

# **UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA**

**FACULTA DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
Y COMUNICACIÓN TIC's**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA**

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ADMINISTRACIÓN**

**Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Licenciatura de  
Ingeniería Mecánica**

**Análisis y actualización del cumplimiento normativo de protección contra incendios en  
instalaciones de tipo ofiCentro en requerimientos del Benemérito Cuerpo de Bomberos**

**Autor: Alexa Tarafa Alvarado**

**Heredia, Costa Rica**

**Fecha: 23 diciembre 2021**



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Análisis y actualización del cumplimiento normativo de protección contra incendios en instalaciones de tipo oficentro en requerimientos de Benemérito Cuerpo de Bomberos, por el estudiante: Alexa Tarafa Alvarado, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Mecánica y Administración de la Universidad Latina de Costa Rica, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración:

---

Ing. Carlos Alberto Campos Hernandez, MGP

Tutor

---

Ing. Josué Torres Rojas

Lector

---

Ing. Vittorio Andrés Vesco Ortega

Representante

Heredia, 22 de diciembre de 2021

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Análisis y actualización del cumplimiento normativo de protección contra incendios en instalaciones de tipo oficentro en requerimientos de Benemérito Cuerpo de Bomberos, elaborado por el estudiante Alexa Tarafa Alvarado puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Carlos Campos Hernandez, MGP

Tutor

Heredia, 22 de diciembre de 2021

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Análisis y actualización del cumplimiento normativo de protección contra incendios en instalaciones de tipo oficentro en requerimientos de Benemérito Cuerpo de Bomberos, elaborado por el estudiante Alexa Tarafa Alvarado puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Josue Torres Rojas

Lector



*M. L. Vilma Isabel Sánchez Castro*  
*Bachiller y Licenciada en Filología Española. U.C.R.*

---



## **A QUIEN INTERESE**

Yo, Vilma Isabel Sánchez Castro, Máster en Literatura Latinoamericana, Bachiller y Licenciada en Filología Española, de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 6-054-080; inscrita en el Colegio de Licenciados y Profesores, con el carné N° 003671, hago constar que he revisado el siguiente documento aprobado por el tutor y los lectores. Y he corregido en él los errores encontrados en ortografía, redacción, gramática y sintaxis. El cual se intitula


### **ANÁLISIS Y ACTUALIZACIÓN DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN INSTALACIONES DE TIPO OFICENTRO EN REQUERIMIENTOS DEL BENEMÉRITO CUERPO DE BOMBEROS**

**DE**

**ALEXA TARAFÁ ALVARADO**

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECÁNICA  
UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA**

Se extiende la presente certificación a solicitud de la interesada en la ciudad de San José a los quince días del mes de diciembre de dos mil veinte y uno. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión.

  
M.L. Vilma Isabel Sánchez Castro  
Máster en Literatura Latinoamericana. UCR.  
Bachiller y Licenciada en Filología Esp. UCR.  
Cédula 600540080-Carné 003671

---

*Teléfonos 2227-8513. Cel 8994-76-93 Apartado 563-1011 Y griega*  
*Correo electrónico: vilma\_sanchez@hotmail.com-info@chavesysanchezfilologos.com*  
*Página Web: Chaves y Sanchez filólogos*  
*Waze Chaves y Sánchez filólogos*

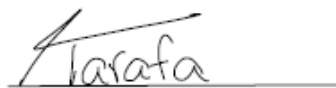
## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Alexa Tarafa Alvarado estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación/Tesis/Práctica Profesional titulado:

Análisis y actualización del cumplimiento normativo de protección contra incendios en instalaciones de tipo oficentro en requerimientos del Benemérito Cuerpo de Bomberos

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Escazú, 23 diciembre, 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tarafa', is written over a horizontal line.

Alexa Tarafa Alvarado

## **“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”**

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

---

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Tarafa Alvarado, Alexa

De la Carrera / Programa: Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Administración  
autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Análisis y actualización del cumplimiento normativo de protección contra incendios en instalaciones de tipo oficentro en requerimientos de Benemérito Cuerpo de Bomberos

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 22 del mes diciembre de año 2021 a las 10am. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:

*Tarafa*



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY Arizona State University

## **Hoja de agradecimientos**

Quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios por todas sus bendiciones y a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez.

También quiero agradecer a la Universidad Latina de Costa Rica, directivos y profesores por la organización del programa de Licenciatura de Ingeniería Mecánica y Administración.



## **Hoja de dedicatorias**

Esta tesis está dedicada a mis padres, Marinette y Jose Miguel quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y por su incondicional apoyo para completar este trabajo.

## RESUMEN

El presente documento busca entender la seguridad y la prevención como elementos clave en el desarrollo de cualquier tipo de instalación, ya que en caso de incendio es fundamental que las instalaciones cuenten con las medidas necesarias para evitar la pérdida de vidas humanas y prevenir accidentes mayores que comprometan edificaciones aledañas o que dificulten el trabajo para los equipos de rescate.

Se aborda el análisis de normativas de la NFPA en comparativa con regulaciones nacionales referentes a sistemas de prevención de incendios, concentrándose especialmente en los sistemas de supresión a base de agua, donde se compara cada detalle necesario para comprobar que el Reglamento Nacional se encuentre actualizado de la mejor manera. Esta comparación da origen a una herramienta donde se pueden comparar las actualizaciones internacionales y la reglamentación costarricense, en búsqueda de la mejora continua en este ámbito.

Además, el análisis de planos de protección contra incendios, y el sistema de supresión a base de agua de dos oficentros diferentes permite observar el avance que se ha llevado en el país a lo largo de los años, ya que se observan los cambios en el diseño y requerimientos entre el 2016 y 2017.

El desarrollo de este proyecto brinda lineamientos útiles para el ejercicio de la labor profesional, considerando aspectos de seguridad que deben ser aplicados en la construcción y diseño de instalaciones, buscando que exista una constante actualización que permita mantener información detallada y beneficiosa a la mano de los profesionales. Con esto, se busca mantener una buena práctica profesional, teniendo el objetivo de mejorar la seguridad y disminuir los riesgos y consecuencias que pueda generar un accidente a causa del fuego.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
CAPÍTULO I	1
1. Problema y propósito	2
1.1 Síntoma	2
1.2 Causas	2
1.3 Pronóstico	3
1.4 Control al pronóstico	3
1.5 Formulación del problema	4
1.6 Sistematización del problema	4
1.7 Objetivo General	5
1.8 Objetivos específicos	5
1.9 Estado actual de la investigación	5
1.10 Metodológica	6
CAPÍTULO II	7
2.1 Marco situacional	8
2.2 Marco Conceptual	9
2.2.1 Edificaciones y oficentros en Costa Rica	9
2.2.2 Seguridad humana	9
2.2.3 Situaciones de fuego	12
2.2.4 Sistemas de supresión contra incendios	14
2.2.4.1 Extintores portátiles	14
2.2.4.2 Sistemas fijos basados en gabinete de manguera	16
2.2.4.3 Sistemas de supresión a base de agua (rociadores)	17
2.2.5 Códigos y normas	18
2.2.5.1 NFPA	18

2.2.5.2 Reglamento Nacional	19
2.3 Hipótesis	20
2.4 Limitaciones	20
2.5 Alcances	21
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>22</b>
3.1 Desarrollo	23
3.1.1 Necesidades de actualización del Reglamento Nacional de Protección contra incendios	23
3.1.1.2 Capítulo 13: Sistemas de supresión a base de agua	23
3.1.2 Herramienta de actualización	26
3.1.3 Comparación de actualización en planos de edificaciones	33
3.2 Conclusiones	36
3.3 Recomendaciones	36
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aspectos de la protección contra incendios.	11
Figura 2. Teoría del Triángulo del Fuego.	13
Figura 3. Tipos de extintores.	15
Figura 4. Tipos de extintores.	16
Figura 5. Componentes de sistema de rociadores.	17

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Comparación de necesidades de actualización del Reglamento Nacional de Protección contra incendios de Costa Rica.	25
Tabla II. Herramienta de análisis de actualización y requerimientos de normas internacionales.	28
Tabla III. Comparación de análisis de planos.	35

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Figura A1. Lámina M07.	42
Figura A2. Lámina M08.	43
Figura A3. Lámina M03.	44
Figura A4. Lámina M04.	45
Figura A5. Lámina M05.	46
Figura A6. Lámina M07.	47
Figura A7. Lámina M10.	48
Figura A8. Lámina M11.	49
Figura A9. Lámina M19.	50
Figura A10. Lámina M20.	51
Figura A11. Lámina MI-03.	52
Figura A12. Lámina MI-02.	53
Figura A13. Lámina MI-01.	54
Figura A14. Lámina MI-04.	55
Figura A15. Lámina MI-05.	56
Figura A16. Lámina MI-06.	57
Figura A17. Lámina MI-07.	58
Figura A18. Lámina MI-08.	59
Figura A19. Lámina MID-01.	60
Figura A20. Lámina MID-02.	61

# CAPÍTULO I



## **1. Problema y propósito**

### **1.1 Síntoma**

Los incendios son situaciones cuyas consecuencias suelen ser muy negativas tanto en el ámbito material como en el humano, causando daños de estructuras, pérdida de viviendas, quemaduras, lesiones e incluso muertes. Estos suceden de manera inesperada y toman por sorpresa a las personas en la mayoría de los casos, lo que causa que controlarlos en sus inicios o aplicar medidas de evacuación sea más difícil.

En edificaciones donde haya una afluencia grande de personas diariamente se hace necesario contar con sistemas que ayuden a la prevención y control de incendios para minimizar los riesgos y pérdidas humanas y materiales. La construcción de edificaciones de tipo ofiCentro ha presentado un aumento en el país en los últimos años, por lo que es importante que en su diseño y construcción se tomen en cuenta las últimas actualizaciones de normativas internacionales, de manera que los reglamentos nacionales abarquen los elementos más importantes con respecto a la prevención de incendios.

### **1.2 Causas**

Los incendios en las instalaciones de tipo ofiCentro pueden originarse de fuentes como fallas en las instalaciones eléctricas, sobrecalentamiento de equipos, sustancias inflamables y descuidos del personal en caso de tener equipos para calentar alimentos. En este tipo de edificaciones existe un riesgo al contener una gran cantidad de materiales que pueden fungir como combustibles para el fuego, por lo que el orden y aseo es imprescindible para reducir el riesgo que estos elementos puedan alimentar un posible incendio.

Para mitigar el riesgo de incendios por las causas antes mencionadas es necesario mantener las instalaciones eléctricas en las mejores condiciones de operación. Las instalaciones eléctricas se deben revisar periódicamente y darles su mantenimiento respectivo, igualmente deben realizarse

estás acciones con equipos como computadoras, impresoras, aires acondicionados y pantallas que pasan encendidos durante muchas horas consecutivas y podrían sobrecalentarse y dar origen a un siniestro.

### **1.3 Pronóstico**

Los ofiencentros del país de no resolverse el problema, no estarían siendo equipados con las herramientas necesarias para prevenir situaciones de fuego y para mantener este bajo control en caso de que se origine. La actualización constante presenta mejoras necesarias para desarrollar edificaciones más seguras con el objetivo de proteger los bienes materiales e instalaciones, pero principalmente las vidas de las personas que diariamente acuden a estas.

### **1.4 Control al pronóstico**

Mediante un análisis de las normas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 1, 13, 14, 15, 20, 22, 24 y 101, se busca analizar si el Reglamento Nacional de Protección contra incendios vigente en Costa Rica requiere actualización. Las necesidades de actualización que se encuentren en el Reglamento Nacional serán abarcadas con el desarrollo de una herramienta que permita una actualización constante de manera fácil y rápida, basada en las últimas actualizaciones de códigos y normas internacionales.

Con las herramientas mencionadas será posible, además, analizar los cambios que se han presentado en el reglamento nacional a lo largo de los años, ya que se pueden realizar comparaciones entre requerimientos de diseño y construcción de ofiencentros construidos en años diferentes en el país.

### **1.5 Formulación del problema**

El problema a mitigar es el riesgo de incendios en instalaciones de tipo ofi-centro ante la desactualización e incumplimiento de los requerimientos del Benemérito cuerpo de bomberos de Costa Rica ante los códigos y normas internacionales. ¿Qué medidas se deben tomar para cumplir con las normativas?

### **1.6 Sistematización del problema**

La solución radica en el análisis de las normativas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego y el Reglamento Nacional de Protección contra incendios vigente en Costa Rica para detallar los puntos que requieren actualización. Adicionalmente con base en los resultados del análisis se propone la implementación de una herramienta de actualización basada en un *checklist* que permita comparar la normativa nacional con la internacional y de esta manera sugiera los cambios y mejoras que se deben realizar en la normativa nacional para cumplir con las normativas internacionales de manera ágil y eficiente.

## **1.7 Objetivo General**

Analizar normativas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego y el Reglamento Nacional de Protección contra incendios vigente en Costa Rica, en búsqueda de elementos de actualización con enfoque en instalaciones de tipo oficentro

## **1.8 Objetivos específicos**

Detallar los puntos del Reglamento Nacional de Protección contra incendios que deben ser actualizados para cumplir con los estándares de las normas establecidas por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.

Sugerir un proceso de actualización constante para el Cuerpo Benemérito de Bomberos de Costa Rica mediante la elaboración de una herramienta que permita mantener el Reglamento Nacional bajo actualización.

Analizar las diferencias presentadas en la Normativa de Protección contra Incendios por medio de rociadores en una instalación tipo oficentro construida en 2016 con respecto a una construida en 2017.

## **1.9 Estado actual de la investigación**

El presente proyecto pretende que con el análisis de las normas internacionales sobre prevención de incendios sea posible determinar si en la reglamentación nacional hay necesidades de actualización y cómo pueden estas ser abordadas. Esto se realiza bajo la visión de que con la prevención se pueden evitar tragedias que involucren pérdidas materiales y de vidas humanas.

Mediante el desarrollo de esta investigación se logra profundizar en el área de la ingeniería relacionada con la protección contra incendios, el análisis de elementos mecánicos y análisis estructural. El interés por aplicar los conocimientos mencionados nace al considerar que la

economía nacional avanza y se desarrollan constantemente proyectos de edificaciones donde se concentran grandes cantidades de personas; en estos lugares los sistemas de protección contra incendios son necesarios, y desde un punto de vista de prevención se busca que su diseño y construcción involucre las medidas correctas para salvaguardar instalaciones y trabajadores de los oficentros.

La herramienta de actualización constante propone un aporte creativo que sea útil para las construcciones y el diseño de edificaciones, las cuales buscan crear espacios seguros. Además, analizando oficentros cuyo sistema de protección contra incendios se basó en la reglamentación nacional se puede determinar si esta se ha actualizado con el paso del tiempo, y cuál es el impacto de una herramienta como la propuesta.

### **1.10 Metodológica**

Se propone un prototipo de una herramienta de actualización con la capacidad de evaluar y hacer comparaciones entre las normativas de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, el Código Internacional de incendios y el Reglamento Nacional de Protección contra incendios vigente en Costa Rica considerando los contenidos de cada uno de ellos y emitiendo las respectivas recomendaciones.

Esta herramienta basada en un *checklist* surge a partir del análisis previo de las diversas normativas nacionales e internacionales como un medio de control de información que demuestre las situaciones que se puedan mejorar en la normativa nacional con respecto a la normativa internacional.

## **CAPÍTULO II**

## 2.1 Marco situacional

El presente proyecto busca analizar las normas y reglamentaciones relacionadas con la prevención de incendios, y demostrar la importancia de la actualización constante en el diseño y construcción de edificaciones de tipo oficentro. Desarrollando una herramienta que muestre los requerimientos y puntos a tomar en consideración para diseñar edificaciones seguras, se busca contribuir a la actualización y mejora del reglamento nacional, buscando siempre la seguridad.

Si bien el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica anualmente publica una nueva versión de su reglamento, un segundo examen y sugerencia de un nuevo método de actualización trae beneficios, ya que se está observando de distintas maneras cómo mejorar las normas costarricenses de prevención contra incendios. Además, actualmente los oficentros están ganando popularidad y su demanda ha aumentado, en estos se concentran usualmente colaboradores de distintas compañías y comercios, convirtiéndolos en lugares con un alto tránsito de personas, lo que hace importante su estudio y protección.

Un análisis como el que se presenta pretende establecer un nivel para que los profesionales acaten las normas y recomendaciones necesarias, lo cual presenta beneficios que permiten resguardar la seguridad, no solo de las instalaciones sino, también de la vida humana. Asimismo, el análisis del cumplimiento de normas y el observar cómo cambian y se actualizan a través de los años permite tener una visión del panorama nacional con respecto a la seguridad y protección contra el fuego.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 Edificaciones y oficentros en Costa Rica**

El Reglamento de Construcciones del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (2018) define que una edificación es una “construcción destinada a cualquier actividad, ya sea habitación, trabajo, almacenamiento o protección de enseres, entre otras”. Dentro de los diversos tipos de edificaciones destacan los oficentros, los cuales están destinados a actividades comerciales y administrativas de distintas industrias y cuentan con una gran afluencia de personas diariamente.

En Costa Rica la ocupación de este tipo de edificaciones va en aumento, para el año 2017 la demanda por estas aumentó alcanzando una ocupación de las instalaciones existentes del 90% (La Nación, 2017). Para el año 2019 hubo un crecimiento importante en el Gran Área Metropolitana, ya que se construyeron al menos 20 oficentros más en el sector, añadiendo 260 000 m<sup>2</sup> de construcción (La República, 2019).

### **2.2.2 Seguridad humana**

El crecimiento de edificaciones de tipo oficentro indica que hay más oportunidades laborales y a raíz de esto, más personas se reunirán diariamente en los mismos. La seguridad y prevención contra incendios debe ser considerada como un elemento primordial en el acondicionamiento de edificaciones, ya que es una herramienta que protege la seguridad de las personas.

Considerando lo anterior se han creado a lo largo de los años códigos y reglamentos que buscan abarcar estas necesidades, un ejemplo de esto se observa con la NFPA, la cual en su código 101 establece dos objetivos respecto a la protección humana:

- a) Mejoramiento de la capacidad de supervivencia de los ocupantes íntimamente relacionados con el desarrollo del fuego.



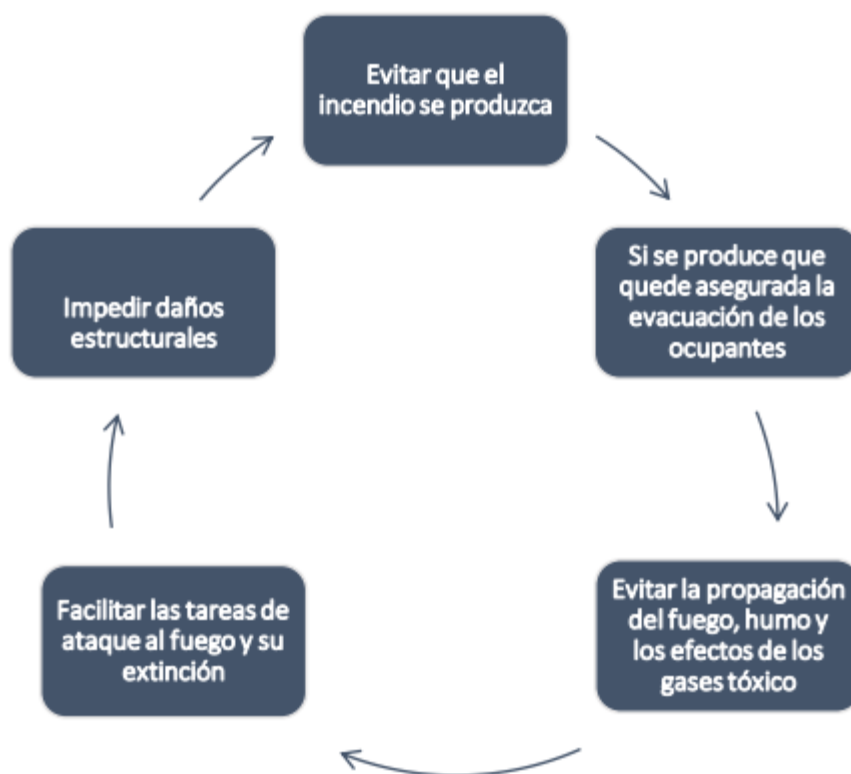
- b) Protección de los ocupantes que no están íntimamente relacionados con el desarrollo del fuego.

Esta información se debe analizar, ya que los incendios generan una serie de peligros para las personas que incluyen pérdida de coordinación motriz, pérdida de visibilidad, desorientación, pánico, intoxicación entre otros que pueden tener consecuencias grandemente negativas sobre los afectados e incluso causarles la muerte (Planas y Esplugas, 2015).

Considerando lo anterior, una edificación debe estar equipada y diseñada de manera que contenga las herramientas, señalamiento y salidas correctas para evacuar en caso de incendio. El Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica en su Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios (2013), especifica los requerimientos para instalaciones de oficinas, los cuales se mencionan a continuación:

- Acceso a salidas con correcto dimensionamiento según carga de personas del edificio y distribución.
- Protección de áreas peligrosas como calderas, hornos y correcto posicionamiento de áreas con contenidos de riesgo elevado.
- Correcta iluminación y señalización.
- Sistemas de detección y alarmas de incendios.
- Extintores portátiles.
- Sistemas fijos de protección contra incendios.

La medida principal que se debe tomar al pensar en incendios es la prevención, es decir, se debe evitar que los incendios se produzcan, si este hecho llega a ocurrir, la evacuación de las personas es fundamental, y para esto, todas las medidas mencionadas entran en juego. En la figura 1 se muestran los principales aspectos a considerar cuando se produce una situación de fuego.



**Figura 1.** Aspectos de la protección contra incendios.

Fuente: Sobre incendios. (2005)

Asimismo, la prevención contra incendios tiene dos ramas, la primera corresponde a la protección pasiva, la cual busca implementar medidas que permitan la evacuación de personas, limitar el desarrollo del fuego y la exposición humana a gases tóxicos. Por otro lado, está también la protección activa que se centra en la adopción e instalación de equipos que ataquen el fuego y buscan su extinción (Higiene y seguridad laboral, 2011). Con esto se considera que las regulaciones buscan la seguridad humana, ya que proveen distintas acciones que se pueden tomar ante incendios, manteniendo el objetivo de proteger a las personas y alertarlas en los casos necesarios.

### 2.2.3 Situaciones de fuego

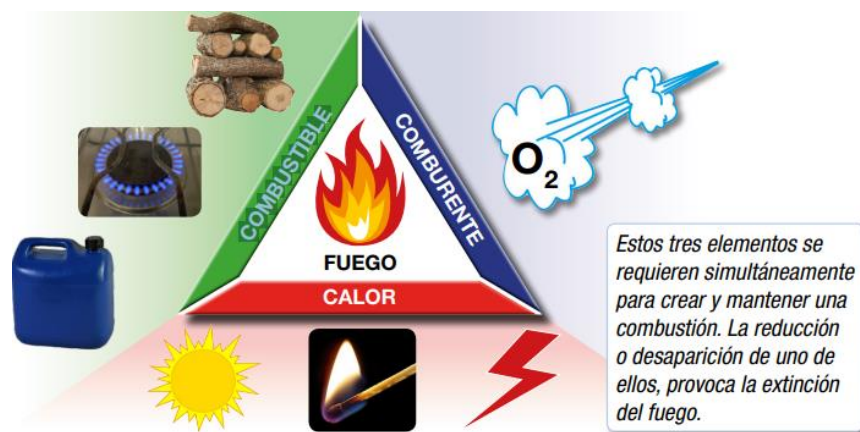
El fuego se define como una “reacción química de combustión, basada en fenómenos de Oxidación-reducción fuertemente exotérmicos, que se manifiestan por un gran desprendimiento de luz y calor” (Planas y Esplugas, 2015), esta reacción da origen a una llama, tal y como la conocemos, la cual puede dar origen a un incendio.

Cuando se menciona un incendio, este se trata de un fuego que no ha sido posible controlarse, el cual genera efectos indeseados, ya que produce humos y gases tóxicos que son dañinos para las personas, además, con las altas temperaturas se generan daños materiales (Planas y Esplugas, 2015).

Para entender mejor cómo se genera un incendio se puede analizar la teoría del “Triángulo de Fuego”, donde se menciona que la relación entre el combustible, el comburente y el calor puede generar fuego, pero también, la eliminación de uno de estos puede controlarlo o acabarlo (Albornoz et. al, 2019).

Por combustible se entiende un material sólido, líquido o gaseoso que tiene la posibilidad de ardes, el comburente es un elemento que no arde pero que hace arder el combustible y sostiene la combustión. (Albornoz et. al, 2019)

La dependencia de estos elementos para dar inicio al proceso de combustión que genera el fuego, y posteriormente un incendio, debe ser acatada con cautela, procurando prevenir la combinación de los tres. En la figura 1 se observa de manera gráfica la teoría antes mencionada.



**Figura 2.** Teoría del Triángulo del Fuego.

Fuente: Albornoz et. al. (2019)

Asimismo, existen distintos tipos de fuego, los cuales se abarcan de acuerdo con su origen y composición, su clasificación se da en tipo A, B, C, D o K. La clasificación dada por el Zurich (2018) sobre las clases de fuego y su método de extinción es la siguiente:

- Tipo A: Combustibles sólidos como madera, papel y plástico, para extinguirlos se debe eliminar el calor y se utiliza comúnmente agua.
- Tipo B: Proviene de combustibles líquidos como solventes, pinturas y grasas, para estos fuegos no es recomendado usar agua, sino, extintores en espuma o buscar la manera de eliminar la fuente de oxígeno cuando sea posible.
- Tipo C: Se dan por equipos eléctricos, por lo que no se debe utilizar agua al intentar apagarlos, se recomienda cortar la corriente eléctrica y utilizar espuma.
- Tipo D: Provenientes de metales inflamables como sodio y magnesio, para apagarlos se utilizan extintores tipo D.
- Tipo K: Estos provienen de grasas animales y aceites vegetales, se tratan con extintores de acetato de potasio.

## 2.2.4 Sistemas de supresión contra incendios

Estos sistemas se caracterizan porque su objetivo es controlar el fuego en sus primeros momentos, buscando así salvaguardar las instalaciones, bienes y personas (Alcázar et al.,2019). Entre estos destacan los sistemas de extintores, gabinetes de manguera y los rociadores, estos últimos de especial interés para la investigación.

### 2.2.4.1 Extintores portátiles

Los extintores portátiles corresponden a la primera respuesta que se toma en situaciones de fuego, y son un sistema portátil de supresión (NFPA, 2021). Para la correcta selección de un elemento de estos se deben considerar aspectos como la naturaleza de los combustibles, condiciones ambientales del lugar, personal calificado para su uso y mantenimiento de los mismos (Alcázar et al.,2019).

Los extintores son específicos para tipo de fuego, esto según su agente extintor, a continuación, se detallan los más comunes (Escuela Nacional de Protección Civil, 2015):

- Agua: Disminuye la temperatura por debajo de la requerida para la ignición, esta trabaja bajo presión en fuegos de Clase A.
- Espuma: Disminuyen la temperatura y el contacto de las llamas con el oxígeno en fuegos de clase A y B, son muy utilizados en la industria química, de petróleo, aeronavegación entre otros.
- Dióxido de carbono: Debido a las características de este compuesto logra crear una atmósfera inerte y disminuye el calor, son usados en fuegos B y C.
- Polvo químico seco: Interrumpen las reacciones químicas presentes en el fuego, disminuyendo el calor y creando una barrera entre el oxígeno y el combustible, son diseñados para fuegos de tipo A, B y C.
- Acetato de potasio: Estos son específicos para fuegos de clase K, ya que el agente produce un efecto refrigerante que al reaccionar con el aceite crea una reacción de saponificación,

y sella la superficie del contacto con oxígeno. Son utilizados especialmente en la industria alimenticia.

- Productos halogenados: Se consideran agentes limpios aptos para fuegos de clase A, B y C, interrumpen la reacción química del fuego.
- Polvo para clase D: Son exclusivos para esta clase de fuego, su modo de actuación es separando el oxígeno del combustible y eliminando el calor.
- Agua vaporizada: Suministran agua destilada en forma de niebla debido a que tienen una boquilla especializada, son útiles, ya que no conducen electricidad y no dañan los equipos electrónicos que no tienen afectación por fuego.

Para garantizar el éxito al utilizar este sistema de supresión, la información anterior es de vital importancia, ya que es clave utilizar el extintor adecuado para cada situación. Además, la ubicación y cantidad de estos, marca una pauta importante, ya que el tener un extintor a mano puede hacer la diferencia en una emergencia. En la figura 2 se pueden observar distintos tipos de extintores.



**Figura 3.** Tipos de extintores.

Fuente: ROLLAND. (2020)

### 2.2.4.2 Sistemas fijos basados en gabinete de manguera

El objetivo de estos sistemas es brindar a los cuerpos de bomberos o brigadas anti incendios de agua para poder atacar el fuego y poder extinguirlo (Alcázar et al.,2019). Están compuestos por una serie de mangueras provenientes del sistema de tuberías (Varela, 2020). Una de las ventajas de estos sistemas es que al estar ubicados en puntos estratégicos y al conocerse su ubicación exacta se puede acceder a estos de manera rápida ante una emergencia.

Estos sistemas cuentan con la siguiente clasificación (Alcázar et al.,2019):

- Clase I: Son utilizados únicamente por el cuerpo de bomberos y son complementarios a los sistemas de rociadores automáticos.
- Clase II: Es un sistema que busca controlar el incendio desde su inicio hasta la llegada de los cuerpos de rescate. Lo utilizan los brigadistas, quienes tienen entrenamiento y práctica con su manipulación.
- Clase III: Corresponden a una combinación de los sistemas de clase I y II, por lo que se pueden usar tanto por brigadistas como por personal del cuerpo de bomberos.

Un gabinete de manguera de clase III se puede observar en la figura 4.



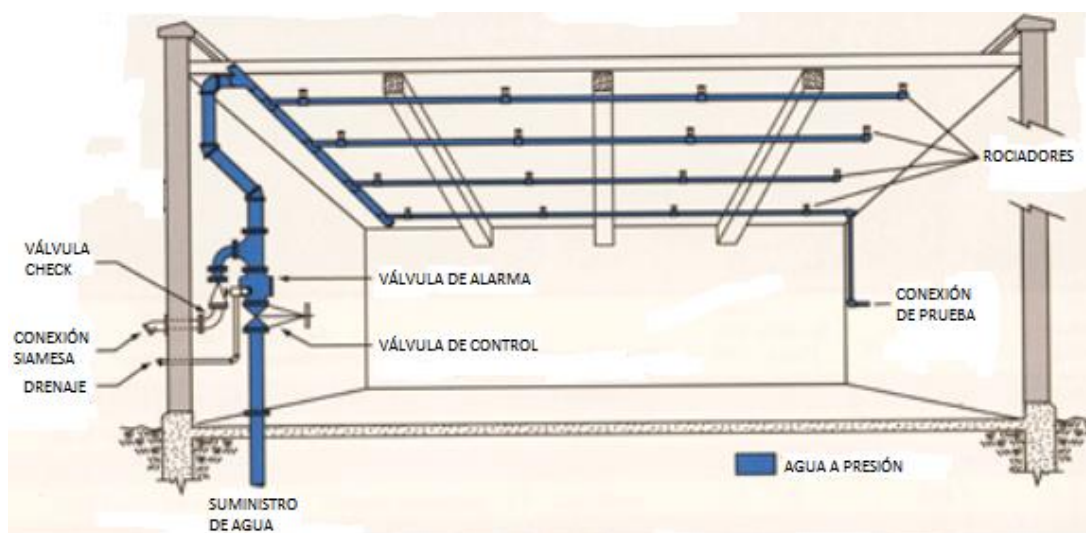
**Figura 4.** Tipos de extintores.

Fuente: Kos&Kiel. (2018)

### 2.2.4.3 Sistemas de supresión a base de agua (rociadores)

Este sistema consiste en una red de tuberías colocadas bajo el techo, esta tubería se alimenta a presión y se colocan estratégicamente rociadores que detectan calor, humo o luz, y se abren dejando salir agua para controlar incendios (Solano, 2017).

El principal componente de este sistema corresponde al rociador, el cual es el elemento automático que en caso de incendio se abre y permite que se descargue el agua; esta es proveída por un sistema de tuberías que contiene agua y se mantiene conectada a una fuente de suministro para que el funcionamiento se dé de manera continua en caso de emergencia. Además, debe contener válvulas que regulen el paso del agua por las tuberías. (Campoverde et. al, 2015). En la figura 5 se puede observar un esquema de este tipo de sistema.



**Figura 5.** Componentes de sistema de rociadores.

Fuente: <https://www.contraincendio.com.ve/tipos-sistemas-rociadores/>



### **2.2.5 Códigos y normas**

Las normativas aplicables a este tipo de sistemas deben ser analizadas detalladamente, ya que son la base para el diseño y construcción de edificaciones y, por ende, estas ayudan a prevenir situaciones fatales a causa de incendios.

En Costa Rica, rige el Reglamento Nacional de Protección contra incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos, el cual se basa en las normas internacionales dadas por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA). Este reglamento debe ser cumplido en todo el país a la hora de construir y desarrollar edificaciones, ya que se buscan minimizar los daños y afectaciones fatales en caso de un incendio.

#### **2.2.5.1 NFPA**

La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA por sus siglas en inglés) se estableció en 1986 con el objetivo de minimizar las pérdidas de vidas humanas y bienes materiales durante incendios, en la actualidad cuenta con más de 40,000 miembros de alrededor de 100 países. Además, busca educar y ayudar a las personas, profesionales con capacitación e investigación, de manera que se pueda asesorar a estos en materia de construcción y acondicionamiento de edificaciones, seguridad ante incendios y electricidad (NFPA, s.f).

Esta asociación ha publicado alrededor de 300 normas y códigos, dentro de los que se pueden mencionar los siguientes:

- NFPA 1: Código de Incendios.
- NFPA 3: Norma para el Comisionamiento de Sistemas de Protección contra Incendios y Seguridad Humana.
- NFPA 4: Norma para Pruebas Integradas de Sistemas de Protección contra Incendios y Seguridad Humana.
- NFPA 13: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.

- NFPA 15: Norma para Sistemas Fijos de Agua Pulverizada para Protección contra Incendios.
- NFPA 16: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores de Agua-Espuma y de Pulverización de Agua-Espumas.
- NFPA 20: Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra Incendios.
- NFPA 25: Normas para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios a Base de Agua.
- NFPA 101: Código de Seguridad Humana.

#### **2.2.5.2 Reglamento Nacional**

Se estableció en Costa Rica la aplicación del Reglamento Nacional de Protección contra incendios como obligatoria en la construcción, diseño, remodelación, instalación de sistemas de protección contra incendios, cambio de uso y otros; esto mediante la publicación de los artículos 14 y 16 de la Ley 8228, denominada Ley del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (Bomberos de Costa Rica, 2020).

Este reglamento se basa en los lineamientos de la NFPA, los cuales se deben acatar obligatoriamente desde el año 2013, tras la publicación del Decreto o N° 37615-MP en La Gaceta. El objetivo principal de reglamento es brindar una herramienta que muestre los requerimientos mínimos y fundamentales que sean aplicables al diseño de sistemas y elementos de protección contra incendios en edificaciones (Bomberos de Costa Rica, 2020).

Los capítulos del reglamento incluyen diferentes sistemas de protección y elementos de diseño que ayudan a la seguridad en caso de incendio, la siguiente lista menciona algunos de los puntos que se tratan en este:

- Medios de egreso.
- Iluminación de salidas e iluminación de emergencia.

- Señalización.
- Alarma de incendio y notificación.
- Extintores portátiles.
- Sistemas de supresión a base de agua.
- Gas licuado de petróleo.

### **2.3 Hipótesis**

La actualización constante del Reglamento Nacional de Protección contra incendios de Costa Rica puede mitigar el riesgo de incendios en instalaciones de tipo ofi-centro; además, estas edificaciones cumplen con los requerimientos en sus sistemas de rociadores y los sistemas se actualizan con el pasar del tiempo.

### **2.4 Limitaciones**

La principal limitación de la investigación se presenta con las barreras para acceder a la industria con motivo de la crisis por Covid-19. Los ofi-centros son edificaciones que están trabajando con capacidad limitada, y muchos se encuentran cerrados, ya que sus operaciones se hacen mediante teletrabajo para minimizar el contacto entre personas y reducir los riesgos de enfermedad de trabajadores.

Como consecuencia, no es posible solicitar acceso a estas edificaciones para poder realizar una visita que permita aplicar la herramienta creada en una visita de campo. Ahora bien, el análisis de los planos de sistemas de supresión a base de agua de dos ofi-centros distintos permite abarcar la limitación y hacer uso de la herramienta de una manera teórica.

## 2.5 Alcances

El proyecto, de manera inicial, supone un acercamiento a las normas internacionales para observar la relación de estas con el reglamento nacional, y así poder observar las necesidades de actualización de este. Además, la creación de una herramienta que permita determinar si hay una necesidad de actualización, cuál es y en qué capítulo se encuentra, permite mejorar el reglamento nacional y garantizar que los requerimientos para diseño y construcción de edificaciones es seguro y confiable, velando por la seguridad humana.

Por último, la comparación de planos de sistemas de supresión a base de agua entre dos oficentros construidos con un año de diferencia entre sí permite observar la evolución y actualización del reglamento a través del tiempo, de manera que se puede comprobar la utilidad de la herramienta creada.

## CAPÍTULO III

## **3.1 Desarrollo**

### **3.1.1 Necesidades de actualización del Reglamento Nacional de Protección contra incendios**

Continuando con la premisa de que la actualización de las normas y reglamentos es importante para mantener la seguridad de las edificaciones resulta necesario analizar el Reglamento Nacional de Protección contra incendios de Costa Rica.

Este reglamento cuenta con 20 capítulos, los cuales abarcan las necesidades de requerimientos para instalaciones del país, y es de acatamiento obligatorio. La última versión publicada corresponde al año 2020.

#### **3.1.1.2 Capítulo 13: Sistemas de supresión a base de agua**

Este capítulo corresponde a la materia de estudio de la presente investigación, por lo que se debe considerar su contenido y las normas NFPA a las que hace referencia.

Cada artículo de este capítulo se presenta con su equivalente en las normas NFPA, ya que estas determinan los requerimientos y necesidades de diseño para edificaciones.

- 13.2 Rociadores automáticos: NFPA 13.
- 13.3 Sistemas de tubería vertical: NFPA 1, 14, 13, 101.
- 13.4 Bombas contra incendio: NFPA 20.
- 13.5 Tanque de abastecimiento: NFPA 22.
- 13.6 Sistema de tuberías: NFPA 13, 24.
- 13.7 Conexión del cuerpo de bomberos: NFPA 14.
- 13.8 Cabezal de pruebas: NFPA 20.
- 13.9 Memoria de cálculo: NFPA 13, 14, 15, 24.

Se mencionan en el Reglamento Nacional las versiones de las normas de la NFPA en que se basa la información, cuyas fechas de publicación rondan de entre 2012 y 2019. Considerando esto, una revisión más detallada de las publicaciones de la NFPA permite observar las últimas versiones de las normas a las que se tiene acceso, esto para determinar si existen necesidades de actualización.

En la tabla I se puede observar la comparación según la norma referenciada en cada artículo del capítulo 13 y la última versión de esta misma publicada por la NFPA.

**Tabla I.** Comparación de necesidades de actualización del Reglamento Nacional de Protección contra incendios de Costa Rica.

Artículo	Norma	Versión referenciada	Última versión	Observaciones	
13.2 Rociadores automáticos	NFPA 13	2019	2022 (Publicada 2021)		
	NFPA 14	2019	2019		
	NFPA 1	2012	2021	La versión anterior a la actual corresponde a 2018, por lo que sí se pudo actualizar antes de la última publicación	
13.3 Sistemas de tubería vertical	NFPA 101	2018	2021	La versión 2018 es la anterior a la última publicada, por lo que a la fecha de publicación del reglamento no se encontraba desactualizada	
	NFPA 13	2019	2022 (Publicada 2021)		
13.4 Bombas contra incendio	NFPA 20	2016	2022 (Publicada 2021)	La versión anterior a la actual corresponde a 2018, por lo que sí se pudo actualizar antes de la última publicación	
13.5 Tanque de abastecimiento	NFPA 22	2018	2018		
	NFPA 13	2019	2022 (Publicada 2021)		
13.6 Sistemas de tuberías	NFPA 24	2013	2022 (Publicada 2021)	La versión anterior a la actual corresponde a 2019, por lo que sí se pudo actualizar antes de la última publicación	
13.7 Conexión del Cuerpo de Bomberos	NFPA 14	2019	2019		
		2016	2022 (Publicada 2021)	La versión anterior a la actual corresponde a 2019, por lo que sí se pudo actualizar antes de la última publicación	
13.8 Cabezal de pruebas	NFPA 20	2013	2022 (Publicada 2021)	La versión anterior a la actual corresponde a 2019, por lo que sí se pudo actualizar antes de la última publicación	
		NFPA 13	2019	2022 (Publicada 2021)	
		NFPA 14	2019	2019	
13.9 Memoria de cálculo	NFPA 15	2017	2022 (Publicada 2021)	La versión 2017 es la anterior a la última publicada, por lo que a la fecha de publicación del reglamento no se encontraba desactualizada	
	NFPA 24	2013	2022 (Publicada 2021)	La versión anterior a la actual corresponde a 2019, por lo que sí se pudo actualizar antes de la última publicación	



Cabe recalcar, según la información anterior, que al ser el reglamento vigente el correspondiente al año 2020 las normas publicadas en 2019 no se consideran con necesidad de actualización, ya que eran las correspondientes en el año de creación del documento. Ahora bien, normas como la NFPA 1, 20 y 24 sí debieron ser actualizadas, ya que su última versión data de varios años antes de la publicación del reglamento en 2020.

### **3.1.2 Herramienta de actualización**

Mediante el análisis realizado al capítulo 13 del Reglamento Nacional de Protección contra incendios de Costa Rica es posible indagar en las normas de la NFPA definidas en el cuadro I. Cada una de estas normas contempla una larga lista de requerimientos aplicables a distintos tipos de edificaciones, por lo cual, la revisión de estas permitió establecer los parámetros más importantes a considerar en los sistemas de rociadores como medida de protección contra incendios.

La herramienta tiene un formato de lista de chequeo con respecto a los requerimientos principales a considerar, además, contiene dos columnas diseñadas para llevar control de las últimas publicaciones de normas. Con esto se busca saber respecto a qué norma se elaboró el sistema de protección contra incendios y cuál es su equivalente más actualizado. Adicional, hay una columna de observaciones, donde es posible colocar notas que surjan durante el análisis.

Las normas consideradas, junto con los principales requerimientos de cada una se presentan a continuación:

- NFPA 13: Análisis de necesidad de sistema de rociadores, suministro de agua, detalles de accesorios y tuberías utilizadas, separación de elementos del sistema y área cubierta por el sistema.
- NFPA 1: Registros de mantenimiento del sistema, actualización de rociadores, existencia de válvulas necesarias y requisitos para establecimiento del sistema de tubería vertical.

- NFPA 101: Requisitos de seguridad que incluyen procedimientos para ensayo e inspección del sistema, cantidad de rociadores por tubería, caudal del tanque de abastecimiento y presencia de válvulas de control en cada nivel.
- NFPA 20: Requisitos mínimos para sistemas de bombas, ubicación de bombas y equipos de almacenamiento de agua, protección del sistema de bombas ante incendios, requisitos de dimensionamiento del cuarto de bombas y análisis del tanque de suministro de agua.
- NFPA 14: Especificaciones de materiales y dimensiones de tuberías, instalación de conexión para el cuerpo de bomberos, requerimientos de presión y flujo máximos y requisitos de drenaje en el sistema vertical de tuberías.
- NFPA 15: Características de las boquillas de pulverización, requisitos de conductos y tuberías, distancia entre componentes del sistema, selección, ubicación y distanciamiento de dispositivos detectores y características del suministro de agua.
- NFPA 22: Características y ubicación de los tanques y requerimientos de las tuberías de descarga y llenado.
- NFPA 24: Método de cálculo de presión y caudal, restricciones para tuberías que no cumplen con abastecimiento a hidrantes y normas para tuberías subterráneas.

Mediante este análisis se logró crear la siguiente herramienta, presentada en la tabla II, esta consta de 36 preguntas que involucran las 8 normas ya mencionadas. Cabe mencionar que se encontraron diferencias entre las normas mencionadas en el Reglamento Nacional y las diferentes versiones de las normas NFPA; por ejemplo, se menciona en el reglamento la tabla 4.27 de la norma NFPA 20, sin embargo, ni en la versión 2013, que es la citada, ni en la versión 2021 se encuentra dicho cuadro. Esto demuestra que sí existen necesidades de actualización en el Reglamento Nacional según estas normas internacionales.

**Tabla II.** Herramienta de análisis de actualización y requerimientos de normas internacionales.

Norma	Requerimientos	Versión referenciada en Reglamento Nacional	Última versión	Observaciones
NFPA 13	¿Se requiere que los oficentros cuenten con sistema de rociadores?	Sí	No	
	¿Cuentan los rociadores con al menos un suministro de agua automático?	Sí	No	
	¿Los accesorios utilizados corresponden a los especificados en la tabla 6.2.1.1?	Sí	No	
	¿La tubería utilizada corresponde a la especificada en la tabla 7.3.1.1?	Sí	No	
	¿La separación entre rociadores es la indicada en el apartado 9.3.5.3.1?	Sí	No	
	¿Se encuentran los rociadores instalados en la totalidad de las instalaciones?	Sí	No	

Norma	Requerimientos	Versión referenciada en Reglamento Nacional	Última versión	Observaciones
NFPA 1	¿Hay registros de inspecciones, pruebas y operación de mantenimiento del sistema y sus componentes?	Sí	No	
	¿Existen rociadores de estilo antiguo que necesiten ser cambiados por rociadores pulverizadores?	Sí	No	
	¿Hay una válvula indicadora de cierre entre los rociadores y la conexión con el suministro de agua?	Sí	No	
	¿Se cumplen los requisitos de la norma en la sección 13.2.2.2 respecto a la necesidad de sistemas de tuberías verticales?	Sí	No	
NFPA 101	¿La documentación de diseño cuenta con procedimientos y métodos que se utilizan para ensayos del sistema y los elementos que deben ser inspeccionados?	Sí	No	
	¿El volumen del tanque de abastecimiento puede brindar 6,1 mm/min en toda el área cerrada?	Sí	No	
	¿Hay en los sectores cubiertos por rociadores automáticos dispositivos de detección de calor?	Sí	No	

Norma	Requerimientos	Versión referenciada en Reglamento Nacional	Última versión	Observaciones
NFPA 20	¿Los planos muestran los requisitos mínimos establecidos en la sección 4.2.3.1?	Sí	No	
	¿Se encuentran los equipos relacionados con el abastecimiento de agua dentro del mismo cuarto que las bombas?	Sí	No	
	¿Se encuentran las bombas separadas del edificio o están protegidas por construcciones certificadas en resistencia al fuego?	Sí	No	
	¿Cumple el dimensionamiento del cuarto de bombas con los requerimientos establecidos en la sección 4.14.1.1.7?	Sí	No	
	¿Cuenta el tanque de suministro de agua con una válvula medidora de flujo?	Sí	No	
NFPA 14	¿Los materiales y dimensiones de tuberías y tubos cumplen con las especificaciones de la tabla 4.2.1?	Sí	No	
	¿La instalación de conexión para el cuerpo de bomberos sigue las especificaciones de la sección 6.4?	Sí	No	
	¿Cumple con los requerimientos de presión y flujos máximos permitidos en la sección 7.2?	Sí	No	

Norma	Requerimientos	Versión referenciada en Reglamento Nacional	Última versión	Observaciones
	<p>¿Existe un drenaje principal en el sistema de tubería vertical de acuerdo con las indicaciones en 7.11.2.1?</p> <p>Sí                  No</p>			
	<p>¿Las boquillas de pulverización de agua están en el listado y cumplen las características de la norma en la sección 5.2?</p> <p>Sí                  No</p>			
	<p>¿Los conductos y tuberías empleados cumplen con el listado de las tablas 5.3.1 y 5.4.1?</p> <p>Sí                  No</p>			
	<p>¿Los componentes del sistema cumplen con las distancias libres especificadas en la tabla 6.1.2.2</p> <p>Sí                  No</p>			
NFPA 15	<p>¿Las boquillas se ubican de tal manera que su tiempo de activación y desempeño sea satisfactorio?</p> <p>Sí                  No</p>			
	<p>¿La selección, ubicación y espaciamiento de los detectores para el accionamiento de los sistemas cumplen con las especificaciones de la norma en la sección 6.5.2.1?</p> <p>Sí                  No</p>			
	<p>¿Todos los sistemas poseen un suministro de agua automático con volumen y presión adecuado según la sección 9.2?</p> <p>Sí                  No</p>			

Norma	Requerimientos	Versión referenciada en Reglamento Nacional	Última versión	Observaciones
NFPA 22	¿El tamaño y elevación de los tanques es determinado a partir del flujo y duración del incendio requerido?	Sí	No	
	¿Los tanques están ubicados en lugares que sus estructuras estén protegidas contra el fuego?	Sí	No	
	¿Las tuberías de descarga y de agua cumplen con los requerimientos de la norma en la sección 14.2?	Sí	No	
NFPA 24	¿El caudal y presión están determinados a partir de pruebas de flujo de agua u otro método aprobado?	Sí	No	
	¿Las tuberías principales que no abastecen hidrantes cumplen con las restricciones de la norma en la sección 5.2.2?	Sí	No	
	¿Las válvulas que controlan conexiones con suministros de agua cumplen con los requerimientos de la norma en las secciones 6.1 y 6.2?	Sí	No	

### 3.1.3 Comparación de actualización en planos de edificaciones

Los sistemas de supresión de incendios a base de agua se hacen necesarios en los edificios de ofi-centros, ya que a estos acuden decenas de personas diariamente. La herramienta diseñada es de utilidad para funcionarios del cuerpo de bomberos y para profesionales en el ámbito de la seguridad contra incendios. Esta permite observar de manera actualizada las necesidades para los sistemas de protección, para que al generar diseños e implementarlos estos puedan ser hechos de la mejor manera para proteger instalaciones y vidas humanas. Estos sistemas son diseñados por ingenieros y arquitectos y presentados en planos para su implementación cuando se construya la edificación. Para su desarrollo se deben de tomar en cuenta las normas nacionales que apliquen en el país, de manera que se busque siempre resguardar la seguridad.

En el caso presente, se cuenta con las láminas de planos del sistema de supresión de incendios a base de agua de dos proyectos distintos, el primero es Lindora Park el cual se desarrolló en 2016, y el segundo es un proyecto de Grupo Roble que data de 2017. Para cada uno se tiene con un juego de láminas que abarcan desde los sótanos hasta el nivel más alto del edificio, así como láminas para detalles generales del sistema.

El análisis que se realizó mediante los puntos establecidos en la herramienta desarrollada que aplicaran y fueran posibles de medir con los planos disponibles. Se tomó en cuenta dimensiones y materiales de las tuberías, suministro de agua del sistema, separación entre rociadores, área que abarcan los rociadores, presencia de válvulas de cierre entre rociadores y tuberías, presencia de dispositivos de detección de calor. También requerimientos del cuarto de bombas como su ubicación, equipos que se encuentran dentro de este, estructuras de protección, válvula para el tanque de suministro de agua, así como detalles de las conexiones para el cuerpo de bomberos. Los principales hallazgos encontrados se presentan a continuación.

El ofi-centro de Lindora Park cuenta con dos sótanos que se describen en las láminas M07 y M08 para el sótano 1 y las láminas M03, M04 y M05, en ambos se cumple con las necesidades de colocación de rociadores en la totalidad del área, y las dimensiones y material de las tuberías son las establecidas, así como una válvula de control entre los rociadores y la tubería de suministro de agua. El cuarto de bombas se encuentra en el sótano 2, este cuarto debe estar separado de la edificación o protegido por construcciones a prueba de fuego, pero en este caso, no se demuestra



si estas construcciones están presentes. También se aclara que la separación entre rociadores es de 4,60 m, distancia que es mayor a la especificada en la herramienta.

Para los niveles del 1-5 detallados en las láminas M10, M11 y M12, los cuales corresponden a los sectores donde se llevan a cabo las actividades, sí existen rociadores en la totalidad del área y válvulas de control en los lugares donde hay conexión al servicio de agua. Por otro lado, la separación de los rociadores no es la indicada; además, se presenta el detalle de la conexión para el cuerpo de bomberos, pero no su ubicación. Otro factor a considerar es que los recintos no se encuentran nombrados, lo cual hace que se dificulte determinar en qué lugar específico o del oficentro se encontrarán los diferentes componentes una vez que se termine con la construcción y se pongan en marcha sus funciones.

Los detalles del cuarto de máquinas se presentan en la lámina M19, muestran que los equipos relacionados con el abastecimiento de agua se encuentran dentro de este, lo cual cumple con los requerimientos, el tanque de agua cuenta con válvula medidora de flujo, tal y como se solicita y las especificaciones de las tuberías que se presentan también cumplen con las normas. Las dimensiones de este cuarto no se presentan con claridad, por lo que no se puede determinar si en su interior hay espacio suficiente para realizar mantenimiento a los equipos.

Finalmente, la lámina M20 presenta las tablas de cálculo donde se detallan las especificaciones para las bombas del sistema, los detalles de válvulas, que muestra que hay una para cada línea de tubería, y los diámetros de las tuberías que se conectan a los hidrantes; estos cálculos siguen las especificaciones de la norma NFPA 24. Cabe resaltar también que en ninguna lámina se muestran la ubicación de extintores, los cuales son una herramienta importante para la prevención de incendios.

Por otro lado, el oficentro desarrollado por Grupo Roble cuenta con tres sótanos que se presentan en las láminas MI-03 para el sótano 1, MI-02 para el sótano 2 y MI-01 para el sótano 3, las láminas cuentan con nombres de recintos, para una mejor ubicación del sistema y sus componentes, rociadores en la totalidad del área, así como válvulas de cierre y monitoreo; también, las tuberías presentadas cumplen con las indicaciones de diámetro y material establecidas.

Los niveles del 1-6 contemplados en las láminas MI-04 para el nivel 1 y MI-05 para los niveles del 2 al 6 sí presentan la ubicación de extintores en toda el área, de tipos ABC y CO2, así

como rociadores en la totalidad del área y nombres de cada recinto. La tubería del nivel 1 se conecta al sistema municipal, y los niveles 2-6 se conectan a otras tuberías, pero en todas se observan válvulas de cierre y monitoreo. Para los niveles 7, 8 y 9 que corresponden a las láminas MI-06, MI-07 y MI-08 respectivamente presentan rociadores en toda su área, pero no se nombran los recintos ni se observa la presencia de extintores.

En las láminas MID-01 y MID-02 se especifican detalles del sistema en general, por ejemplo, la separación entre rociadores, que se indica no debe ser mayor a 1,80 m y muestra el cuarto de bombas, el cual se encuentra en el sótano 1. Este cuarto debe estar separado de la edificación o protegido por construcciones a prueba de fuego, pero en este caso, no se demuestra si estas construcciones están presentes.

Respecto al análisis de tuberías sus diámetros se verificaron al realizar el cálculo hidráulico correspondiente, para asegurarse que estos sean los correctos. Esto se realizó mediante un análisis asistido por computadora que toma en cuenta la ecuación de Darcy-Weisbach, en este se indica cuáles deben ser los caudales y diámetros de la instalación. Estos coinciden con los establecidos por las normas NFPA, por lo que, para el proyecto solo se basó el análisis en los requerimientos de las normas NFPA 13, 14, 15 y 24, y no en los métodos de cálculo hidráulico.

A manera de comparación se presenta en la Tabla III los principales hallazgos del análisis de estos planos.

**Tabla III.** Comparación de análisis de planos.

<b>Medida</b>	<b>Grupo Roble</b>	<b>Lindora Park</b>
Separación entre rociadores	1,60 m	4,60 m
Rociadores en toda el área	Sí	Sí
Presencia de extintores	Sí menos en pisos 7, 8 y 9	No
Ubicación del cuarto de bombas	Sótano 1	Sótano 2
Material de las tuberías	Hierro	Hierro
Válvulas de flujo en la conexión de tuberías y suministro	Sí	Sí
Nombre de recintos	Sí menos en pisos 7, 8 y 9	No

## 3.2 Conclusiones

El Reglamento Nacional de Protección contra incendios en su versión del año 2020 no contempló las últimas actualizaciones en algunas de las normas de la NFPA.

Se determinó mediante el análisis y comparación de las últimas versiones de norma NFPA publicadas antes de 2019 que el Reglamento Nacional de Protección contra incendios no contempla las versiones actualizadas de las normas NFPA 1, 20 y 24.

El desarrollo de la herramienta de actualización logró determinar qué puntos de las normas NFPA son los más relevantes en el desarrollo de edificaciones de tipo oficentro, y la comparativa entre años de la norma que se plantea presenta una manera sencilla de comprobar si la información que se está considerando corresponde a la última versión de la norma o no.

Con el análisis y comparación de puntos de mejora en los planos de dos oficentros se encontró que el oficentro de Grupo Roble, desarrollado en 2017 toma en consideración aspectos como el distanciamiento entre rociadores recomendado y presencia de extintores en los distintos niveles; mientras que en Lindora Park el distanciamiento es mayor al indicado y no hay referencia de ubicación y cantidad de extintores en la edificación.

Con la entrega de este documento se aportó una referencia documental que puede ayudar a estudiantes y profesionales que deseen realizar análisis de sistemas de protección contra incendios a base de agua en oficentros, de manera que tomen en cuenta la actualización para buscar siempre la seguridad humana y de la edificación.

## 3.3 Recomendaciones

Valorar la implementación de esta herramienta a modo de prueba con el equipo de revisión y aprobación de planos del Benemérito Cuerpo de Bomberos con intermediarios del CIEMI (Colegio de Ingenieros Eléctricos, Mecánicos e Industriales).

Elaborar una herramienta que profundice en la totalidad de los requisitos de las normas para empresas consultoras en sus ramas de inspección o función de fiscalizadores en proyectos de construcción.

Preparar una base más sólida y buscar respaldo por un grupo de profesionales o empresas inscritas que velen no solo por el cumplimiento de normas en proyectos del país, sino, también de

la constante actualización de las leyes aplicables a los temas de ingeniería para que con la herramienta se puedan beneficiar y trabajar por una actualización de las mismas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abissi, M. E. (2017, 12 de nov.). Oficentros registran la más alta ocupación en los últimos cuatro años. La Nación. Recuperado de <https://www.nacion.com/economia/negocios/oficentros-registran-la-mas-alta-ocupacion-en-los/553J5EV6KJBGTDUX7FNHP76UE4/story/>

Albornos, S., Chereau, J.P., y Araya, S. (2019). El fuego y los incendios. Recuperado de [http://www.anb.cl/documentos\\_sitio/Guia-Fuego.pdf](http://www.anb.cl/documentos_sitio/Guia-Fuego.pdf)

Alcázar Fallas, M., Bolaños Esquivel, L.R., y García Aguirre, L.R. (2019). Análisis de seguridad humana basado en el desempeño en caso de incendio del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica. Tesis de Grado. Licenciatura en Ingeniería Mecánica con énfasis Sistemas de Protección contra Incendios. Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica.

Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (2013). Manual de Disposiciones Técnicas Generales Sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios Versión 2013. Recuperado de [https://www.bomberos.go.cr/upl0dz/2013/06/Manual\\_de\\_Disposiciones\\_Tecnicas\\_2013.pdf](https://www.bomberos.go.cr/upl0dz/2013/06/Manual_de_Disposiciones_Tecnicas_2013.pdf)

Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (2020). Reglamento Nacional de Protección contra Incendios. Recuperado de <https://www.bomberos.go.cr/upl0dz/2020/11/Reglamento-Nacional-de-Proteccion-Contra-Incendios-VF.pdf>

Bolina, Fabricio, Christ, Roberto, Metzler, Andreas, Quinino, Uziel, & Tutikian, Bernardo. (2017). Comparison of the fire resistance of two structural wall systems in Light Steel Framing. DYNA, 84(201), 123-128. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.57487>

Campoverde Naranjo, D., Pesántez Verdezoto, L., y Anchundia Valencia, F. (2015). Diseño de un Sistema Contra Incendio con Rociadores Automáticos y Cajetines de Mangueras para un Edificio de Oficinas. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16175/Dise%C3%B1o%20de%20un%20Sistema%20Contra%20Incendio%20con%20Rociadores%20Autom%C3%A1ticos%20y%20Cajetines.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Costa Rica. Reglamento de Construcciones del 22 de marzo del 2018.

Cubero, A. (2019, 29 de abril.). Empresas contarán con más de 20 nuevos oficentros en la GAM. La República. Recuperado de <https://www.larepublica.net/noticia/empresas-contaran-con-mas-de-20-nuevos-oficentros-en-la-gam>

Higiene y seguridad laboral. (2011). Protección contra incendios. Obtenido de Higiene y seguridad laboral. Recuperado de

<https://higieneyseguridadlaboralcvs.files.wordpress.com/2011/10/protecciones.pdf>

NFPA. (2018). NFPA 22. Norma para Tanques de Agua para la Protección contra Incendios Privada. NFPA.

NFPA. (2019). NFPA 14. Norma para la Instalación de Sistema de Montantes y Mangueras. NFPA.

NFPA. (2021). NFPA 10. Extintores Portátiles. NFPA.

NFPA. (2021). NFPA 101. Código de seguridad humana. NFPA.

NFPA. (2021). NFPA 13. Norma para la instalación de sistemas de rociadores. NFPA.

NFPA. (2021). NFPA 15. Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección contra Incendios. NFPA.

NFPA. (2021). NFPA 20. Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra incendios.

NFPA.

NFPA. (2021). NFPA 24. Instalación de tuberías para servicio privado de incendios y sus accesorios. NFPA.

NFPA. (s.f). ¿Quiénes somos? Recuperado de <https://www.nfpajla.org/nfpa-en-lationoamerica/nfpa-en-espanol#c%C3%B3digos-y-normas>

Planas Coreo, G., y Esplugas Vidal, J. P. (2015). Principios básicos de seguridad contra incendios.

Recuperado de [https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R1E93001V16-Gu%C3%ADa-Seguridad-contra-incendios\\_Asepeyo.pdf](https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R1E93001V16-Gu%C3%ADa-Seguridad-contra-incendios_Asepeyo.pdf).

Solano Morales, D. (2017). Diseño del sistema de supresión de incendios para la planta de distribución (CIDE) de la empresa Cargill. Informe de práctica profesional. Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Varela Zúñiga, V. (2020). Diseño de un sistema de supresión contra incendio a base de agua para el supermercado Molina de San Ramón de Alajuela con un área de 2622 metros cuadrados,

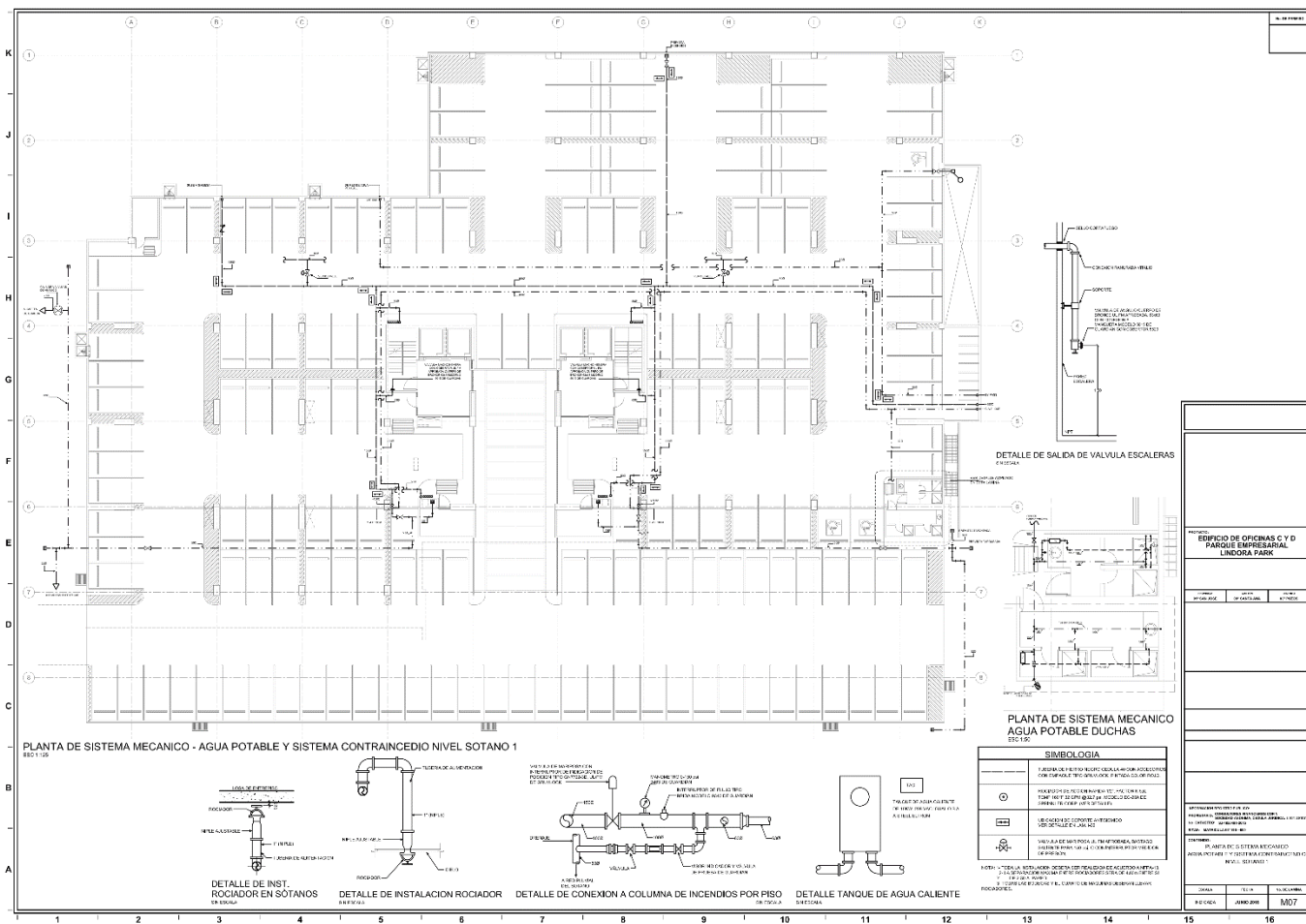


diseñado de acuerdo con las normas NFPA. Tesis de grado. Licenciatura en Ingeniería Electromecánica. Universidad Latina de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.

Zurich. (2018). Conoce los tipos de fuego y cómo combatirlos. Recuperado de <https://www.zurich.com.mx/es-mx/blog/articles/2018/12/conoce-los-tipos-de-fuego-y-como-combatirlos>

# ANEXOS

## Oficentro: Lindora Park



**Figura A1. Lámina M07.**

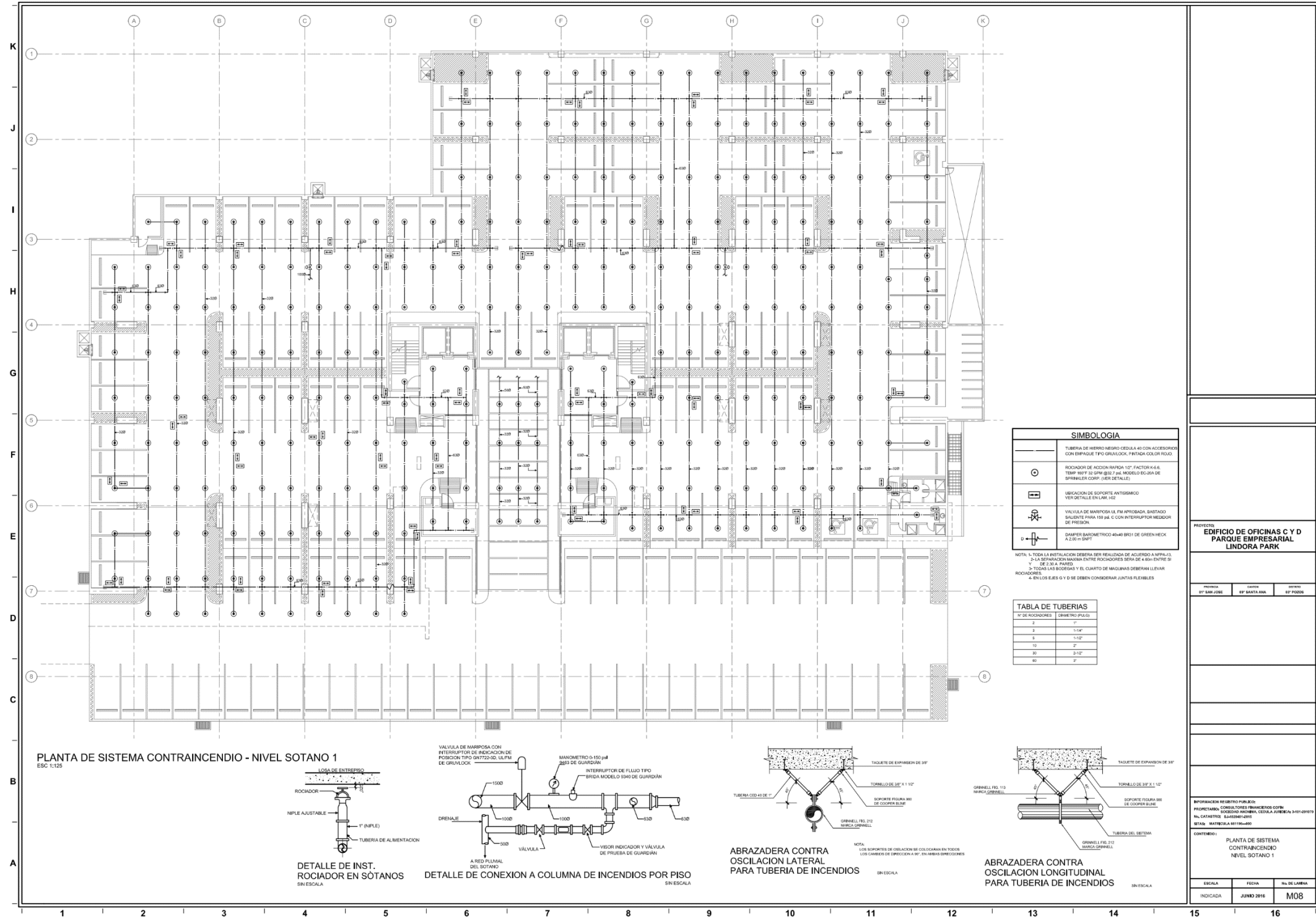


Figura A2. Lámina M08.

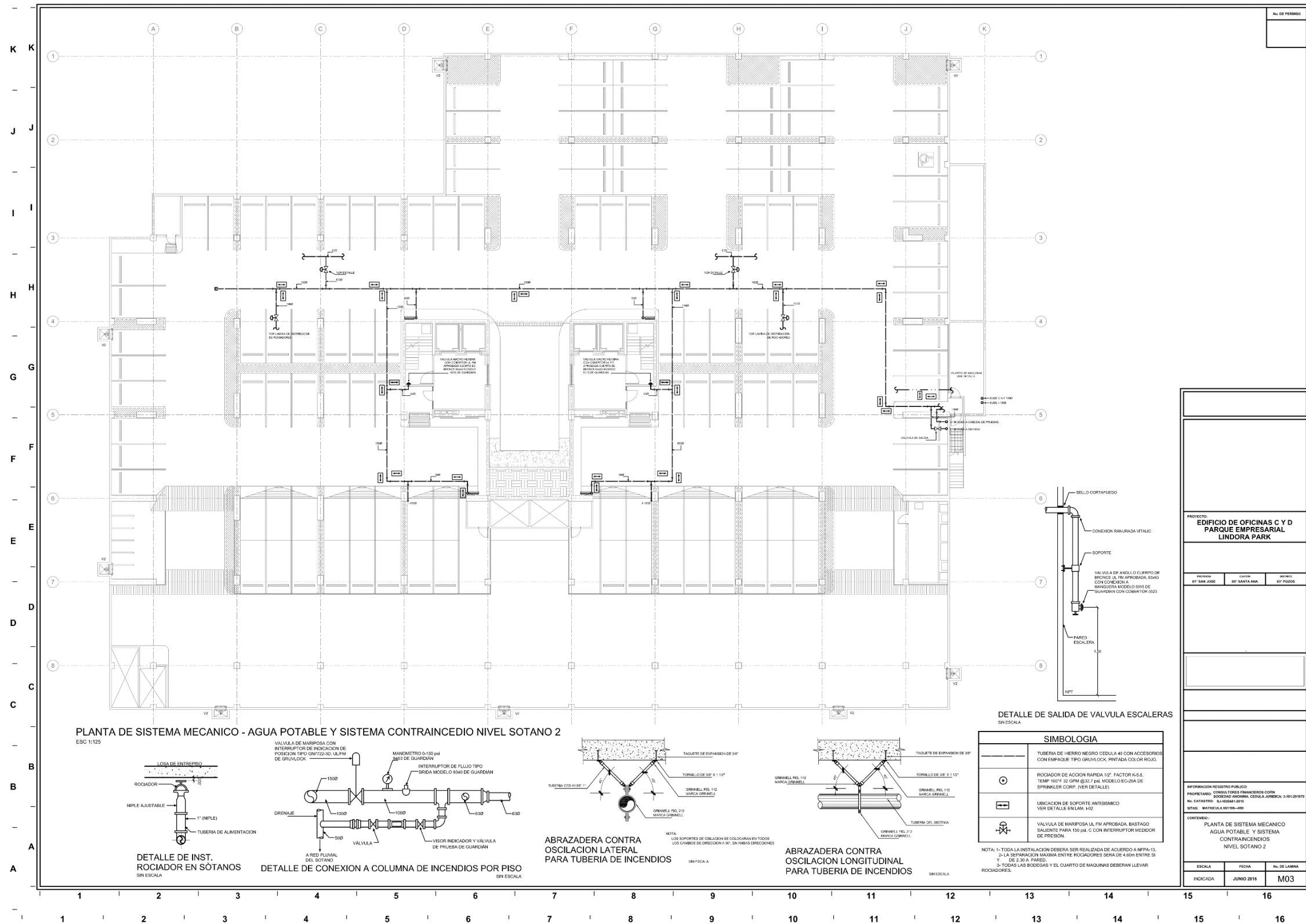


Figura A3. Lámina M03.

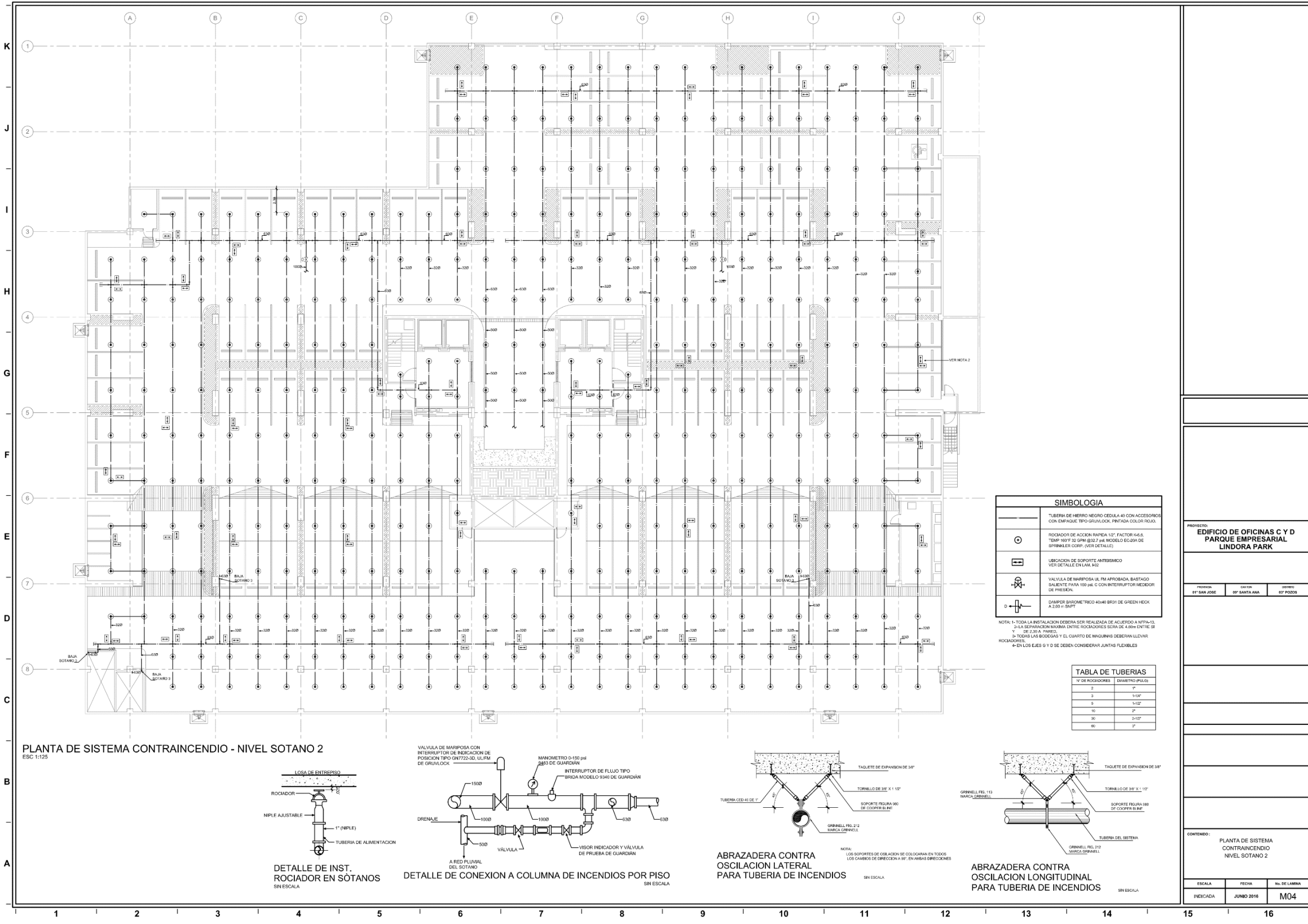


Figura A4. Lámina M04.

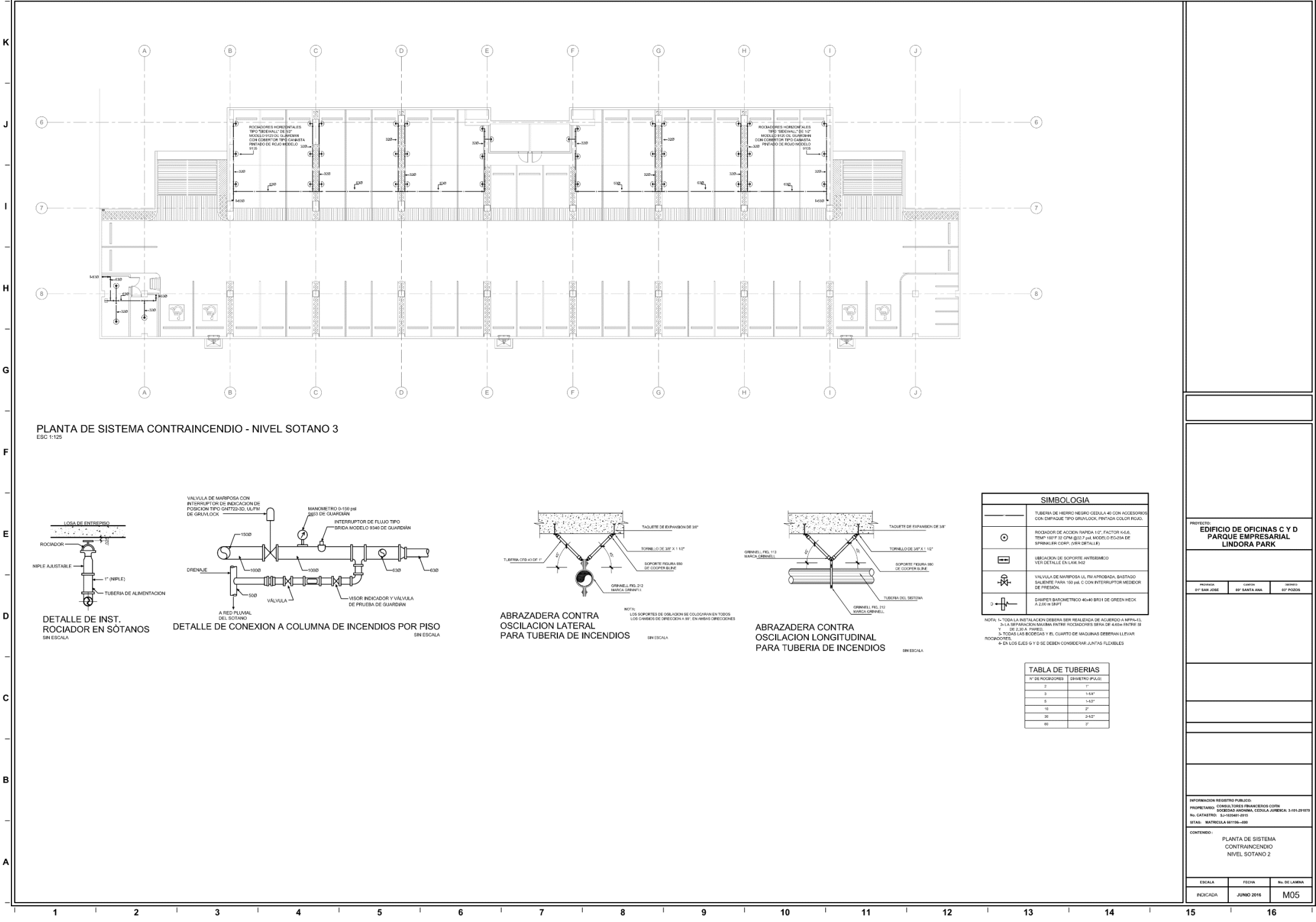


Figura A5. Lámina M05.

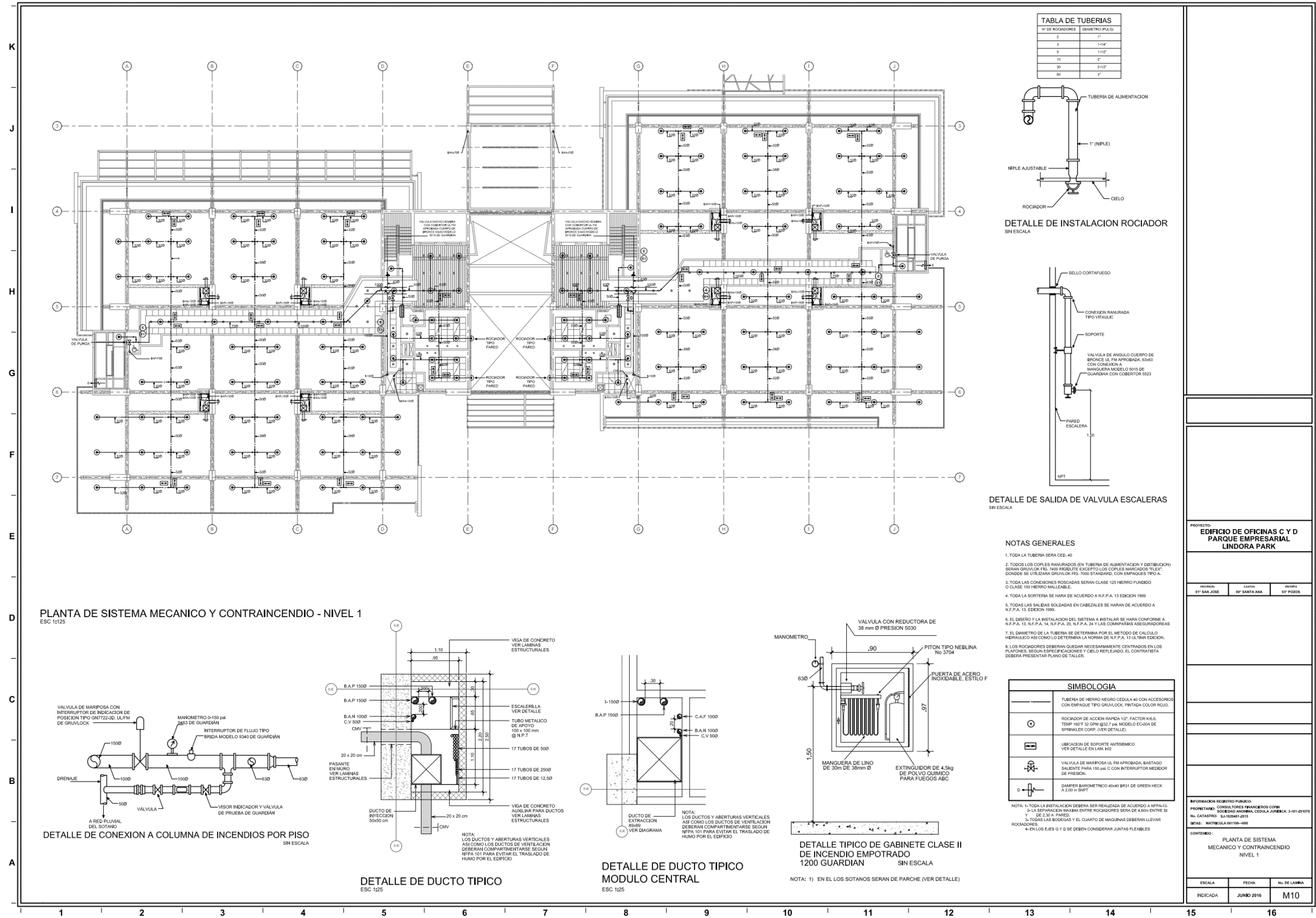


Figura A6. Lámina M10.

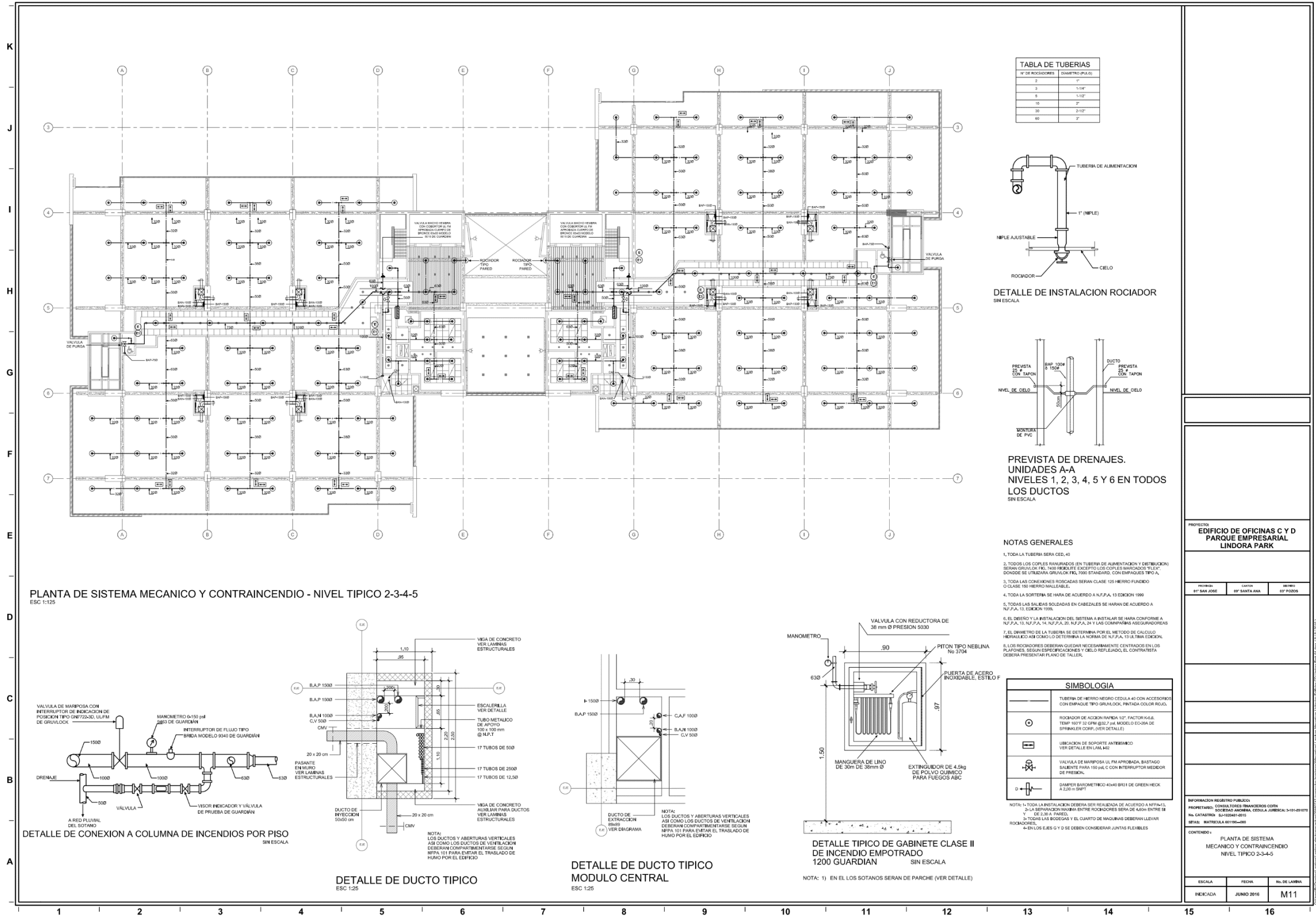


Figura A7. Lámina M11.



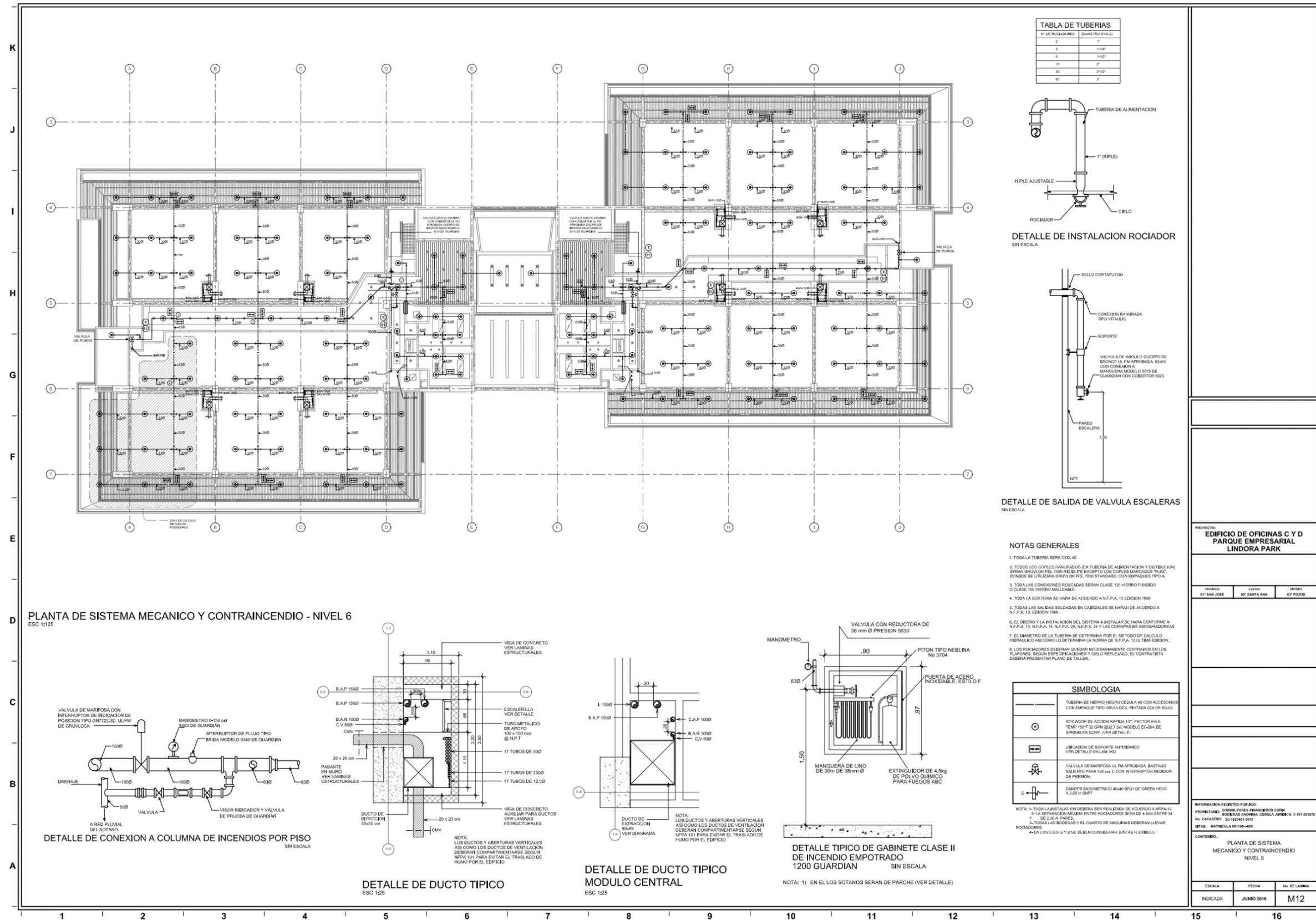


Figura A8. Lámina M12.

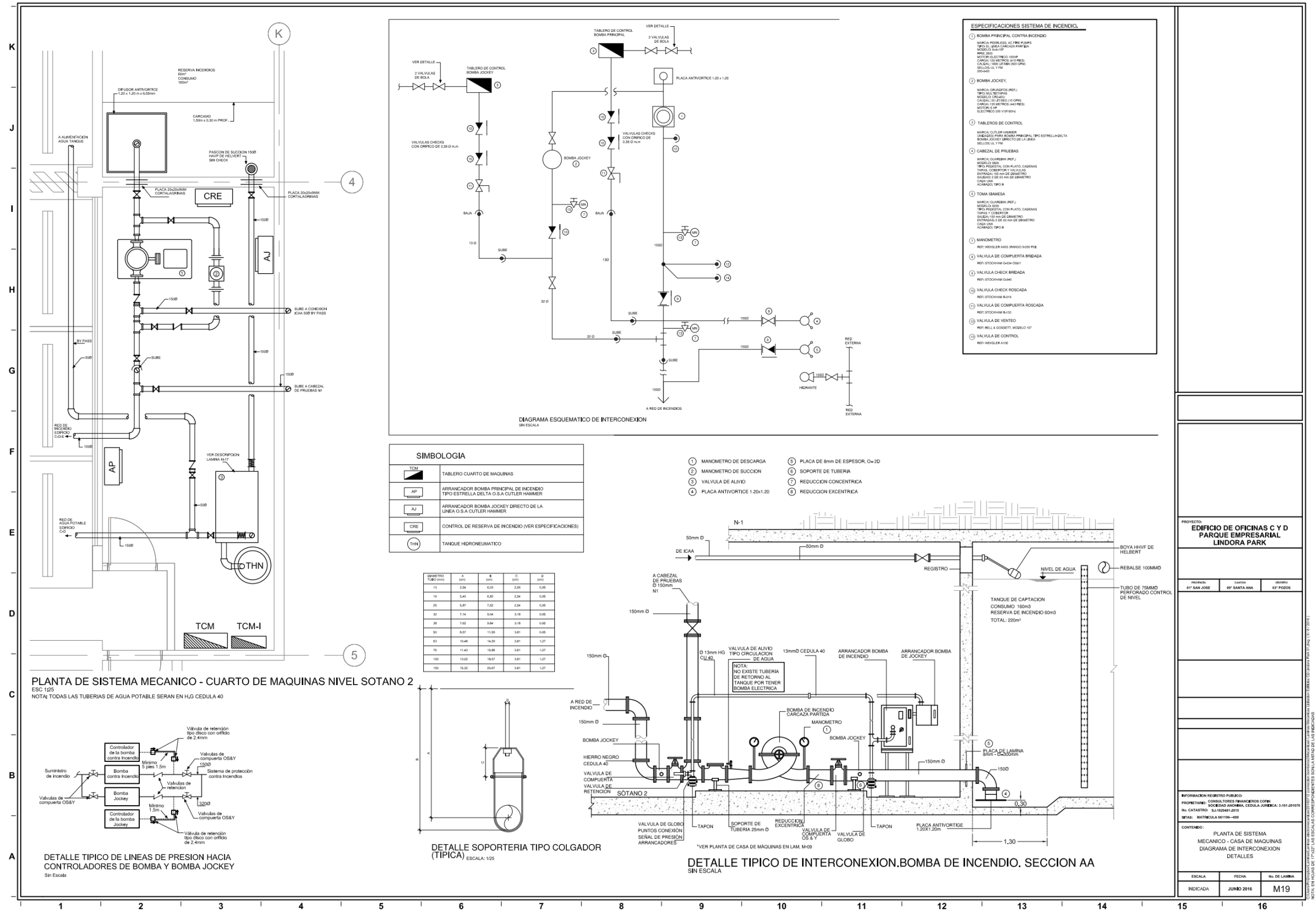


Figura A9. Lámina M19.

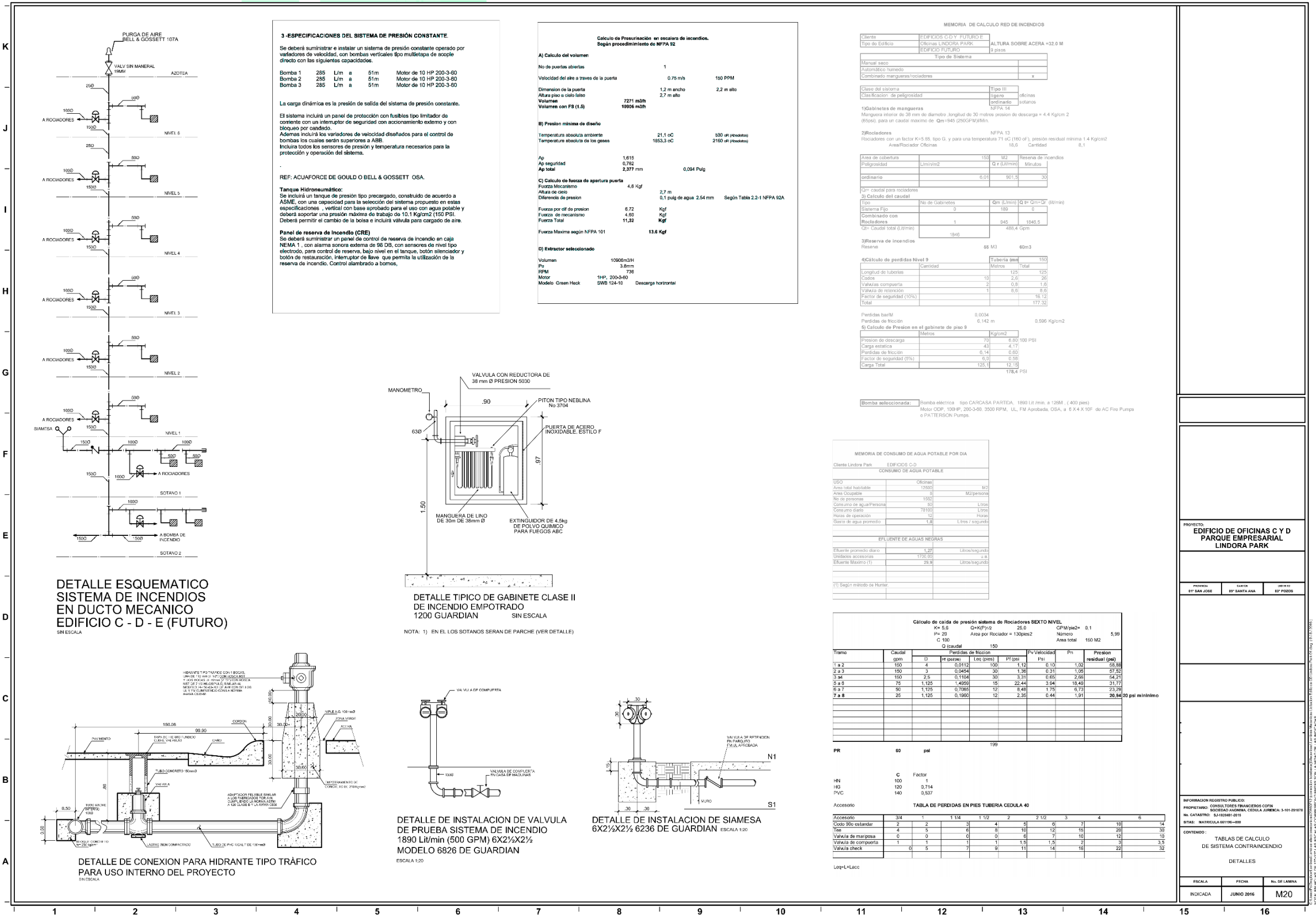


Figura A10. Lámina M20.

Oficentro: Grupo Roble

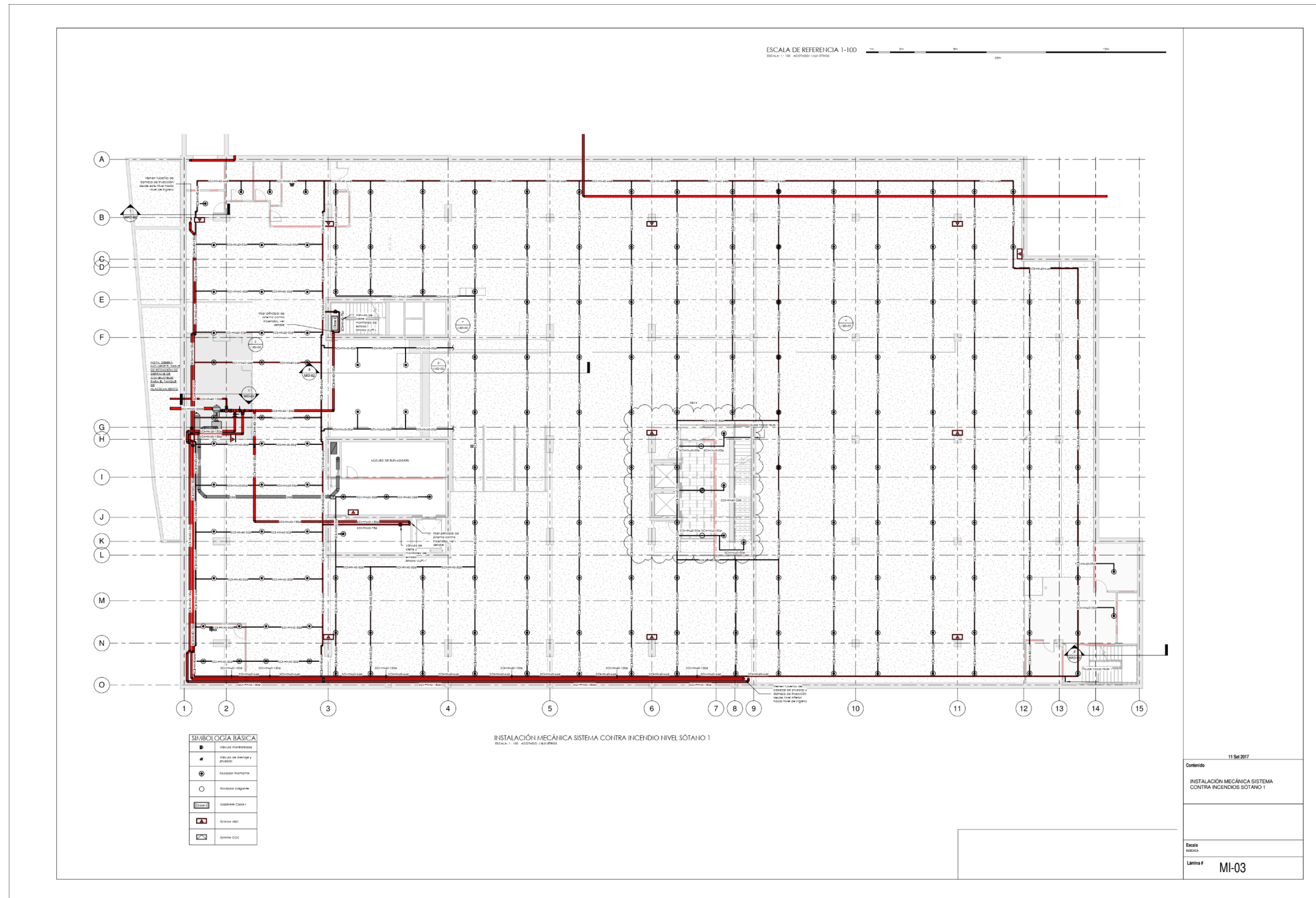


Figura A11. Lámina MI-03.

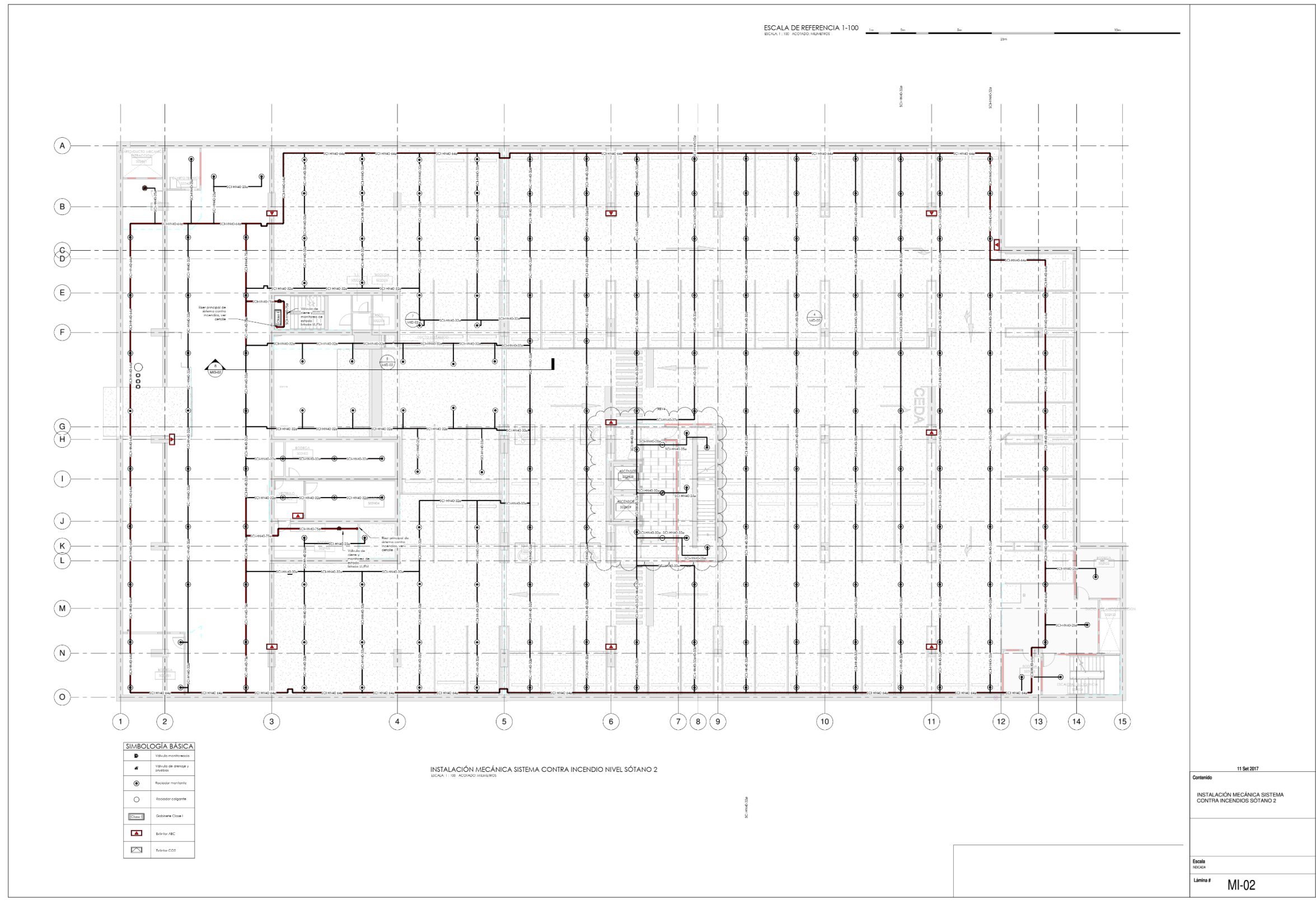


Figura A12. Lámina MI-02.

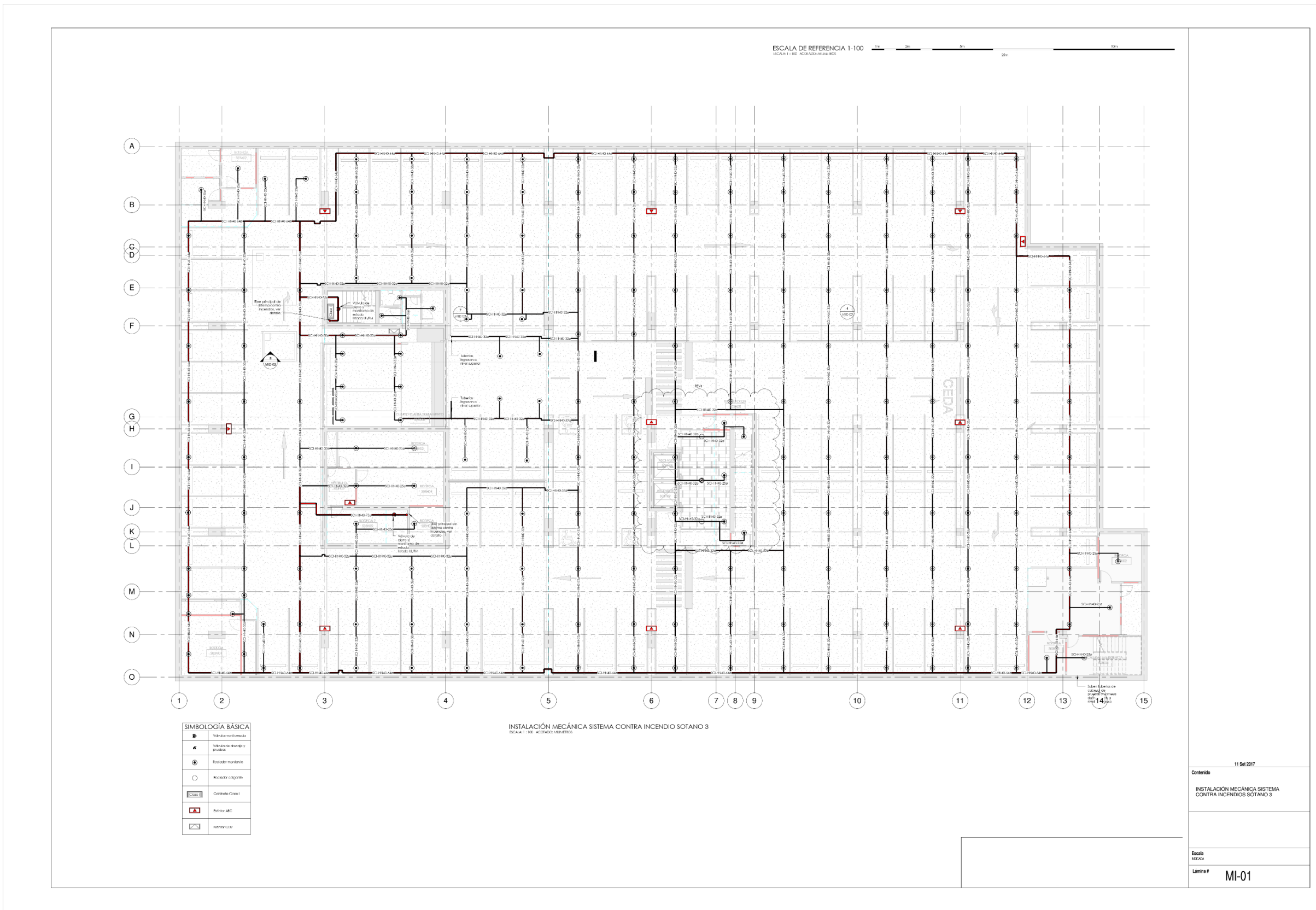


Figura A13. Lámina MI-01.

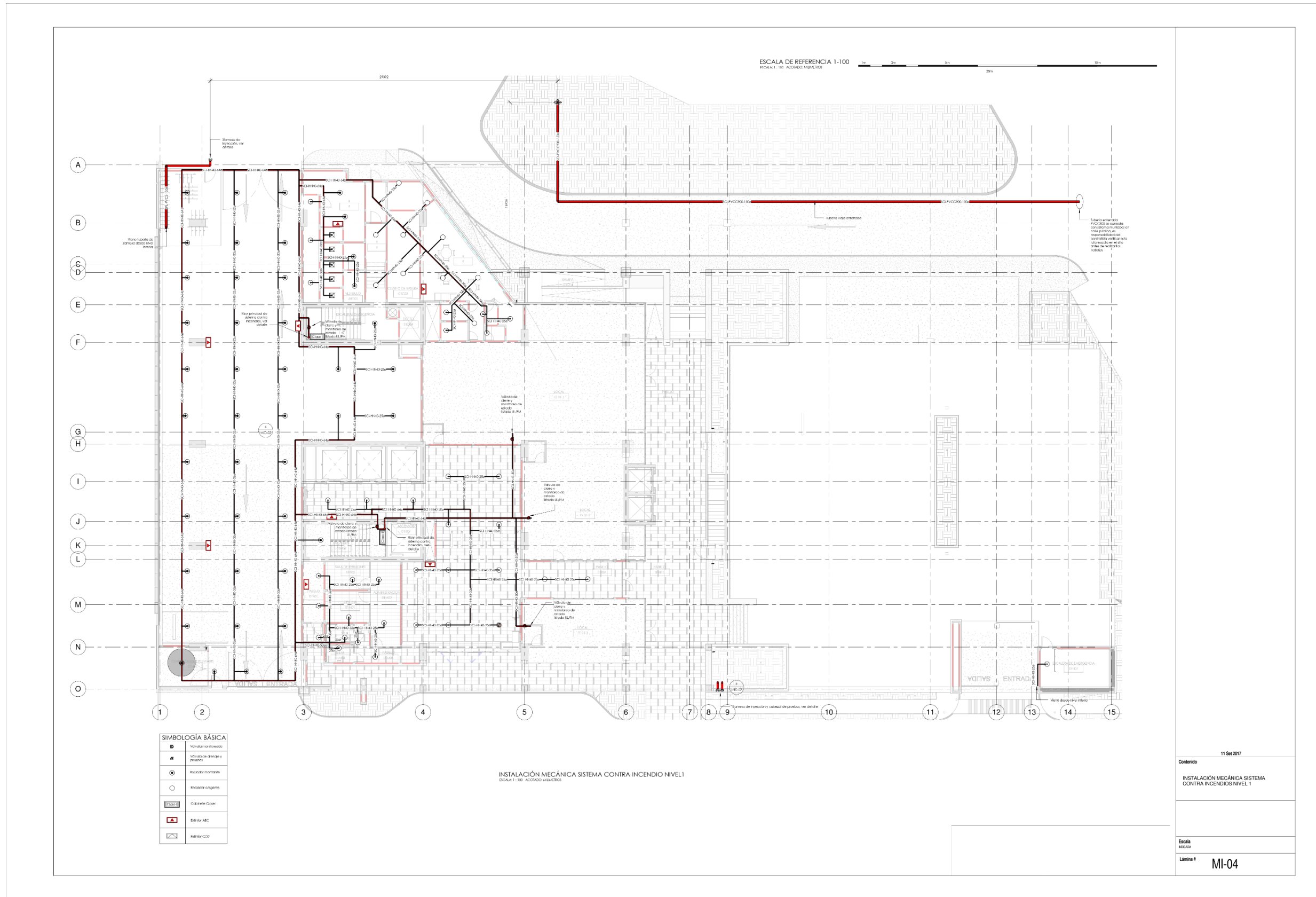


Figura A14. Lámina MI-04.

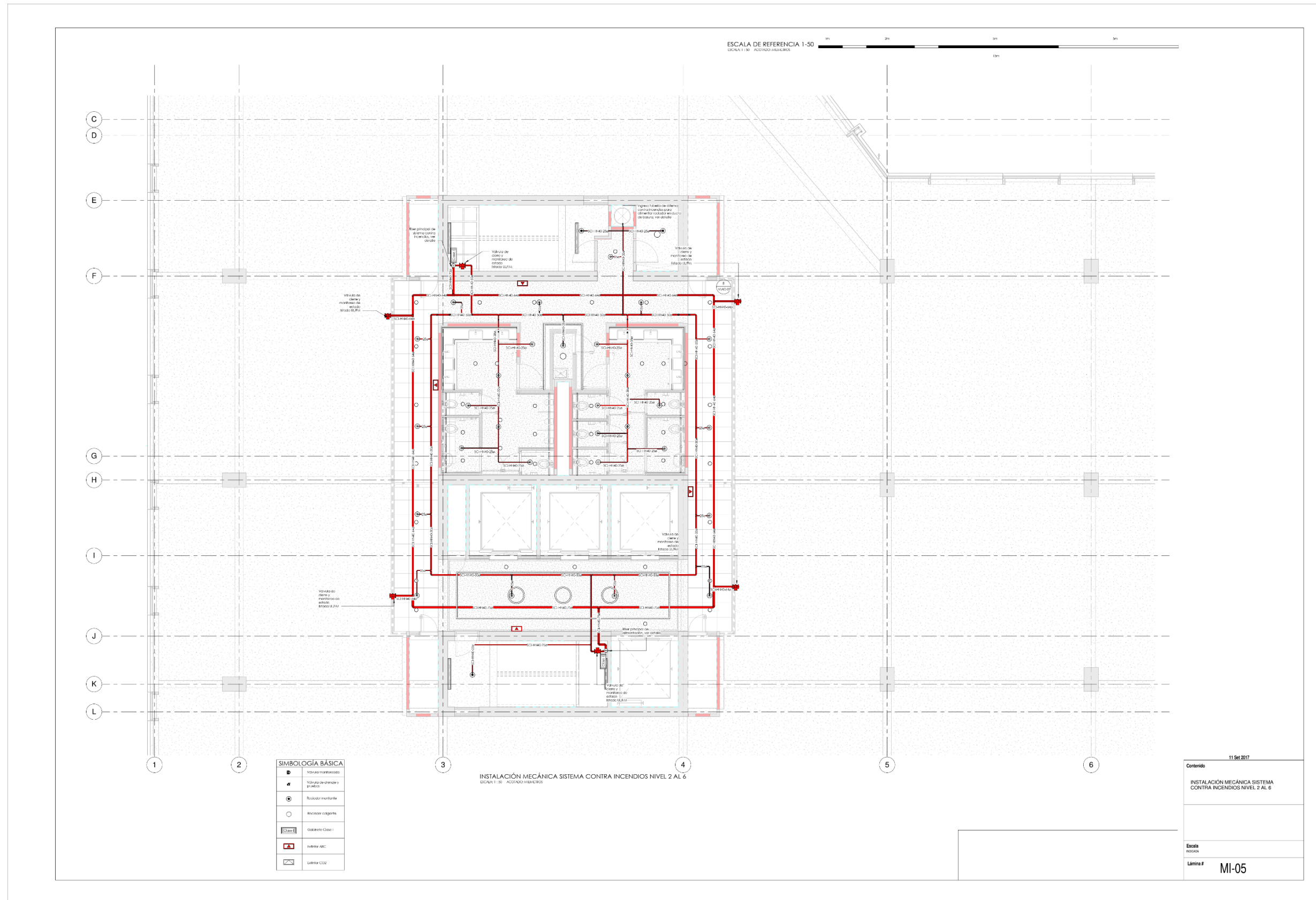


Figura A15. Lámina MI-05.



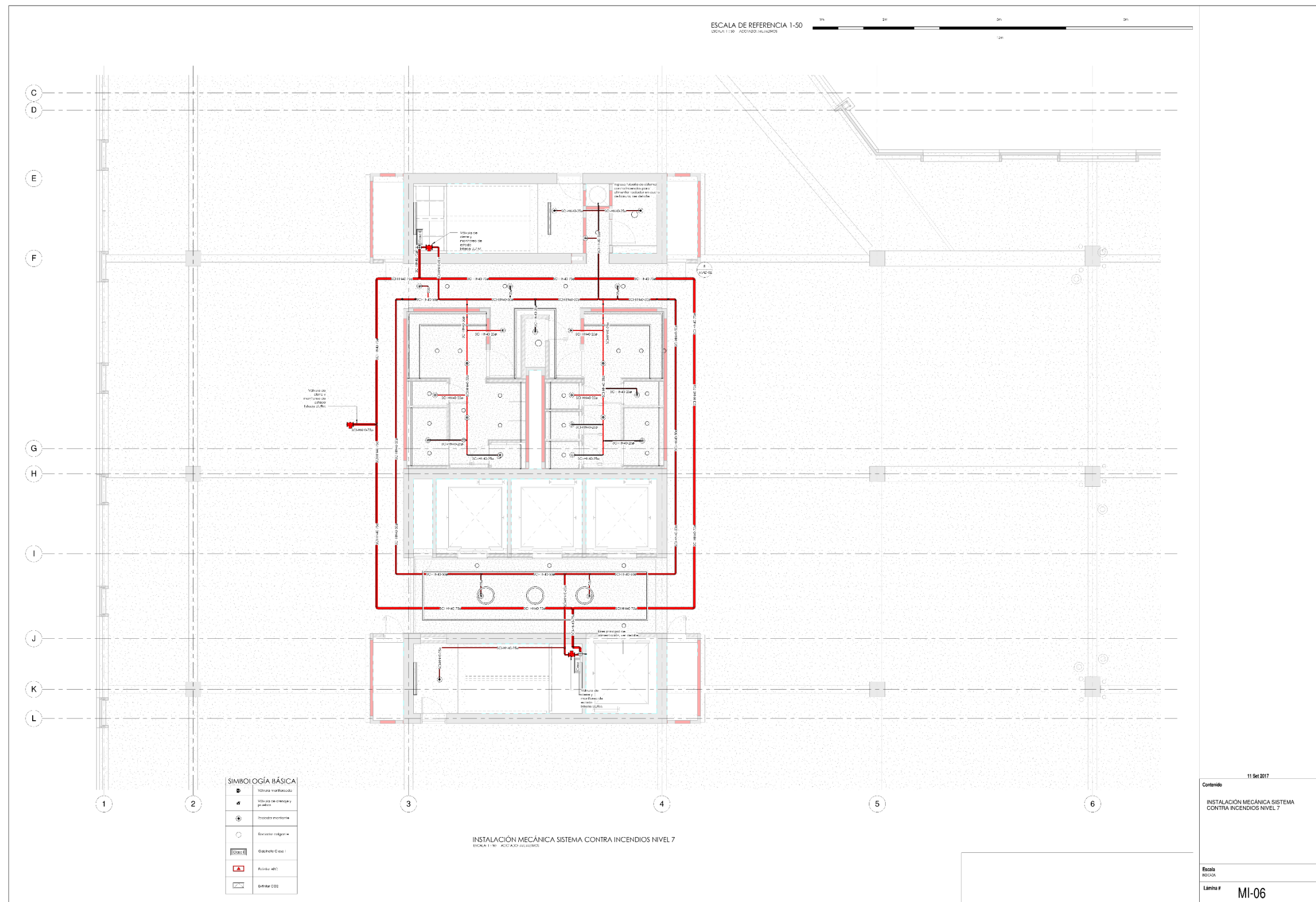


Figura A16. Lámina MI-06.

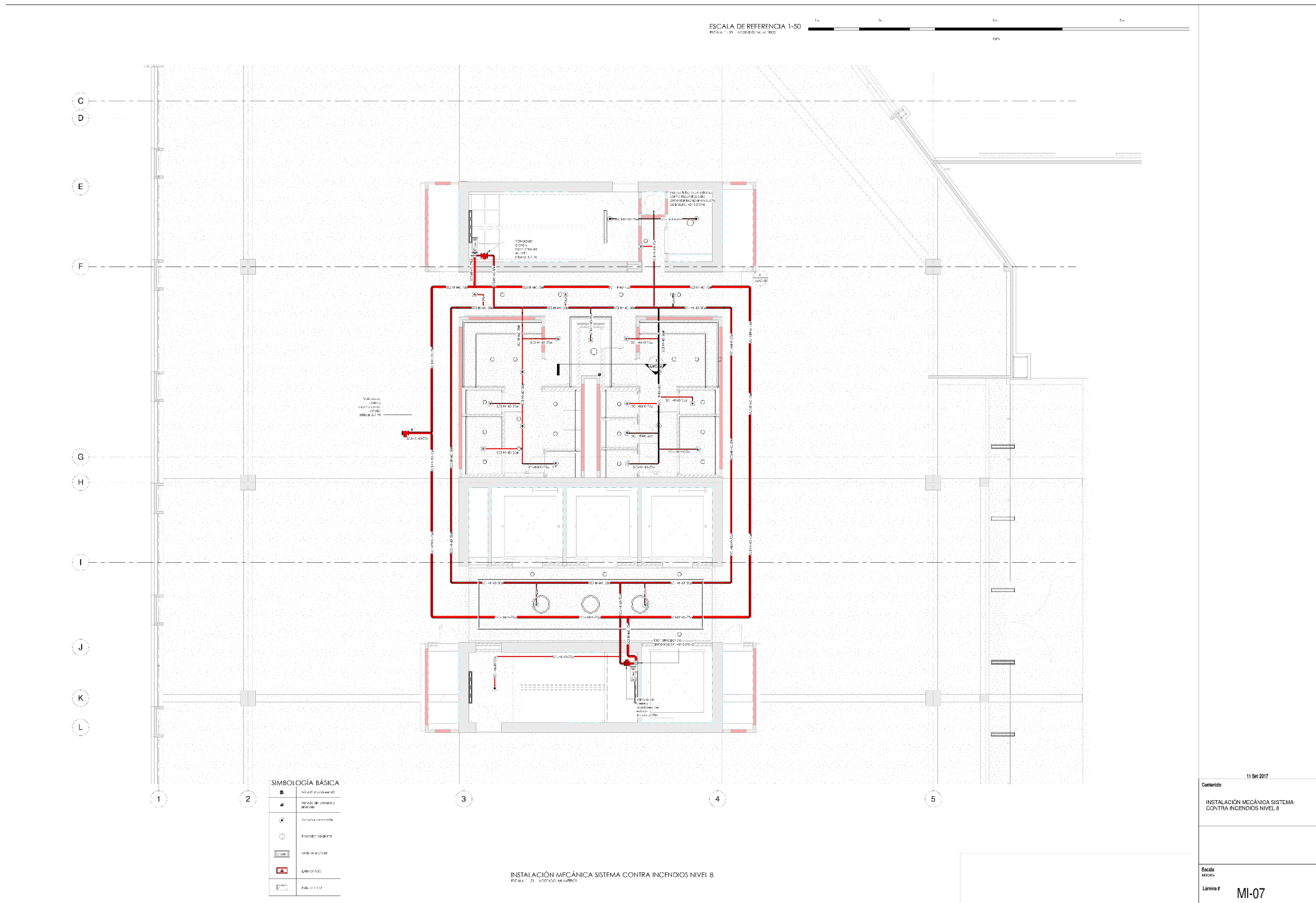


Figura A17. Lámina MI-07.

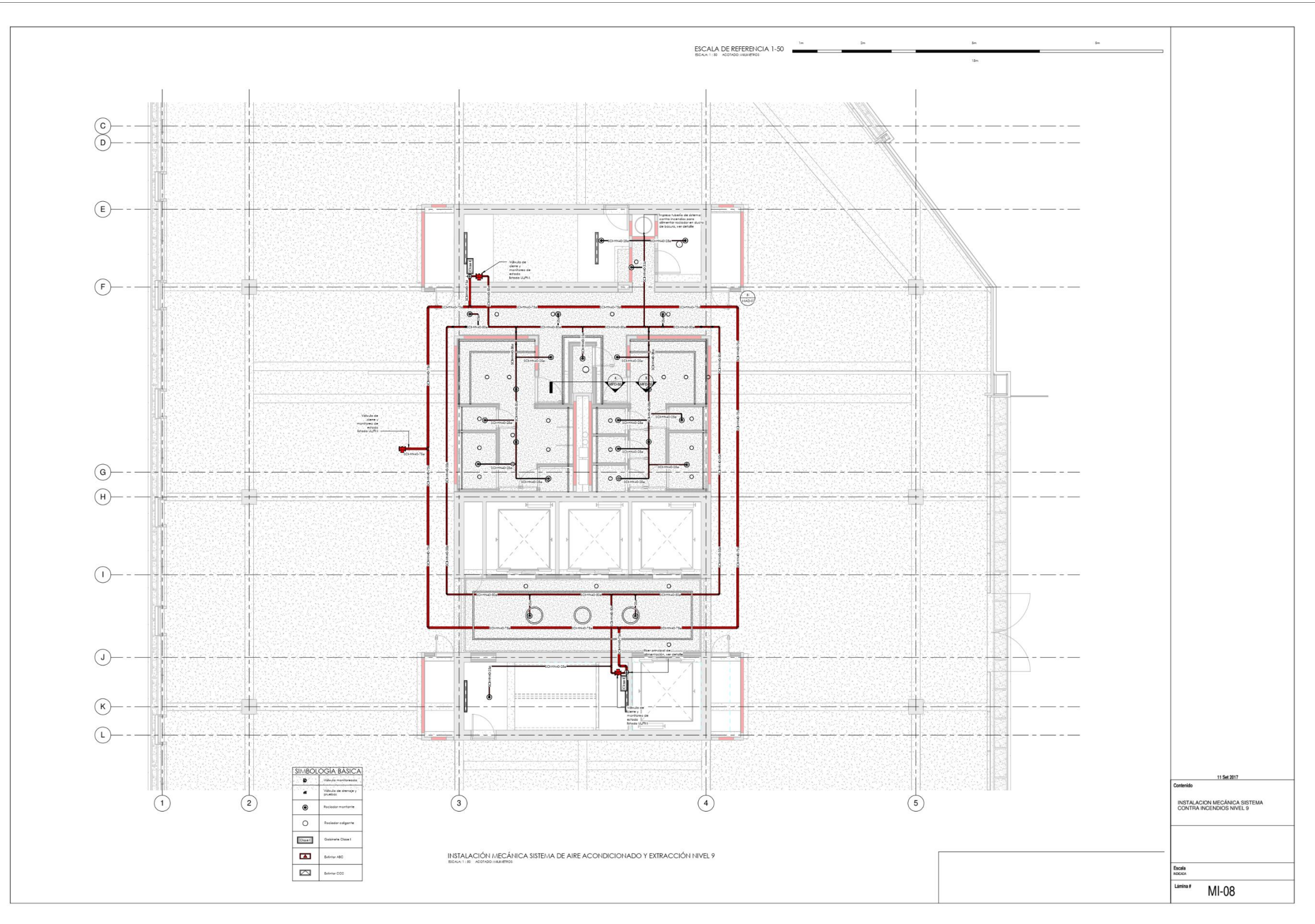


Figura A18. Lámina MI-08.

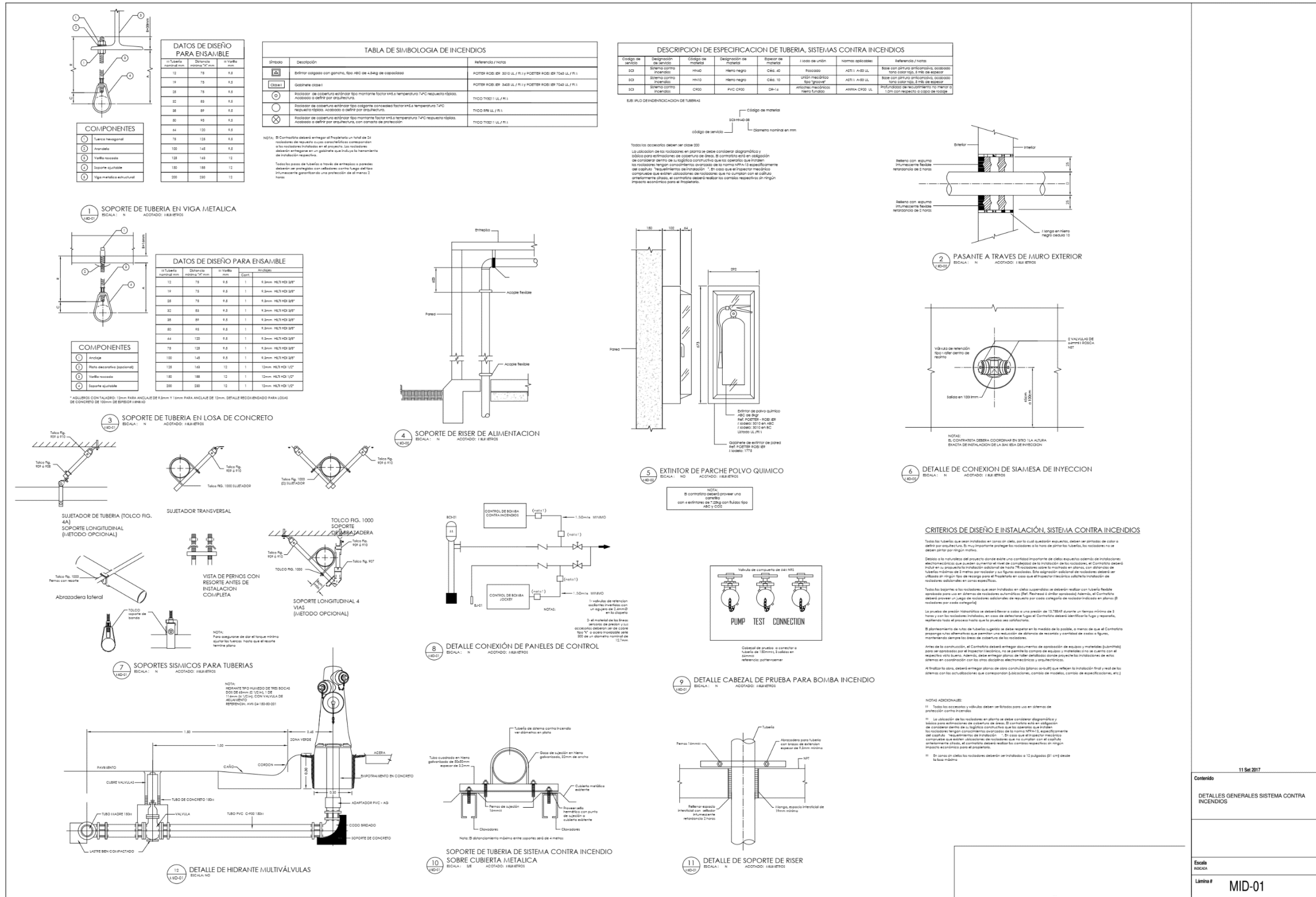
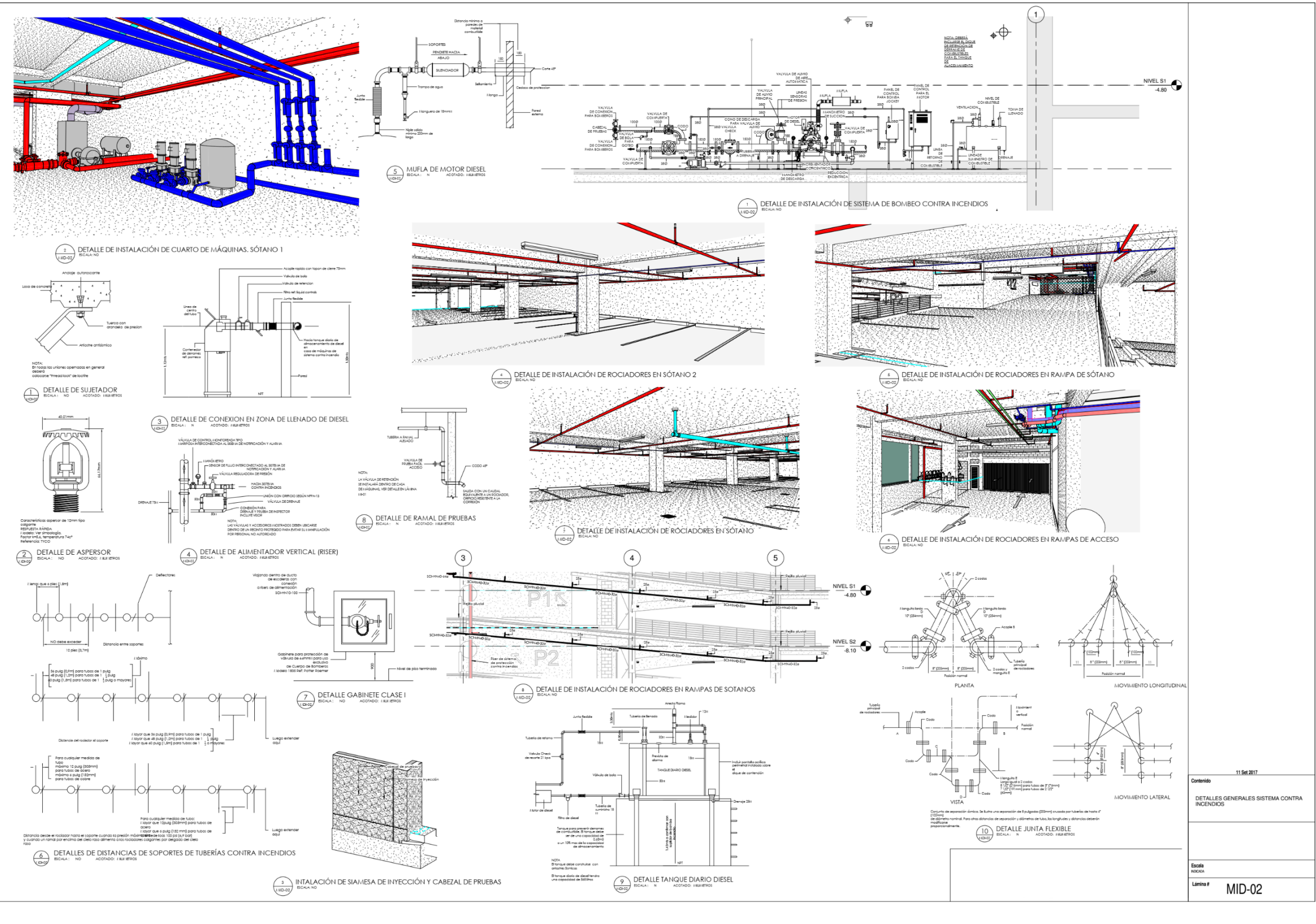


Figura A19. Lámina MID-01.

Contenido	11 Set 2017
Escala	DETALLES GENERALES SISTEMA CONTRA INCENDIOS
Lámina #	MID-01



11 Set 2017
Contenido
DETALLES GENERALES SISTEMA CONTRA INCENDIOS
Escala
Hoja
Lámina #
MID-02

Figura A20. Lámina MID-02.

