Se tiene que escoger solo 3 rociadores a lo largo del mismo. Pero, para compensar esto, se escogen los rociadores adyacentes de los ramales inferiores, tal como lo dice la norma NFPA 13.

Existen algunas áreas en las cuales la distribución de rociadores no es uniforme debido a la interferencia que ocasionan las paredes. En estos casos no se puede determinar S, L o la cantidad de rociadores que ocupan el lado mayor del área de diseño de 1500 pies<sup>2</sup>. En la Tabla D5, estos datos de muestra con las siglas NA. Es recomendable que estos rociadores descarguen a una tasa que logre cubrir el área máxima determinada en cada piso al dividir el área de cada habitación por el número de rociadores que la protegen. Deberán tomarse en cuenta todos los rociadores que se encuentren dentro de los 1500 pies<sup>2</sup> del área de diseño de cada piso.

Como se puede ver en el Anexo D, según la Figura D1, se calcula solo un área en el subsuelo 3 porque el tamaño de este sub-piso es bastante reducido y no llega ni siquiera al área mínima de protección de 1500 pies<sup>2</sup> como lo estipula la norma NFPA 13. En el resto de pisos se calculan algunas áreas tal como se muestra a continuación (Ver Figuras de la D2 a la D8 del Anexo D):

4 áreas en el subsuelo 2: ESI, ESD, EII y EID.

4 áreas en el subsuelo 1: ESI, ESD, EII y EID.

3 áreas en la planta baja: ESI, ESD y EID.

3 áreas en los pisos 1, 2 y 3: ESI, ESD y EID.

2 áreas en la terraza: ESI y EID.

#### **5.4.4 Información de Rociadores**

Debe designarse la información adecuada a cada rociador que se encuentre dentro de las diferentes áreas de diseño de cada piso según lo analizado en el Capítulo 4. Todos los rociadores tendrán un valor de K igual a 5.6 y una presión mínima de 7.17 psi. Para los rociadores de los subsuelos la densidad será de 0.15 gpm/pies<sup>2</sup> por ser de riesgo ordinario (grupo 1). Para los rociadores de los pisos altos la densidad será igual a 0.10 gpm/pies<sup>2</sup> por ser de riesgo ligero. El área de protección ( $A_s$ ) varía según la distribución de los rociadores en cada piso y en cada área de diseño. Estos valores se pueden ver en la Tabla D5 del Anexo D. El número de área de diseño pertenece a cada área de diseño designada: ESI, ESD, EII, EID. Los nombres de los rociadores se asignan por medio de una letra y un número (Ejemplo: S2).

#### **5.4.5 Información de Mangueras**

Debe designarse la información adecuada a cada manguera que se encuentre dentro de los diferentes pisos según lo analizado en el Capítulo 4. Según NFPA 14, podrían designarse mangueras Clase I para esta edificación debido a que se encuentra totalmente protegida por rociadores. Estas mangueras serían de 2-1/2 pulg (65 mm) de diámetro y trabajarían con un flujo de 250 gpm a 100 psi. Sin embargo, el requerimiento del Cuerpo de Bomberos del Ecuador es diferente. Ellos exigen que se coloquen mangueras Clase II para todo tipo de edificio. Estas mangueras son de 1-1/2 pulg (38 mm) de diámetro y trabajan con un flujo de 100 gpm a 65 psi. La diferencia de los Sistemas Clase I con los Sistemas Clase II es que para el primero, solamente se instala la válvula angular de 2-1/2 pulg para que los bomberos instalen su manguera ahí. En los Sistemas Clase II, en cambio, debe instalarse una válvula angular de 2-1/2 x 1-1/2 pulg y la manguera con su pitón dentro de un gabinete de incendios.

Entonces, el caudal requerido para cada manguera, que se coloca dentro de un gabinete con su respectiva válvula angular, es de 100 gpm y deberá tener una presión de descarga de 65 psi. El número de área de diseño pertenece a cada piso protegido por una manguera y los nombres de cada punto de cálculo que identifica a cada válvula angular, deberá nombrarse

con las letras "SP" (Stand Pipe) seguido de un número que identifique el piso (Ejemplo: SP1).

#### 5.4.6 Información del Suministro de Agua

En el diseño actual, la información de suministro de agua municipal es ficticia ya que el agua se tomará de una cisterna. Se simula que se tiene una presión estática de 85 psi (0 gpm) y una presión residual de 55 psi a 1200 gpm. El programa necesita esta información para poder tomar ciertos puntos como referencia para realizar el cálculo hidráulico. Los puntos de la curva de la bomba de agua son reales y se insertan después de calcular la demanda del sistema (Ver Figura 5.7).



Source Information			
Date of Flow Test / Info : MM/DD/YYYY			
Location of flow test data :			
Edificio Publishing			
Source of flow test data :			
Cuarto de Bombas			
Source Data Points		Pump Data Points	
Pressure	Flow	Pressure	Flow
85.00	10.00	120.00	0.00
55.00	1200.00	119.00	100.00
		118.00	200.00
		116.00	300.00
		114.00	400.00
		110.00	500.00
		102.00	600.00
		91.00	700.00
		85.00	750.00
		77.00	800.00
		60.00	900.00
		37.00	1000.00
		12.00	1100.00

*Figura 5.7. Información del Suministro de Agua para el Edificio Publishing.*

## 5.5 Análisis de Resultados

Una vez que se ha insertado toda la información anterior correctamente, el programa SprinkCAD calculará la demanda del sistema automáticamente mediante el método de Hazen – Williams.

Los resultados del cálculo hidráulico automático de todas las áreas de cada piso pueden verse en las Tablas D6 y D7 del Anexo D. A partir de estos resultados se escogieron las zonas remotas con mayor demanda hidráulica como se puede ver en la Tabla 5.1.

<b>Edificio Publishing</b>				
<b>Resumen de Resultados de Demanda Hidráulica</b>				
	<b>Área Protegida</b>	<b>Rociadores Calculados</b>	<b>Demanda de Agua</b>	<b>Presión Requerida</b>
	ft <sup>2</sup>	U	Gpm	Psi
<b>Subsuelo 3</b>	737,73	7	343,90	30,60
<b>Subsuelo 2</b>	1.599,53	12	494,00	44,00
<b>Subsuelo 1 (a)</b>	1.514,07	12	462,40	43,10
<b>Subsuelo 1 (b)</b>	1.533,43	14	480,80	40,90
<b>Planta Baja (a)</b>	1.526,77	15	449,20	34,90
<b>Planta Baja (b)</b>	1.513,61	13	426,80	37,30
<b>Primer Piso (a)</b>	1.517,48	15	478,20	43,20
<b>Primer Piso (b)</b>	1.537,47	18	504,80	43,00
<b>Segundo Piso (a)</b>	1.517,48	15	478,20	47,50
<b>Segundo Piso (b)</b>	1.537,47	18	503,10	47,00
<b>Tercer Piso</b>	1.537,47	18	504,80	52,80
<b>Terraza</b>	1.552,76	13	482,80	71,30

**Tabla 5.1. Resumen de Resultados de los Cálculos Hidráulicos del Edificio Publishing.**

Según la Tabla 4.1, la demanda más alta de flujo de rociadores se da en las zonas EID de los pisos 1 y 3 con 504.80 gpm (1910.67 l/min), que incluye los 200 gpm (757 l/min) para los 2 gabinetes más lejanos del tercer piso y la terraza. Ahora, la demanda más alta de presión para rociadores se da en la cúpula de la terraza a 71.3 psi (4.91 bar) y la presión necesaria para alimentar los 2 gabinetes es de 99.2 psi (6.83 bar). Entonces, necesitamos una bomba que genere un mínimo de 504.80 gpm (1910.67) a 99.2 psi (6.83 bar). Esto se refiere al caudal de rociadores y gabinetes, y a la presión más alta de los dos que corresponde a la de los gabinetes. Es recomendable agregar un factor de seguridad del 5 al

10 por ciento al valor total de la presión porque generalmente se dan cambios en la instalación por interferencias que pueden producir pérdidas mayores en el sistema.

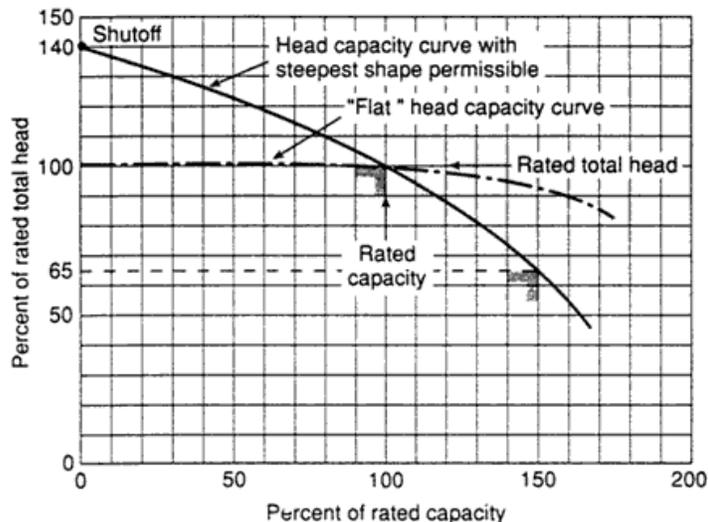
## 5.6 Selección de la Bomba

Ahora, se podría seleccionar la siguiente bomba normalizada, después de 500 gpm, según la Tabla 5.8.2 de NFPA 20, que corresponde a 750 gpm (2839 L/min), con una presión asegurada de 105 psi, pero no se estaría aprovechando la curva de la bomba, la cual puede ayudar a bajar costos significativamente.

A continuación se muestra el proceso correcto para seleccionar la bomba de agua más conveniente para protección contra incendios.

### 5.6.1 Dimensionamiento de la Bomba de Incendios [3, 8]

Según la norma NFPA 20, una bomba debe proporcionar un mínimo del 150 % de la capacidad nominal de flujo a un mínimo del 65% de la presión nominal total. La presión de cierre no deberá exceder el 140% de la presión nominal de cualquier bomba. Esto se ilustra en la figura que se muestra a continuación.



*Figura A.6.2 de NFPA 20. Curva Característica de la Bomba.*

Al seleccionar la bomba, es importante utilizar la curva para elegir la mejor opción. Los flujos disponibles para bombas de incendios varían desde 25 a 5000 gpm (1.58 a 315.4 L/s) y las presiones van desde 40 a 395 psi (2.76 a 27.15 bar). Las bombas listadas pueden tener diferentes curvas con varias formas. La presión de cierre tiene un rango del 101% al 140% de la presión nominal. A 150% de la capacidad nominal, la presión puede variar desde 65% a un máximo de un punto debajo de la presión nominal.

Es necesario trabajar con la curva perteneciente a la bomba seleccionada que proporciona el fabricante. A pesar de que la norma NFPA 20 permite que la presión de cierre sea de 140 % de la presión nominal, muy pocas bombas exceden el 120 %.

Se debe recordar que la demanda del sistema se representa por un punto compuesto por el caudal (eje x) y la presión (eje y). El suministro de agua municipal generalmente es representada por dos puntos (una línea) que se toman a partir de dos hidrantes que se colocan generalmente antes y después del edificio que se intenta proteger, tal como se muestra en la Figura 5.8. El hidrante de medición es en donde se toman los puntos para el suministro. El primer punto (presión estática) es la presión que se mide con un manómetro en la tapa del hidrante de medición cuando no fluye agua en el hidrante de flujo (caudal en el eje  $x = 0$ ). El segundo punto (presión residual) es la presión restante que se mide en el hidrante de medición cuando fluye agua a través del hidrante de flujo. Para medir el caudal en el hidrante de flujo se utiliza un dispositivo Pitot, el cual mide la presión de la velocidad. Utilizando la fórmula que se muestra en la parte inferior se puede calcular el caudal correspondiente.

$$Q = 29.83cd^2\sqrt{P_p}$$

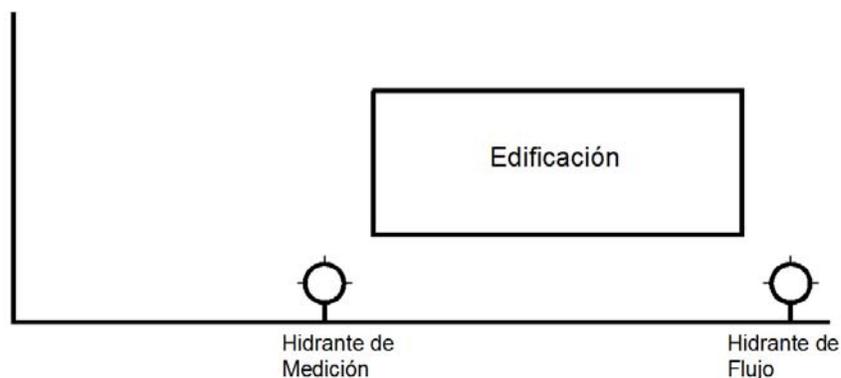
Donde:

Q = Flujo del hidrante en gpm.

c = coeficiente del hidrante (medida de cuán fácil es para el agua salir del hidrante) (0.9, 0.8 o 0.7, según el tipo de hidrante)

d = diámetro interior de la boca del hidrante.

$P_p$  = Presión de velocidad medida por el dispositivo Pitot.



**Figura 5.8. Hidrantes de una Red de Suministro.**

Finalmente, la curva de la bomba tiene múltiples puntos que se generan por medio de pruebas hidráulicas realizadas por cada fabricante. Sin embargo, los puntos más importantes son cuando el caudal es “0” (presión de cierre), cuando se alcanza el caudal nominal a una presión nominal determinada del 100 % y cuando a 150 % del caudal nominal se permite una presión mínima del 65 % de la presión nominal.

Las definiciones gráficas de la demanda, suministro municipal y bomba de incendios pueden verse en la Figura 5.9.

Para explicar mejor el correcto dimensionamiento de la bomba se tomará en cuenta que la presión máxima permitida para el sistema es de 175 psi (12.06 bar). Se van a estudiar dos escenarios típicos: el primero es seleccionar la bomba con el menor caudal posible y el segundo es evitar exceder los 175 psi (12.06 bar) al seleccionar un mayor flujo. En ambos casos se tomará en cuenta una presión de cierre del 120 % y en 150% del flujo nominal, un 65% de la presión nominal.

Escenario 1.

El objetivo es utilizar el mínimo flujo nominal para una bomba estándar y mantener la presión de cierre bajo 175 psi (12.06 bar). Esto se logra utilizando la sección de sobrecarga de la curva. Supóngase que se tiene una demanda de 1100 gpm (69.3 L/s) a 85 psi (5.86

bar). El suministro de agua es de 70 psi (4.82 bar) de presión estática y de 34 psi (2.34 bar) a 1100 gpm (69.3 L/s). El procedimiento es el siguiente:

1. Se divide el flujo requerido por 1.5.  $1100/1.5 = 733.33$  gpm (46.2 L/s). La siguiente bomba estándar es de 750 gpm (47.25 L/s) según NFPA 20.
2. La presión que la bomba debe proveer para 1100 gpm es:  $85 - 34 = 51$  psi (3.51 bar).
3. El porcentaje de sobre flujo es:  $1100/750 = 1.47$  (147 %).
4. De la Figura A.6.2 de NFPA 20, 147% de sobre flujo produce 67 % (0.67) de la presión nominal.
5. La presión nominal es:  $51/0.67 = 76.2$  psi (5.25 bar). La capacidad mínima de la bomba debe ser de 750 gpm (47.25 L/s) a 77 psi (5.3 bar).
6. La presión de cierre será:  $(77 \times 1.2) + 70 = 162.4$  psi (11.19 bar) < 175 psi.

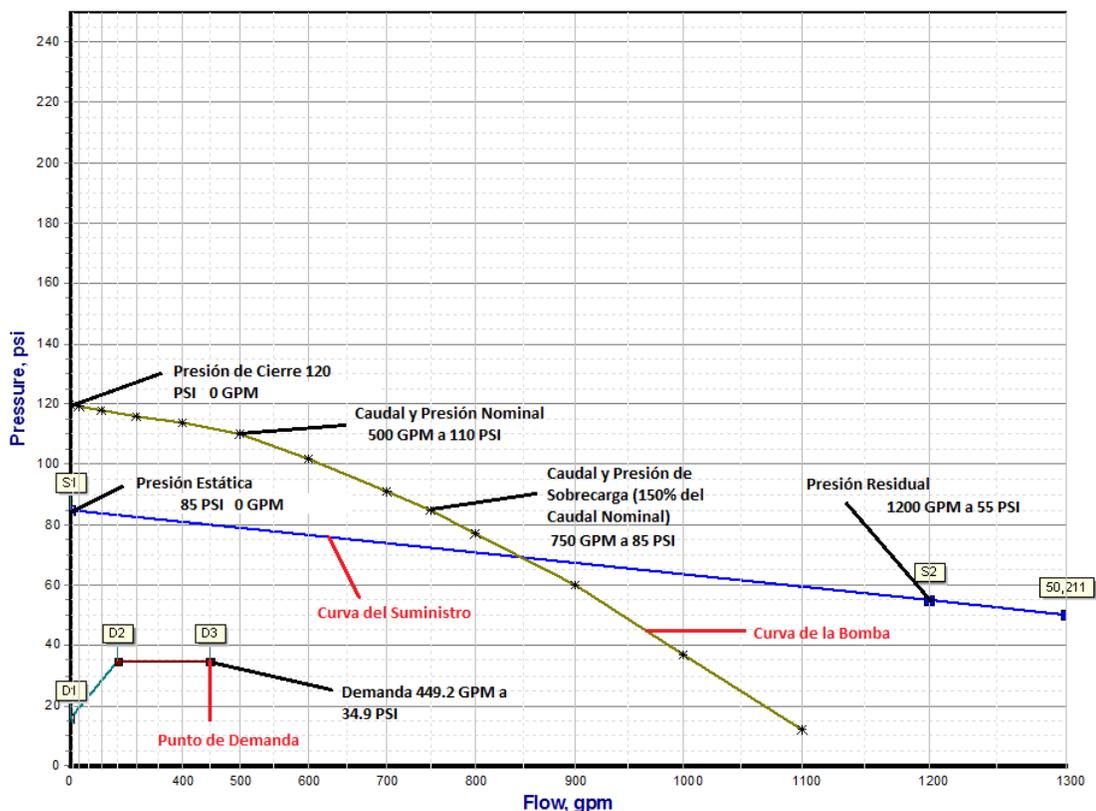
#### Escenario 2.

A veces, en edificios muy altos, no se pueden evitar presiones mayores a 175 psi necesitando así el uso de válvulas reguladoras de presión. Para sistemas con grandes demandas, las presiones excesivas se pueden evitar aprovechando el lado de la curva que se encuentra bajo el flujo nominal. Esto se logra seleccionando una capacidad nominal mayor que el de la demanda.

Supóngase que se tiene el mismo suministro de agua con 70 psi (4.82 bar) de presión estática y 34 psi (2.34 bar) a 1100 gpm (69.3 L/s), presión residual. La demanda será de 1100 gpm (69.3 L/s) a 125 psi (8.61 bar). Entonces:

1. La siguiente bomba estándar es de 1250 gpm (78.75 L/s).
2. La presión que la bomba debe proveer a 1100 gpm es:  $125 - 34 = 91$  psi (6.27 bar).
3. El porcentaje de flujo es:  $1100/1250 = 0.88$  (88%).
4. De la Figura A.6.2 de NFPA 20, 88% de flujo produce 107% (1.07) de la presión nominal.
5. La mínima presión nominal es:  $91/1.07 = 85.05$  psi. La capacidad mínima de la bomba debe ser de 1250 gpm (78.75 L/s) a 86 psi (5.93 bar).
6. La presión de cierre será:  $(86 \times 1.2) + 70 = 173.2$  psi (11.93 bar) < 175 psi.

Como se ha podido analizar, la mejor selección de la bomba se hace cuando se saca el mejor provecho de la curva característica. Con esto se logra bajar costos, se eliminan dispositivos mecánicos complejos y su mantenimiento respectivo. También, se aumenta la seguridad evitando presiones excesivas.



**Figura 5.9. Información Gráfica de la Demanda, Suministro y Bomba de Incendios.**

Para seleccionar la bomba del Edificio Publishing, se va a analizar cuatro capacidades funcionales y seleccionar así la más adecuada en cuanto a costos. Según el rango de bombas permisibles que se muestran en la Tabla 5.8.2 de NFPA 20, se tienen equipos de 300, 400, 450, 500 y 750 gpm que se podrán tomar en cuenta según el requerimiento para el diseño que se está realizando. No se puede escoger la bomba de 300 gpm porque su capacidad nominal máxima del 150% es de 450 gpm y no alcanza a satisfacer la demanda hidráulica del sistema de 504.80 gpm. También se va a eliminar la opción de utilizar bombas mayores a 750 gpm porque simplemente no es necesario según la demanda calculada.

**Bomba de 400 GPM**

Demanda: 504.80 gpm de capacidad a 105 psi de presión asegurada por un 5%.

El porcentaje de sobrecarga de flujo es:  $504.8/400 = 1.26$  (126%)

De la Figura A.6.2 de NFPA 20 ubicada en el Anexo B, 126% de la capacidad nominal produce 84% de la presión nominal.

La presión nominal será:  $105/0.84 = 125$  psi.

Entonces la bomba seleccionada deberá ser de 400 gpm a 125 psi.

Presión de cierre teórica:  $125*1.4 = 175$  psi

Presión de cierre práctica:  $125*1.2 = 150$  psi

Las presiones de cierre no sobrepasan la presión de trabajo máxima de 175 psi que permite la norma NFPA 13.

**Bomba de 450 GPM**

Demanda: 504.80 gpm de capacidad a 105 psi de presión asegurada por un 5%.

El porcentaje de sobrecarga de flujo es:  $504.8/450 = 1.12$  (112%)

De la Figura A.6.2 de NFPA 20 ubicada en el Anexo B, 112% de la capacidad nominal produce 92% de la presión nominal.

La presión nominal será:  $105/0.92 = 114.13$  psi.

Entonces la bomba seleccionada deberá ser de 450 gpm a 115 psi.

Presión de cierre teórica:  $115*1.4 = 161$  psi

Presión de cierre práctica:  $115*1.2 = 138$  psi

Las presiones de cierre no sobrepasan la presión de trabajo máxima de 175 psi que permite la norma NFPA 13.

**Bomba de 500 GPM**

Demanda: 504.80 gpm de capacidad a 105 psi de presión asegurada por un 5%.

El porcentaje de sobrecarga de flujo es:  $504.8/500 = 1.01$  (101%)

De la Figura A.6.2 de NFPA 20 ubicada en el Anexo B, 101% de la capacidad nominal produce 98% de la presión nominal.

La presión nominal será:  $105/0.98 = 107.14$  psi.

Entonces la bomba seleccionada deberá ser de 500 gpm a 110 psi.

Presión de cierre teórica:  $110*1.4 = 154$  psi

Presión de cierre práctica:  $110 * 1.2 = 132$  psi

Las presiones de cierre no sobrepasan la presión de trabajo máxima de 175 psi que permite la norma NFPA 13.

### **Bomba de 750 GPM**

Demanda: 504.80 gpm de capacidad a 105 psi de presión asegurada por un 5%.

El porcentaje de sobrecarga de flujo es:  $504.8/750 = 0.67$  (67%)

De la Figura A.6.2 de NFPA 20 ubicada en el Anexo B, 67% de la capacidad nominal produce 116% de la presión nominal.

La presión nominal será:  $105/1.16 = 90.5$  psi.

Entonces la bomba seleccionada deberá ser de 750 gpm a 95 psi.

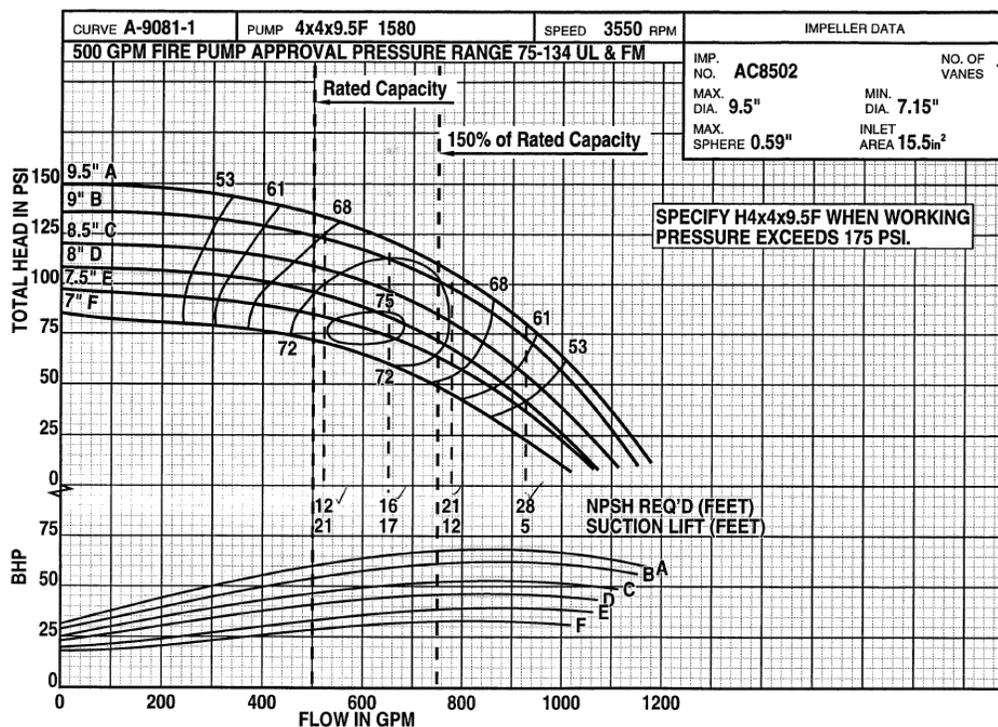
Presión de cierre teórica:  $95 * 1.4 = 133$  psi

Presión de cierre práctica:  $95 * 1.2 = 114$  psi

Las presiones de cierre no sobrepasan la presión de trabajo máxima de 175 psi que permite la norma NFPA 13.

Las cuatro bombas seleccionadas son completamente funcionales. Ahora solo queda escoger la más económica para proceder a analizar la curva que la define.

Como se muestra en la Tabla D8 del Anexo D, la bomba más conveniente en cuanto a precio es una lineal (In line) de 500 gpm, 110 psi, con un motor de 50 hp que trabaja a una velocidad de 3550 rpm. La curva característica de esta bomba muestra una presión de cierre de 120 psi que representa 109% de la capacidad nominal. La presión a 150% de la capacidad nominal es de 85 psi lo que representa el 77% de la presión nominal. Esto quiere decir que la curva es muy inferior al límite de la curva de capacidad de carga con la mayor pendiente permisible, siendo la selección completamente satisfactoria. En la Figura 5.10, la curva de la bomba seleccionada es la que se marca como 8.5'' C.



*Figura 5.10. Curva A-9081-1 MOD 4x4x9.5 F. Propiedad de AC Pump ITT.*

La fábrica de la bomba puede ensamblar el equipo con sus tableros de control, bomba jockey y válvulas como un paquete completo de venta. Esto es beneficioso cuando se tienen proyectos de gran magnitud que pueden proporcionar un espacio exclusivo para la bomba de incendios y todos sus aditamentos. En el presente caso, se recomendará instalar todos los componentes de manera independiente.

Finalmente, se procede a generar la lista de materiales y equipos con sus respectivas especificaciones para poder cotizar al cliente la instalación del sistema. Toda esta información se encuentra detallada en las Tablas D9 a D15 del Anexo D.

Con esto se finaliza el proceso de diseño, y es ahora trabajo del contratista instalador el utilizar todas las herramientas, fundamentos teóricos y normativas para realizar un trabajo correcto y asegurar el funcionamiento adecuado del sistema de agua para protección contra incendios del Edificio Publishing.

## Conclusiones y Recomendaciones

Los sistemas de agua solo pueden combatir incendios de Clase A y son aplicados en las zonas donde las edificaciones poseen combustibles sólidos regulares no explosivos (papel, cartón, tela, madera, etc.). Este tipo de materiales son los que contiene la mayor parte del Edificio Publishing, en donde se instalará un sistema de rociadores y mangueras de agua. La cámara de transformadores y los cuartos de racks del edificio pueden generar incendios de Clase C y deberán protegerse con un sistema de agentes limpios para evitar la conductividad eléctrica del agua y así proteger los equipos electrónicos que se encuentren en estas áreas.

La norma NFPA americana contiene las pautas más populares y completas que se utilizan para realizar el diseño y la instalación de sistemas para protección contra incendios. Se realiza a base a consensos y congresos técnicos, experimentación y pruebas de supresión reales y por un análisis detallado de incendios alrededor de todo el mundo. Esta norma contiene los parámetros necesarios para instalar todo tipo de sistema de protección contra incendios. Sin embargo, en este texto, solo se han utilizado las normas aplicables para sistemas de agua referentes a rociadores, mangueras y bombas estacionarias (NFPA 13, NFPA 14 y NFPA 20).

Es importante diferenciar el tipo de riesgo al cual pertenece la edificación en la cual se quiere implantar un sistema de rociadores, ya que esto determina las restricciones para distribuir correctamente los elementos del sistema en cada área cerrada. Además, el tipo de riesgo determina los parámetros de densidad y área que se aplican para realizar los cálculos hidráulicos, cuyos resultados definen las características del suministro de agua hacia el sistema.

Aunque la norma NFPA determina que las pérdidas de presión por fricción del sistema deben calcularse por medio de la ecuación de Hazen - Williams, se la ha comparado con la ecuación de Darcy - Weisbach, la cual es una fórmula más moderna que toma en cuenta características adicionales del fluido como el número de Reynolds, la viscosidad y la rugosidad relativa. El porcentaje de diferencia de los resultados de ambas ecuaciones, tanto para el cálculo de un punto de descarga de manguera como para múltiples puntos de

descarga de rociadores, es de menos del 1.5%, lo cual asegura el uso de la ecuación de Hazen - Williams para determinar las pérdidas del sistema, tal como lo dicta la norma NFPA americana.

A pesar de que NFPA permite el diseño de la red de rociadores para construcciones de riesgo ligero y ordinario, por medio de tablas que determinan los diámetros de tubería y los valores de caudal y presión mínimos requeridos para el suministro de agua, es recomendable realizar todos los diseños con un software profesional para sistemas de protección contra incendios, como SprinkCAD, ya que se verifica con exactitud la demanda hidráulica por medio de cálculos hidráulicos. Tan solo se dibujan líneas y puntos en AutoCAD y el software se encarga de generar un modelo tridimensional automáticamente una vez que se ha insertado la información correcta en cada línea y punto referente a diámetros, materiales, alturas, quiebres, subientes, bajantes y reducciones. Con esta herramienta se pueden realizar estudios y cotizaciones de instalación en tiempos muy eficientes en el ámbito profesional.

Se recomienda también, como buena práctica en la ingeniería de protección contra incendios, utilizar equipos y accesorios listados para este servicio en específico, que sean aprobados por UL (Underwriters Laboratories) y/o FM (Factory Mutual). De esta manera, el sistema quedará garantizado para prestar el mejor servicio posible.

Según el Código de Bomberos del Ecuador, la instalación de rociadores debe hacerse solamente en los subsuelos de los edificios. Según la norma NFPA esta es una práctica incorrecta porque deben instalarse rociadores en todas las áreas excepto en aquellas donde secciones específicas de la norma permitan su omisión.

Con la ayuda del presente texto, el lector podrá realizar el diseño de la red de rociadores y mangueras de agua de cualquier edificación con niveles de riesgo ligero u ordinario tal como lo determina la norma NFPA. De esta manera se diseñará un sistema que brinde el mínimo nivel de protección necesario para combatir un conato de incendio.

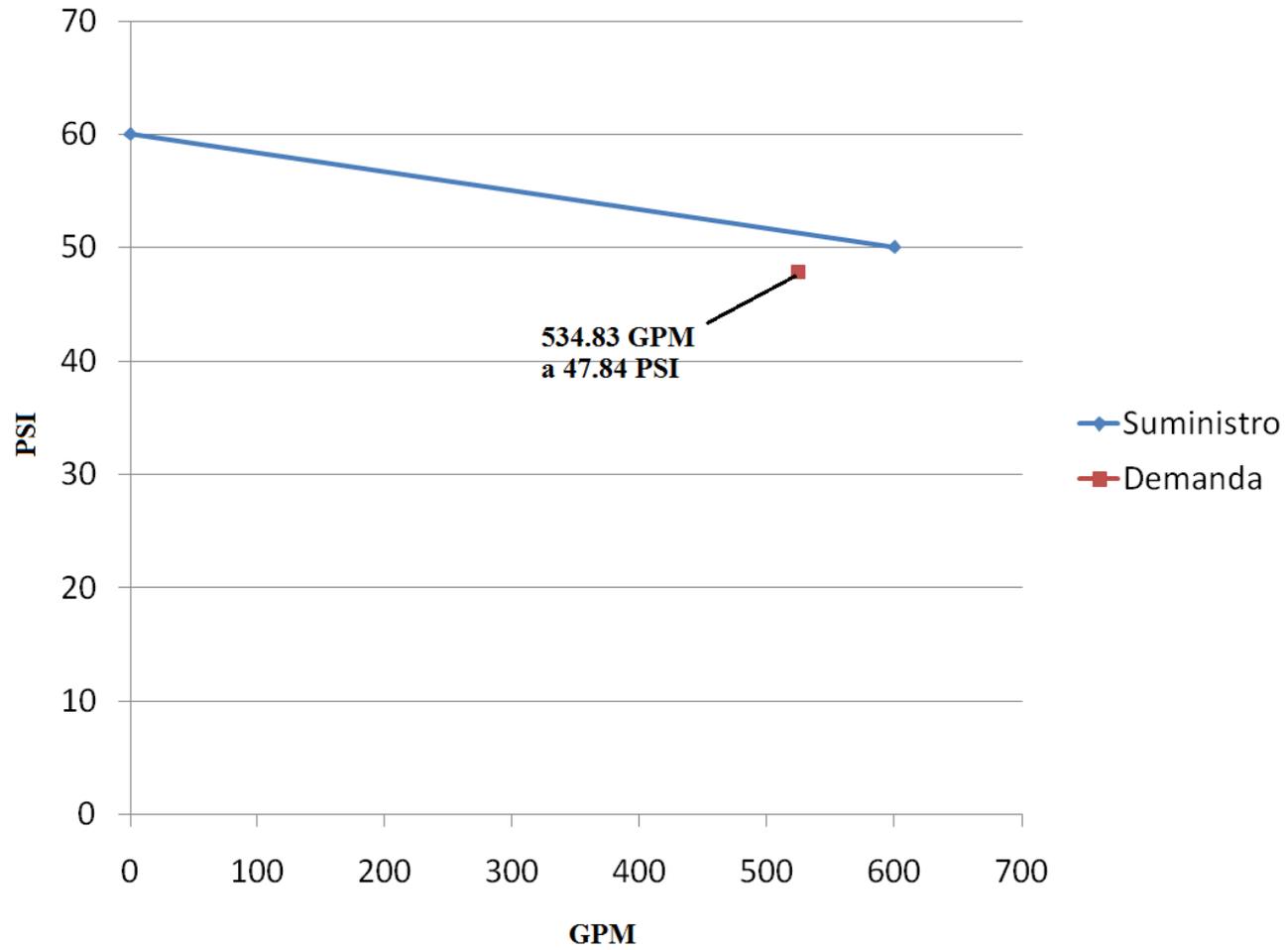
## Bibliografía

1. Bromann, M. (2001). *The Design and Layout of Fire Protection Systems*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
2. Company Armstrong. (2005). *Armstrong*. Retrieved Mayo 12, 2011, from [www.armstrongpumps.com](http://www.armstrongpumps.com)
3. Corporación ITT. (2011). *ITT A-C Pump*. Retrieved 2011, from <http://www.acpump.com>
4. Corporación Metron. (2009). *Metron*. Retrieved 2011, from <http://www.metroninc.com>
5. Corporación NIBCO. (2011). *Nibco*. Retrieved 2011, from <http://www.nibco.com>
6. Corporación Tyco. (2008). *About Us: SprinkCAD*. Retrieved 02 18, 2012, from SprinkCAD: <http://www.sprinkcad.com>
7. Corporación Tyco. (2011). *Tyco Fire Suppression and Building Products*. Recuperado el 2011, de <http://www.tyco-fire.com>
8. Fleming, R., & Isman, K. (2010). *Layout, Detail and Calculation of Fire Sprinkler Systems*. Patterson: NFSA, Kenneth Isman. .
9. FM Global Company. (2012). *FM Approvals*. Retrieved 04 25, 2012, from FM Global : <http://www.fmglobal.com>
10. Giles, R. V. (1969). *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*. Colombia: McGraw Hill.
11. Jensen, J., & Moore, F. (2007). *Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios. NFPA 20*.
12. Lindeburg, M. R. (2006). *Mechanical Engineering Reference Manual*. Belmont, CA: Professional Publications, Inc.
13. NFPA Organization. (2010). *About NFPA*. Recuperado el 15 de Marzo de 2012, de NFPA National Fire Protection Association: <http://www.nfpa.org>
14. O'Neill, J., & Christian, D. (2007). *Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores. NFPA 13*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. .
15. Pilette, M., & Brown, T. (2007). *Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras. NFPA 14*. Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección contra Incendios.

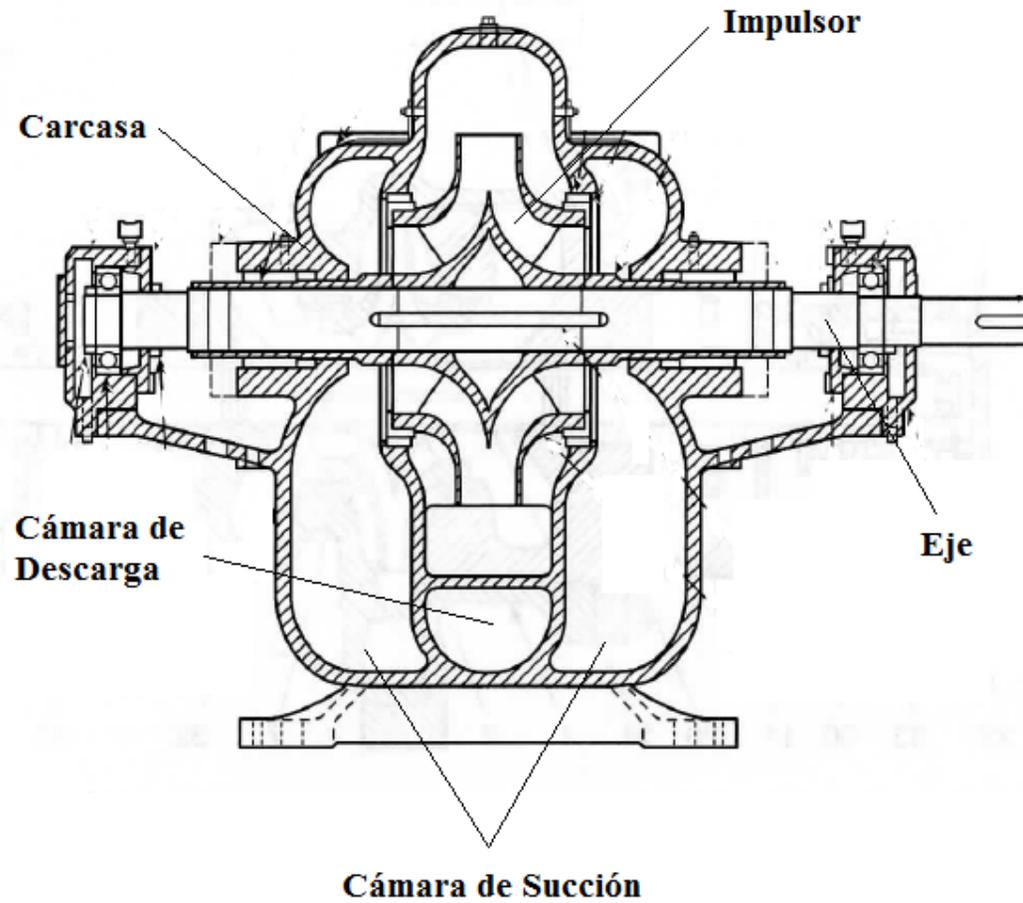
16. Underwriters Laboratories Inc. (2012). *About UL*. Recuperado el 28 de 03 de 2012, de UL: <http://www.ul.com>

17. White, F. M. (2008). *Fluid Mechanics*. New York: McGraw Hill.

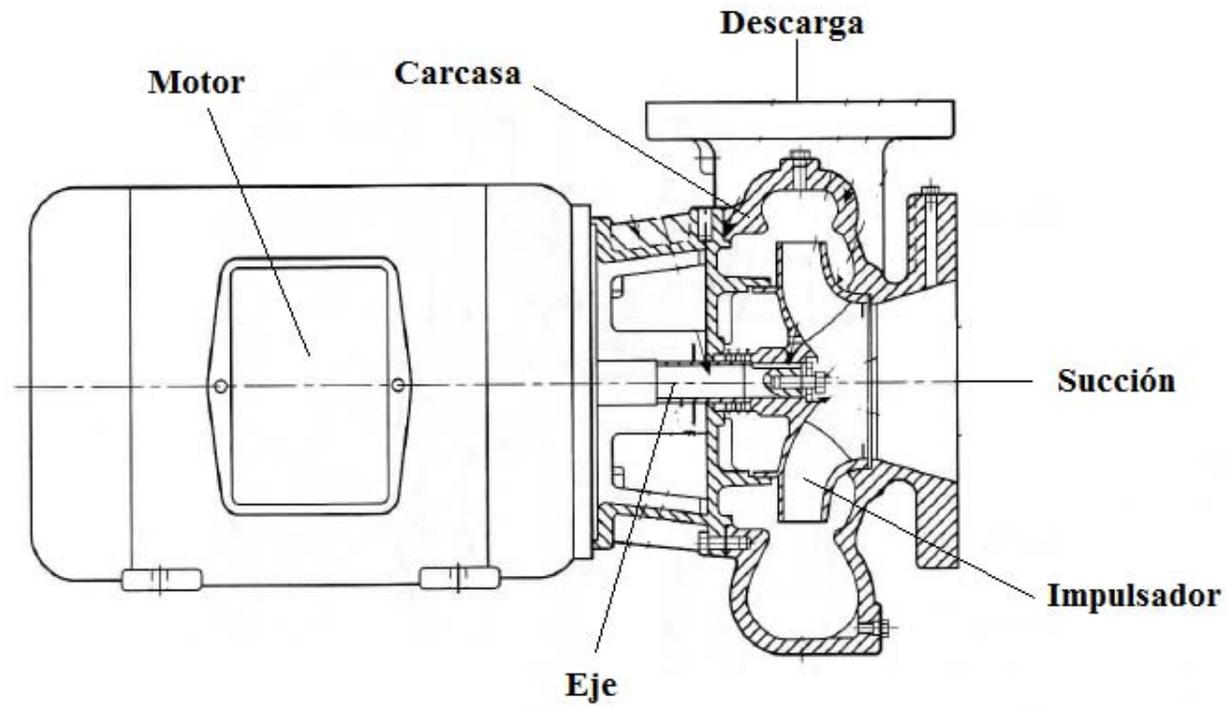
# ANEXO A



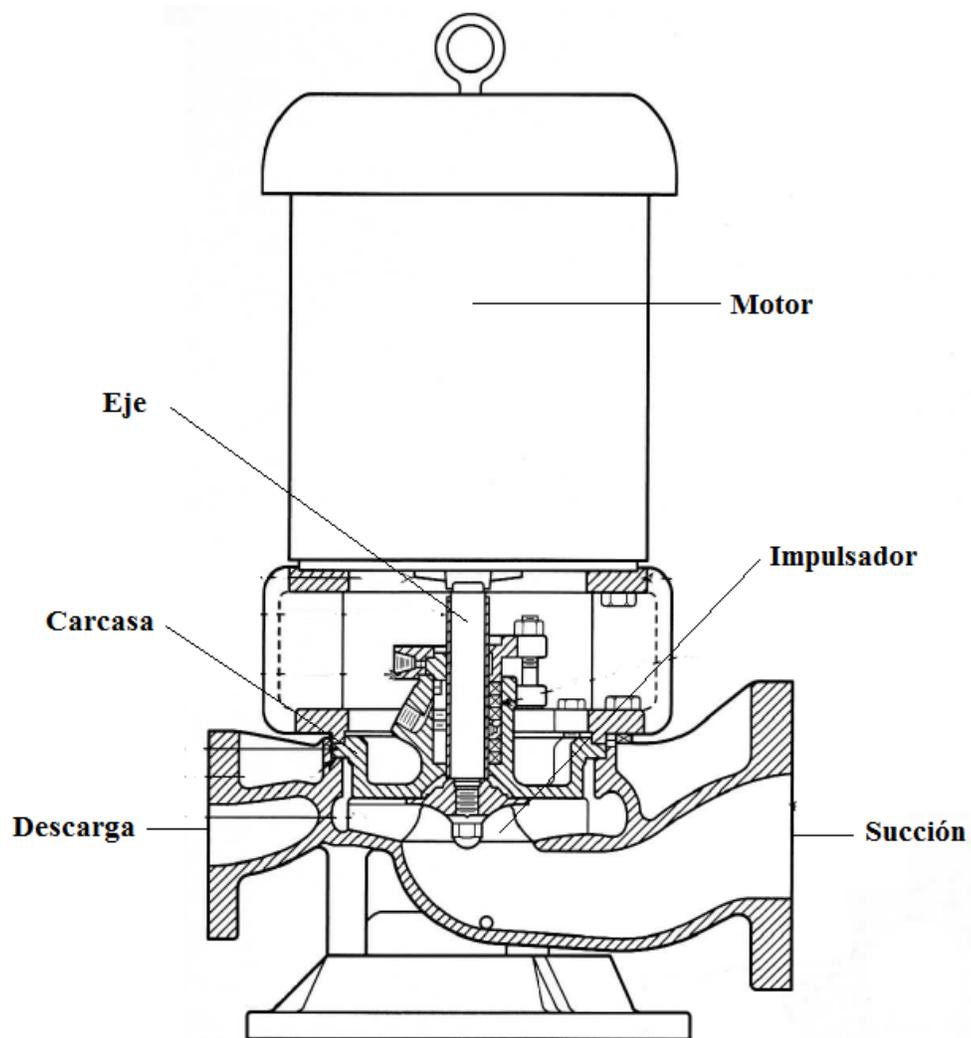
**Figura A1. Curva de Suministro y Punto de Demanda de la Fábrica de Vidrio.**



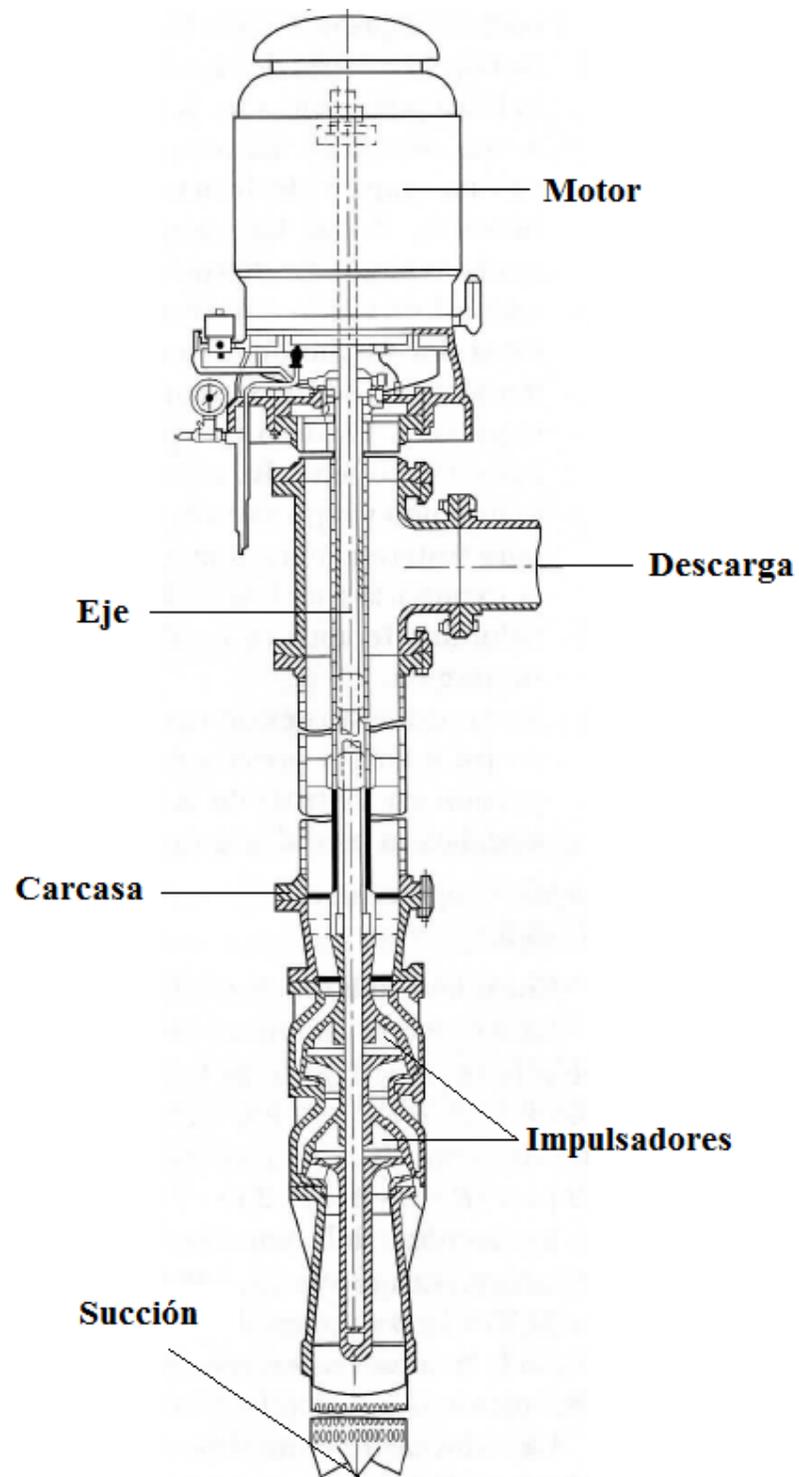
**Figura A2. Bomba de Carcasa Partida (Split Case)/ Vista Explicativa.**



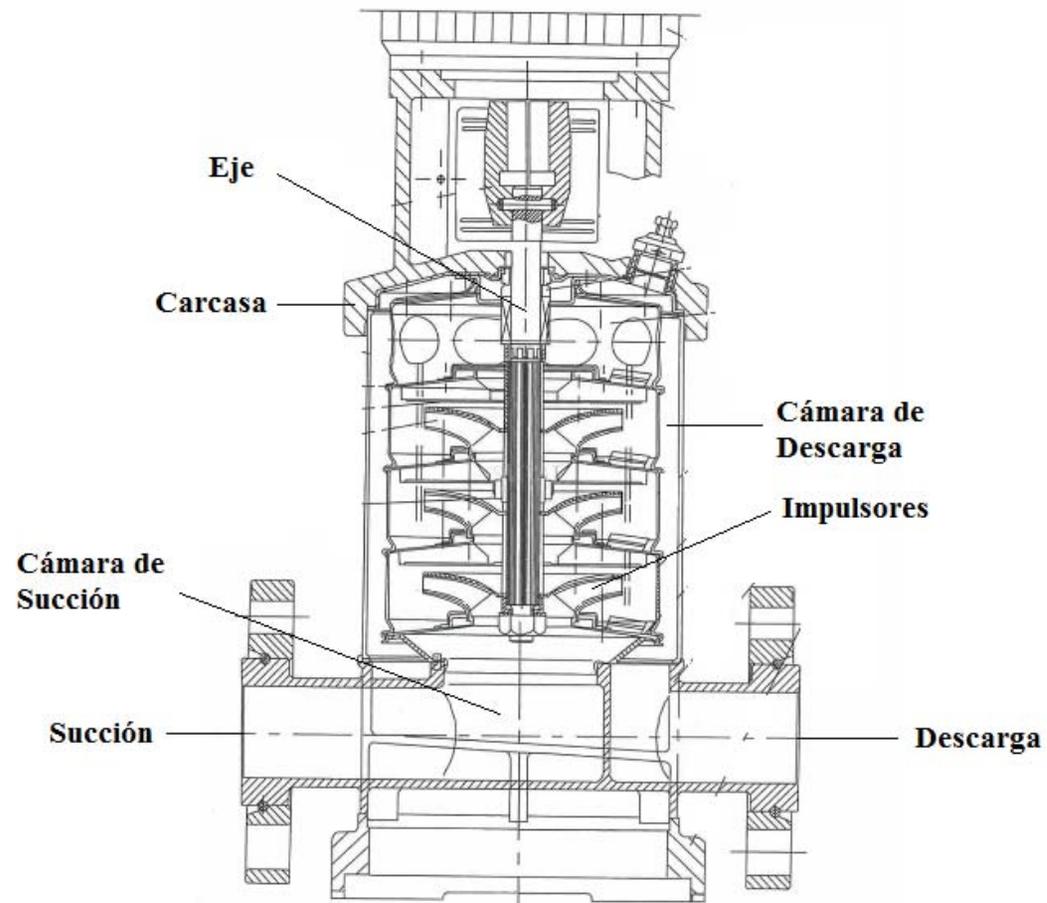
**Figura A3. Bomba de Succión Terminal (End Suction)/ Vista Explicativa.**



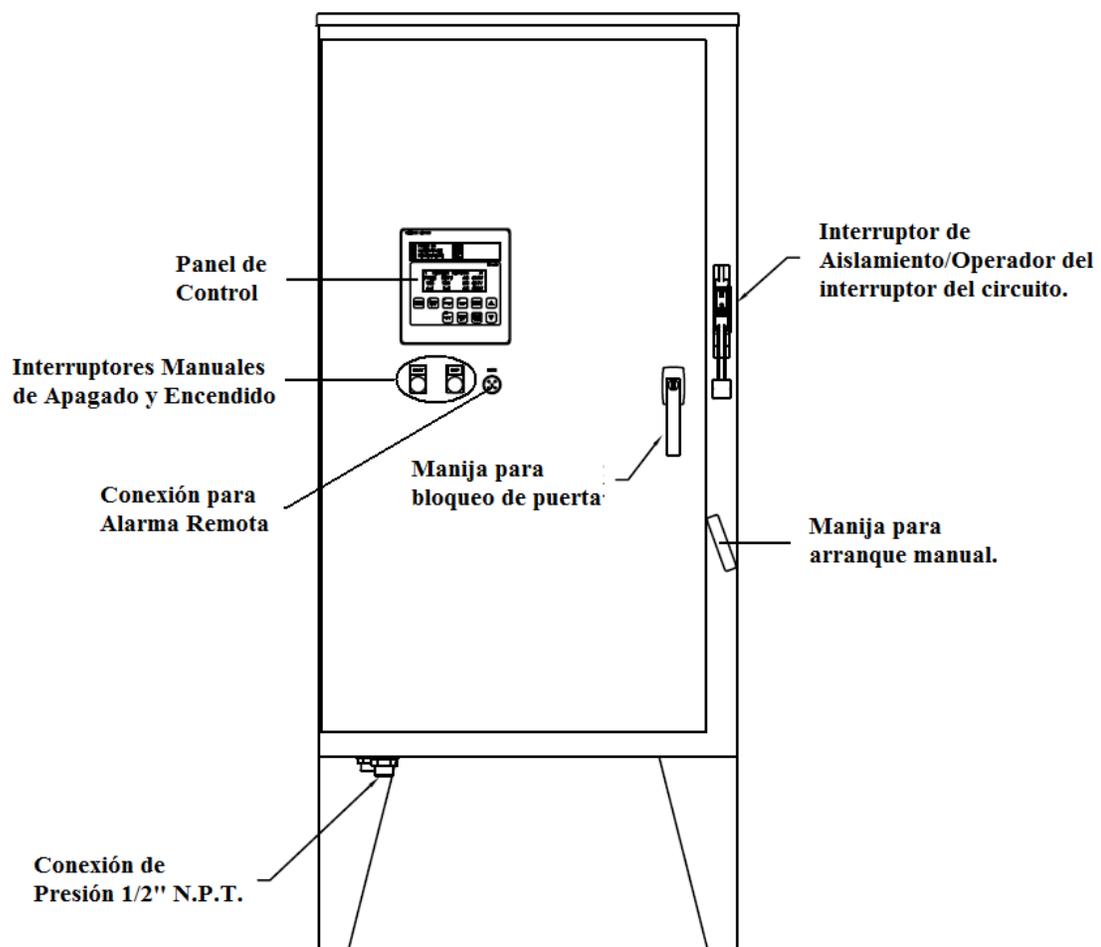
**Figura A4. Bomba Lineal (Vertical In Line)/ Vista Explicativa.**



**Figura A5. Bomba Vertical de Turbina/ Vista Explicativa.**



**Figura A6. Bomba Jockey Multi-Etapas/ Vista Explicativa.**



**Figura A7. Vista Exterior del Tablero de Control de la Bomba Principal de Incendios.**

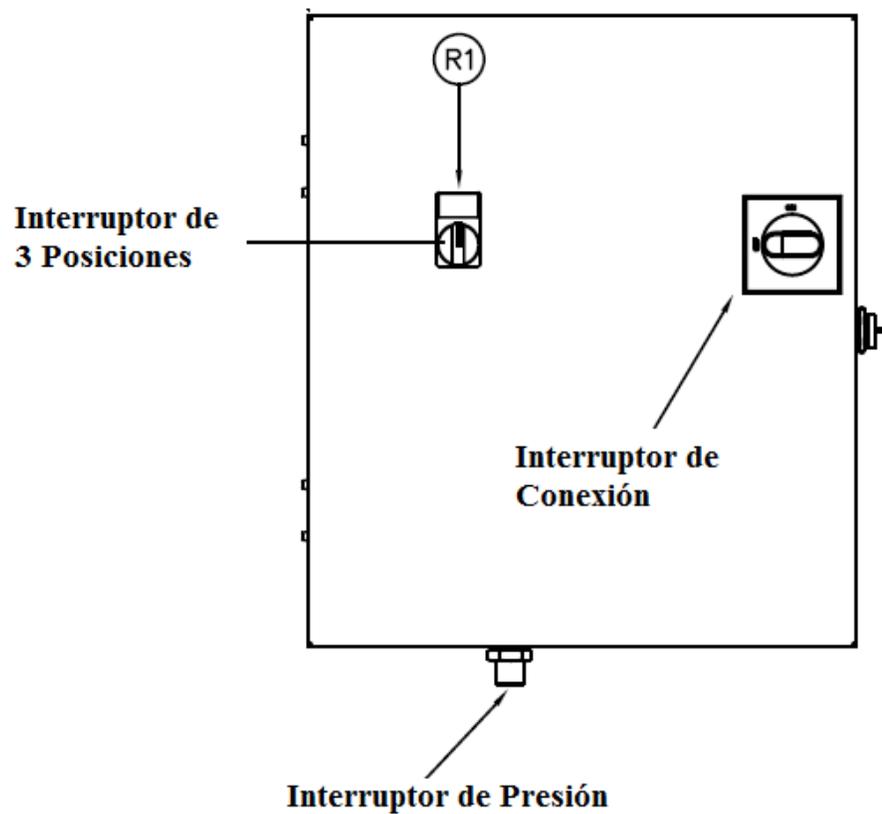


Figura A8. Vista Exterior del Tablero de Control de la Bomba Jockey.

Boquilla	Flujo en GPM	Tamaño de Tubería	Accesorios	Distancia equivalente de tubería	Pérdida por fricción PSI/FT	Presión Requerida (PSI)	Punto Hidráulico Referencial	Elevación	Notas
C-1	19.05	1 1/4	TEE	LONG. 4,5		PT. 11,57			C=120
				ACC. 6,0	0.0313	PH	C - 1		K=5.6
				TOT. 10,5		PE. 0,33			127 S.F.
				LONG.		PT. 11.90			0,15 GPM/SF
				ACC.		PH			SCH 40 PIPE
				TOT.		PE.			
G - 1	19.05	1		LONG. 10,58		PT. 11,57	G - 1		
				ACC.	0.119	PH			
				TOT. 10,58		PE. 1,26			
G - 2	20.05	1		LONG. 10,58		PT. 12.83	G - 2		
	39.1			ACC.	0.45	PH			
				TOT. 10,58		PE. 4,75			
G - 3	23.49	1 1/4		LONG. 10,58		PT.	G - 3		
	62.59			ACC.	0.282	PH			
				TOT. 10,58		PE. 2,98			
G - 4	25.4	1 1/2		LONG. 6,00		PT. 20,57	G - 4		
	87.99		TEE	ACC. 8,00	0.248	PH			
				TOT. 14,00		PE. 3,5			
Balance	27.08	2		LONG. 1,67		PT. 24,07	C - G		Riser
C - G	115.07		TEE	ACC. 10,00	0.121	PH. 0.72		1.67 pies	Nipple
				TOT. 11,67		PE. 1,42			
				LONG. 10,58		PT. 26.21			
				ACC.		PH.			
				TOT. 10,58		PE.			
F - 1	19.05	1		LONG. 10,58		PT. 11,57	F - 1		
				ACC.	0.119	PH			
				TOT. 10,58		PE. 1,26			
F - 2	20.05	1		LONG. 10,58		PT. 12.83	F - 2		
	39.1			ACC.	0.45	PH.			
				TOT. 10,58		PE. 4,76			
		1 1/4		LONG. 10,58		PT. 17.59			
				ACC.	0.1184	PF.			
				TOT. 10,58		PE. 1,25			
		1 1/2		LONG. 6,00		PT. 18.84			
			TEE	ACC. 8,00	0.056	PF.			
				TOT. 14,00		PE. 0,78			
		2		LONG. 1,67		PT. 19.62			
			TEE	ACC. 10,00	0.017	PF. 0.72		1.67 pies	
				TOT. 11,67		PE. 0,20			
				LONG.		PT. 20,54			
				ACC.		PF.			
				TOT.		PE.			

**Tabla A1. Tabla de Resultados del Ejemplo de Cálculo Hidráulico Manual de la Fábrica de Vidrio / Parte 1**

Boquilla	Flujo en GPM	Tamaño de Tubería	Accesorios	Distancia equivalente de tubería	Pérdida por fricción PSI/FT	Presión Requerida (PSI)	Punto Hidráulico Referencial	Elevación	Notas
D - H	115.07	3		LONG. 12,00		PT. 26.21			Cross - Main
				ACC.	0.013	PH	D - H		SCH 10 PIPE
				TOT. 12,00		PE. 0,16			TYP. A C-G
C - H	115.44	3		LONG. 11,00		PT. 26,37			
	230.51			ACC.	0.048	PH	C - G		C - G
				TOT. 11,00		PE. 0,53			
F	44.32	3		LONG. 27.58		PT. 26,9	F		RISER
	274.83		CODO	ACC. 7,00	0.066	PH. 4.76		11 pies	
			TEE	TOT. 23,58		PE. 3.77			
	274.83	3		LONG. 11,00		PT. 35.43	G - 2		
			AMES 5000	ACC.		PH.			HEADER
				TOT.		PE. 8.9			
	274.83	4	CODO	LONG. 1		PT. 44.33			
				ACC. 10	0.0237	PH.			
				TOT. 13		PE. 0.3			
			DI CODO	LONG. 111.5		PT. 44.63			C = 140
						PH. 1.52		3.5 pies	
	274.83			ACC. 18.33	0.013	PE. 1.69			
				TOT. 129.83		PT. 47.84			
	250								Manguera
	524.83								

**Tabla A2. Tabla de Resultados del Ejemplo de Cálculo Hidráulico Manual de la Fábrica de Vidrio / Parte 2**

# ANEXO B

### Tablas y Figuras de la Norma NFPA 13

**Tabla 6.2.3.1 Identificación de las Características de Descarga de los Rociadores**

Factor K nominal [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	Rango de Factor K [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	Rango de Factor K [dm <sup>3</sup> /min/(kPa) <sup>1/2</sup> ]	Porcentaje de Descarga Nominal de K 5,6	Tipo de Rosca
1,4	1,3 - 1,5	1,9 - 2,2	25	1/2 pulg NPT
1,9	1,8 - 2,0	2,6 - 2,9	33,3	1/2 pulg NPT
2,8	2,6 - 2,9	2,8 - 4,2	50	1/2 pulg NPT
4,2	4,0 - 4,4	5,9 - 6,4	75	1/2 pulg NPT
5,6	5,3 - 5,8	7,6 - 8,4	100	1/2 pulg NPT
8	7,4 - 8,2	10,7 - 11,8	140	3/4, 1/2 pulg NPT
11,2	11,0 - 11,5	15,9 - 16,6	200	3/4, 1/2 pulg NPT
14	13,5 - 14,5	19,5 - 20,9	250	3/4 pulg NPT
16,8	16,0 - 17,6	23,1 - 25,4	300	3/4 pulg NPT
19,6	18,6 - 20,6	27,2 - 30,1	350	1 pulg NPT
22,4	21,3 - 23,5	31,1 - 34,3	400	1 pulg NPT
25,2	23,9 - 26,5	34,9 - 38,7	450	1 pulg NPT
28	26,6 - 29,4	38,9 - 43,0	500	1 pulg NPT

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 6.2.5.1 Rangos de Temperatura, Clasificaciones y Códigos de Color**

Temperatura Máxima en el Cielo Raso		Rango de Temperatura		Clasificación de Temperatura	Código de Color	Colores de la Ampolla de Vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135 - 170	57 - 77	Ordinaria	Sin Color o Negro	Naranja o Rojo
150	66	175 - 225	79 - 107	Intermedia	Blanco	Amarillo o Verde
225	107	250 - 300	121 - 149	Alta	Azul	Azul
300	149	325 - 375	163 - 191	Extra Alta	Rojo	Violeta
375	191	400 - 475	204 - 246	Extra Muy Alta	Verde	Negro
475	246	500 - 575	260 - 302	Ultra Alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra Alta	Naranja	Negro

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 6.3.6.1 Materiales y Dimensiones de las Tuberías Especialmente Listadas**

Materiales y Dimensiones	Norma
Especificación para tuberías no metálicas para tubos especiales listados de cloruro de polivinilo clorado (CPVC)	ASTM F 442

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 6.3.1.1 Materiales y Dimensiones de las Tuberías**

<b>Materiales y Dimensiones</b>	<b>Norma</b>
Tuberías Ferrosas (Con y Sin Costura)	
Especificación para tubos de hierro negro y de acero con recubrimiento de zinc en caliente por inmersión (galvanizado), con y sin costura, para uso en protección contra incendios.	ASTM A 795
Especificación para tubos de acero con y sin costura.	ANSI/ASTM A 53
Tubos de acero forjado	ANSI/ASME B 36.10M
Especificación para tubos de acero soldados por resistencia eléctrica.	ASTM A 135
Tubo de Cobre (Trafilado, Sin Costura)	
Especificación para tubos de cobre sin costura.	ASTM B 75
Especificación para tubos de cobre para agua sin costura.	ASTM B 88
Especificación de los requisitos generales para tubos de cobre forjado sin costura y tubos de aleación de cobre.	ASTM B 251
Fundentes para aplicaciones de soldadura de tubos de cobre y aleación de cobre.	ASTM B 813
Metal de relleno para soldadura con latón (Clasificación BCuP-3 o BCuP-4)	AWS A 5.8
Metal para soldar, Sección 1: Aleaciones para soldar que contienen menos que 0.2% de plomo y que tienen temperaturas de sólido mayores que 400 °F.	ASTM B 32
Materiales de aleación	ASTM B 446

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 6.4.1 Materiales y Dimensiones de los Accesorios**

<b>Materiales y Dimensiones</b>	<b>Norma</b>
<b>Hierro Colado</b>	
Accesorios roscados de hierro colado, Clases 125 y 250	ASME B 16.4
Bridas para tubería y accesorios bridados de hierro colado	ASME B16.1
<b>Hierro Dúctil</b>	
Accesorios roscados de hierro dúctil , Clases 150 y 300	ASME B16.3
<b>Acero</b>	
Accesorios de acero forjado soldados a tope en fábrica	ASME B16.9
Extremos para tubería, válvulas, bridas y accesorios, soldados a tope.	ASME B16.25
Especificación para accesorios de tubería, de acero al carbono forjado y acero de aleación, para temperaturas moderadas y elevadas.	ASTM A 234
Bridas para tubos y accesorios bridados, de	ASME B16.5
Accesorios de acero forjado, con boquilla para soldar y roscados	ASME B16.11
<b>Cobre</b>	
Accesorios para presión, de cobre forjado y aleación de cobre, para soldadura con estaño.	ASME B16.22
Accesorios para presión, de cobre fundido aleado, para soldadura con estaño.	ASME B16.18

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 6.4.3 Materiales y Dimensiones de los Accesorios Especialmente Listados**

<b>Materiales y Dimensiones</b>	<b>Norma</b>
Especificación para los accesorios roscados cédula 80 de cloruro de polivinilo clorado (CPVC)	ASTM F 437
Especificación para los accesorios tipo enchufe cédula 40 de CPVC	ASTM F 438
Especificación para los accesorios tipo enchufe cédula 80 de CPVC	ASTM F 439

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 8.6.2.2.1 (a) Áreas de Protección y Espaciamento Máximo (Rociador Estándar Montante/Rociador Estándar Colgante) para Riesgo Ligero**

<b>Tipo de Construcción</b>	<b>Tipo de Sistema</b>	<b>Área de Protección</b>		<b>Espaciamento (máximo)</b>	
		<b>pies<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>pies</b>	<b>m</b>
Incombustible obstruida y sin obstrucciones, y combustible sin obstrucciones con miembros a 3 pies o más entre centros	Por tablas de cálculo	200	18.6	15	4.6
Incombustible obstruida y sin obstrucciones, y combustible sin obstrucciones con miembros a 3 pies o más entre centros	Calculado hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
Combustible obstruida con miembros a 3 pies o más entre centros	Todos	168	15.6	15	4.6
Combustible obstruida o sin obstrucciones con miembros a menos de 3 pies entre centros	Todos	130	12.1	15	4.6
Espacio oculto combustible bajo un techo inclinado que tiene viguetas de madera combustibles o construcción de armadura de madera con miembros a menos de 3 pies entre centros con pendientes que tienen una inclinación de 4 a 12 o mayor	Todos	120	11.1	15 paralelo a la pendiente, 10 perpendicular a la pendiente*	4.6 paralelo a la pendiente, 3.05 perpendicular a la pendiente*

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 8.6.2.2.1 (b) Áreas de Protección y Espaciamento Máximo (Rociador Estándar Montante/ Rociador Estándar Colgante) para Riesgo Ordinario**

<b>Tipo de Construcción</b>	<b>Tipo de Sistema</b>	<b>Área de Protección</b>		<b>Espaciamento (máximo)</b>	
		<b>pies<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>pies</b>	<b>m</b>
Todos	Todos	130	12.1	15	4.6

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 8.6.2.2.1 (c) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociador Estándar Montante/Rociador Estándar Colgante) para Riesgo Extra.**

		Área de Protección		Espaciamiento (máximo)	
Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	pies <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pies	m
Todos	Por tablas de cálculo	90	8.4	12	3.7
				En edificios con zonas de almacenamiento de 25 pies (7.6 m) de ancho, deberá permitirse 12 pies 6 pulg (3.8 m)	
Todos	Calculado hidráulicamente con densidad $\geq$ 25	100	9.3	12	3.7
				En edificios con zonas de almacenamiento de 25 pies (7.6 m) de ancho, deberá permitirse 12 pies 6 pulg (3.8 m)	
Todos	Calculado hidráulicamente con densidad $<$ 25	130	12.1	15	4.6

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 8.6.2.2.1 (d) Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociador Estándar Montante/Rociador Estándar Colgante) para Almacenamiento en Pilas Altas.**

		Área de Protección		Espaciamiento (máximo)	
Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	pies <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pies	m
Todos	Calculado	100	9.3	12	3.7
	hidráulica_mente con densidad $\geq$ 25	En edificios con zonas de almacenamiento de 25 pies (7.6 m) de ancho, deberá permitirse 12 pies 6 pulg (3.8 m)			
Todos	Calculado	130	12.1	15	4.6
	hidráulica_mente con densidad < 25				

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 8.7.2.2.1 Áreas de Protección y Espaciamiento Máximo (Rociadores de Pared de Rociado Estándar)**

	Riesgo Ligero		Riesgo Ordinario	
	Acabado Combustible	Acabado Incombustible o de Combustibilidad Limitada	Acabado Combustible	Acabado Incombustible o de Combustibilidad Limitada
Distancia máxima a lo largo de la pared (S)	14 pies	14 pies	10 pies	10 pies
Ancho máximo del cuarto (L)	12 pies	14 pies	10 pies	10 pies
Área máxima de protección	120 pies <sup>2</sup>	196 pies <sup>2</sup>	80 pies <sup>2</sup>	100 pies <sup>2</sup>

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 8.16.2.4.2 Dimensiones del Drenaje**

<b>Dimensiones de la Tubería Vertical o la Tubería Principal</b>	<b>Dimensión de la Conexión de Drenaje</b>
Hasta 2''	3/4'' o mayor
2-1/2'', 3'', 3-1/2''	1-1/4'' o mayor
4'' y mayor	2'' únicamente

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 9.2.2.1 (a) Distancia Máxima Entre Soportes (pies – pulg)**

	Diámetro Nominal del Tubo (pulg)											
	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8
Tubo de acero, excepto de pared delgada roscado	N/A	12-0	12-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0
Tubo de acero de pared delgada roscado	N/A	12-0	12-0	12-0	12-0	12-0	12-0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tubo de cobre	8-0	8-0	10-0	10-0	12-0	12-0	12-0	15-0	15-0	15-0	15-0	15-0
CPVC	5-0	6-0	6-6	7-0	8-0	9-0	10-0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Polibutileno (IPS)	N/A	3-9	4-7	5-0	5-11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Polibutileno (CTS)	2-11	3-4	3-11	4-5	5-5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tubo de hierro dúctil	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15-0	N/A	15-0	N/A	15-0	15-0

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 9.2.2.1 (b) Distancia Máxima Entre Soportes (métrico)**

	Diámetro Nominal del Tubo (m)											
	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200
Tubo de acero, excepto de pared delgada roscado	N/A	3.66	3.66	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57
Tubo de acero de pared delgada roscado	N/A	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tubo de cobre	2.44	2.44	3.05	3.05	3.66	3.66	3.66	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57
CPVC	1.68	1.83	1.98	2.13	2.44	2.74	3.05	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Polibutileno (IPS)	N/A	1.14	1.4	1.52	1.8	N/A						
Polibutileno (CTS)	0.89	1.02	1.19	1.35	1.65	N/A						
Tubo de hierro dúctil	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.57	N/A	4.57	N/A	4.57	4.57

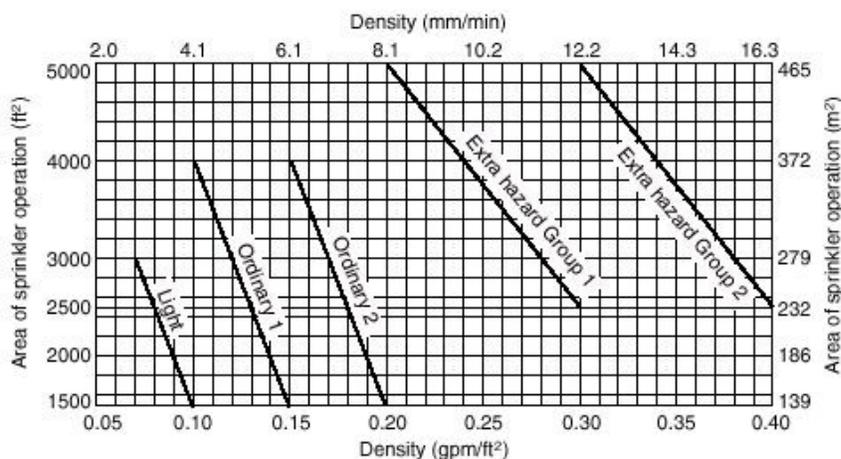
*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 11.2.2.1 Requisitos de Abastecimiento de Agua para Sistemas de Rociadores por Tablas de Cálculo.**

Clasificación de la Ocupación	Presión Residual Mínima Requerida		Flujo Aceptable en la Base de la tubería vertical (Incluyendo la Asignación para Chorro de Manguera)		Duración (minutos)
	psi	bar	gpm	L/min	
Riesgo Ligero	15	1	500-750	1893-2839	30-60
Riesgo Ordinario	20	1.4	850-1500	3218-5678	60-90

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Figura 11.2.3.1.1 Curvas Densidad/Área**



*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 11.2.3.1.2 Requisitos para la Asignación de Chorros de Mangueras y de Duración del Abastecimiento de Agua para Sistemas Calculados Hidráulicamente.**

Ocupación	Mangueras Interiores		Total combinado de las Mangueras Interiores y Exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo Ligero	0,50, ó 100	0, 180, 379	100	379	30
Riesgo Ordinario	0, 50, ó 100	0, 189, 379	250	946	60-90
Riesgo Extra	0, 50, ó 100	0, 189, 379	500	1893	90-120

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 22.4.3.1.1 Tabla de Longitudes Equivalentes de la Tubería de Acero Cédula 40**

Accesorios y Válvulas expresados en Pies Equivalentes de Tubería															
	1/2 pulg	3/4 pulg	1 pulg	1 1/4 pulg	1 1/2 pulg	2 pulg	2 1/2 pulg	3 pulg	3 1/2 pulg	4 pulg	5 pulg	6 pulg	8 pulg	10 pulg	12 pulg
Accesorios y Válvulas	(15 mm)	(20 mm)	(25 mm)	(32 mm)	(40 mm)	(50 mm)	(65 mm)	(80 mm)	(90 mm)	(100 mm)	(125 mm)	(150 mm)	(200 mm)	(250 mm)	(300 mm)
Codo a 45°	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4)
Codo estándar a 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10(3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de giro largo a 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Té o cruz (giro de flujo de 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula Mariposa	-	-	-	-	-	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	-	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de Compuerta	-	-	-	-	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Retención tipo charnela	-	-	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.3)	45 (13.7)	55 (16.8)	65 (20)

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 22.4.4.7 Valores de C de Hazen – Williams**

Tubería o Tubo	Valor C
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de Preacción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120
Plástico (listada), toda	150
Fundición de hierro o fundición dúctil, revestida de cemento	140
Tubo de cobre o acero inoxidable	150
Asbesto cemento	140
Concreto	140

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 22.5.2.2.1 Tabulación de Tuberías para Riesgo Ligero**

Acero		Cobre	
1 pulg	2 rociadores	1 pulg	2 rociadores
1 1/4 pulg	3 rociadores	1 1/4 pulg	3 rociadores
1 1/2 pulg	5 rociadores	1 1/2 pulg	5 rociadores
2 pulg	10 rociadores	2 pulg	12 rociadores
2 1/2 pulg	30 rociadores	2 1/2 pulg	40 rociadores
3 pulg	60 rociadores	3 pulg	65 rociadores
3 1/2 pulg	100 rociadores	3 1/2 pulg	115 rociadores
4 pulg	Ver Sección 8.2	4 pulg	Ver Sección 8.2

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 22.5.2.4 Número de Rociadores Encima y Debajo de un Cielo Raso**

Acero		Cobre	
1 pulg	2 rociadores	1 pulg	2 rociadores
1 1/4 pulg	4 rociadores	1 1/4 pulg	4 rociadores
1 1/2 pulg	7 rociadores	1 1/2 pulg	7 rociadores
2 pulg	15 rociadores	2 pulg	18 rociadores
2 1/2 pulg	50 rociadores	2 1/2 pulg	65 rociadores

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 22.5.3.4 Tabulación de Tuberías para Riesgo Ordinario**

Acero		Cobre	
1 pulg	2 rociadores	1 pulg	2 rociadores
1 1/4 pulg	3 rociadores	1 1/4 pulg	3 rociadores
1 1/2 pulg	5 rociadores	1 1/2 pulg	5 rociadores
2 pulg	10 rociadores	2 pulg	12 rociadores
2 1/2 pulg	20 rociadores	2 1/2 pulg	25 rociadores
3 pulg	40 rociadores	3 pulg	45 rociadores
3 1/2 pulg	65 rociadores	3 1/2 pulg	75 rociadores
4 pulg	100 rociadores	4 pulg	115 rociadores
5 pulg	160 rociadores	5 pulg	180 rociadores
6 pulg	275 rociadores	6 pulg	300 rociadores
8 pulg	Ver Sección 8.2	8 pulg	Ver Sección 8.2

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 22.5.3.5 Número de Rociadores – Separaciones Mayores que 12 pies (3.7 m)**

Acero		Cobre	
2 1/2 pulg	15 rociadores	2 1/2 pulg	20 rociadores
3 pulg	30 rociadores	3 pulg	35 rociadores
3 1/2 pulg	60 rociadores	3 1/2 pulg	65 rociadores

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

**Tabla 22.5.3.7 Número de Rociadores Encima y Debajo de un Cielo Raso**

Acero		Cobre	
1 pulg	2 rociadores	1 pulg	2 rociadores
1 1/4 pulg	4 rociadores	1 1/4 pulg	4 rociadores
1 1/2 pulg	7 rociadores	1 1/2 pulg	7 rociadores
2 pulg	15 rociadores	2 pulg	18 rociadores
2 1/2 pulg	30 rociadores	2 1/2 pulg	40 rociadores
3 pulg	60 rociadores	3 pulg	65 rociadores

*Propiedad de NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores, Edición 2007.*

### Tablas y Figuras de la Norma NFPA 14

Las tablas referentes a tubería, accesorios y cálculos hidráulicos son las mismas que se utilizan en NFPA 13.

**Tabla 7.8.2.1 Tuberías Verticales por Cédula (Tabla) de Tubería y por los Tamaños de Tubería Nominal Mínima para los Tubos de Suministro (en pulgadas)**

Total Flujo Acumulado		Distancia Total de Tubería desde la Salida más Alejada		
gpm	L/min	< 50 pies (<15.2 m)	50 - 100 pies (15.2 - 30.5 m)	> 100 pies (> 30.5 m)
100	379	2	2 1/2	3
101-500	382-1893	4	4	6
501-750	1896-2839	5	5	6
751-1250	2843-4731	6	6	6
1251 y más	4735 y más	8	8	8

*Propiedad de NFPA 14, Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y Mangueras, Edición 2007.*

### Tablas y Figuras de la Norma NFPA 20

**Tabla 5.8.2 Capacidades de Bombas Centrífugas contra Incendios**

gpm	L/min	gpm	L/min
25	95	1.000	3.785
50	189	1.250	4.731
100	379	1.500	5.677
150	568	2.000	7.570
200	757	2.500	9.462
250	946	3.000	11.355
300	1.136	3.500	13.247
400	1.514	4.000	15.140
450	1.703	4.500	17.032
500	1.892	5.000	18.925
750	2.839		

*Propiedad de NFPA 20, Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios, Edición 2007.*

**Tabla 5.12.1.1.2 Protección del Equipamiento**

Cuarto/Cabina de la bomba	Edificios que exponen cuarto/cabina de la bomba	Separación Requerida
Sin rociadores	Sin rociadores	Clasificación ignífuga de 2 horas o 50 pies (15.3 m)
Sin rociadores	Con rociadores	
Con rociadores	Sin rociadores	
Con rociadores	Con rociadores	1 hora de clasificación ignífuga o 50 pies (15.3 m)

*Propiedad de NFPA 20, Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios, Edición 2007.*

**Tabla 5.25 (a) Resumen de Información sobre Bomba Centrífuga contra Incendio**

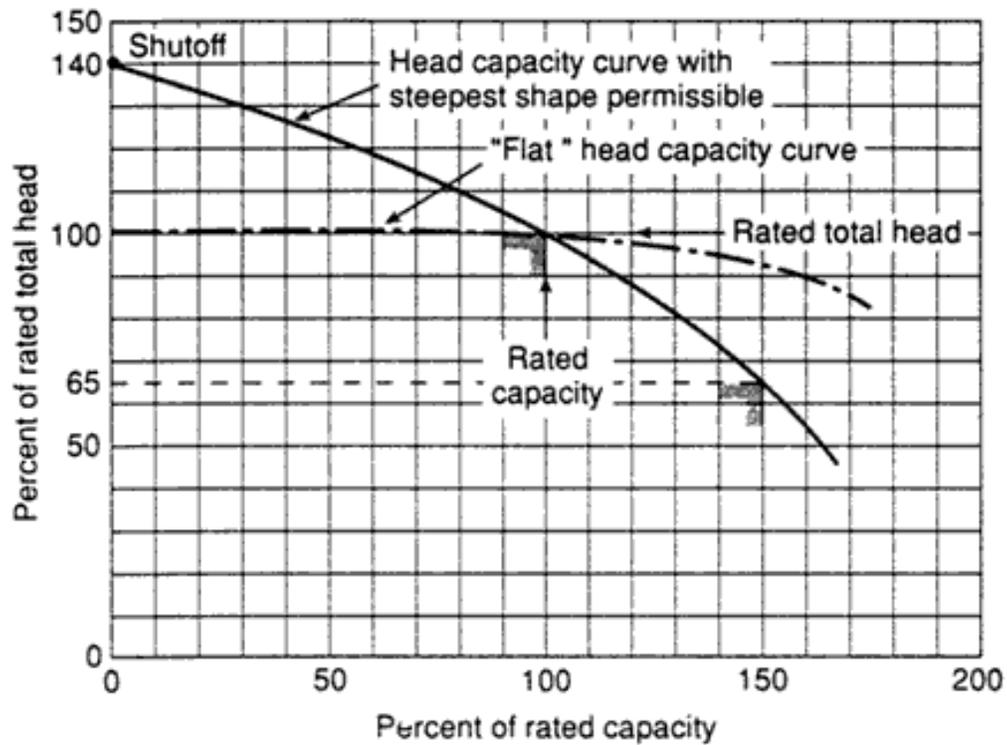
Tamaños Mínimos de Tuberías (nominal)							
Clasificación de Bomba (gpm)	Succión (pulg)	Descarga (pulg)	Válvula de Alivio (pulg)	Descarga de la válvula de alivio (pulg)	Dispositivo de medición (pulg)	Cantidad y tamaño de válvula de manguera (pulg)	Suministro de cabezal de manguera (pulg)
25	1	1	3/4	1	1 1/4	1 - 1 1/2	1
50	1 1/2	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	1 - 1 1/2	1 1/2
100	2	2	1 1/2	2	2 1/2	1 - 2 1/2	2 1/2
150	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	3	1 - 2 1/2	2 1/2
200	3	3	2	2 1/2	3	1 - 2 1/2	2 1/2
250	3 1/2	3	2	2 1/2	3 1/2	1 - 2 1/2	3
300	4	4	2 1/2	3 1/2	3 1/2	1 - 2 1/2	3
400	4	4	3	5	4	2 - 2 1/2	4
450	5	5	3	5	4	2 - 2 1/2	4
500	5	5	3	5	5	2 - 2 1/2	4
750	6	6	4	6	5	3 - 2 1/2	6
1000	8	6	4	8	6	4 - 2 1/2	6
1250	8	8	6	8	6	6 - 2 1/2	8
1500	8	8	6	8	8	6 - 2 1/2	8
2000	10	10	6	10	8	6 - 2 1/2	8
2500	10	10	6	10	8	8 - 2 1/2	10
3000	12	12	8	12	8	12 - 2 1/2	10
3500	12	12	8	12	10	12 - 2 1/2	12
4000	14	12	8	14	10	16 - 2 1/2	12
4500	16	14	8	14	10	16 - 2 1/2	12
5000	16	14	8	14	10	20 - 2 1/2	12

*Propiedad de NFPA 20, Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios, Edición 2007.*

**Tabla 5.25 (b) Resumen de Información de Bomba Centrífuga contra Incendio (métrico)**

Tamaños Mínimos de Tuberías (nominal)							
Clasificación de Bomba (gpm)	Succión (pulg)	Descarga (pulg)	Válvula de Alivio (pulg)	Descarga de la válvula de alivio (pulg)	Dispositivo de medición (pulg)	Cantidad y tamaño de válvula de manguera (pulg)	Suministro de cabezal de mangera (pulg)
95	25	25	19	25	32	1 - 38	25
189	38	32	32	38	50	1 - 38	38
379	50	50	38	50	65	1 - 65	65
568	65	65	50	65	75	1 - 65	65
757	75	75	50	65	75	1 - 65	65
946	85	75	50	65	85	1 - 65	75
1136	100	100	65	85	85	1 - 65	75
1514	100	100	75	125	100	2 - 65	100
1703	125	125	75	125	100	2 - 65	100
1892	125	125	100	125	125	2 - 65	100
2839	150	150	100	150	125	3 - 65	150
3785	200	150	150	200	150	4 - 65	150
4731	200	200	150	200	150	6 - 65	200
5677	200	200	150	200	200	6 - 65	200
7570	250	250	150	250	200	6 - 65	200
9462	250	250	200	250	200	8 - 65	250
11355	300	300	200	300	200	12 - 65	250
13247	300	300	200	300	250	12 - 65	300
15140	350	300	200	350	250	16 - 65	300
17032	400	350	200	350	250	16 - 65	300
18925	400	350	200	350	250	20 - 65	300

*Propiedad de NFPA 20, Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios, Edición 2007.*

**Figura A.6.2** Curvas de Características de la Bomba

*Propiedad de NFPA 20, Instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra Incendios, Edición 2007.*

# ANEXO C





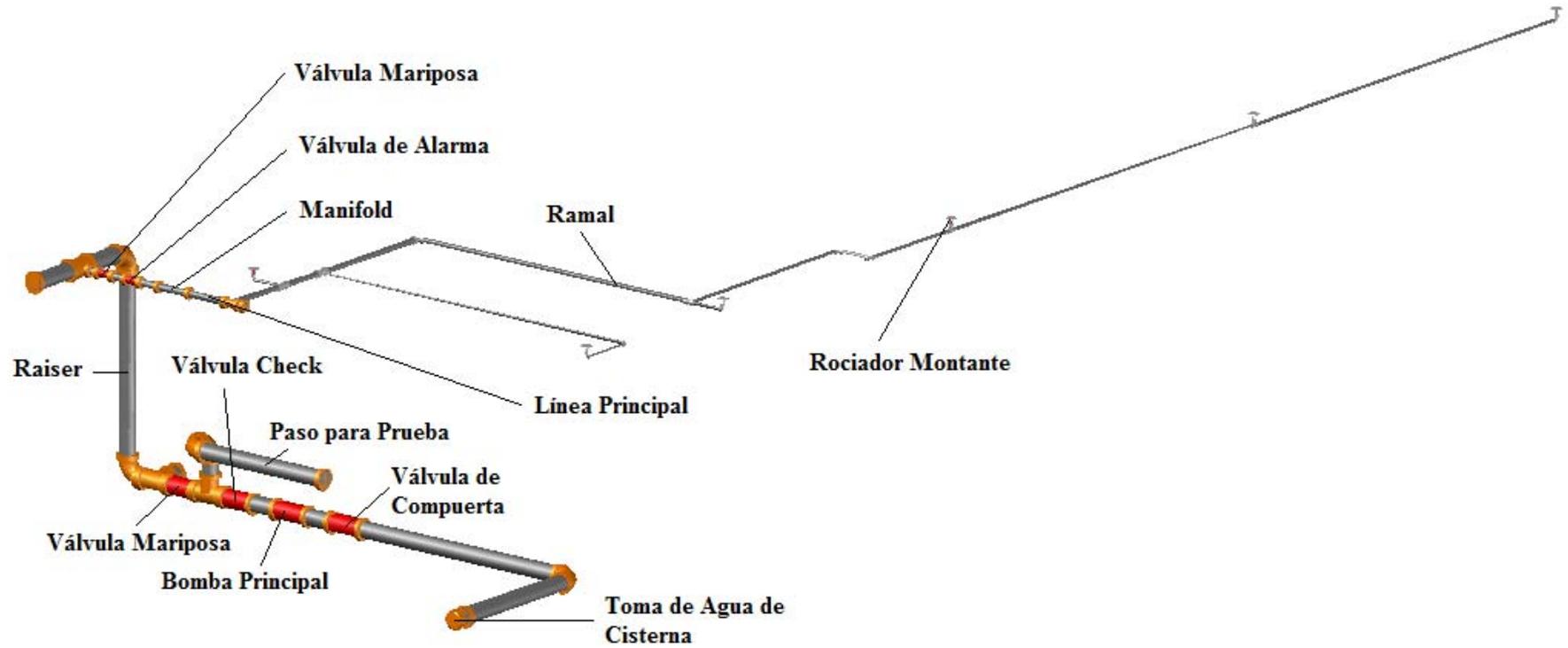


Figura C3. Modelo 3D del SCI del Subsuelo 3.

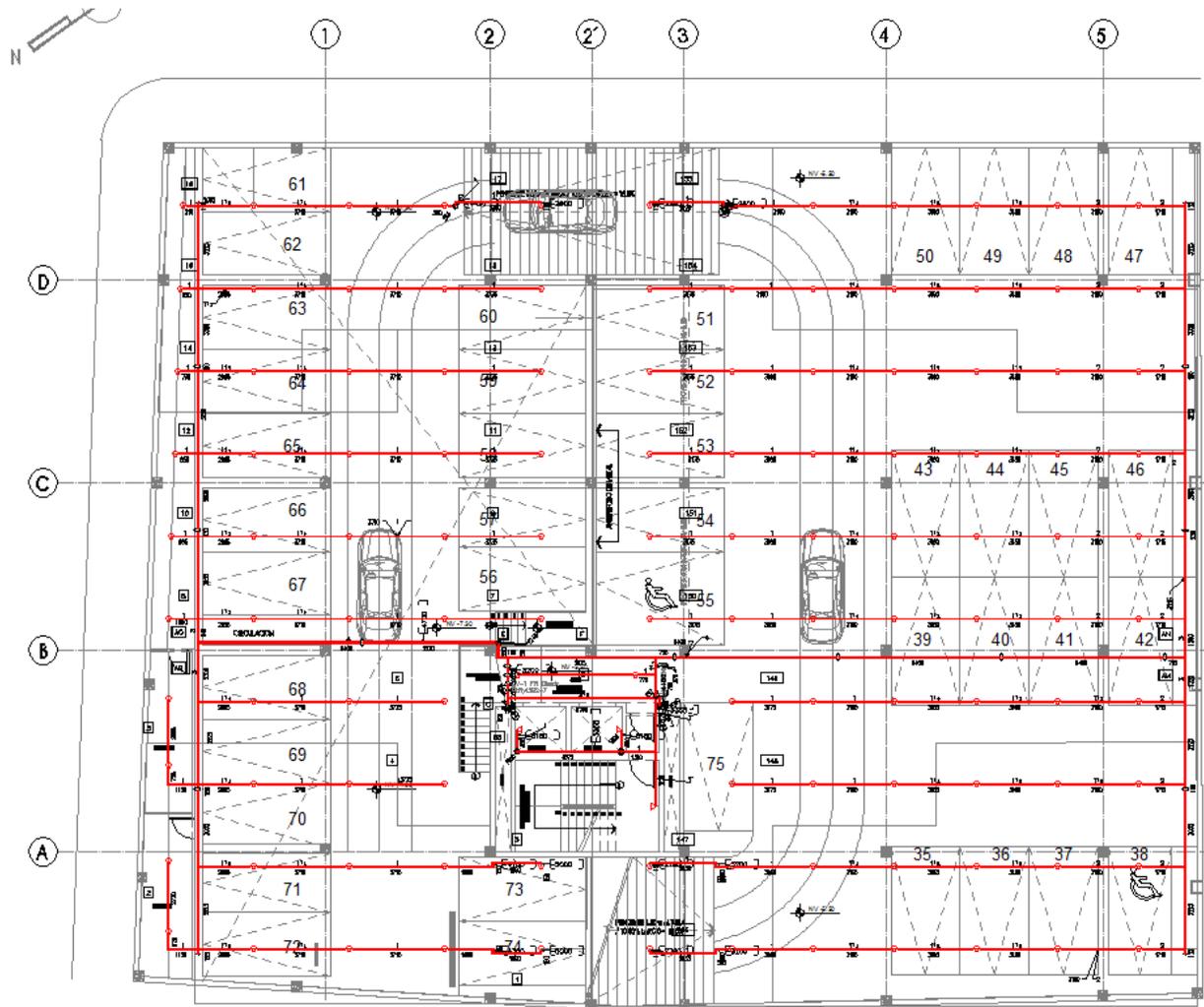
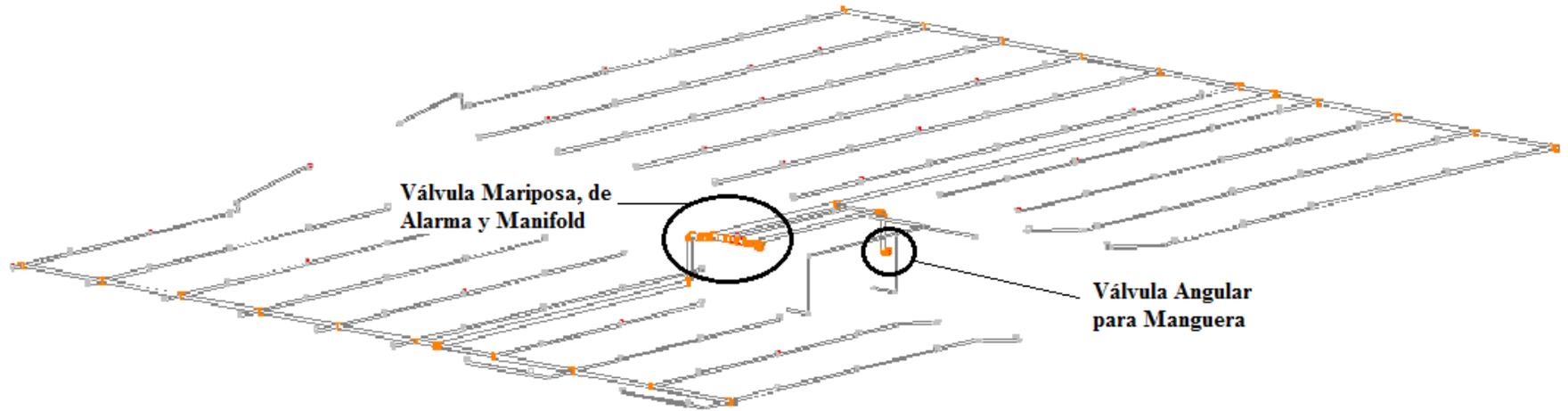


Figura C4. Vista General Subsuelo 2.





**Figura C6. Modelo 3D del SCI del Subsuelo 2.**

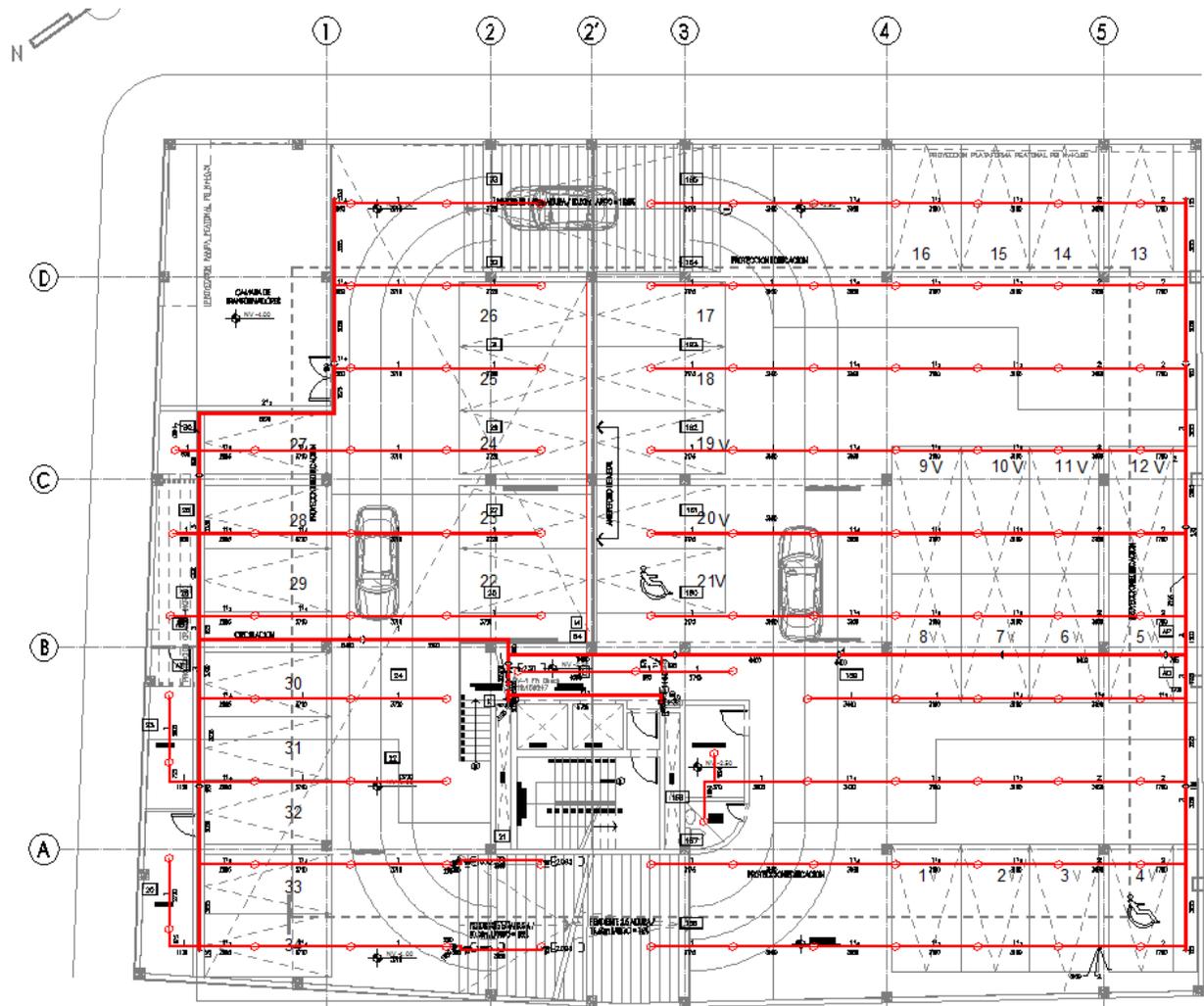
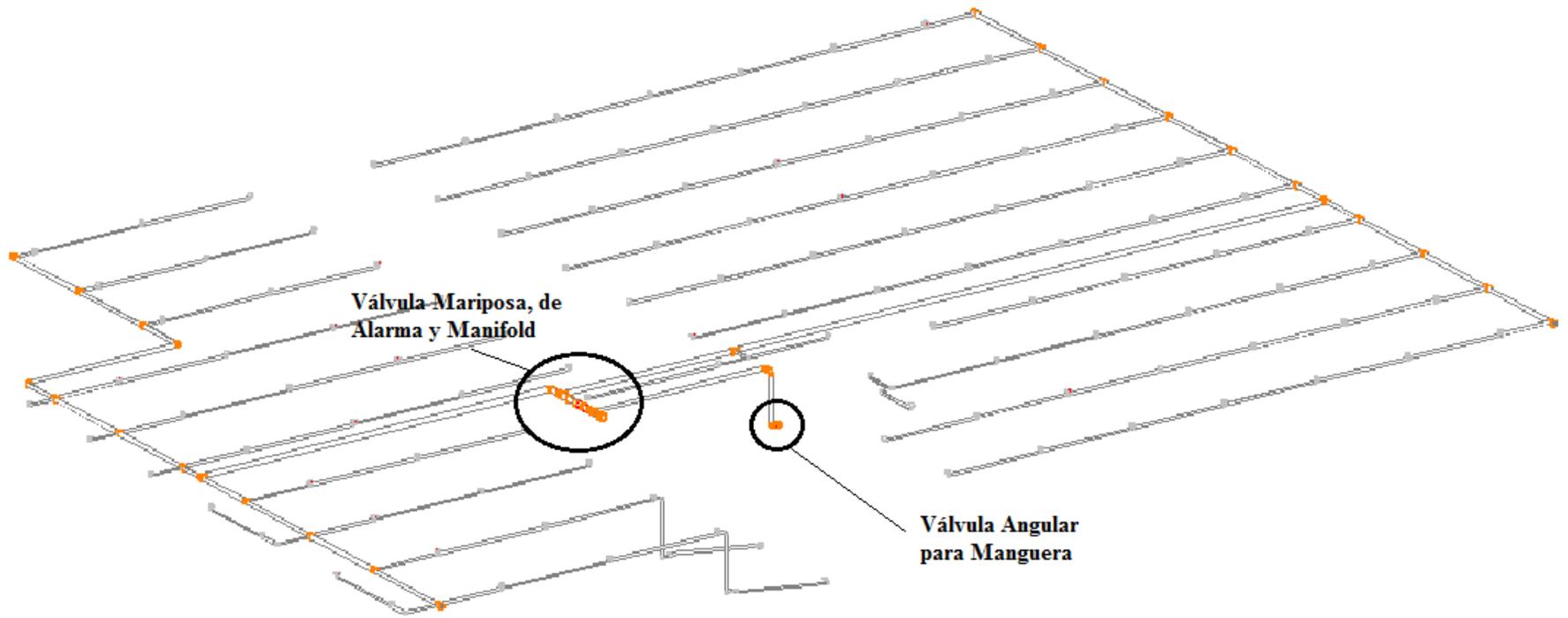


Figura C7. Vista General Subsuelo 1.





**Figura C9. Modelo 3D del SCI del Subsuelo 1.**

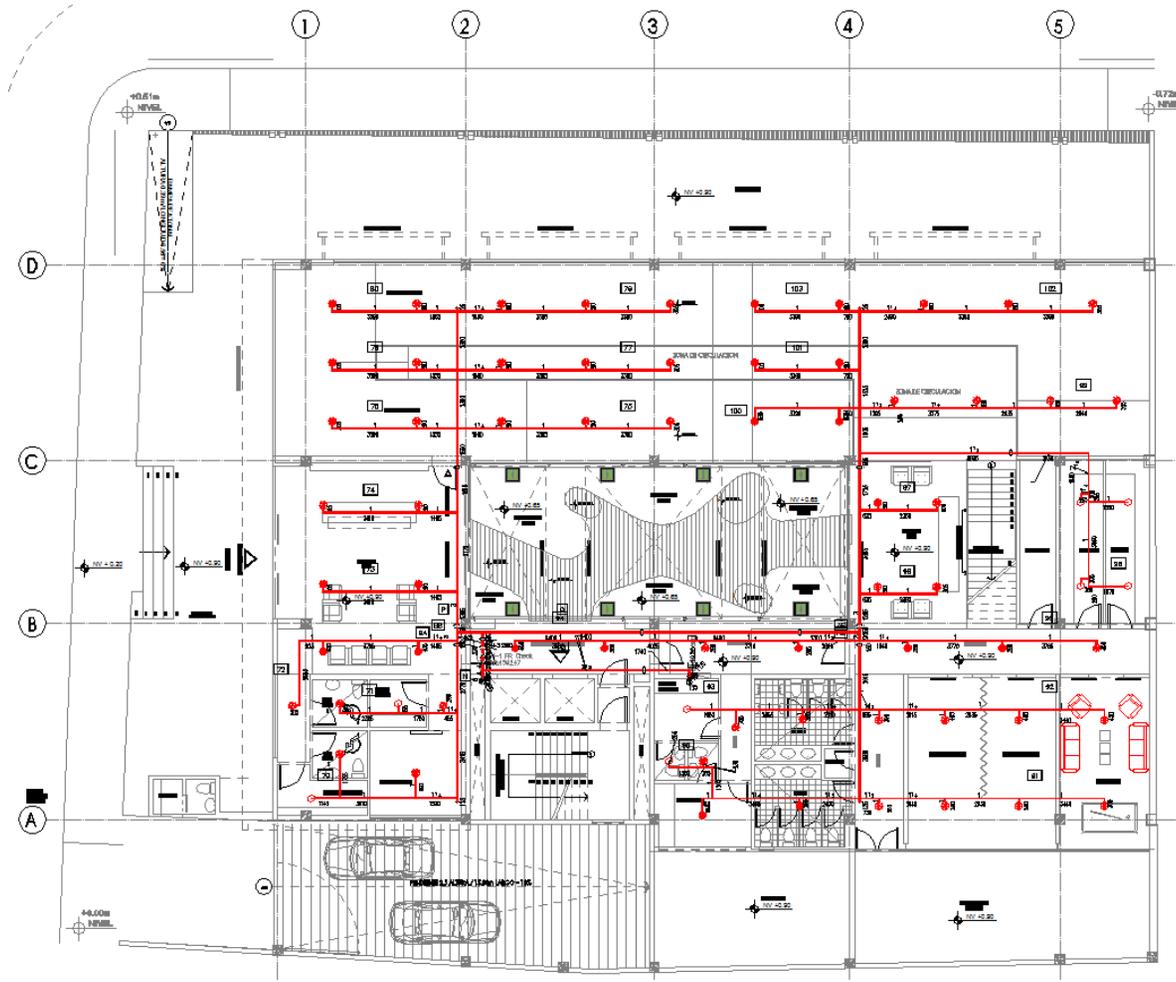


Figura C10. Vista General Planta Baja.

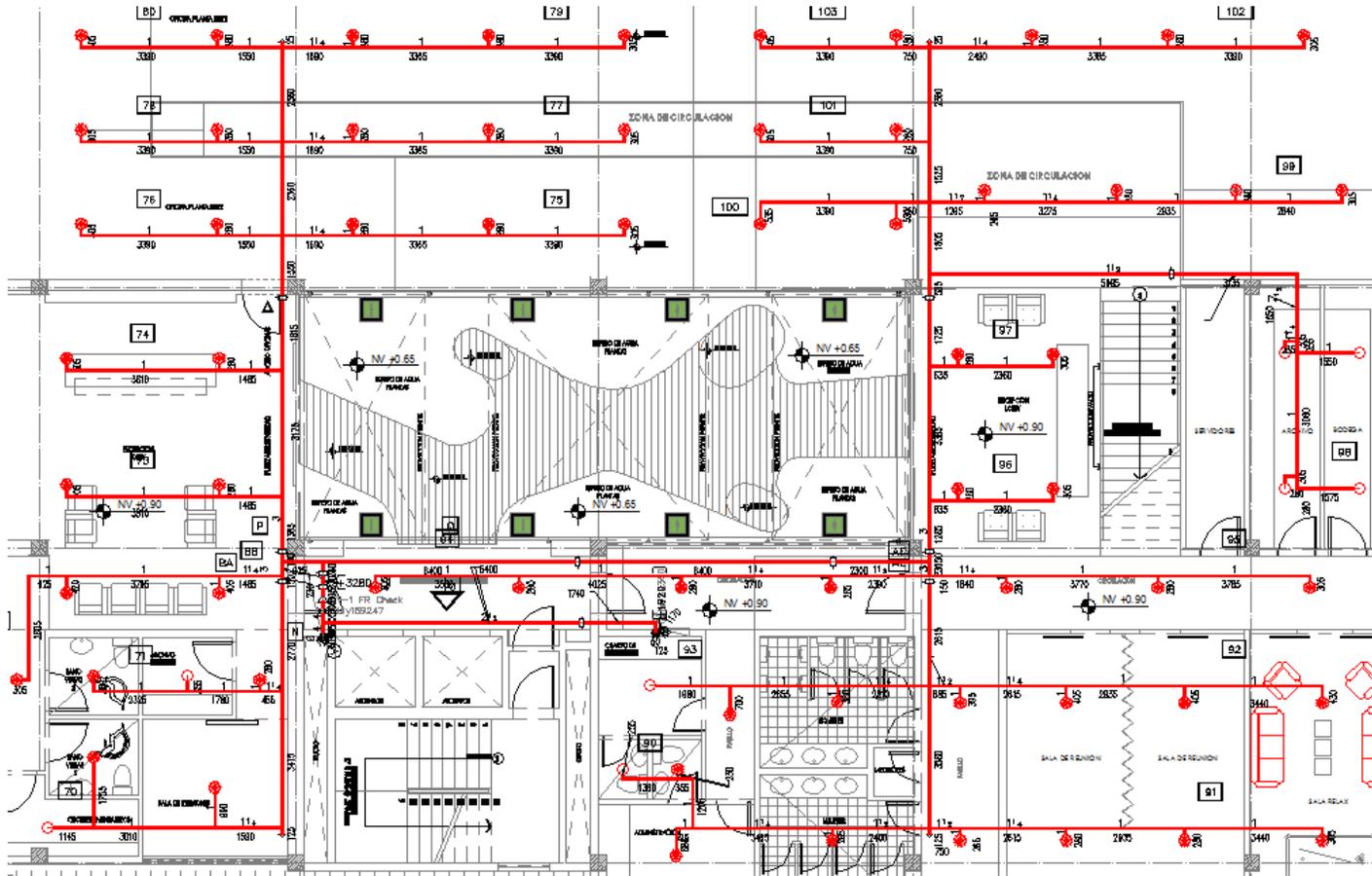
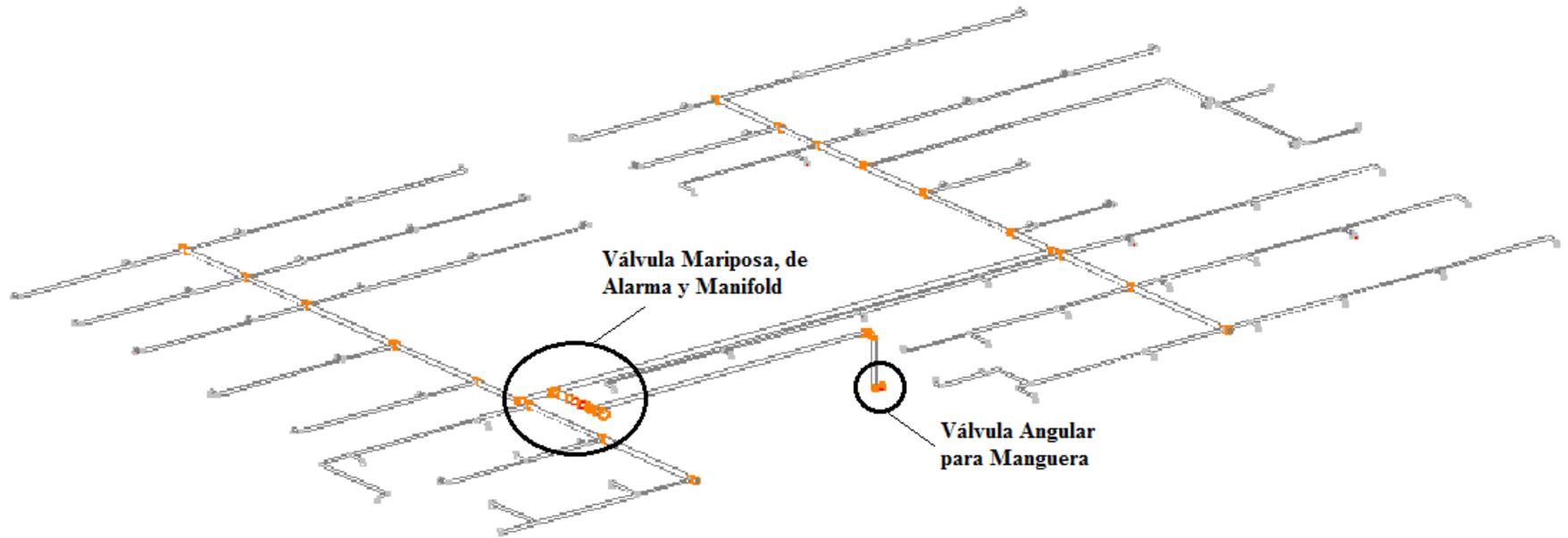


Figura C11. Vista Detallada de la Red de Incendios de la Planta Baja.



**Figura C12. Modelo 3D del SCI de la Planta Baja.**

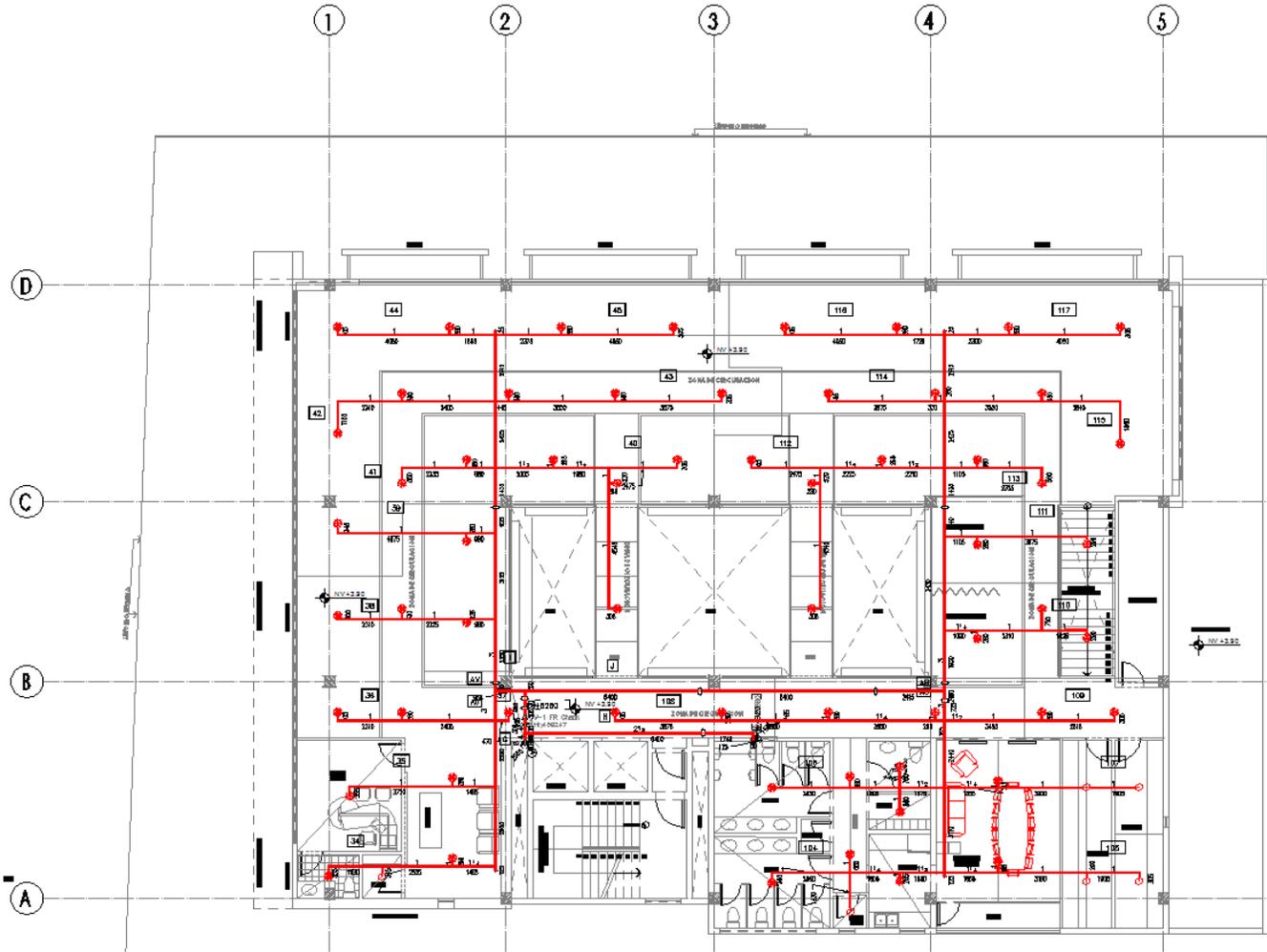


Figura C13. Vista General Piso 1.

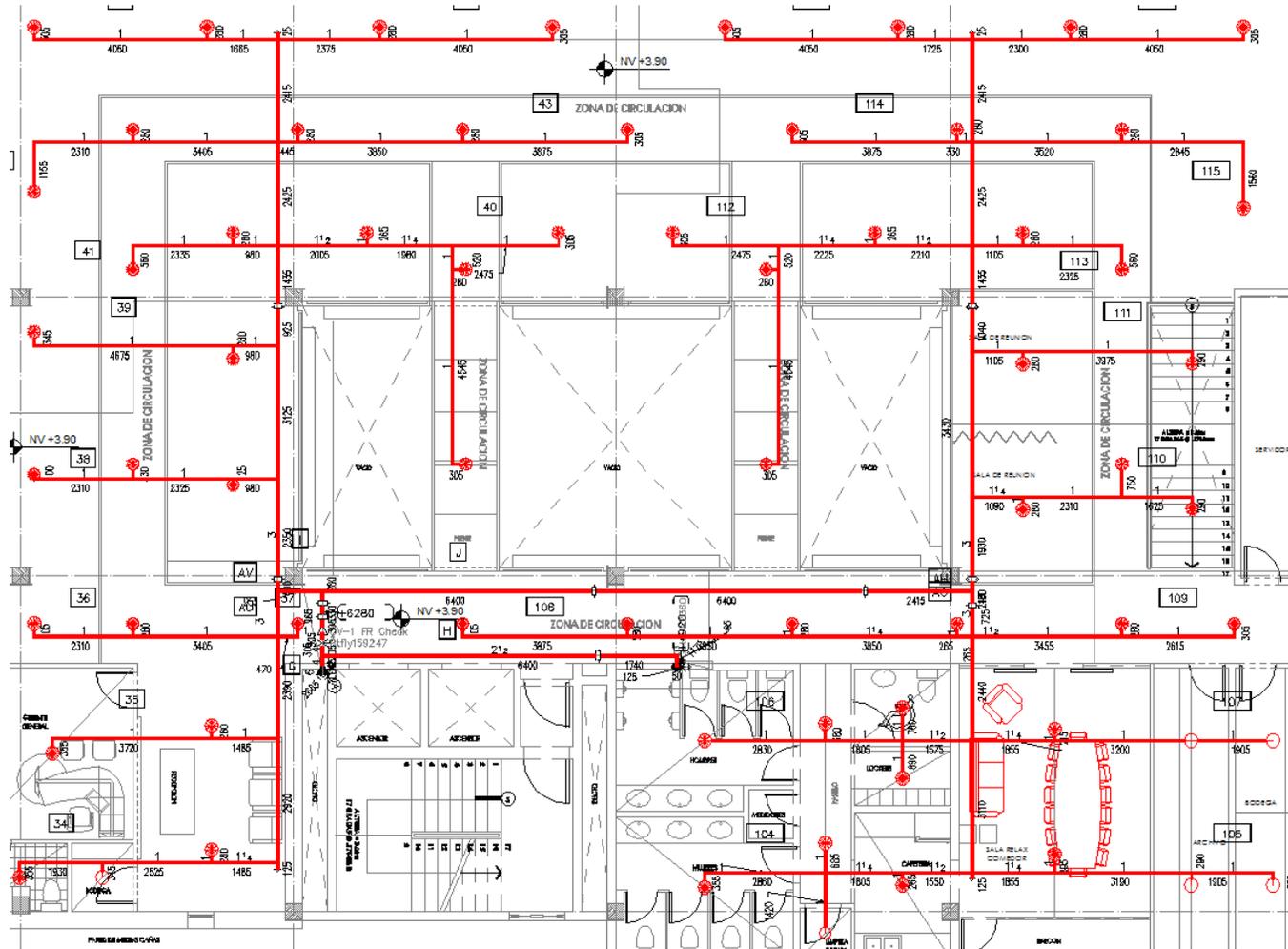
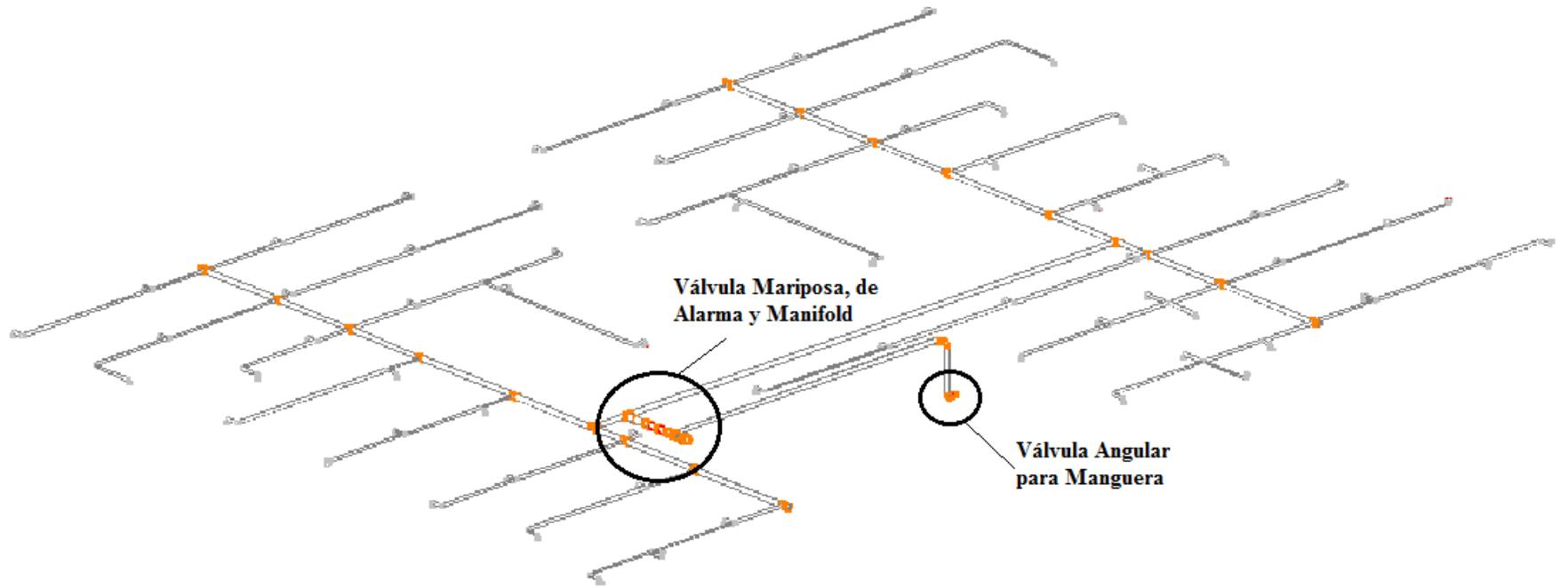


Figura C14. Vista Detallada de la Red de Incendios del Piso 1.



**Figura C15. Modelo 3D del SCI del Piso 1.**

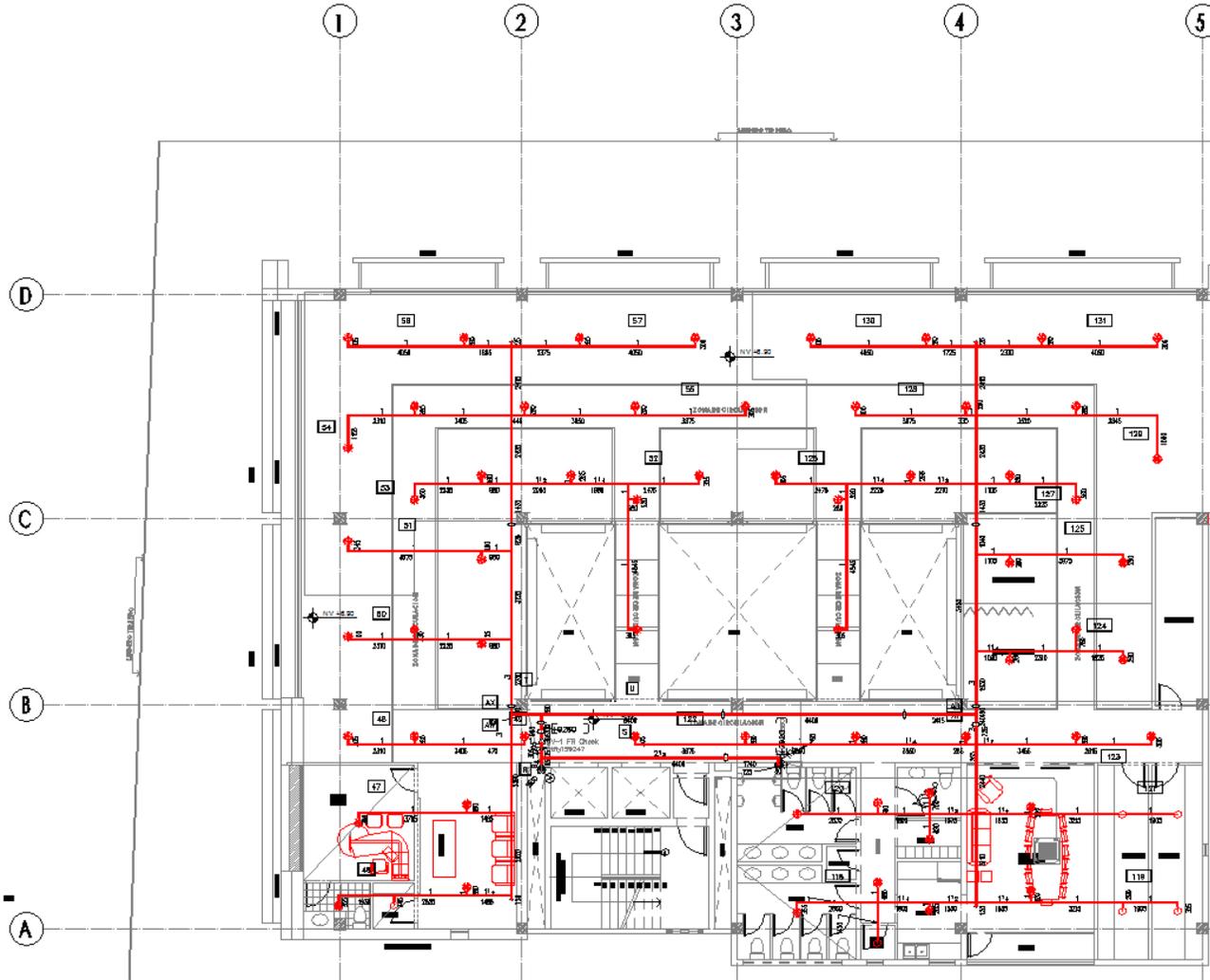


Figura C16. Vista General Piso 2.

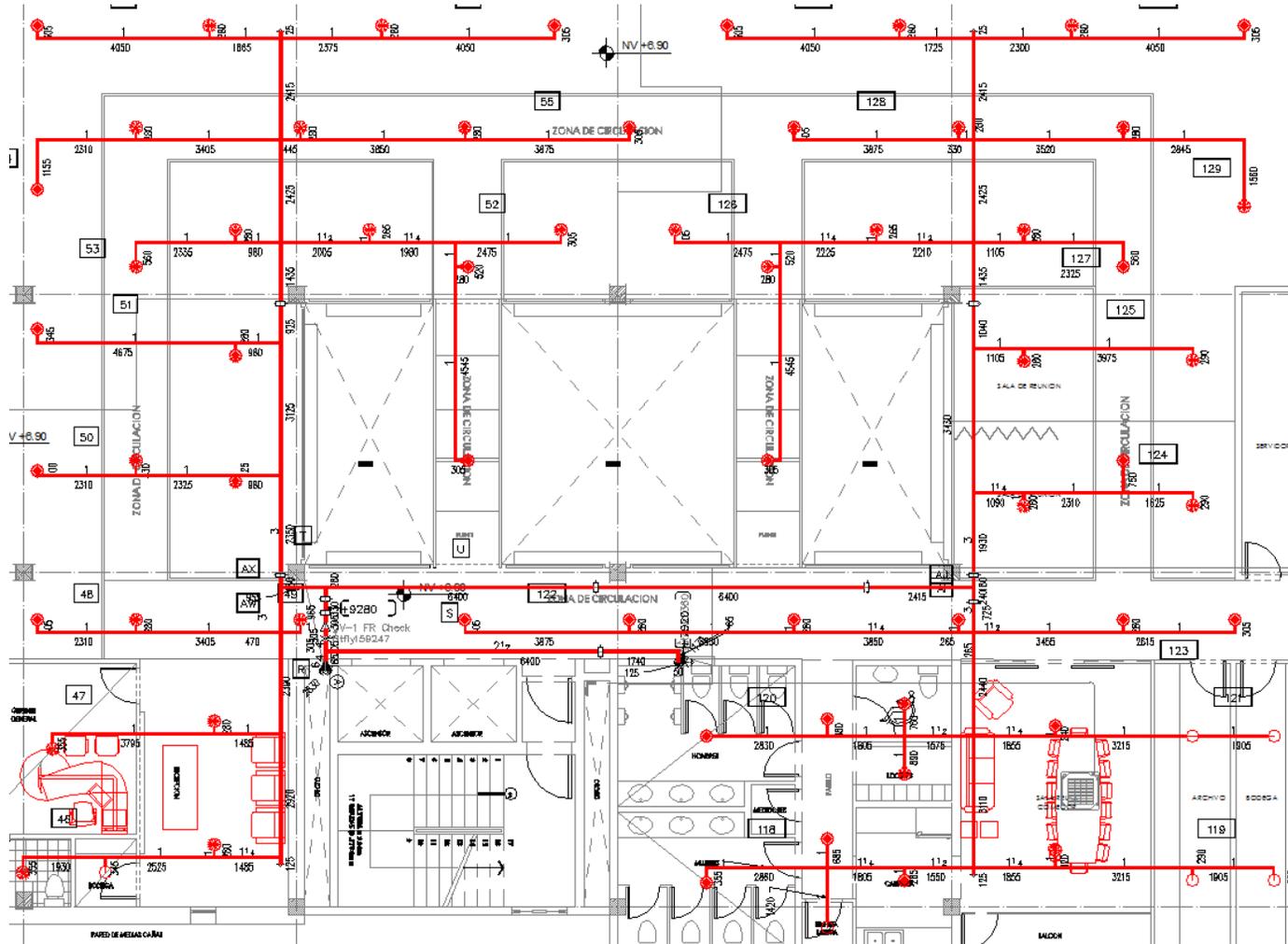


Figura C17. Vista Detallada de la Red de Incendios del Piso 2.

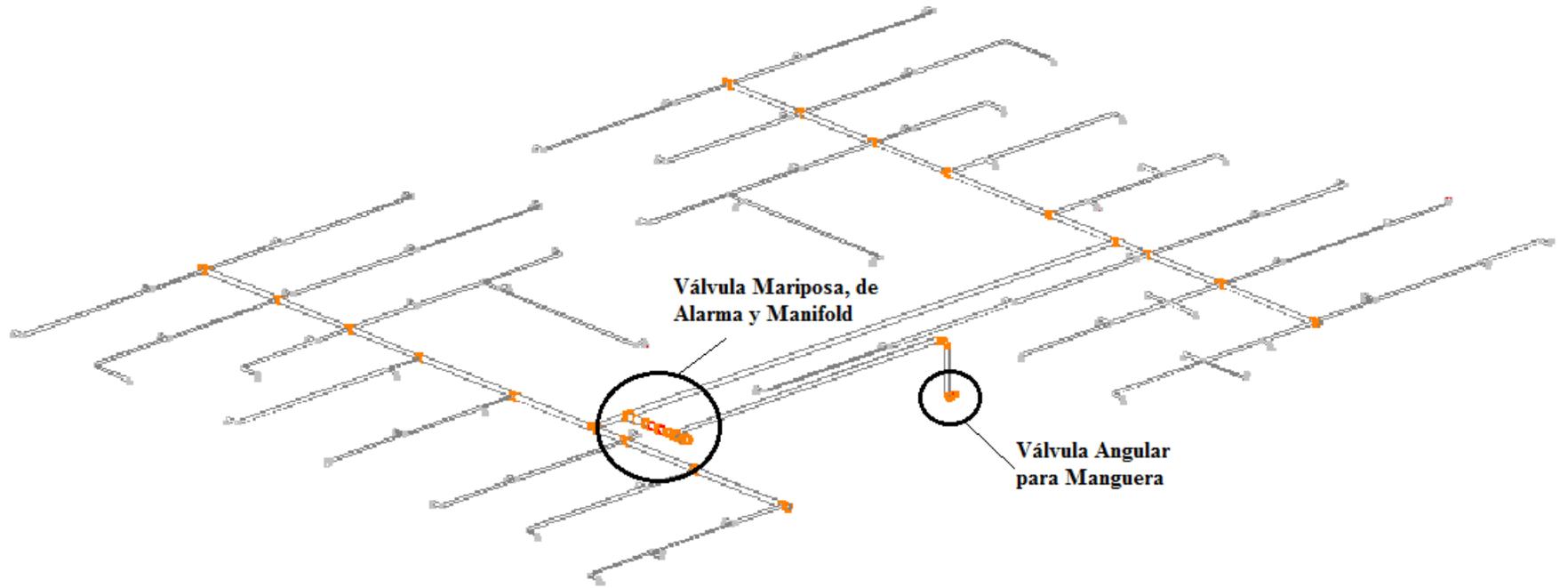


Figura C18. Modelo 3D del SCI del Piso 2.

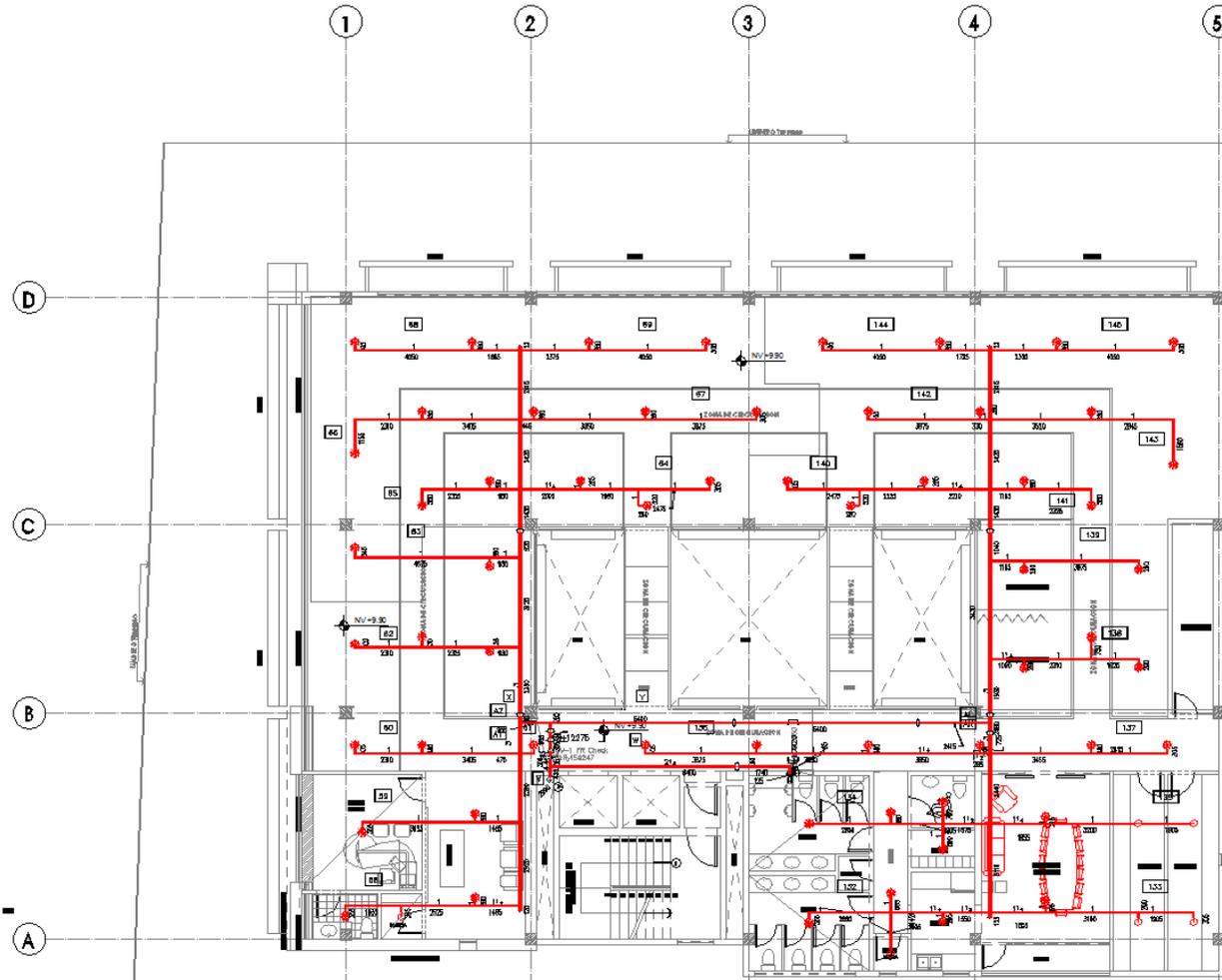
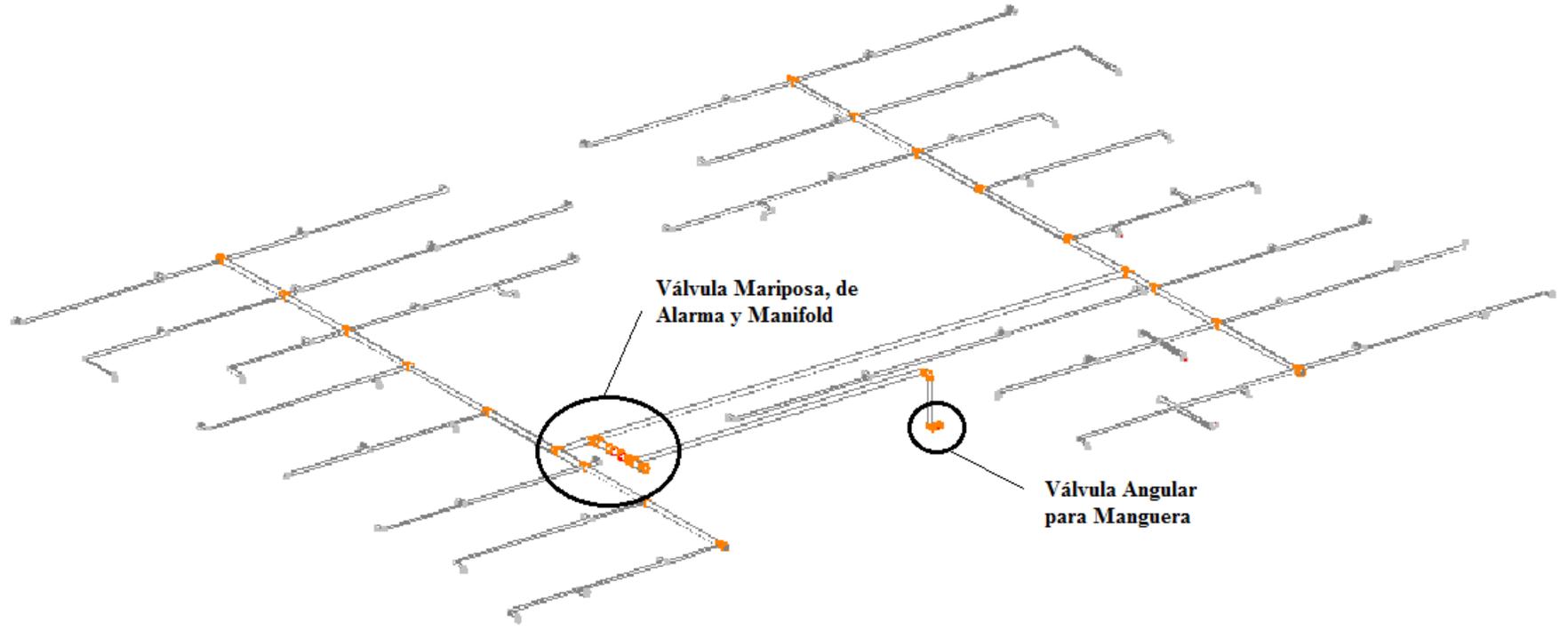


Figura C19. Vista General Piso 3.





**Figura C21. Modelo 3D del SCI del Piso 3.**

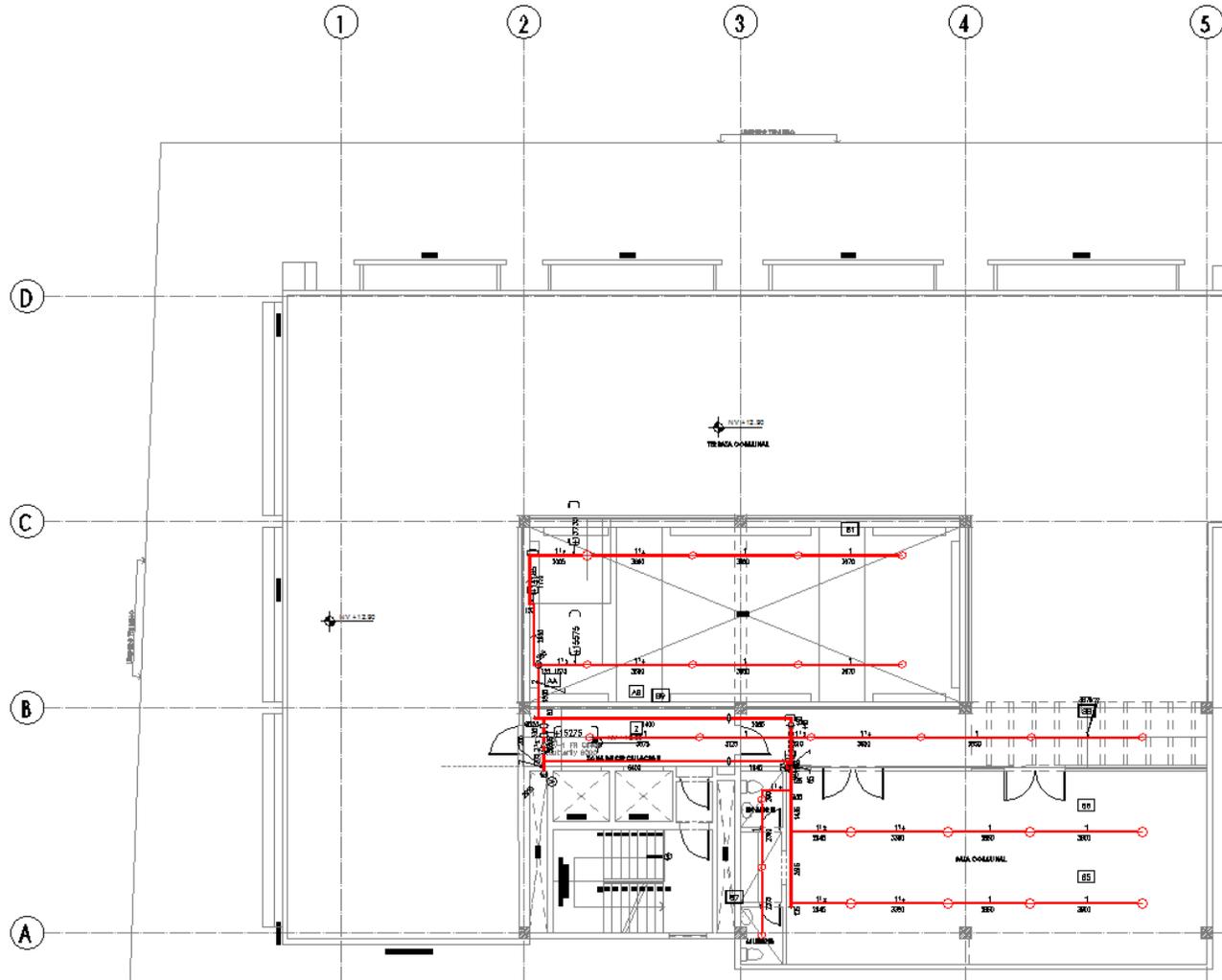
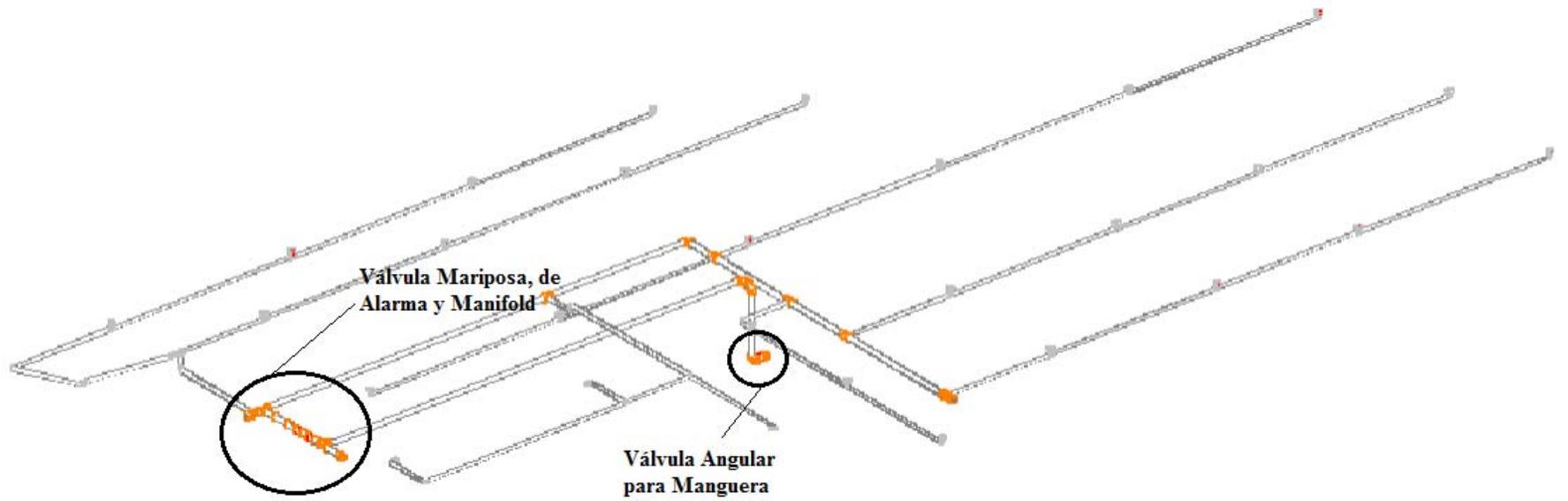
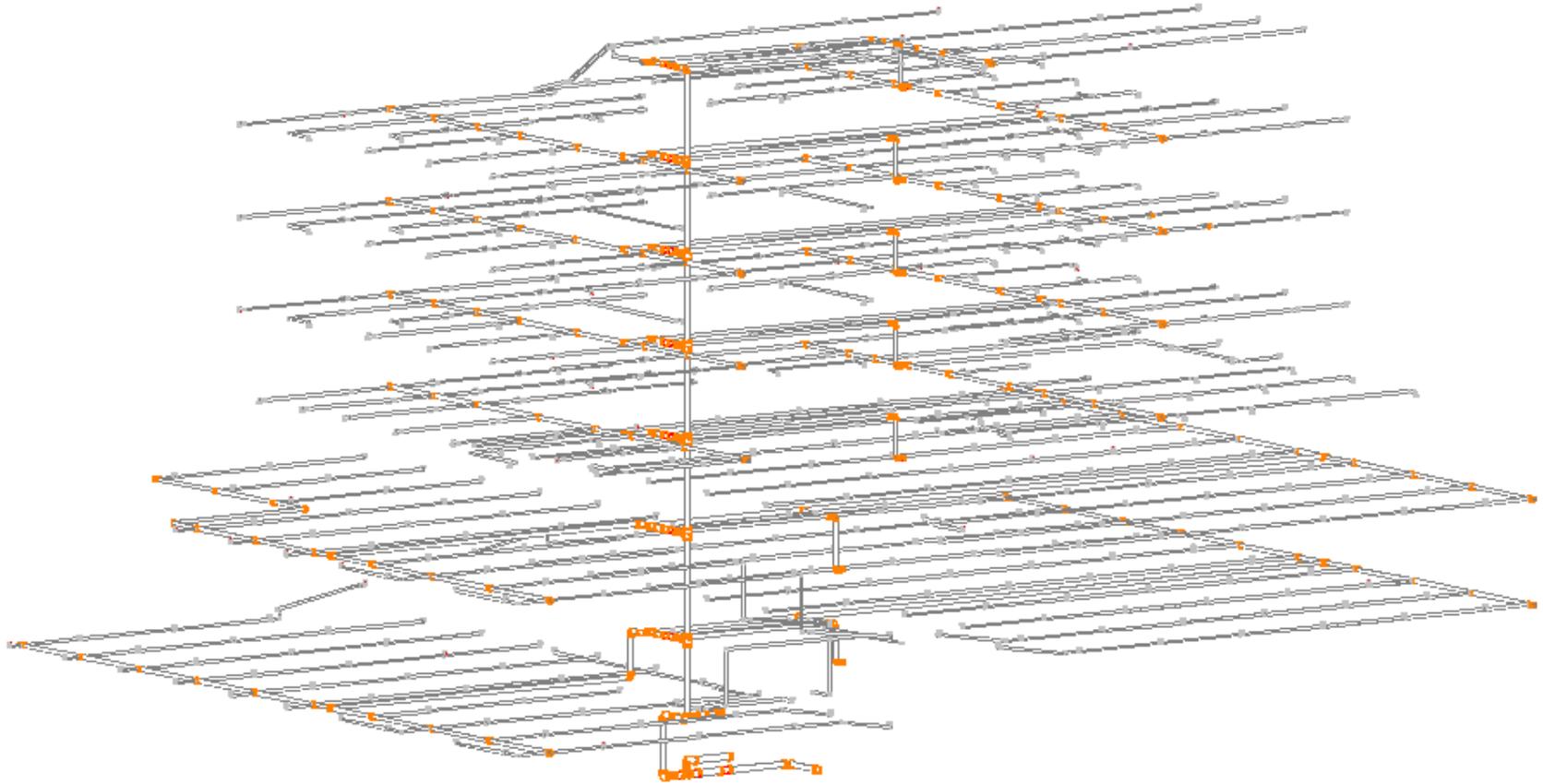


Figura C22. Vista General Terraza.

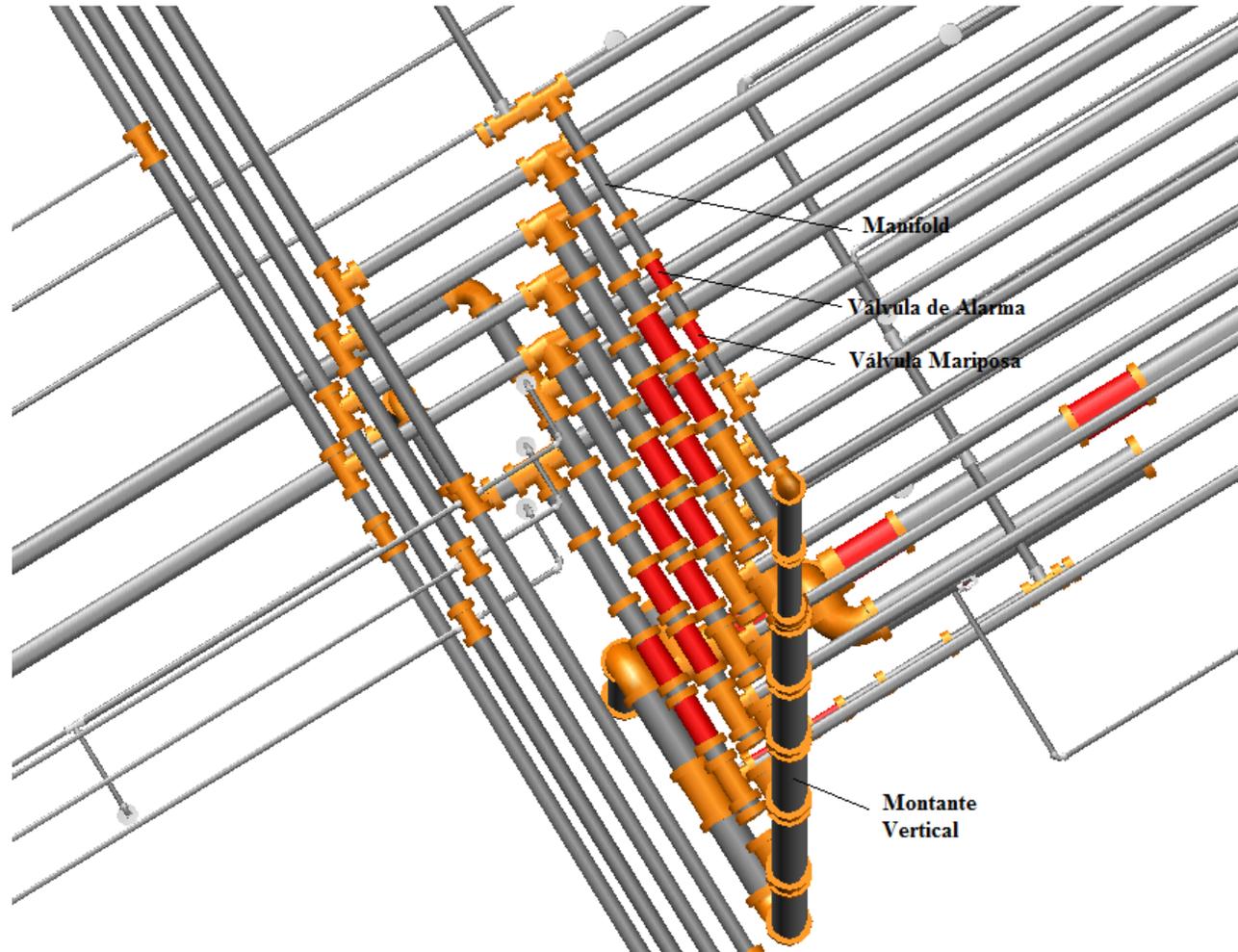




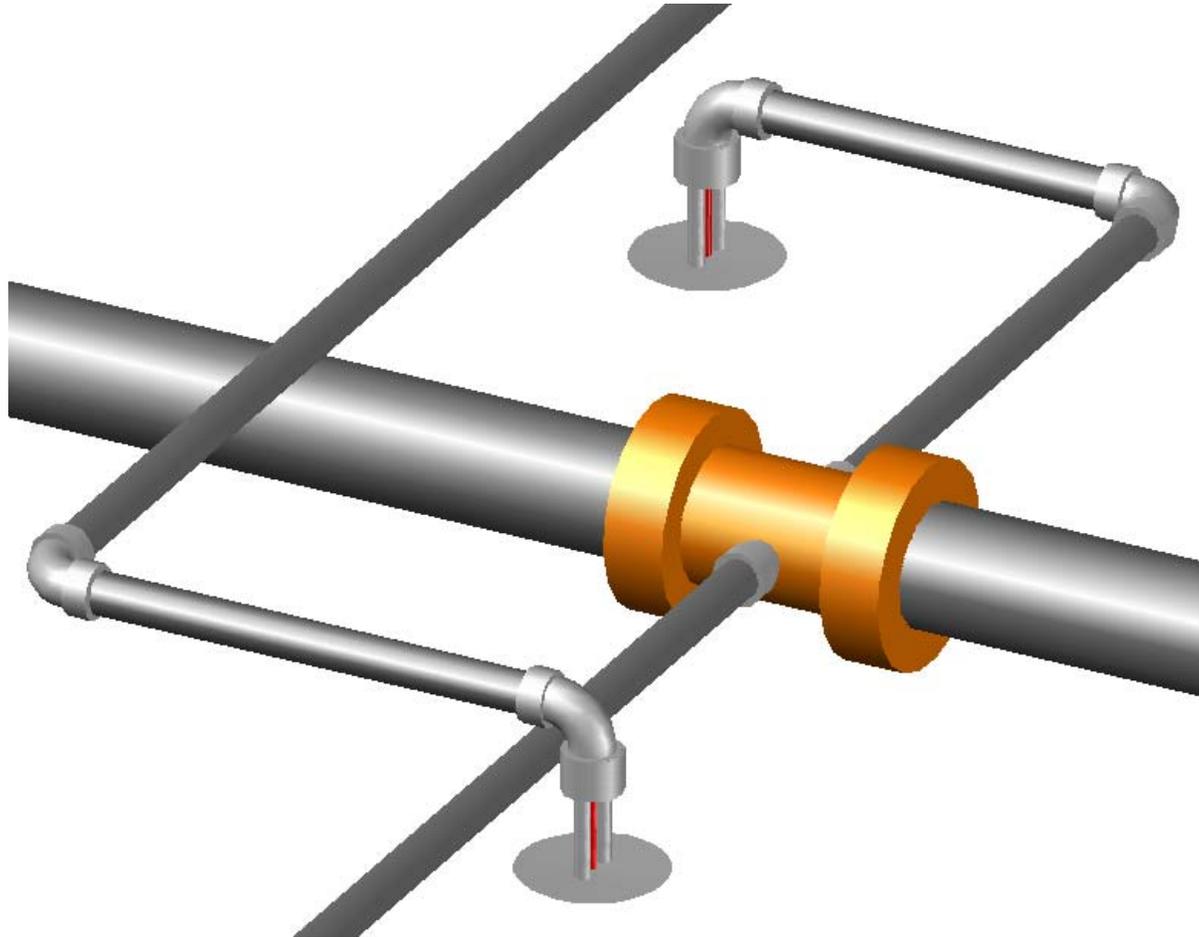
**Figura C24. Modelo 3D del SCI de la Terraza.**



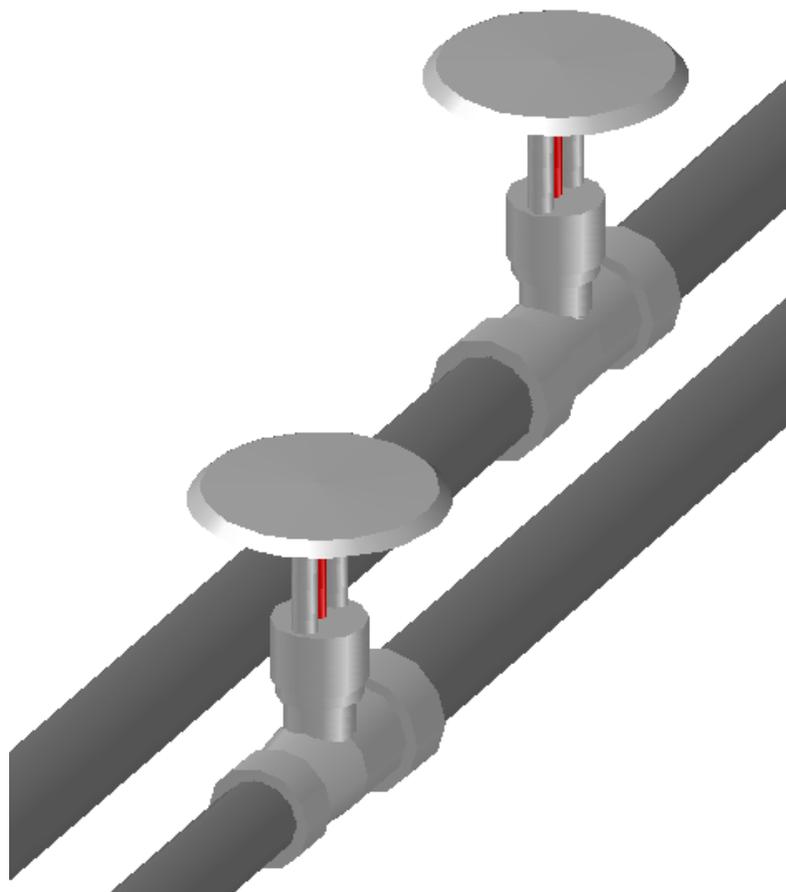
**Figura C25. Modelo 3D del Sistema Completo de Protección de Incendios del Edificio Publishing.**



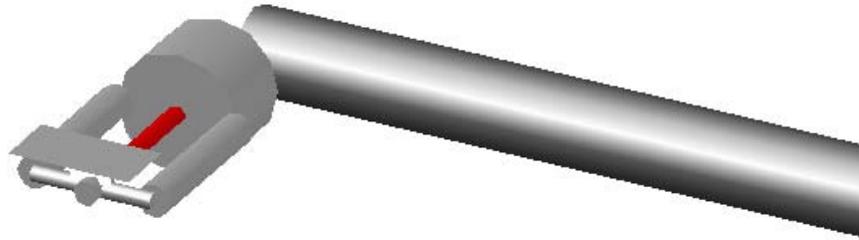
**Figura C26. Detalle del Montante Vertical y Alimentadores de cada Piso.**



**Figura C27. Detalle de Rociadores Colgantes.**



**Figura C28. Detalle de Rociadores Montantes.**



**Figura C29. Detalle de Rociadores de Pared Horizontales.**

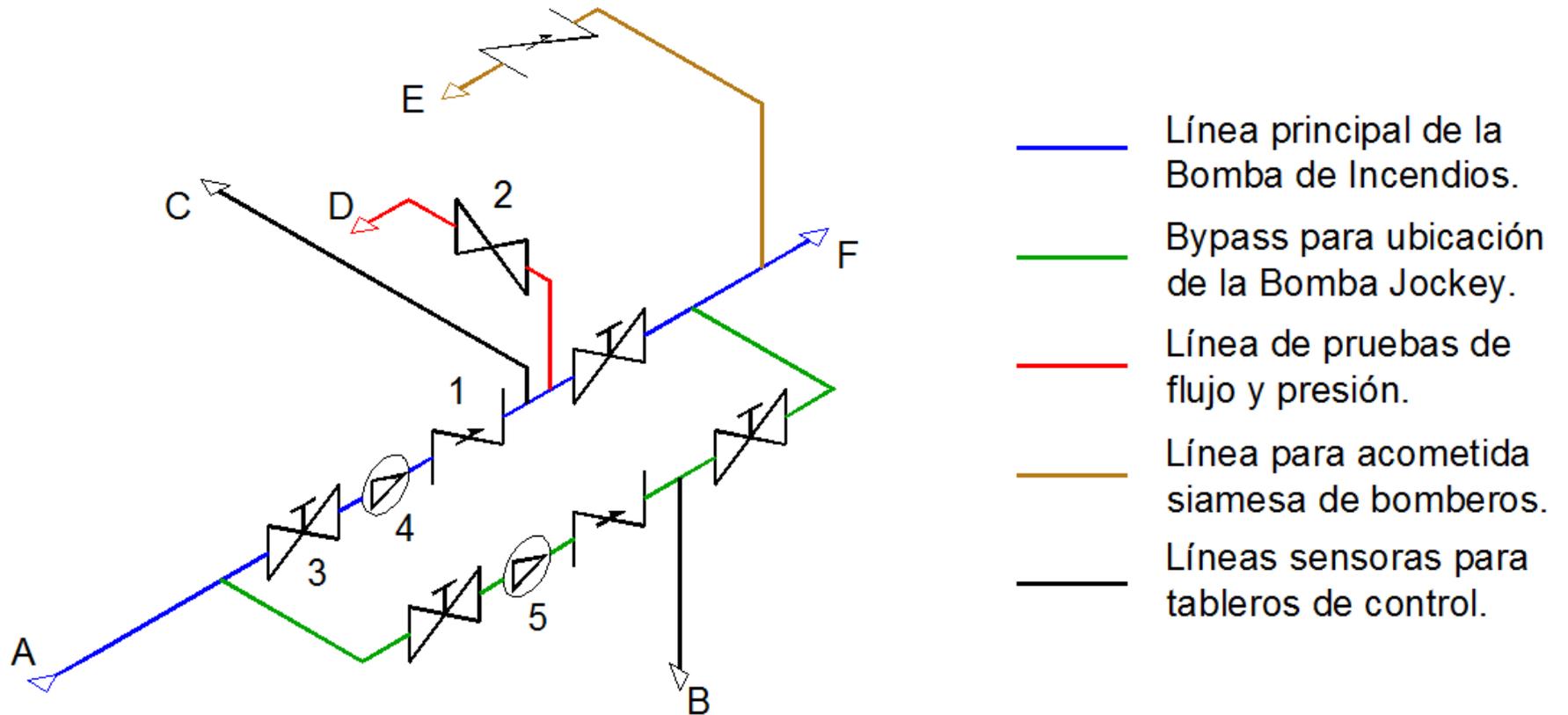


Figura C30. Diagrama del Arreglo de la Bomba de Incendios del Edificio Publishing.

# ANEXO D

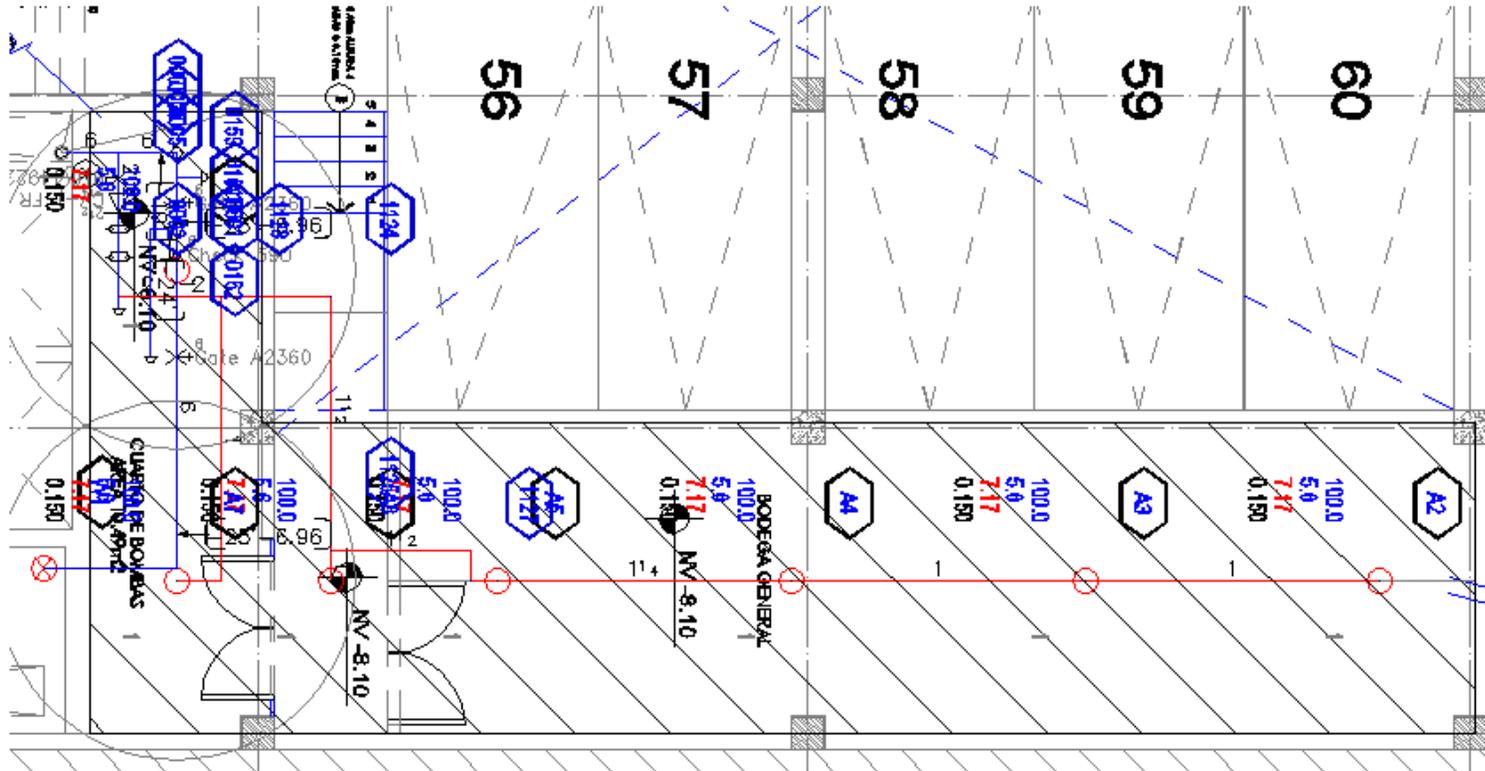


Figura D1. Área Calculada del Subsuelo 3.

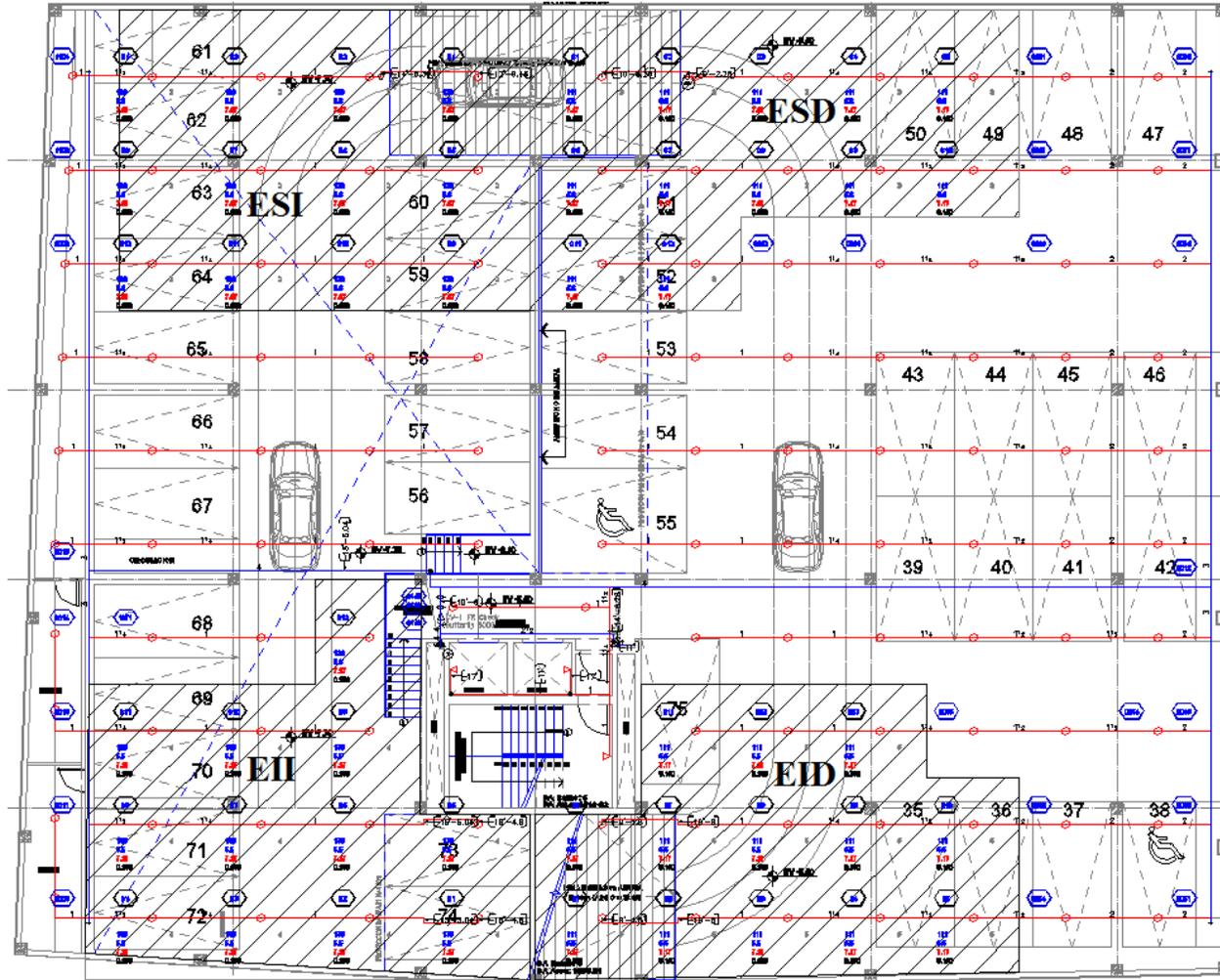


Figura D2. Áreas Calculadas del Subsuelo 2.



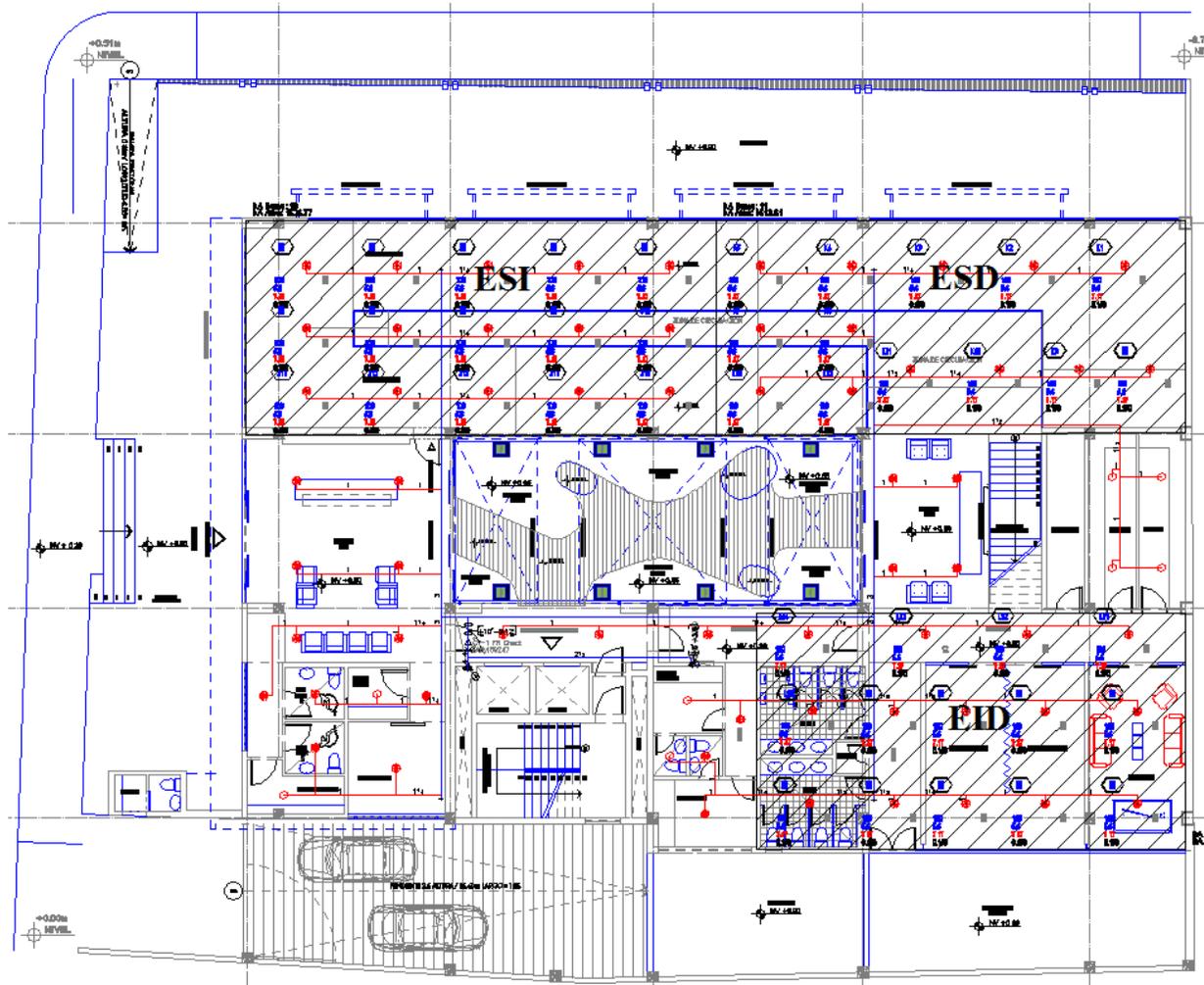


Figura D4. Áreas Calculadas de la Planta Baja.

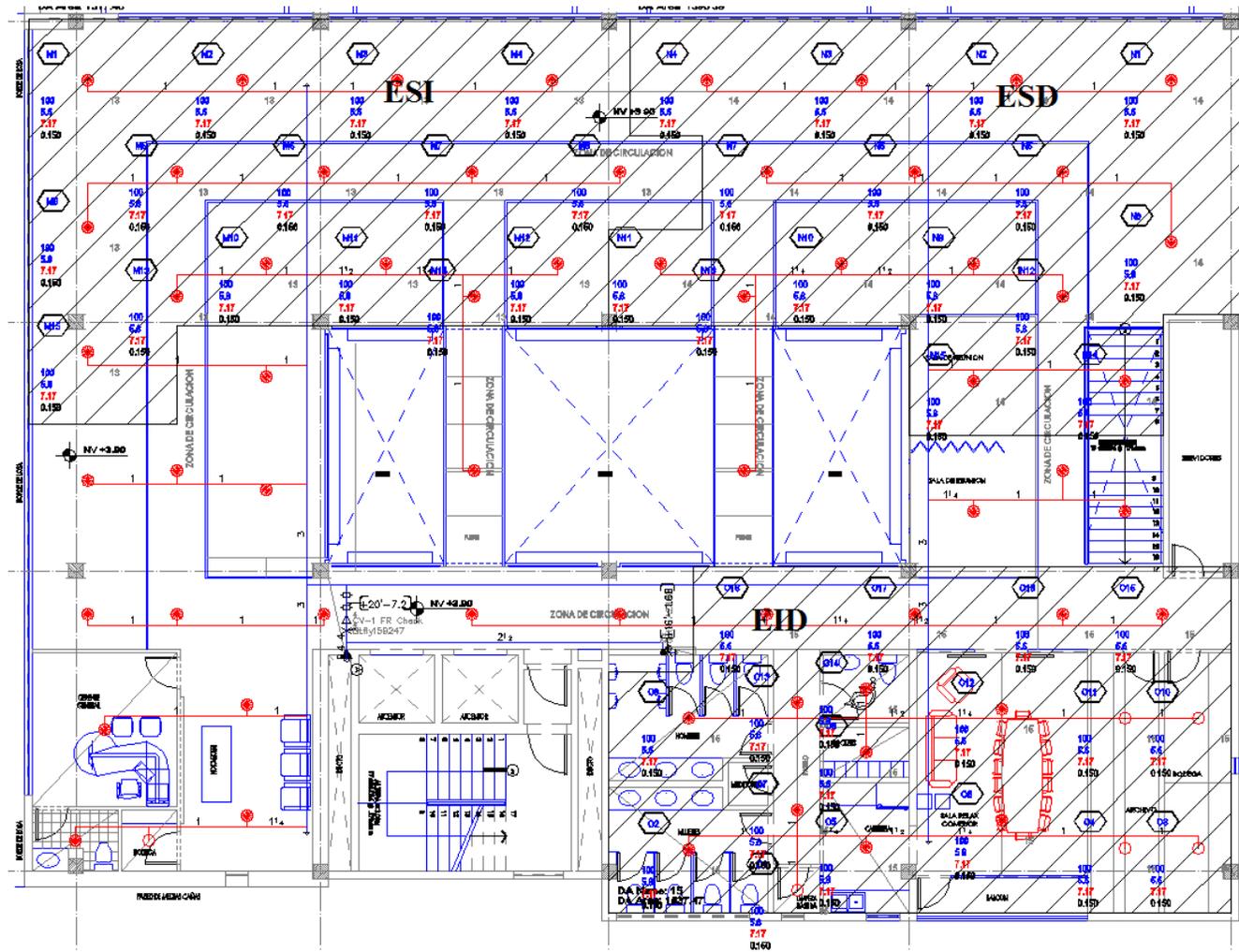


Figura D5. Áreas Calculadas del Piso 1.

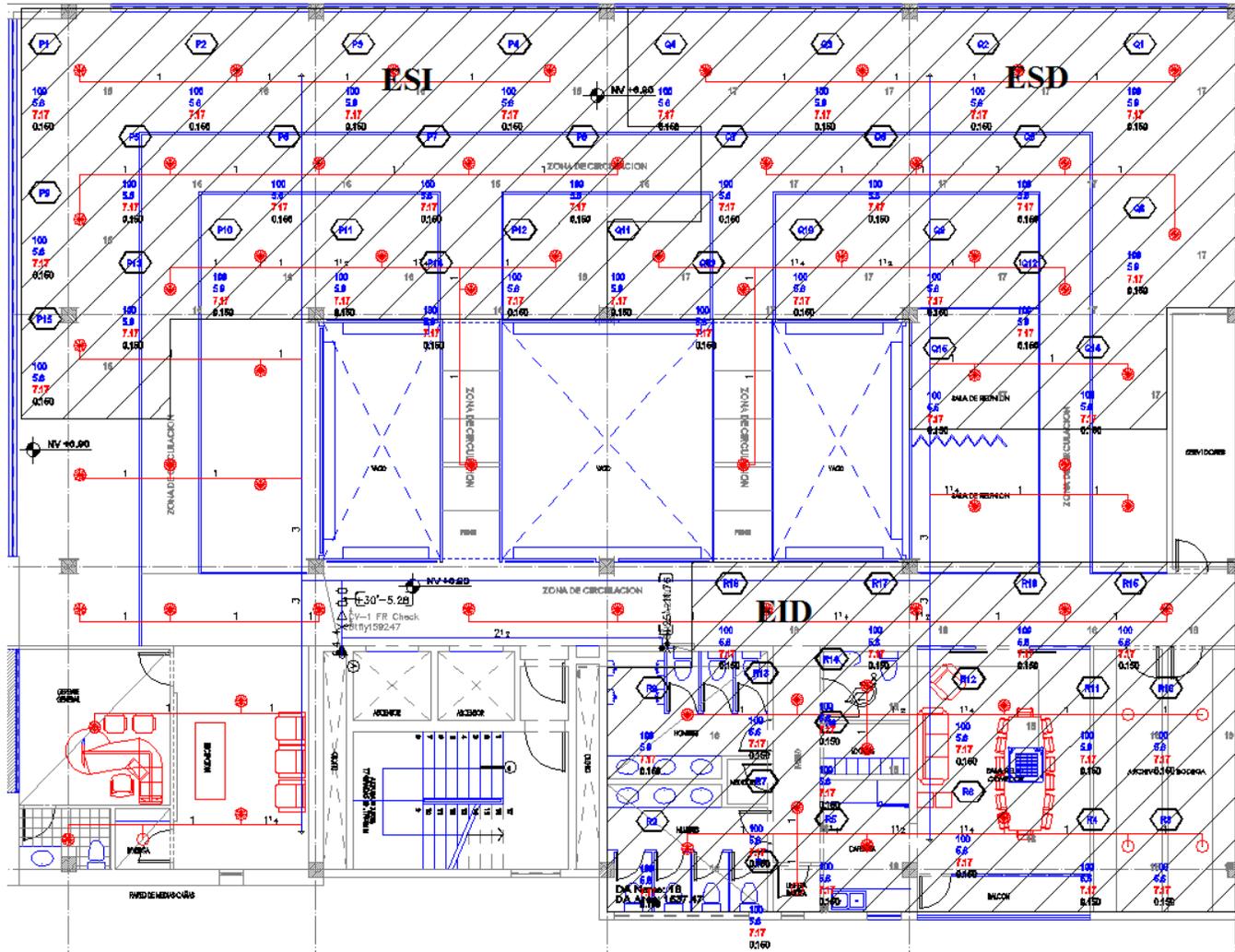
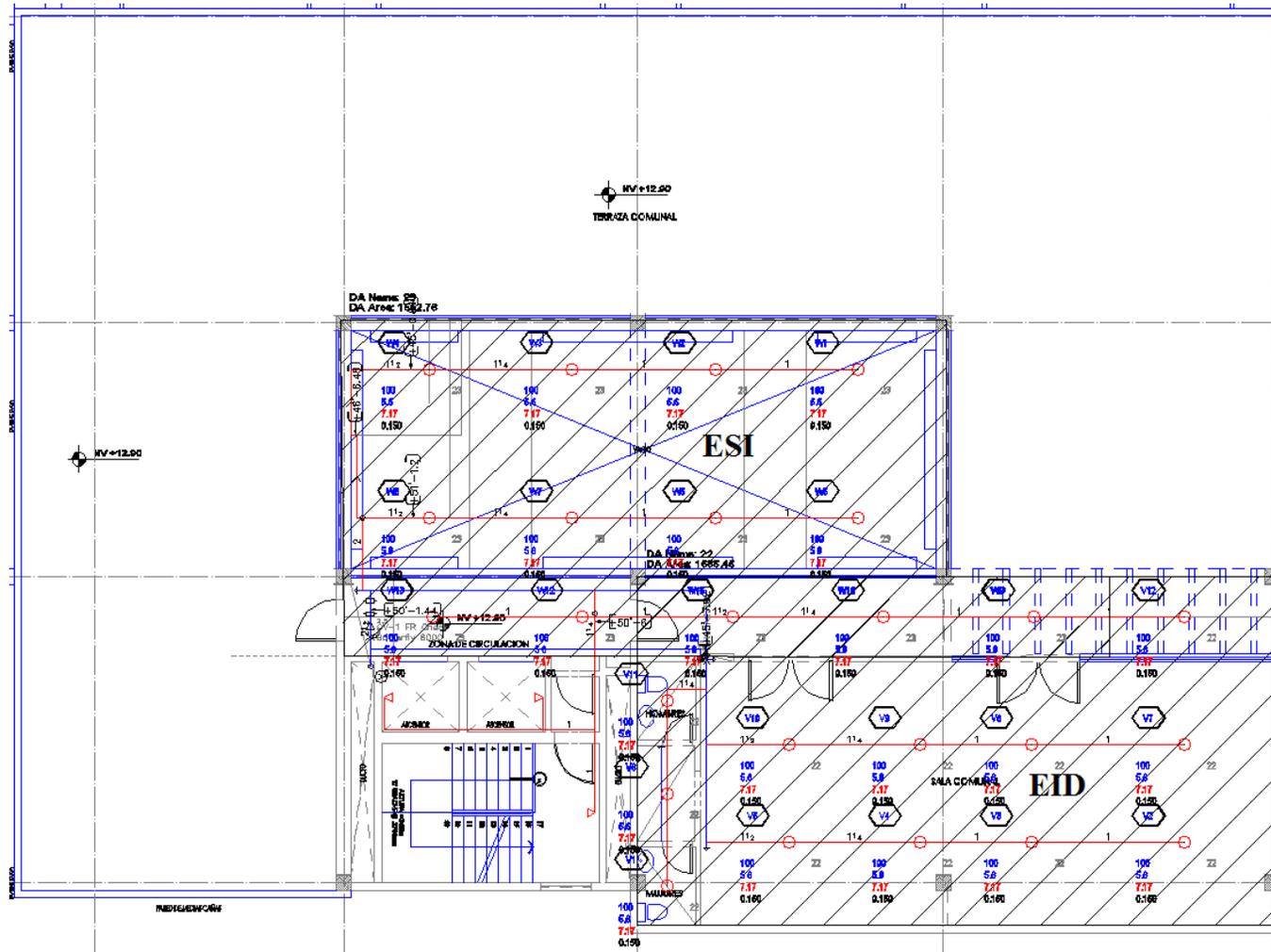


Figura D6. Áreas Calculadas del Piso 2.





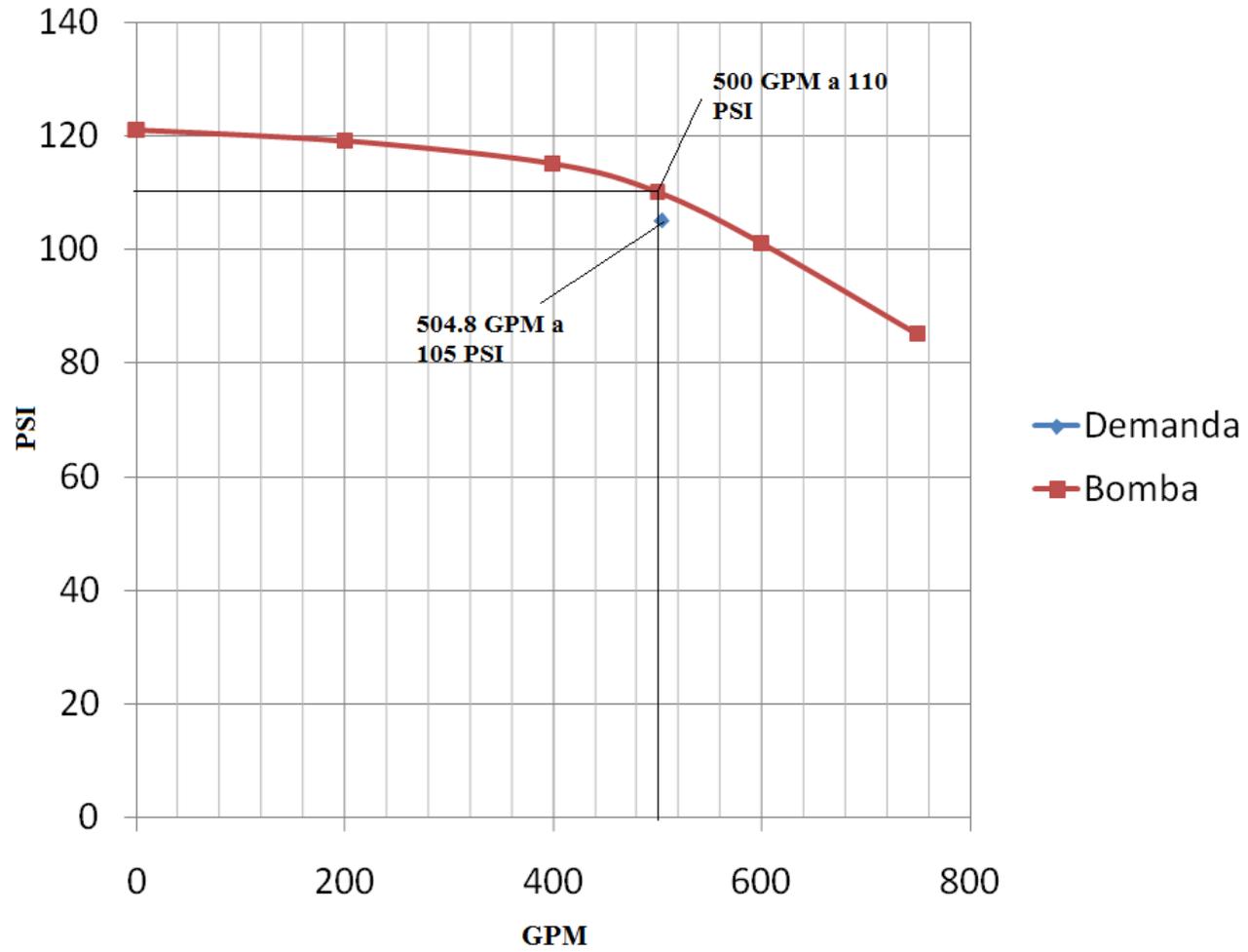


Figura D9. Gráfica del Resultado de Demanda y Suministro del SCI del Edificio Publishing.

## HYDRAULIC CALCULATIONS for

---

### Job Information

Project Name : Ejemplo Cálculo Hidráulico	
Contract No. :	City: Quito, Pichincha
Project Location:	Date: 3/5/2012

---

### Contractor Information

Name of Contractor: SEINGPROAÑO	
Address: Almagro 2033 y Whimper	City: Quito, Pichincha
Phone Number:	E-mail:
Name of Designer: Andrés Proaño	
Authority Having Jurisdiction: Cuerpo de Bomberos	

---

### Design

Remote Area Name	1
Remote Area Location	Fábrica
Occupancy Classification	Ordinario 1
Density (gpm/ft <sup>2</sup> )	0.15
Area of Application (ft <sup>2</sup> )	1524
Coverage per Sprinkler (ft <sup>2</sup> )	127
Number of Calculated Sprinklers	12
In-Rack Demand (gpm)	0
Special Heads	
Hose Streams (gpm)	250
Total Water Required (incl. Hose Streams) (gpm)	525.7
Pressure at Source (psi)	47.9
Type of System	Wet
Volume - Entire System (gal)	130.3 gal

**Tabla D1. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Hazen - Williams, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio.**

### Parte 1

### PIPE INFORMATION

Node 1 Node 2	Elev 1 Elev 2	K-Factor 1 K-Factor 2	Flow added (q) Total flow (Q)	Nominal ID Actual ID	Fittings quantity x (name) = length	L F T	C Factor Pf per ft	total (Pt) elev (Pe) frict (Pf)	NOTES
	(ft)	(gpm/psi <sup>1/2</sup> )	(gpm)	(in)	(ft)	(ft)	(psi)	(psi)	

Path No: 1

S1	14.17	5.6	19.1	1		10.58	120	11.6	
S2	14.17	5.6	19.1	1.049		0	0.1185	0	
						10.58		1.3	
S2	14.17	5.6	20.1	1		10.58	120	12.8	
S3	14.17	5.6	39.1	1.049		0	0.4489	0	
						10.58		4.8	
S3	14.17	5.6	23.5	1.25		10.58	120	17.6	
S4	14.17	5.6	62.6	1.38		0	0.2821	0	
						10.58		3	
S4	14.17	5.6	25.4	1.5	1x(us.Tee-Br)=8	6	120	20.6	
O2	14.17		88	1.61		8	0.2502	0	
						14		3.5	
O2	14.17		27.1	2	1x(us.Tee-Br)=10	1.67	120	24.1	
O8	12.5		115.1	2.067		10	0.1218	0.7	
						11.67		1.4	
O8	12.5		0	3		12	120	26.2	
O10	12.5		115.1	3.26		0	0.0132	0	
						12		0.2	
O10	12.5		115.5	3		11	120	26.4	
O11	12.5		230.5	3.26		0	0.048	0	
						11		0.5	
O11	12.5		45.1	3	1x(us.Tee-Br)=20.16	27.58	120	26.9	
O15	1.5		275.7	3.26	1x(us.90)=9.41	29.57	0.0668	4.8	
						57.15		3.8	
O15	1.5		0	4		2.43	0	35.5	Ames5000SS
O17-I	1.5		275.7	0		0	3.665	0	
						2.43		8.9	
O17-I	1.5		0	4	1x(us.90)=10	3	120	44.4	
O18	1.5		275.7	4.026		10	0.0239	0	
						13		0.3	
O18	1.5		0	4	1x(us.90)=18.33	111.5	140	44.7	
W1	-2		275.7	4.3		18.33	0.013	1.5	
						129.83		1.7	
<b>W1</b>								<b>47.9</b>	

**Tabla D2. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Hazen - Williams, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio.**

**Parte 2**

## HYDRAULIC CALCULATIONS for

---

### Job Information

Project Name : Fábrica de Vidrio	
Contract No. :	City: Quito, Pichincha
Project Location: Avenida A Calle B	Date: 5/1/2011

---

### Contractor Information

Name of Contractor: SEINGPROAÑO	
Address: Almagro 2033 y Whimper	City: Quito, Pichincha
Phone Number: 2556771	E-mail:
Name of Designer: Andrés Proaño	
Authority Having Jurisdiction: Cuerpo de Bomberos	

---

### Design

Remote Area Name	4
Remote Area Location	Fábrica
Occupancy Classification	Ordinario 1
Density (gpm/ft <sup>2</sup> )	0.15
Area of Application (ft <sup>2</sup> )	1524
Coverage per Sprinkler (ft <sup>2</sup> )	127
Number of Calculated Sprinklers	12
In-Rack Demand (gpm)	0
Special Heads	
Hose Streams (gpm)	250
Total Water Required (incl. Hose Streams) (gpm)	527.8
Pressure at Source (psi)	48.4
Type of System	Wet
Volume - Entire System (gal)	130.5 gal

---

### Water Supply Information

Date	05/02/2012
Location	Fábrica
Source	W1

**Tabla D3. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Darcy - Weisbach, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio.**

### Parte 1

**PIPE INFORMATION**

Node 1 Node 2	Elev 1 Elev 2	K-Factor 1 K-Factor 2	Flow added (q) Total flow (Q)	Nominal ID Actual ID	Fittings quantity x (name) = length	L F T	C Factor Pf per ft	total (Pt) elev (Pe) frict (Pf)	NOTES
	(ft)	(gpm/psi <sup>1/2</sup> )	(gpm)	(in)	(ft)	(ft)	(psi)	(psi)	

**Path No: 1**

S1	14.17	5.6	19	1		10.58	120	11.6	
S2	14.17	5.6	19	1.049		0	0.1214	0	
						10.58		1.3	
S2	14.17	5.6	20.1	1		10.58	120	12.9	
S3	14.17	5.6	39.1	1.049		0	0.4865	0	
						10.58		5.1	
S3	14.17	5.6	23.8	1.25		10.58	120	18	
S4	14.17	5.6	62.9	1.38		0	0.2959	0	
						10.58		3.1	
S4	14.17	5.6	25.7	1.5	1x(us.Tee-Br)=8	6	120	21.1	
O2	14.17		88.6	1.61		8	0.2599	0	
						14		3.6	
O2	14.17		27.5	2	1x(us.Tee-Br)=10	1.67	120	24.8	
O8	12.5		116.2	2.067		10	0.1212	0.7	
						11.67		1.4	
O8	12.5		0	3		12	120	26.9	
O10	12.5		116.2	3.26		0	0.0119	0	
						12		0.1	
O10	12.5		116.5	3		11	120	27.1	
O11	12.5		232.6	3.26		0	0.0449	0	
						11		0.5	
O11	12.5		45.2	3	1x(us.Tee-Br)=20.16	27.58	120	27.5	
O15	1.5		277.8	3.26	1x(us.90)=9.41	29.57	0.0632	4.8	
						57.15		3.6	
O15	1.5		0	4		2.43	0	35.9	Ames 500 0SS
O17-I	1.5		277.8	0		0	3.6635	0	
						2.43		8.9	
O17-I	1.5		0	4	1x(us.90)=10	3	120	44.8	
O18	1.5		277.8	4.026		10	0.0215	0	
						13		0.3	
O18	1.5		0	4	1x(us.90)=18.33	111.5	140	45.1	
W1	-2		277.8	4.3		18.33	0.0139	1.5	
						129.83		1.8	
<b>W1</b>								<b>48.4</b>	

**Tabla D4. Resultados del Cálculo Hidráulico Automático realizado con SprinkCAD, por medio de la Ecuación de Darcy - Weisbach, para el Ejemplo de la Fábrica de Vidrio.**

**Parte 2**

	Área de diseño	S	L	$1.2(1500)^{1/2}/S$	$A_s$
	pies <sup>2</sup>	pies	pies	U	pies <sup>2</sup>
<b>Subsuelo 3</b>	737.73	NA	NA	NA	139.20
<b>Subsuelo 2</b>					
ESI	1599.53	12.27	10.58	3.79	129.82
ESD	1522.21	10.48	10.58	4.43	110.88
EII	1500.75	12.27	10.58	3.79	129.82
EID	1519.82	10.48	10.58	4.43	110.88
<b>Subsuelo 1</b>					
ESI	1514.07	12.27	10.58	3.79	129.82
ESD	1522.21	10.48	10.58	4.43	110.88
EII	1500.75	12.27	10.58	3.79	129.82
EID	1533.43	10.48	10.58	4.43	110.88
<b>Planta Baja</b>					
ESI	1526.77	11.19	7.75	4.15	86.72
ESD	1513.61	8.75	14.58	5.31	127.58
EID	1533.4	NA	NA	NA	136.38
<b>Pisos 1, 2 y 3</b>					
ESI	1517.48	13.38	NA	3.47	141.45
ESD	1590.39	13.28	NA	3.50	197.87
EID	1537.47	NA	NA	NA	142.10
<b>Terraza</b>					
ESI	1552.76	NA	NA	NA	136.13
EID	1585.45	11.17	8.25	4.16	92.15

**Tabla D5. Datos de Distribución de Rociadores del Edificio Publishing**

<b>Edificio Publishing</b>				
<b>Demanda de Áreas Remotas</b>				
	<b>Área Protegida</b>	<b>Rociadores Calculados</b>	<b>Demanda de Agua</b>	<b>Presión Requerida</b>
	<b>ft<sup>2</sup></b>	<b>U</b>	<b>Gpm</b>	<b>Psi</b>
<b>Subsuelo 3</b>	737.73	7	343.90	30.60
<b>Subsuelo 2</b>				
ESI	1,599.53	12	494.00	44.00
ESD	1,522.21	12	452.40	38.70
EII	1,500.75	12	484.20	39.20
EID	1,519.82	13	476.40	39.10
<b>Subsuelo 1</b>				
ESI	1,514.07	12	462.40	43.10
ESD	1,522.21	12	444.30	41.60
EII	1,500.75	12	471.90	42.10
EID	1,533.43	14	480.80	40.90
<b>Planta Baja</b>				
ESI	1,526.77	15	449.20	34.90
ESD	1,513.61	13	426.80	37.30
EID	1,533.40	14	448.30	36.80
<b>Primer Piso</b>				
ESI	1,517.48	15	478.20	43.20
ESD	1,590.39	15	454.00	41.40
EID	1,537.47	18	504.80	43.00
<b>Segundo Piso</b>				
ESI	1,517.48	15	478.20	47.50
ESD	1,590.39	15	454.00	45.70
EID	1,537.47	18	503.10	47.00
<b>Tercer Piso</b>				
ESI	1,517.48	15	473.10	52.50
ESD	1,590.39	15	449.40	50.60
EID	1,537.47	18	504.80	52.80
<b>Terraza</b>				
ESI	1,552.76	13	482.80	71.30
EID	1,585.45	15	478.60	69.90

**Tabla D6. Resultados de Todas las Áreas Calculadas del Edificio Publishing.**

**Unidades Sistema Inglés**

<b>Edificio Publishing</b>				
<b>Demanda de Áreas Remotas</b>				
	<b>Área Protegida</b>	<b>Rociadores Calculados</b>	<b>Demanda de Agua</b>	<b>Presión Requerida</b>
	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>U</b>	<b>L/min</b>	<b>Bar</b>
<b>Subsuelo 3</b>	68.57	7	1,301.66	2.11
<b>Subsuelo 2</b>				
ESI	148.68	12	1,869.79	3.03
ESD	141.49	12	1,712.33	2.67
EII	139.50	12	1,832.70	2.70
EID	141.27	13	1,803.17	2.69
<b>Subsuelo 1</b>				
ESI	140.73	12	1,750.18	2.97
ESD	141.49	12	1,681.68	2.87
EII	139.50	12	1,786.14	2.90
EID	142.53	13	1,819.83	2.82
<b>Planta Baja</b>				
ESI	141.91	15	1,700.22	2.40
ESD	140.69	13	1,615.44	2.57
EID	142.53	14	1,696.82	2.54
<b>Primer Piso</b>				
ESI	141.05	15	1,809.99	2.98
ESD	147.83	15	1,718.39	2.85
EID	142.91	18	1,910.67	2.96
<b>Segundo Piso</b>				
ESI	141.05	15	1,809.99	3.27
ESD	147.83	15	1,718.39	3.15
EID	142.91	18	1,904.23	3.24
<b>Tercer Piso</b>				
ESI	141.05	15	1,790.68	3.62
ESD	147.83	15	1,700.98	3.49
EID	142.91	18	1,910.67	3.64
<b>Terraza</b>				
Cúpula	144.33	13	1,827.40	4.91
Sala Comunal	147.37	15	1,811.50	4.82

**Tabla D7. Resultados de Todas las Áreas Calculadas del Edificio Publishing.**

**Unidades Sistema Métrico**

<b>Datos de Bombas de Incendios Disponibles marca AC PUMP</b>					
	<b>RPM</b>	<b>Precio</b>	<b>Peso</b>	<b>Motor HP</b>	<b>Max HP</b>
<b>400 GPM a 125 PSI 1580 Series Vertical In Line</b>					
MOD 6x6x11 F-L	3550	21,492.94	972	75	78
MOD 4x4x9.5 F	3550	19,677.98	810	60	59.1
<b>400 GPM a 125 PSI 2000 Series End Suction</b>					
MOD 4x3x9F	3550	22,878.04	1060	75	69
<b>450 GPM a 115 PSI 1580 Series Vertical In Line</b>					
MOD 4x4x9.5F	3550	17,385.40	750	50	54.6
<b>500 GPM a 110 PSI 1580 Series Vertical In Line</b>					
MOD 6x6x11 F-L	3550	21,170.55	994	75	71
MOD 4x4x9.5 F	3550	17,385.40	650	50	53.8
<b>500 gpm a 110 PSI 2000 Series End Suction</b>					
MOD 4x3x9F	3555	21,946.68	1040	60	60
<b>500 GPM a 110 PSI 8100 Series Split Case</b>					
MOD 6x4x9F	3550	23,140.73	1135	50	50
<b>750 GPM a 95 PSI 1580 Series Vertical In Line</b>					
MOD 6x6x11 F-L	3550	20,525.76	850	60	68
MOD 6x6x9.5 F-L	3550	20,107.84	810	60	69
<b>750 GPM a 95 PSI 8100 Series Split Case</b>					
MOD 6x6x9F	3550	25,385.55	1315	60	60

**Tabla D8. Lista de Precios de Bombas de Agua para Incendios.**

Equipos y Materiales del Cuarto de Bombas			
Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Bomba Principal de Indendios 500 GPM a 110 PSI	U	1
2	Bomba Jockey 10 GPM a 115 PSI	U	1
3	Tablero de Control para bomba principal	U	1
4	Tablero de Control para bomba jockey	U	1
5	Válvula de Compuerta de 6 in	U	1
6	Válvula de Retención de 6 in	U	2
7	Válvula Mariposa Supervisada de 6 in	U	2
8	Válvula de Alivio de Circulación de 3/4 in	U	1
9	Válvula de compuerta de bronce de 1-1/2	U	2
10	Válvula de Retención de bronce de 1-1/2 in	U	1
11	Válvula de Retención de bronce de 1/2 in	U	4
12	Válvula de Globo de bronce de 1/2 in	U	4
13	Reducción Excéntrica HN de 6x4 in FxF	U	1
14	Reducción Concéntrica HN de 6x4 in FxF	U	1
15	Tubería HN CED 40 de 6 in	m	6
16	Tubería HN CED 40 de 1-1/2 in	m	6
17	Tubería Cu de 1/2 in	m	12
18	Codo HN CED 40 de 6 in x 90°	U	5
19	Codo HN CED 40 de 1-1/2 in x 90°	U	4
20	Codo de Cobre de 1/2 in	U	12
21	Placa Vortex cuadrada de 12 in de diámetro	U	1
22	Tee HN CED 40 de 6 in FxFxG	U	1
23	Tee HN CED 40 de 6 in GxGxG	U	1
24	Tee de Cobre de 1/2 in	U	4
25	Universal roscada de HN de 1-1/2 in	U	2
26	Unión tipo coupling rígido de 6 in	U	10
27	Bridas de 6 in	U	4

**Tabla D9. Lista de Materiales / Parte 1**

Item	Descripción	Unidad	Total
1	Rociador tipo montante K=5.6 con rosca de 1/2 in	U	288
2	Rociador tipo colgante K=5.6 con rosca de 1/2 in	U	246
3	Rociador de pared K=5.6 con rosca de 1/2 in	U	6
4	Gabinete de 80x80x20 cm con rack para manguera de 1-1/2 in y válvula angular de 2-1/2 x 1-1/2 in, pitón, hacha y extintor de CO2 de 10 lb.	U	7
5	Tubería de HN CED 10 de 6 in	m	24
6	Tubería de HN CED 10 de 4 in	m	94.21
7	Tubería de HN CED 10 de 3 in	m	332.93
8	Tubería de HN CED 10 de 2-1/2 in	m	103.66
9	Tubería de HN CED 40 de 2 in	m	92.68
10	Tubería de HN CED 40 de 1-1/2 in	m	215.85
11	Tubería de HN CED 40 de 1-1/4 in	m	231.1
12	Tubería de HN CED 40 de 1 in	m	1056.1
13	Unión tipo Coupling rígido de 6 in	U	20
14	Unión tipo Coupling flexible de 6 in	U	8
15	Unión tipo Coupling rígido de 4 in	U	60
16	Unión tipo Coupling flexible de 4 in	U	6
17	Unión tipo Coupling rígido de 3 in	U	125
18	Unión tipo Coupling flexible de 3 in	U	0
19	Unión tipo Coupling rígido de 2-1/2 in	U	48
20	Unión tipo Coupling flexible de 2-1/2 in	U	20
21	Codo ranurado de 4 in x 90°	U	4
22	Codo ranurado de 3 in x 90°	U	1
23	Codo ranurado de 2-1/2 in x 90°	U	24
24	Codo roscado de 2 in x 90°	U	
25	Codo roscado de 1-1/2 in x 90°	U	6
26	Codo roscado de 1-1/4 in x 90°	U	2
27	Codo roscado de 1 in x 90°	U	145
28	Codo roscado de 1 x 1/2 in x 90°	U	340
29	Tee ranurada de 6 in	U	2
30	Tee ranurada de 6 x 4 in	U	4
31	Tee ranurada de 4 x 2-1/2 in	U	6
32	Tee ranurada de 4 in	U	19
33	Tee ranurada de 3 in	U	8
34	Tee ranurada de 2-1/2 in	U	2

**Tabla D10. Lista de Materiales / Parte 2**

35	Tee roscada reducida de 2 x 2 x 1 in	U	19
36	Tee roscada reducida de 2 x 1-1/2 x 1 in	U	19
37	Tee roscada reducida de 1-1/2 x 1-1/2 x 1 in	U	21
38	Tee roscada reducida de 1-1/2 x 1-1/4 x 1 in	U	56
39	Tee roscada reducida de 1-1/2 x 1 x 1-1/4 in	U	1
40	Tee roscada de 1-1/2 in	U	1
41	Tee roscada reducida de 1-1/4 x 1 x 1 in	U	83
42	Tee roscada reducida de 1 x 1 x 1/4 in	U	1
43	Tee roscada de 1 in	U	159
44	Tee mecánica ranurada de 6 x 2-1/2 in	U	1
45	Tee mecánica roscada de 2-1/2 x 1 in	U	1
46	Tee mecánica roscada de 2-1/2 x 1-1/4 in	U	4
47	Tee mecánica roscada de 2-1/2 x 1-1/2 in	U	3
48	Tee mecánica roscada de 2-1/2 x 2 in	U	2
49	Tee mecánica roscada de 3 x 1 in	U	44
50	Tee mecánica roscada de 3 x 1-1/4 in	U	25
51	Tee mecánica roscada de 3 x 1-1/2 in	U	33
52	Tee mecánica roscada de 3 x 2 in	U	19
53	Tee mecánica roscada de 4 x 1-1/4 in	U	1
54	Tee mecánica roscada de 4 x 1-1/2 in	U	1
55	Reducción concéntrica ranurada de 6 x 4 in	U	5
56	Reducción concéntrica ranurada de 4 x 3 in	U	16
57	Reducción concéntrica ranurada de 4 x 2-1/2 in	U	6
58	Reducción concéntrica ranurada de 3 x 2-1/2 in	U	1
59	Reducción concéntrica roscada de 1 x 1/2 in	U	197
60	Cruz roscada de 1-1/4 in	U	3
61	Cruz roscada de 1-1/2 in	U	3
62	Bushing roscado de 1-1/2 x 1	U	9
63	Bushing roscado de 1-1/4 x 1	U	9
64	Tapón ranurado de 2-1/2 in	U	11
65	Tapón ranurado de 3 in	U	23
	Tapón ranurado de 6 in	U	2
66	Válvula mariposa ranurada supervisada de 2-1/2 in	U	2
67	Válvula mariposa ranurada supervisada de 4 in	U	6
68	Válvula de alarma compacta de 2-1/2 in	U	2
69	Válvula de alarma compacta de 4 in	U	6
70	Manifold de 2-1/2 in	U	2
71	Manifold de 4 in	U	6

**Tabla D11. Lista de Materiales / Parte 3**

72	Válvula Siamesa para Bomberos 4 x 2-1/2 x 2-1/2 in	U	1
73	Test Header 2 x 2-1/2 in	U	1
74	Soportes tipo pera de 6 in	U	6
75	Soportes tipo pera de 4 in	U	30
76	Soportes tipo pera de 3 in	U	110
77	Soportes tipo pera de 2-1/2 in	U	34
78	Soportes tipo pera de 2 in	U	30
79	Soportes tipo pera de 1-1/2 in	U	70
80	Soportes tipo pera de 1-1/4 in	U	75
81	Soportes tipo pera de 1 in	U	344
82	Soportes tipo U - bolt de 6 in	U	8
83	Soportes tipo U - bolt de 4 in	U	2
84	Soportes tipo U - bolt de 2-1/2 in	U	2
85	Soportes tipo Riser Clamps de 6 in	U	10
86	Soportes tipo Riser Clamps de 4 in	U	5
87	Soportes tipo Riser Clamps de 2-1/2 in	U	5
88	Soportes antisísmicos de 6 in	U	16
89	Soportes antisísmicos de 4 in	U	26
90	Soportes antisísmicos de 3 in	U	60
91	Soportes antisísmicos de 2-1/2 in	U	20
92	Soportes de fin de línea de 1 in	U	148

**Tabla D12. Lista de Materiales / Parte 4**

Item	Dispositivo o Material	Descripción
1	Bomba Principal	Bomba Centrífuga Lineal (In Line) de 500 GPM a 110 PSI. Motor de 50 HP. 3550 RPM. Similar a AC Pump MOD: 4x4x9.5F. UL/FM.
2	Bomba Jockey	Bomba Multi etapa (6) de 5 GPM a 120 PSI Motor de 2 HP Similar a AC Pump MOD: 3SVB2F2B0. UL.
3	Tablero de la Bomba Principal	Controlador montado en gabinete metálico similar a Metron Series MP 300. 50 HP, 220/3/60. Encendido manual y automático. Arranque directo. UL/FM.
4	Tablero de la Bomba Jockey	Controlador Montado en gabinete metálico similar a Metron Series M15. Encendido y apagado manual y automático. 2HP, 220/3/60. Arranque directo. UL/FM
5	Tubería HN Diam. de 2-1/2 a 6 in	Tubería de acero soldada por resistencia eléctrica bajo norma ASTM A 135 Tipo E y Grado A. Son de Cédula 10 y soportan presiones de hasta 300 PSI, similar a Allied tipo M-Coat. UL/FM.
6	Tubería HN Diam. de 1 a 2 in	Tubería de acero soldada por resistencia eléctrica bajo norma ASTM A 135 Tipo E y Grado A. Son de Cédula 40 y soportan presiones de hasta 300 PSI, similar a Allied tipo M-Coat. UL/FM.
7	Accesorios roscados	Deben ser de hierro maleable Clase 150 y 300 según la norma ASME B16.3 y resistententes hasta 300 PSI. Similares a Tyco Series 800. UL/FM.
8	Accesorios ranurados	Deben ser de hierro dúctil según la norma ASTM A-536 y resistentes hasta 300 PSI. Similares a Tyco Data TFP1810
9	Válvulas de Compuerta	Se compone de varios materiales y debe soportar hasta 300 PSI. Similar a NIBCO MOD: F-697-O. Listada UL/FM para protección de incendios.
10	Válvulas de Retención	Deben tener la carcasa de hierro dúctil y soportar hasta 300 PSI. Similar a Tyco MOD: CV-1F. UL/FM.
11	Válvulas Mariposa	Se compone de varios materiales y debe soportar hasta 300 PSI. Similar a Tyco MOD: BFV-N.UL/FM.
12	Válvulas de Alarma	Deben tener la carcasa de hierro dúctil y soportar hasta 300 PSI. Similar a Tyco MOD: CV-1FR. UL/FM.
13	Válvulas Angulares	Deben ser cromadas de 2-1/2 in y soportar hasta 300 PSI. Similar a Guardian MOD: 5000. UL/FM.

**Tabla D13. Especificaciones Técnicas de los Equipos y Materiales del Sistemas de Incendios del Edificio Publishing / Parte 1**

14	Manifold	Debe tener la carcasa de hierro fundido y soportar hasta 175 PSI. Similar a Tyco MOD: Manifold 513. UL/FM
15	Soportes	Deben ser tipo pera de acero de carbono con entrada para varilla roscada similar a Tolco MOD: 1STD. UL/FM.
16	Rociadores	Rociadores montantes, colgantes y de pared estándar de K=5.6. Deben ser cromados con bulbo de vidrio color rojo. Trabajan a 175 psi y 68° C de activación. Similar a Tyco MOD: TY-B. UL/FM
17	Gabinetes	Gabinetes de 80x80x20 cm con válvula angular y rack de 2-1/2 in x 1-1/2 in y maguera de 1-1/2 in, 30 m con pitón. Similar a Guardian MOD: 1330.

**Tabla D14. Especificaciones Técnicas de los Equipos y Materiales del Sistemas de Incendios del Edificio Publishing / Parte 2**

## **Detalle D1. Suspensión, Arriostramiento y Sujeción de la Tubería del Sistema contra Incendios del Edificio Publishing**

### **D1.1 Soportes**

La sujeción de la tubería aérea se hará por medio de anillos ferrosos en forma de "peras" que se unirán a anclajes expansivos insertados en la losa por medio de varillas roscadas. Los diámetros de los anillos deben coincidir con los diámetros de la tubería que se planea soportar. Las varillas roscadas deberán ser de 3/8 pulg (9.5 mm) de diámetro para tuberías de hasta 4 pulg (100 mm) de diámetro, 1/2 pulg (12.7 mm) de diámetro para tuberías de 5, 6 y 8 pulg (125, 150 y 200 mm) de diámetro y 5/8 pulg (15.9 mm) de diámetro para tuberías de 10 y 12 pulg (250 y 300 mm) de diámetro. Los anclajes expansivos deberán tener las roscas internas del mismo diámetro de las varillas roscadas que se pretendan instalar [8, 14].

El espaciamiento entre soportes deberá estar de acuerdo con la Tabla 9.2.2.1 de NFPA 13, ubicada en el Anexo B. En los ramales, se deberá colocar un soporte en cada sección de tubería entre rociadores. Cuando los rociadores estén espaciados menos de 6 pies (1.8 m), deberán permitirse los soportes espaciados hasta un máximo de 12 pies (3.7). Los soportes en la tubería principal, deberán colocarse cada 2 ramales, siempre que la distancia máxima entre soportes no exceda las distancias especificadas en la Tabla 9.2.2.1 de NFPA 13. Las tuberías verticales deberán soportarse por abrazaderas para tuberías verticales o por soportes ubicados en las conexiones horizontales dentro de las 24 pulg (610 mm) de la línea central de la tubería vertical. Para el montante vertical de alimentación, que atraviesa todos los pisos, deberán proporcionarse soportes en el piso más bajo, en cada segundo nivel hacia arriba, por encima y por debajo de las piezas de inflexión y en el extremo superior [8, 14].

Las longitudes de tubería sin soporte al final de los ramales están limitadas a 36 pulg (0.91 m) para tuberías de 1 pulg (25 mm), 48 pulg (1.22 m) para tubería de 1-1/4 pulg (32 mm) y 60 pulg (1.52 m) para tuberías de 1-1/2 pulg (38 mm) y mayores. Los tramos de tubería

que se utilizan para instalar los rociadores colgantes desde el ramal hasta el cielo falso deben soportarse a partir de las 12 pulg (305 mm) de longitud [8, 14].

## **D1.2 Protección Antisísmica**

### **D1.2.1 Acoples Flexibles**

Las uniones flexibles permiten el desplazamiento axial, la rotación y por lo menos un grado de movimiento angular de la tubería, sin dañarla. Los acoples flexibles deberán instalarse como sigue:

1. Dentro de las 24 pulg (610 mm) desde los extremos superior e inferior de todas las tuberías verticales, a menos que se cumplan las disposiciones siguientes:
  - a. En tuberías verticales de menos de 3 pies (0.9 m) de longitud, se permite omitir los acoples flexibles.
  - b. En tuberías verticales de 3 pies a 7 pies (0.9 m a 2.1 m) de longitud, un acople flexible es adecuado.
2. Dentro de las 12 pulg (305 m) por encima y dentro de las 24 pulg (610 mm) por debajo del piso en edificios de varios pisos. Cuando el acople flexible por debajo del piso está por encima del enlace principal a la tubería principal que alimenta a ese piso, deberá proveerse un acople flexible de acuerdo con uno de los siguientes:
  - a. En la parte horizontal dentro de las 24 pulg (610 mm) del enlace cuando el enlace sea horizontal.
  - b. En la parte vertical del enlace, cuando el enlace incorpora una tubería vertical.
3. A ambos lados de las paredes de concreto o de mampostería, dentro de 1 pie (305 mm) de la superficie de la pared, a menos que se proporcione un espacio libre alrededor del tubo.

**Acoplamiento Flexible para Bajantes.-** Los acoplamiento flexible para las bajantes hacia líneas de mangueras deberán instalarse independientemente de los diámetros de las tuberías como sigue:

1. Dentro de las 24 pulg (610 mm) de la parte superior de la bajante.
2. Dentro de las 24 pulg (610 mm) por encima del aditamento de fijación de la bajante más elevada, cuando las fijaciones de la bajante están provistos en la estructura o entrepiso.
3. Dentro de las 24 pulg ( ) por encima de la parte inferior de la bajante, cuando no se proveen soportes adicionales.

### **D1.2.2 Espacio Libre**

Deberá proporcionarse un espacio libre alrededor de todas las tuberías que se extiendan a través de paredes, pisos, plataformas y cimientos, incluyendo los drenajes, las conexiones para el departamento de bomberos y otras tuberías auxiliares.

Cuando las tuberías pasan a través de orificios en plataformas, cimientos, paredes o pisos, los orificios deberán dimensionarse de modo que el diámetro de los orificios sea nominalmente 2 pulg (50 mm) mayor que la tubería, para tubos de 1 pulg (25 mm) nominal a 3-1/2 pulg (90 mm) nominal; y 4 pulg (100 mm) mayor que la tubería, para tubos de 4 pulg (100 mm) nominales o más.

### **D1.2.3 Arriostamiento Antioscilante**

La tubería del sistema deberá estar asegurada para resistir cargas sísmicas horizontales, tanto laterales como longitudinales, y para evitar el movimiento vertical resultante de las cargas sísmicas.

Deberá determinarse que los componentes estructurales a los que se fija el arriostamiento son capaces de soportar las cargas sísmicas adicionales aplicadas.

Las riostras antiosciantes deberán diseñarse para soportar fuerzas de tracción y compresión.

### **D1.2.3.1 Arriostramiento Antioscilante Lateral**

Deberá proporcionarse arriostramiento antioscilante lateral en todas las tuberías principales de alimentación y transversales independientemente del diámetro y en todos los ramales y en otras tuberías con un diámetro de 2-1/2 pulg (65 mm) y más.

El arriostramiento antioscilante lateral deberá espaciarse de acuerdo con el artículo 9.3.5.3 de NFPA 13 pero no deberá exceder un intervalo máximo de 40 pies (12.2 m) entre centros.

### **D1.2.3.2 Arriostramiento Antioscilante Longitudinal**

Deberá proporcionarse el arriostramiento antioscilante longitudinal espaciado a un máximo de 80 pies (24.4 m) entre centros para las tuberías principales de alimentación y transversales.

### **D1.2.3.3 Tuberías Verticales**

Los extremos superiores de las tuberías verticales de más de 3 pies (1 m) de longitud, deberán estar provistos de riostras de 4 vías.

La distancia entre riostras de 4 vías para las tuberías verticales no deberá exceder los 25 pies (7.6 m).

Para mayor información se recomienda analizar el Capítulo 9 de NFPA 13.

<b>EDIFICIO PUBLISHING</b>					
<b>INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA PARA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS</b>					
<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>					
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Cuarto de Bombas</b>					
1	Bomba Principal In Line de 500 GPM @ 110 PSI, 50 HP. Marca ITT	U	1	17,385.40	17,385.40
2	Bomba Jockey Multi Etapas de 10 GPM @ 115 PSI, 2 HP. Marca ITT	U	1	1,823.42	1,823.42
3	Tablero de Control de la Bomba Principal, Metron Series MP 300, 50 HP.	U	1	2,355.00	2,355.00
4	Tablero de Control de la Bomba Jockey, Metron Series M15, 2 HP.	U	1	930.41	930.41
5	Tubería, válvulas, accesorios, manómetros y soportes.	GBL	1	4,640.87	4,640.87
<b>Red de Protección contra Incendios</b>					
6	Rociadores, gabinetes de incendios, tubería, válvulas, accesorios y soportes.	GBL	1	47,120.85	47,120.85
7	Material de anclaje, seguridad y mantenimiento de herramienta: varilla roscada, permatex, teflón, soldadura, ángulo, pernos, tuercas, arnés, cable tensor, protección corporal, aceite para roscadoras, etc.	GBL	1	6,860.00	6,860.00
<b>Mano de Obra</b>					
8	Instalación del sistema de protección contra incendios, arranque de quipos y pruebas certificadas bajo supervisión técnica profesional incluyendo seguridad industrial.	GBL	1	28,060.00	28,060.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>109,175.95</b>
<b>IVA 12%</b>					<b>13,101.11</b>
<b>TOTAL</b>					<b>122,277.06</b>

**Tabla D15. Presupuesto Referencial de Instalación de la Red de Protección contra Incendios del Edificio Publishing**

