



**DISEÑO DE UN SISTEMA CONTROL AUTÓNOMO CONTRAINCENDIO PARA
LABORATORIOS Y BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO, SEDE
VILLAVICENCIO**

JOSE ANDRES MACIAS TORRES

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Villavicencio Meta, Colombia
2021

**DISEÑO DE UN SISTEMA CONTROL AUTÓNOMO CONTRA INCENDIO PARA
LABORATORIOS Y BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO, SEDE
VILLAVICENCIO**

JOSE ANDRES MACIAS TORRES

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Jhonattan Bulla Espinosa, MSc.

Línea de Investigación:

Automatización y control

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Villavicencio Meta, Colombia

2021

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Villavicencio (, ,)

Dedicatoria

A Dios por permitirme sacar este proyecto adelante, a mi familia por su apoyo incondicional, a las personas que creyeron en mí, a mis profesores quienes fueron fundamentales para cumplir este objetivo universitario y a mis compañeros por la motivación.

JOSE ANDRES MACIAS TORRES

Agradecimientos

Agradezco el valioso apoyo y dedicación al Ing. Jhonattan Bulla Espinosa, director de proyecto de grado, por el tiempo brindado durante esta difícil situación de pandemia, por aportar su conocimiento y experiencia a este trabajo, por la constancia y oportunidad para lograr obtener el título universitario.

Resumen

Actualmente la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio no cuenta con un sistema contra incendio que proteja a la comunidad universitaria e infraestructura, se busca a través del análisis de la matriz de riesgos y peligros existente, diseñar un sistema control autónomo contra incendio para laboratorios y biblioteca de la sede, al ser las áreas más vulnerables ante una conflagración, esto conforme a los requisitos de la norma NSR-10, limitándose al diseño según los requerimientos técnicos de la red hidráulica, programación del sistema de control automático y diagrama unifilar del sistema de potencia, brindando bienestar a la comunidad UAN ajustando la infraestructura a las normas vigentes quedando a la vanguardia con referente a las universidades de la región que cuentan con todos estos equipos de protección.

Palabras clave: Automatización, control, sistema de gestión, NSR, NFPA, NTC, Contraincendios.

Abstract

Currently the Antonio Nariño University Villavicencio campus does not have a fire protection system that protects the university community and infrastructure, it is sought through the analysis of the existing risk and danger matrix, to design an autonomous fire control system for laboratories and library of the campus, being the areas most vulnerable to a conflagration, this in accordance with the requirements of the NSR-10 standard, limiting itself to the design according to the technical requirements of the hydraulic network, programming of the automatic control system and one-line diagram of the power system , providing well-being to the UAN community by adjusting the infrastructure to current regulations, remaining at the forefront with regard to the universities in the region that have all these protective equipment.

Keywords: Automation, control, management system, NSR, NFPA, NTC, Firefighting.

Contenido

Introducción	2
1. Marco teórico.....	4
1.1 Tetraedro de fuego.....	4
1.2 Clases de fuegos.....	6
1.3 Procedimientos de extinción de fuego	6
1.4 Sistemas de gestión.....	7
1.5 Reglamento Colombiano de Normas Sismo resistentes NSR-10	7
1.6 Materiales	10
1.7 Automatización y control	12
1.8 Sistemas de detección	13
1.9 Fundamentos hidráulicos	14
1.9.1 Propiedades del agua	15
1.9.1.1 Densidad.....	15
1.9.1.2 Peso específico.....	15
1.9.1.3 Viscosidad	16
1.9.1.4 Presión.....	17
1.9.1.5 Ecuación de Torricelli.....	17
1.9.1.6 Cabeza de velocidad.....	17
1.9.1.7 Fuentes de presión	18
1.9.1.8 Teorema de Bernoulli.....	18
1.9.1.9 Caudal	19
1.9.1.10 Pérdidas por fricción	20
1.9.1.11 Pérdidas menores.....	21
1.10 Rociadores.....	22
1.11 Bombas.....	24
2 Metodología	26
3 Análisis de resultados	36
4 conclusiones y recomendaciones	41
4.1 Conclusiones	41
4.2 Recomendaciones	41
▪ Bibliografía	63

Lista de figuras

Fig. 1-1: Tetraedro de fuego.....	5
Fig. 1-2: tubería materiales CPVC – CPAVC BLAZEMASTER.....	11
Fig. 1-3: Sistema de detección de incendios completo.....	14
Fig. 1-4: Elementos de un sistema de detección	14
Fig. 1-5 Partes de un rociador	24
Fig. 2-1:Edificio principal campus Villavicencio – Universidad Antonio Nariño	26
Fig. 2-2: Laboratorio Electromecánica.....	27
Fig. 2-3: Plano arquitectónico 1 planta	30
Fig. 2-4: Disposición Rociadores y red Hidráulica Biblioteca	32
Fig. 2-5 Disposición Rociadores, Bomba y red Hidráulica Laboratorio	32
Fig. 2-6 sistema de detección Biblioteca y laboratorio.....	34
Fig. 2-7 Diagrama unifilar	35
Fig. 3-1: Modelo sistema contra incendios Biblioteca y Laboratorio	37

Lista de tablas

Tabla. 1-1: Grupos de ocupación NSR-10 Titulo J.....	8
Tabla. 1-2: área construida y caudal mínimo requerido por hidrante a instalarse	9
Tabla. 1-3: Otros sistemas de protección contra incendio requerido.....	10
Tabla. 1-4: Materiales y dimensiones de los accesorios	11
Tabla. 1-5: propiedades físicas del agua	16
Tabla. 1-6: Tabla de coeficientes de perdida menor	22
Tabla. 1-7 Temperatura y color de rociadores	23
Tabla. 1-8: Caudales de bombas contra incendio centrifugas.....	25
Tabla. 2-1: Grupos de ocupación NSR10 – Titulo J	28
Tabla. 2-2 capacidades hidrantes.....	29
Tabla. 3-1 Perdida de voltaje circuito SIG 1.....	38
Tabla. 3-2: Perdida de Voltaje circuito Lazo	38
Tabla. 3-3: Tabla de consumo de energía	39

Introducción

Actualmente el reglamento colombiano de normas sismo resistentes NSR-10, reglamenta la implementación de sistemas contra incendio en edificaciones industriales, comerciales, residenciales y educativas, que a su vez basa su contenido en algunos reglamentos, códigos y normas técnicas como National Fire Protection Association (NFPA) y la Norma Técnica Colombiana 2050 Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050) emitido por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) [1] y la American Society for Testing and Materials (ASTM), para ajustarse a las necesidades en cada tipo de instalaciones a intervenir.

En la región las instituciones de educación superior al tener infraestructura nueva disponen de lo reglamentado en la NSR-10 donde contempla en el título J: requisitos contra el fuego en edificaciones, no obstante algunas instituciones de la región con infraestructura construida anterior a la fecha de entrada en vigor del reglamento no cuentan con estas condiciones, en algunos casos se deben hacer remodelaciones, repotenciación estructural u obras nuevas, la aplicación de este capítulo del reglamento está dispuesto para la construcción de uso, habitación u ocupación de personas y cuyo propósito es reducir en todo lo posible el riesgo de incendios en edificaciones con aras a evitar la propagación del fuego tanto dentro de las edificaciones como hacia estructuras aledañas, facilitar la evacuación de los ocupantes de las edificaciones, extinguir incendios, minimizar el riesgo de colapso estructural en maniobras de evacuación y extinción, también clasifica las edificaciones por tipos de ocupación y establece los requisitos generales de configuración arquitectónica, estructural, eléctrica e hidráulica necesarios para la protección contra incendios en edificaciones y las especificaciones mínimas que deben cumplir los materiales utilizados con el propósito de proteger contra la propagación del fuego en el interior y hacia estructuras aledañas.

El presente documento, se limita a la presentación de una propuesta diseño y descripción de un sistema contra incendios para la biblioteca y laboratorio de electromecánica, el diseño de este sistema será regido por la normatividad técnica del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 contemplado en el título J- requisitos de protección contra incendios que permitirá el lineamiento que debe tomarse para el diseño de este.

En el desarrollo de este trabajo se encontrarán las siguientes etapas; Capítulo 1; Marco teórico, se encuentran los fundamentos teóricos necesarios para concebir un diseño que se ajuste al título J de la NSR-10., capítulo 2; Metodología: a través de diferentes etapas como Análisis de riesgos y documentación, Descripción del diseño, Diseño de la red hidráulica y equipos, diseño del sistema de control, diseño del diagrama unifilar, Presentación de informe final, se establecerá el diseño descripción y simulación de un sistema contraincendios para la biblioteca y laboratorios del campus. capítulo 3; Análisis de resultados: Se espera hacer el diseño y simulación (hidráulica, control y potencia) del sistema control autónomo contra incendios llevando a cabo los requerimientos técnicos como lo indica la normatividad vigente para el beneficio de la comunidad educativa, administrativa, docente y los bienes institucionales. capítulo 4; Conclusiones y recomendaciones: Con base en este trabajo y medición de impacto podrán disponer de este material para continuar con el diseño e implementación en diferentes espacios de la universidad donde puede presentar algún riesgo de incendio, buscar la manera más eficiente, que puede diferir entre un sistema tradicional con extintores o automatizado. Capítulo 5; Bibliografía.

1. Marco teórico

A través de la historia el fuego ha sido crucial para el desarrollo de la humanidad, de la misma manera ha causado grandes devastaciones por eventos de la naturaleza (erupciones volcánicas, rayos, etc.) o provocados por el hombre, se han producido catástrofes y muertes por incendios incontrolables al no tener métodos de extinción o mitigación ante una conflagración, a partir de todo esto se han desarrollado sistemas y manuales de ingeniería adaptados a la extinción del fuego, que han ido evolucionando a través de diferentes épocas, a partir del siglo XVII en Londres, luego del gran incendio de esa ciudad, el alcalde por medio de una orden estableció algunas medidas para la construcción de nuevas edificaciones con materiales que sirvieran como elementos de barrera corta fuego, con paredes en piedra y techos con tejas. Más tarde en el siglo XIX para el año 1896 las compañías aseguradoras en Estados Unidos dan inicio a la National Fire Protection Association (NFPA) fundada como una organización con el fin de crear normas y códigos para la prevención, capacitación, instalación y regulación de sistemas contra incendio (INGENIEROS, 2021).

1.1 Tetraedro de fuego

Es indispensable conocer algunos conceptos tales como fuego, incendio y métodos de extinción de fuego, el fuego es fenómeno físico que se produce al aplicar calor a cualquier elemento que pueda funcionar como combustible en presencia de oxígeno, un incendio

es la propagación del fuego en grandes proporciones sin control generando pérdidas materiales y humanas, el triángulo de fuego representa gráficamente los tres elementos necesarios para que exista combustión, es importante que haya presencia de los 3 lados para iniciar el fuego, estos elementos son: el combustible, principal elemento para que exista la combustión, se puede encontrar en diversas fases como sólido, líquido o gaseoso; el comburente es el segundo elemento o sustancia necesaria para obtener fuego, principalmente se trata del oxígeno; el tercer elemento son las fuentes de calor o energía de activación necesaria para dar inicio a la combustión, esta se puede obtener de chispas, arco eléctrico, sol, superficies calientes, reacción química, fricción, etc. Para completar el tetraedro de fuego encontramos la reacción en cadena de acuerdo al desprendimiento de energía en la combustión, si esta es fuerte se consumirá todo el combustible presente, si no hay suficiente energía, la reacción finaliza; las conflagraciones es posible prevenirlas bajo el estándar del triángulo o tetraedro de fuego teniendo en cuenta los elementos que la conforman eliminando alguno de ellos para dar fin a la conflagración (prointex, 2021).

Fig. 1-1: Tetraedro de fuego



Fuente: (IDIGER, 2021)

1.2 Clases de fuegos

Existen diferentes tipos de fuego de acuerdo a los materiales que actúan como combustible, estos se clasifican según la norma NFPA 10 de la siguiente manera:

Clase A: materiales combustibles comunes como madera, tela papel, caucho y muchos plásticos.

Clase B: líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.

Clase C: conflagraciones en lugares que involucran equipos eléctricos energizados.

Clase D: metales combustibles como Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio, Litio y Potasio.

Clase K: incendio de aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina (aceites minerales, animales y grasas) (NFPA10, 2021).

1.3 Procedimientos de extinción de fuego

Existen varios procedimientos para extinción de incendios, a continuación, se mencionan:

Enfriamiento: eliminar la combustión a través de la disminución de la temperatura por debajo del punto de formación del fuego, el agente más común para este procediendo es el agua debido a sus propiedades refrigerantes.

Sofocamiento: eliminación del comburente (oxígeno) y disminuir a valores mínimos su concentración en la mezcla, se emplean métodos como cubrir con tierra el combustible o tapan el recipiente que contiene la llama.

Dilución del combustible: aplica en casos donde hay fuga de gases, esta técnica consiste en alejar o aislar el elemento que se está quemando o se pueda incendiar con el avance de las llamas.

Interrupción de la reacción en cadena: consiste en aplicar un agente extintor que interrumpa la acción en cadena, generalmente se utiliza polvo químico seco o gas tipo Solkaflam 1-2-3 (Álvarez Uribe & Cuartas, 2021).

1.4 Sistemas de gestión

Los sistemas de gestión son de vital importancia en la prevención de incendios, debido a que ayuda en la identificación de los peligros, evaluando, valorando los riesgos y estableciendo los respectivos controles, en Colombia las empresas deben implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), como plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias, asignando los recursos para su diseño e implementación, junto con sus adecuaciones, definición de planos de instalaciones y rutas de evacuación, al igual que capacitar y entrenar al personal para la atención de una emergencia, hacer simulacros, inspección, mantenimiento y reparación de equipos de apoyan la prevención y atención de emergencias incluyendo sistemas de alarma, alerta y señalización.

1.5 Reglamento Colombiano de Normas Sismo resistentes NSR-10

En Colombia el reglamento colombiano de normas sismo resistentes NSR-10, reglamenta la implementación de sistemas contra incendio en edificaciones sismo resistentes, que a su vez basa su contenido en algunos reglamentos, códigos y normas técnicas como National Fire Protection Association (NFPA) y la Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050), la finalidad del título j y su alcance propone clasificar las edificaciones de

acuerdo al uso y ocupación que esta va a tener la cual podemos apreciar en la tabla 1-1, donde es posible apreciar la clasificación para los edificios destinados a educación se encuentran clasificados como I-3.

Tabla. 1-1: Grupos de ocupación NSR-10 Título J

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección del Reglamento
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4
F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2021)

Los requisitos generales para protección contra incendios en las edificaciones de acuerdo a las características arquitectónicas, estructural, eléctrica e hidráulica, se expresan las especificaciones mínimas que se deben presentar en cuanto a materiales utilizados en la construcción a fin de proteger la propagación fuego en el interior y las estructuras aledañas, las estructuras deben contar con fácil acceso al cuerpo de bomberos, sistemas con facilidad de interrupción del suministro de servicios, como electricidad, gas, fluidos y combustibles, las instalaciones eléctricas deben estar acorde a requisitos contenidos en el RETIE y la NTC2050.

En la prevención de la propagación del fuego hacia el exterior uno de los principales factores a tener en cuenta es la instalación de un hidrante como mínimo según el área y el

tipo de ocupación como se encuentra especificado en la tabla 1-2, los hidrantes deben suministrar agua permanentemente con el caudal especificado en dicha tabla, deben estar pintados en la parte superior como lo indica la norma internacional de la siguiente manera:

- Rojo: caudales hasta 32 litros por segundo (L/s).
- Amarillo: caudales entre 32 L/s y 63 L/s.
- Verde: caudales superiores a 63 L/s.

Tabla. 1-2: área construida y caudal mínimo requerido por hidrante a instalarse

Edificación	Área / hidrante, m ²	Caudal / hidrante, L/s
Edificios cuya altura de evacuación descendente sea más de 28 metros o ascendente de más de 6 metros.	500	32
Cines, teatros, auditorios y discotecas.	500	63
Recintos deportivos.	500	63
Locales comerciales.	1 000	63
Estacionamientos.	1 000	63
Hospitales	500	63
Residencias	5 000	32
Atención al público	500	63
Educación	1 000	63
Almacenamiento	500	63

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2021)

Los hidrantes deben estar ubicados a menos de 100 metros de la edificación y facilitar su acceso al cuerpo de bomberos, las edificaciones mayores a 5 pisos deben contar con una red de instalación contra incendios con válvula de retención de uso exclusivo para los bomberos, debe tener una salida por cada piso para conexión de los carros bomba y mangueras, para consultar dichas características remitirse a la NFPA 14 y NTC1669; la prevención de la propagación del fuego en el interior en sus requisitos generales contempla la utilización de muros cortafuego para la división en edificios de áreas extensas y sus excepciones por tipo y uso de la edificación, las puertas de acceso y salida deben basarse en las normas para puertas y ventanas de la NFPA 80.

Todas las edificaciones deben disponer de recursos para los sistemas contra incendio dependiendo de las características según el grupo de clasificación de acuerdo a su uso, los sistemas contra incendio en Colombia deben diseñarse e instalarse bajo los requisitos mínimos especificados en la NSR-10, luego de instalarse los sistemas hidráulicos deben ser sometidos a inspección, prueba y mantenimiento conforme a la norma NFPA 25, cuando se requieran por características de productos almacenados o equipos otros sistemas de protección contra incendios o sean instalados bajo la aprobación de la autoridad competente como una alternativa semejante, los diseños e instalación deben estar acorde a las normas indicadas en la tabla 1-3.

Tabla. 1-3: Otros sistemas de protección contra incendio requerido

Tipo de Sistema	Norma
Sistema de espuma de baja expansión	NFPA 11
Sistema de espuma de mediana y alta expansión	NFPA 11 A
Sistema de dióxido de carbono	NFPA 12
Sistema de Halón 1301	NFPA 12 A
Rociadores en viviendas uni y bifamiliares y en casas prefabricadas	NFPA 13 D
Rociadores en ocupaciones residenciales de máximo y que incluyen cuatro pisos de altura	NFPA 13 R
Sistemas de pulverización de agua	NFPA 15
Rociadores de agua-espuma por diluvio, sistemas de pulverización de agua-espuma, sistemas de rociadores de agua-espuma de cabeza cerrada	NFPA 16
Sistemas de extinción de químico seco	NFPA 17
Sistemas de extinción de químico húmedo	NFPA 17 A
Sistemas de niebla de agua	NFPA 750
Sistemas de extinción contra incendio de agente limpio	NFPA 2001

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2021)

1.6 Materiales

Para las edificaciones que requieran una red contra incendio solamente pueden utilizar materiales listados para servicio contra incendio en el capítulo 2. Componentes y accesorios del sistema, de la norma técnica NFPA 13. Las redes hidráulicas en los

sistemas contra incendio (red de tuberías aérea, subterránea y accesorios) en la actualidad emplean una serie de materiales que aparecen listados en la norma, dentro de los cuales están: aleaciones de hierro, acero, cobre y polímeros diseñados brindando mayores beneficios, algunos de estos materiales son, PVC C-900, CPVC y CPVC BLAZEMASTER (Cloruro de Vinilo Post Clorado) , dentro de estos beneficios podemos destacar: evita la corrosión interna que producen las tuberías metálicas causando obstrucción de los aspersores disminuyendo el caudal de agua, algunos de estos materiales al quemarse no propagan el fuego, primero se carbonizan y luego se auto extinguen, la vida útil es aproximadamente 50 años, pesan menos que las metálicas y se instalan más rápido, para el sistema de aspersores se encuentran de bulbo cerrados y abierto, que funcionan al alcanzar la temperatura para su accionamiento o dependiendo la configuración del sistema, la NFPA 13 clasifica los materiales de las tuberías y accesorios según la norma internacional que lo administra, como se puede observar en la ilustración , materiales y dimensiones de los accesorios.

Tabla. 1-4: Materiales y dimensiones de los accesorios

Materiales y dimensiones	Norma
Hierro fundido	
<i>Accesorios Roscados de Hierro Gris, Clases 125 y 250</i>	ASME B16.4
<i>Bridas y Accesorios Embridados de Tuberías de Hierro Gris, Clases 25, 125 y 250</i>	ASME B16.1
Hierro dúctil	
<i>Accesorios de Hierro Dúctil y de Hierro Gris</i>	AWWA C110/A21.10
<i>Accesorios Compactos de Hierro Dúctil</i>	AWWA C153/A21.53
Hierro maleable	
<i>Accesorios Roscados de Hierro Maleable, Clases 150 y 300</i>	ASME B16.3

Fuente: (NFPA13-2019, 2021)

Fig. 1-2: tubería materiales CPVC – CPAVC BLAZEMASTER



Fuente: (TUVALREP, 2021)

1.7 Automatización y control

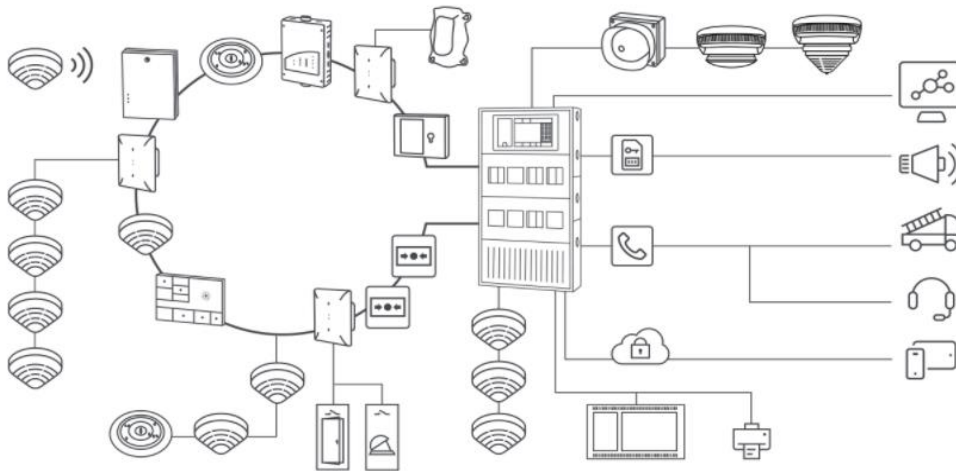
La automatización es el proceso mediante el cual se busca controlar un proceso con la mínima intervención del hombre, disminuyendo el peligro que algún proceso representa, esto se logra a partir de la actuación dinámica de un sistema a través de métodos de mandos enviados por un controlador, lo cual pretende reemplazar las tareas realizadas manualmente por humanos y pasa a ser realizada por máquinas que logran controlar las diferentes variables del proceso, que a su vez están compuestas por diversos elementos como accionadores, pre actuadores, sensores, unidades de control (PLC, DCS), todo esto se logra a través de un conjunto de procedimientos algorítmicos que acondicionan los parámetros y procesan la información para sistemas univariados o multitarea. (Leiva, 2015)

1.8 Sistemas de detección

La electrónica ha jugado un rol crucial en los sistemas de detección de incendios al brindar dispositivos simples o combinados como son los detectores de incendios los cuales pueden reaccionar a diferentes tipos de señal o variable como humo, calor, fuego o radiación, cabe mencionar a continuación algunas características de los tipos más utilizados en los sistemas contra incendio:

- Detectores de humo: iónicos, óptico/fotoeléctrico, detectan gases y humo poco visibles en una cámara de ionización de aire abierta, donde se reduce la ionización de aire y se genera una alarma, para los ópticos emplean un emisor de luz y un fotorreceptor, ante la densidad de humo determinada en la cámara del detector. La luz emitida por el emisor se dispersa y puede alcanzar al receptor generando la alarma.
- Detectores de temperatura: térmicos termovelocimétrico, emiten señal de alarma cuando el aire a su alrededor supera un límite de temperatura establecido, esta oscila entre los 47 y 58 °C, los velocimétricos se activan cuando hay detección de aumento de temperatura del aire superior a 8 °C por minuto.
- Detectores de llama: infrarrojo IR, Ultravioleta UV, combinados IR/UV; utilizan sensores de radiación infrarroja, ultravioleta o de manera combinada para activar una alarma ante este tipo de señal según la sensibilidad calibrada.

Fig. 1-3: Sistema de detección de incendios completo



Fuente: (BOSCH, 2021)

Fig. 1-4: Elementos de un sistema de detección



Fuente: (BOSCH, 2021)

1.9 Fundamentos hidráulicos

Los sistemas contra incendio en la actualidad que emplean redes de tubería (hidrantes, gabinetes con mangueras, aspersores), generalmente utilizan como agente extintor el

agua, se deben dar a conocer algunas de las propiedades intensivas y extensivas del agua relacionadas con los cálculos de la red hidráulica, caudal requerido, pérdidas de presión y otras variables fundamentadas en la mecánica de fluidos.

1.9.1 Propiedades del agua

El agua es agente extintor que se va a utilizar como referencia para el diseño del sistema contraincendios, para lo cual debemos tener en cuenta algunas de las propiedades, dentro de las que podemos mencionar si “son intensivas o extensivas, las propiedades intensivas son independientes de la masa de un sistema, como la temperatura, la presión y la densidad. Las propiedades extensivas son aquellas cuyos valores dependen del tamaño, o extensión, del sistema”. (CENGEL, 1994).

1.9.1.1 Densidad

La densidad se define como masa por unidad de volumen: (kg/m^3)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

La densidad de una sustancia depende de la temperatura y de la presión, en los líquidos y sólidos en esencia son sustancias incompresibles y la variación de su densidad con la presión suele ser despreciable. (CENGEL, 1994).

1.9.1.2 Peso específico

Peso de un fluido por unidad de volumen; es decir: densidad de fluido por aceleración debida a gravedad: (CENGEL, 1994)

$$\gamma_s = \rho g$$

1.9.1.3 Viscosidad

“La viscosidad es la medida de la resistencia interna de un fluido a desplazarse o moverse

En los líquidos la viscosidad se debe a la fuerza de cohesión entre sus moléculas, la viscosidad mide cuánta fuerza se requiere para deslizar una capa del fluido sobre otra, los fluidos tienden a seguir la ley de la gravedad, pero no todos se trasladan con la misma facilidad.

Si no fuera por la viscosidad, un líquido podría desplazarse a través de un tubo por su propia inercia sin que ninguna diferencia de presiones tuviera que empujarlo entre los extremos del conducto.” (Terán, 2021)

$$v = \frac{N \cdot s}{m^2}$$

En la tabla podemos apreciar algunas de las propiedades físicas del agua a diferente temperatura, se pueden observar la densidad, módulo de elasticidad, viscosidad dinámica, viscosidad cinemática, tensión superficial y presión de vapor.

Tabla. 1-5: propiedades físicas del agua

Temperatura T (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Módulo elasticidad K · 10 ⁻⁹ (N/m ²)	Viscosidad dinámica μ · 10 ³ (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática ν · 10 ⁶ (m ² /s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión de vapor P _v kPa
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

Fuente: (quimicafertaljojessmari, 2021)

1.9.1.4 Presión

“La presión se define como una fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área. Se habla de presión sólo cuando se trata de un gas o un líquido. La contraparte de la presión en los sólidos es el esfuerzo normal. Puesto que la presión se define como fuerza por unidad de área, tiene la unidad de newtons por metro cuadrado (N/m²), la cual se llama pascal (Pa)”; es decir:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$$

Otras unidades de presión de uso general en la práctica, en especial en Europa, son el bar, la atmósfera estándar y el kilogramo-fuerza por centímetro cuadrado. (CENGEL, 1994)

1.9.1.5 Ecuación de Torricelli

Permite calcular la velocidad de descarga de un líquido por la abertura de un recipiente a una determinada profundidad. (CENGEL, 1994)

$$v = \sqrt{2gh}$$

1.9.1.6 Cabeza de velocidad

la altura estática se puede convertir en altura de velocidad, esta se puede convertir a su vez en una altura estática equivalente (DUARTE & MARTINEZ JAMAICA, 2021)

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

1.9.1.7 Fuentes de presión

En la red de un sistema contraincendios existen diferentes fuentes de presión, dentro de las cuales están:

- Gravedad: La presión aquí es la altura de la lámina de agua.
- Bombeo: la altura es la suma de la presión de descarga de la bomba, la diferencia de altura entre el manómetro de descarga de la bomba y el punto considerado.
- Presión neumática: La altura del agua es la del aire del depósito, cualquier diferencia de altura entre la superficie del depósito de agua y el punto considerado.
- Combinadas: Cualquiera de las fuentes anteriores. (DUARTE & MARTINEZ JAMAICA, 2021)

1.9.1.8 Teorema de Bernoulli

Este representa la ley de la conservación de la energía aplicada a problemas de fluidos no comprimibles, Este se puede expresar como lo siguiente: “En un flujo estacionario sin rozamiento, la suma de la altura de velocidad, altura de presión y altura geométrica es constante en todas las partículas del fluido a lo largo de todo su recorrido” (DUARTE & MARTINEZ JAMAICA, 2021).

$$\frac{Va^2}{2g} + \frac{Pa}{w} + Za = \frac{Vb^2}{2g} + \frac{Pb}{w} + Zb + hab$$

1.9.1.9 Caudal

“El flujo de un líquido o de un gas a través de tuberías o ductos se usa comúnmente en sistemas de calefacción y enfriamiento y en redes de distribución de fluido. El fluido en estas aplicaciones usualmente se fuerza a fluir mediante un ventilador o bomba a través de una sección del flujo. Se pone particular atención a la fricción, que se relaciona directamente con la caída de presión y las pérdidas de carga durante el flujo a través de tuberías y ductos. Entonces, la caída de presión se usa para determinar la potencia necesaria de bombeo. Un sistema de tuberías típico incluye tuberías de diferentes diámetros, unidas entre sí mediante varias uniones o codos para dirigir el fluido, válvulas para controlar la razón de flujo y bombas para presurizar el fluido”. (CENGEL, 1994)

“La velocidad promedio en aplicaciones de calentamiento y enfriamiento puede cambiar un poco, debido a transformaciones en la densidad que crea la temperatura. Pero, en la práctica, se evalúan las propiedades del fluido a cierta temperatura promedio y se les trata como una constante.

Se dice que el régimen de flujo en el primer caso es laminar, y se caracteriza por líneas de corriente suaves y movimiento sumamente ordenado; mientras que en el segundo caso es turbulento, y se caracteriza por fluctuaciones de velocidad y movimiento también desordenado”, la variación se debe al diámetro de la tubería y a la velocidad; en la red de los sistemas contra incendio el flujo es turbulento.

La transición de flujo laminar a turbulento depende de la geometría, la rugosidad de la superficie, la velocidad del flujo, la temperatura de la superficie y el tipo de fluido, entre otros factores. A esto se le denomina número de Reynolds y se expresa para caudales en tubería circular, el número de Reynolds es una cantidad adimensional (CENGEL, 1994)

$$Re = \frac{\rho V_{prom} D}{\mu}$$

V_{prom} =velocidad de flujo promedio (m/s)

D =longitud característica de la geometría (diámetro en m)

ρ/μ =viscosidad cinemática del fluido (m²/s).

la transición de flujo laminar a turbulento también depende del grado de perturbación del flujo por la rugosidad de la superficie, las vibraciones de la tubería y las fluctuaciones en el flujo (CENGEL, 1994)

$Re \leq 2300$ flujo laminar

$2300 \leq Re \leq 4000$ flujo transicional

$Re \geq 4000$ flujo turbulento

1.9.1.10 Pérdidas por fricción

“En la conducción de un fluido a través de una tubería, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

Dado que la fórmula más utilizada para el cálculo de la pérdida de energía es la metodología de Hazen Williams, la guía utilizó una fórmula físicamente basada como la fórmula de Darcy — Weisbach, que no es de uso común por su complejidad en el cálculo del factor de fricción. El factor de fricción se calculará por medio de la fórmula desarrollada por Colebrook — White utilizando un método numérico para obtener la tabulación de la pérdida unitaria en función de la metodología de Darcy — Weisbach”. (DUARTE & MARTINEZ JAMAICA, 2021)

Fórmula Darcy – Weisbach

$$h = f \frac{lv^2}{2\phi g}$$

h = pérdidas de presión por rozamiento

l = longitud de la tubería

\emptyset = Diámetro de tubería

Fórmula de pérdidas por fricción:

$$h = J * L$$

J = variación de presión por unidad de longitud

L = distancia entre dos puntos

1.9.1.11 Pérdidas menores

Las pérdidas menores ocurren generalmente por la fricción o contacto existente entre el fluido y los accesorios del sistema, interrumpen el suave flujo del fluido y provocan pérdidas adicionales debido al fenómeno de separación y mezcla del flujo que producen. (CENGEL, 1994)

$$h_{L=K} = K_L \frac{V^2}{2g}$$

Tabla. 1-6: Tabla de coeficientes de pérdida menor

Pieza, conexión o dispositivo	K_f
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfallera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Fuente: (JIMENEZ, 2021)

1.10 Rociadores

Los rociadores o sprinklers son dispositivos que detectan y extinguen incendios, reaccionan a determinadas temperaturas haciendo descargas del fluido con el cual este diseñado. se encuentran reglamentados en la NFPA13, dentro de los cuales caben mencionar algunas características (NFPA13-2019, 2021):

- Siempre deben instalarse rociadores nuevos.
- No se pueden re instalar en otro punto, salvo algunas excepciones.
- Deben ser en los materiales listados o los que indica la norma.
- Deben estar marcados con caracteres en inglés, en letra mayúscula para identificar el fabricante, seguido de numeración que indica, el factor K (remitirse a la tabla 7.2.2.1 identificación de las características de descarga de los rociadores), características del deflector, certificaciones de presión y sensibilidad térmica.
- Los rociadores solo deben ser pintados por el fabricante, de acuerdo con la clasificación de temperatura y código de color correspondiente.
- El mantenimiento está regido por la norma NFPA 25 norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios a base de agua.

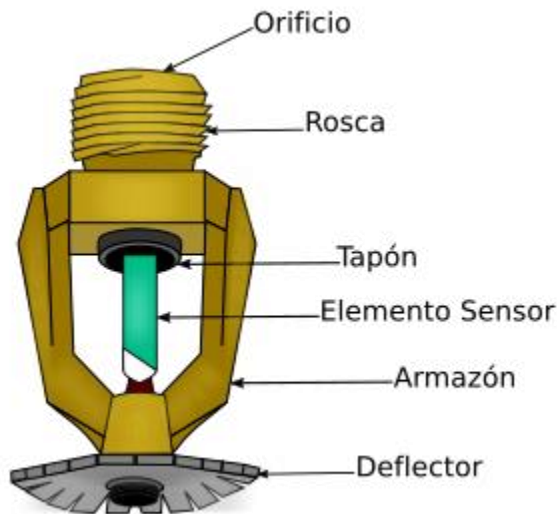
Tabla. 1-7 Temperatura y color de rociadores

Temperatura máxima del ciclorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135-170	57-77	Ordinaria	Sin color o de color 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	Morado
375	191	400-475	204-246	Muy extra alta	Verde	Negro
475	246	500-575	260-302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

Edición 2019

Fuente: (NFPA13-2019, 2021)

Fig. 1-5 Partes de un rociador



Fuente: (Ybirma, 2021)

1.11 Bombas

Los requerimientos para la adecuada selección de la bomba están consignados en la NFPA 20 se debe tener en cuenta el dimensionamiento del sistema y las características del mismo.

La bomba contra incendio, el controlador, el suministro de agua y el suministro de energía deben 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. (NFPA20-2019, 2021)

Tabla. 1-8: Caudales de bombas contra incendio centrifugas

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		

Fuente: (NFPA20-2019, 2021)

2 Metodología

La universidad Antonio Nariño sede Villavicencio se encuentra ubicada en el área rural de la misma ciudad, en el Km 1 vía a Puerto López (figura 1-5), vereda la Cecilia, es un campus de 8 hectáreas rodeada de zonas verdes y bosque de la región, cuenta con una infraestructura que supera los 20 años de construcción, por lo cual las instalaciones en la actualidad no están acorde al reglamento de sismo resistencia, para el caso puntual del título J de la NSR-10: requisitos contra el fuego en edificaciones.

Fig. 2-1:Edificio principal campus Villavicencio – Universidad Antonio Nariño



Fuente: (NARIÑO, 2021)

En esta sede se imparten 7 programas de pregrado presencial, 2 programas en modalidad distancia, 1 programa virtual y 1 programa de posgrado a distancia, en época académica normal antes de la pandemia de covid-19, en las horas más concurridas presenta gran

tráfico entre estudiantes, docentes y administrativos, siendo el área de la biblioteca una de las más frecuentada y esta a su vez una de las zonas más importantes por su función y almacenamiento de libros y trabajos de grado, a su vez el laboratorio de ingeniería electromecánica representa para la facultad una importante reserva de material para prácticas, bancos de pruebas, bancos para montajes, herramientas, equipo mecánico y eléctrico.

Fig. 2-2: Laboratorio Electromecánica



Fuente: el autor

Para la realización de esta guía es necesario conocer cada uno de los requerimientos establecidos en la NSR10 - título J: REQUISITOS DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN EDIFICACIONES, inicialmente se debe tener en cuenta la clasificación de la edificación según el grupo de ocupación tabla 2.1

Tabla. 2-1: Grupos de ocupación NSR10 – Título J

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección del Reglamento
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4
F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2021)

Dentro de los requisitos generales para la protección contra incendios en las edificaciones, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros mínimos para proteger de la propagación del fuego dentro de las estructuras y hacia el exterior:

- En el interior de las edificaciones se deben instalar dispositivos que interrumpan el suministro de energía eléctrica, combustibles, comburentes, inflamables, estos dispositivos deben ser de fácil acceso para el cuerpo de bomberos.
- Para la protección de las instalaciones eléctricas se debe tener en cuenta los requisitos que contempla el Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas RETIE y el código eléctrico colombiano NTC-2050.

Los hidrantes son parte fundamental en la extinción de incendios, se debe instalar al menos un hidrante según el área que se muestra en la tabla y el caudal correspondiente, debe contar con suministro permanente de agua, estos deben estar pintados en la parte superior

de acuerdo a su caudal según las normas internacionales, por lo anterior queda establecido así:

- Rojo: caudales hasta 32 L/s
- Amarillo: caudales entre 32 L/s y 63 L/s
- Verde: caudales superiores a 63 L/s, el cual es el indicado según la tabla

Tabla. 2-2 capacidades hidrantes

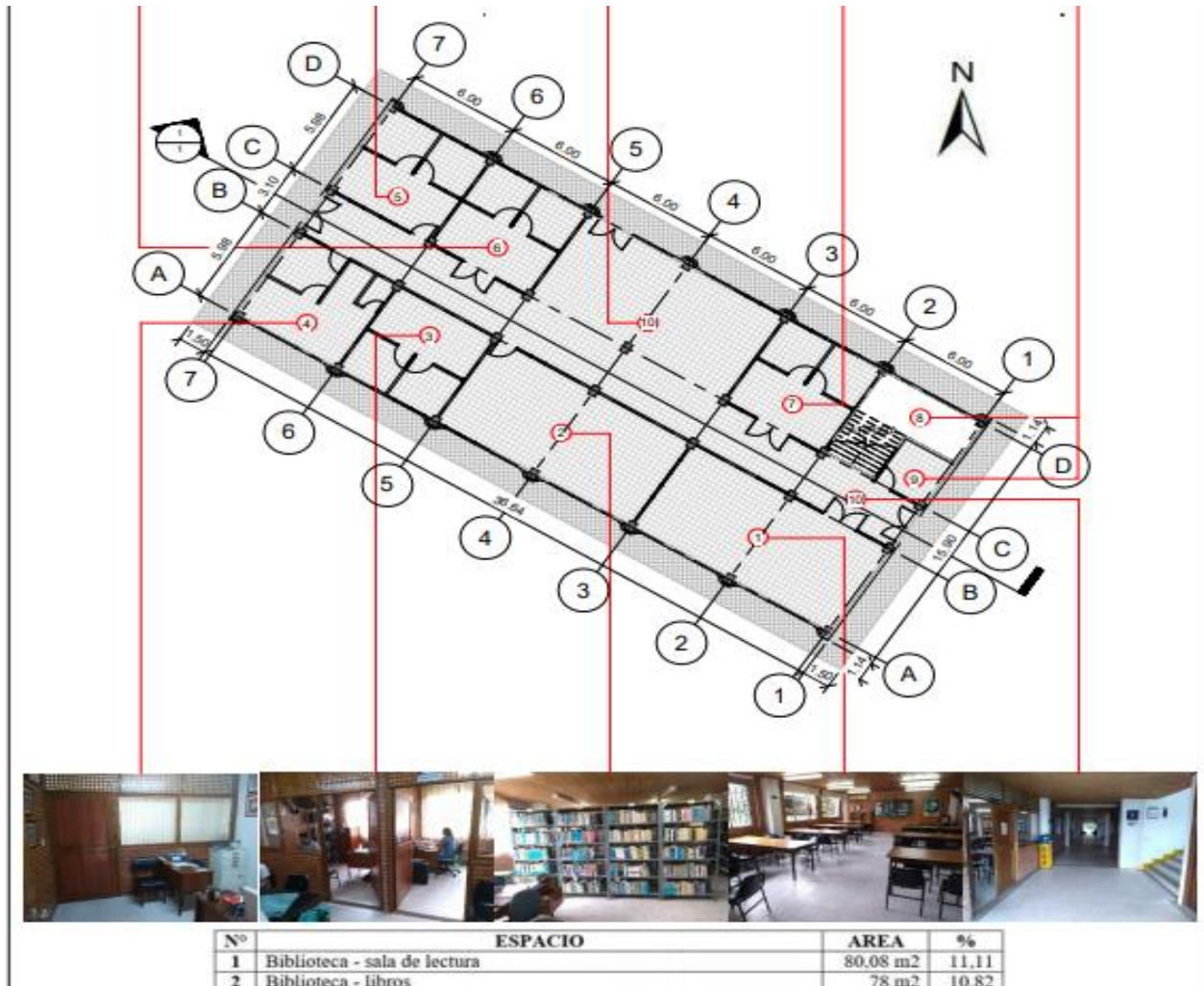
Edificación	Área / hidrante, m ²	Caudal / hidrante, L/s
Edificios cuya altura de evacuación descendente sea más de 28 metros o ascendente de más de 6 metros.	500	32
Cines, teatros, auditorios y discotecas.	500	63
Recintos deportivos.	500	63
Locales comerciales.	1 000	63
Estacionamientos.	1 000	63
Hospitales	500	63
Residencias	5 000	32
Atención al público	500	63
Educación	1 000	63
Almacenamiento	500	63

Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2021)

En aras de proveer un nivel aceptable de seguridad contra incendio para el campus universitario, el diseño se estableció basado en sistemas de rociadores automáticos reforzado con sistemas de detección temprana, levantamiento de planos, diseño y simulación fue realizado en los softwares AUTOCAD, ALARMCAD y AUTOSPRINK.

La ingeniería representada en los planos de diseño se realizó con base en la información recolectada y los respectivos planos arquitectónicos levantados, en caso de modificaciones arquitectónicas, estructurales, cambios de uso del sitio o divergencias con los criterios de diseño definidos en estos planos, se debe remitir a las normas que lo establecen y ejecutar el requerimiento según las necesidades presentadas.

Fig. 2-3: Plano arquitectónico 1 planta



Fuente: (CARLOS HERNANDO MEDINA, 2019)

Dentro de las actividades realizadas en el proceso de diseño del presente proyecto se incluyen las siguientes:

- Definición de trazados de sistemas de rociadores automáticos.
- Validación de los sistemas, a través de cálculos hidráulicos usando AUTOSPRINK, el cual es un software especializado en sistemas contra incendio que utilizan agua como medio de extinción, con el fin de determinar la cantidad de galones y la presión mínima que requiere el sistema en el punto inicial para su correcto funcionamiento.

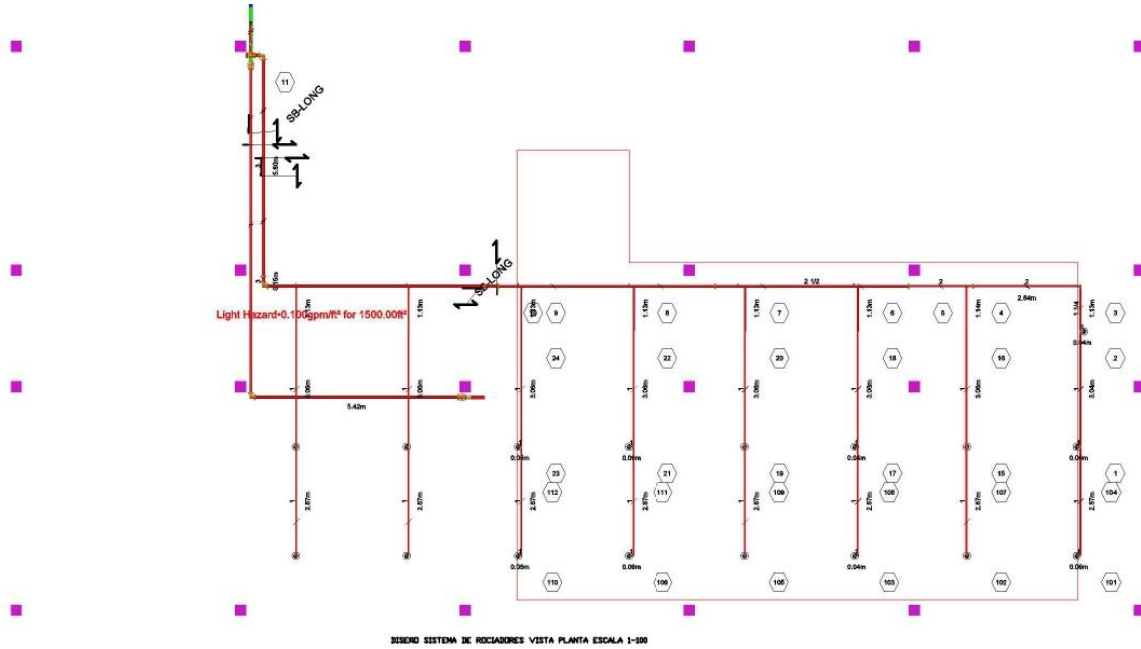
- Planos de los sistemas diseñados con vistas en planta e isométrico.
- Memorias de cálculo hidráulico para la consideración del área de incendio menos favorable hidráulicamente, es decir el punto más alejado y que requiere mayor presión, es decir la ruta crítica hidráulica y la numeración de los nodos.
- Descripción de los materiales a utilizar.

La tubería escogida en el diseño corresponde a tubería de acero al carbón SCH 10 y SCH 40, es importante tener en cuenta que la tubería de la red de incendios debe ser de color rojo y no debe ser utilizada como soporte de otras redes. Para el tramo de tubería enterrada en el sector comprendido entre el edificio y el laboratorio se deberá manejar tubería CPVC C900, la cual es de color azul y sus accesorios son en hierro Dúctil.

Para el detalle de conexiones de los tipos de rociadores y soportes requeridos para la tubería de la red se solicita remitirse al plano adjunto de este proyecto en el cual se encontraran las especificaciones de cómo deben ser conectados e instalados cada uno de los equipos requeridos para el sistema, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

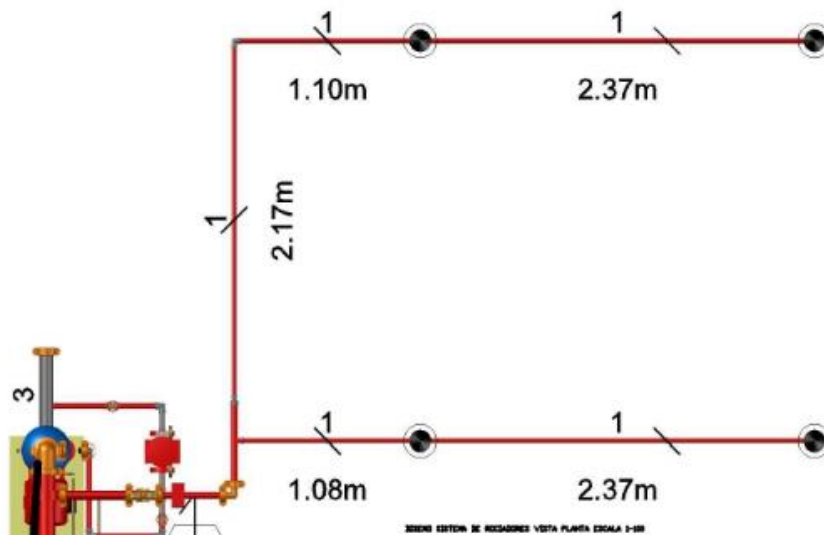
- El distanciamiento entre los rociadores automáticos debe estar en un rango entre 1.8 m y 3.87 m (NFPA 13)
- El distanciamiento entre los rociadores y las obstrucciones (muros, columnas, divisiones arquitectónicas) debe estar en un rango entre 0.9 m y 2.1m.
- El distanciamiento máximo entre los soportes sismo resistentes de tipo lateral no debe exceder los 12,1 m.
- El distanciamiento máximo entre los soportes sismo resistentes de tipo longitudinal no debe exceder los 24,2.
- El mantenimiento está regido por la norma NFPA 25 norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios a base de agua.

Fig. 2-4: Disposición Rociadores y red Hidráulica Biblioteca



Fuente: El autor

Fig. 2-5 Disposición Rociadores, Bomba y red Hidráulica Laboratorio

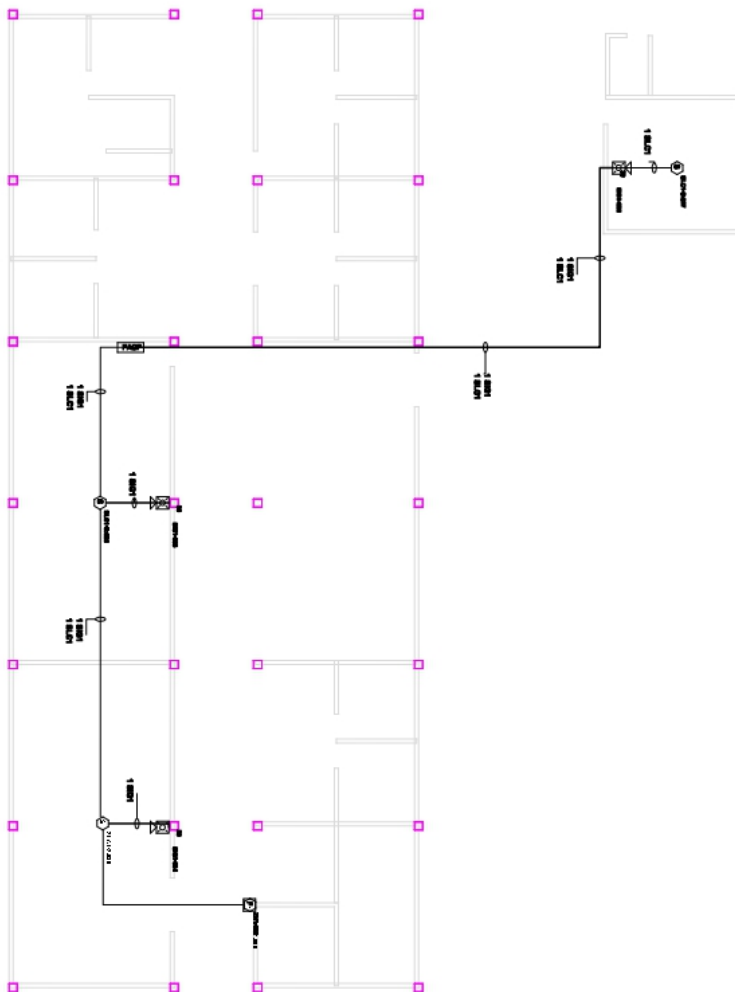


Fuente: el autor

la bomba que se uso fue una bomba contra incendios de 250 gpm 100 psi, la selección de la presión de la bomba se da con forme a la presión requerida por el gabinete y el caudal 250 gpm es el mínimo que se encuentra comercialmente en el país

Para la elaboración de este diseño se empleó el Código Nacional de Alarma de incendios NFPA-72 y la Normatividad Colombiana "NSR10". Basado en la Arquitectura de la edificación y la necesidad de una respuesta rápida ante una emergencia de incendio se realizó este diseño. La descripción del funcionamiento de un sistema de detección y alarma de tipo inteligente con un panel de control de alarmas de incendio FACP para poder conocer la ingeniería del sistema diseñado.

Fig. 2-6 sistema de detección Biblioteca y laboratorio



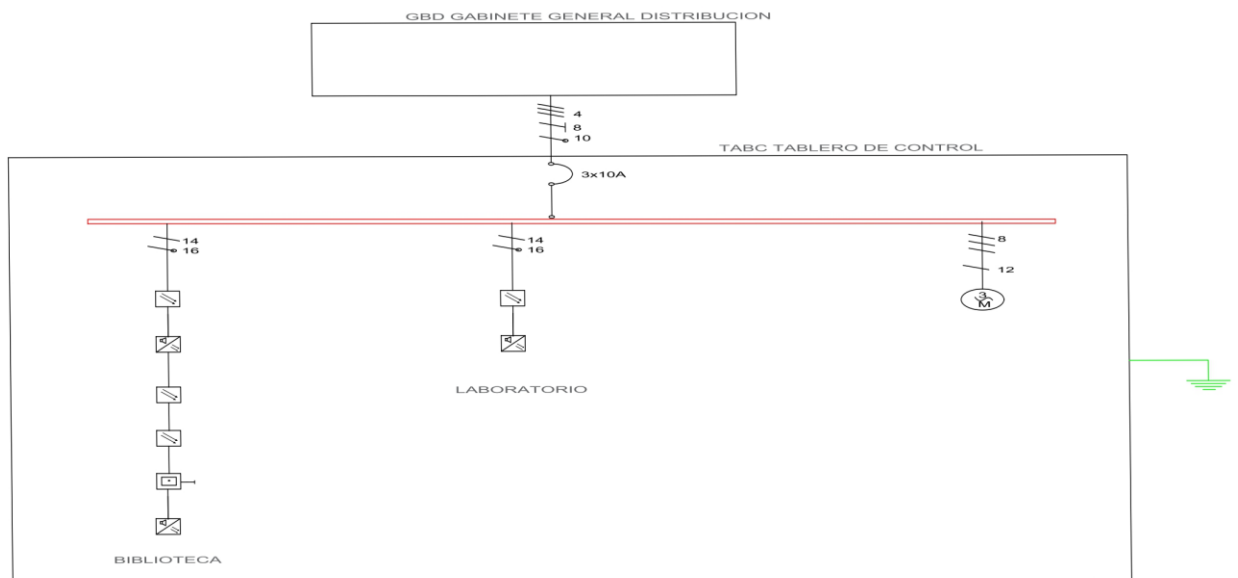
Fuente: El autor

En el diagrama anterior se especifica el funcionamiento del sistema de detección y alarma diseñado para la biblioteca y laboratorio de la Universidad Antonio Nariño Sede Villavicencio, el cual inicia con una señal recibida por los dispositivos iniciadores manuales (estaciones manuales) y/o automáticos (detectores de humo, módulos), que indica al panel de control en caso de una emergencia, o una falla en el mismo, de allí la importancia de utilizar un sistema de detección y alarma de tipo inteligente, ya que el panel realiza el reporte del dispositivo de acuerdo a la etiqueta o nombre que se le haya programado a los dispositivos, el panel de control se encuentra ubicado en el nivel 1, emitirá la señal a los

módulos que activaran los dispositivos de notificación generando de esta manera la alarma en el sistema.

En el diagrama unifilar es posible observar en el circuito los elementos que se tienen para el control del sistema donde se utiliza una red de baja tensión, trifásica con neutro y tierra, especificación del calibre de los conductores, donde se llega a un tablero de distribución con barraje donde se derivan 3 circuitos, bomba, biblioteca y laboratorio donde se puede observar los elementos de cada una de estas secciones, alarmas sonoras, detectores de humo, interruptor manual de emergencias.

Fig. 2-7 Diagrama unifilar



Fuente: el auto

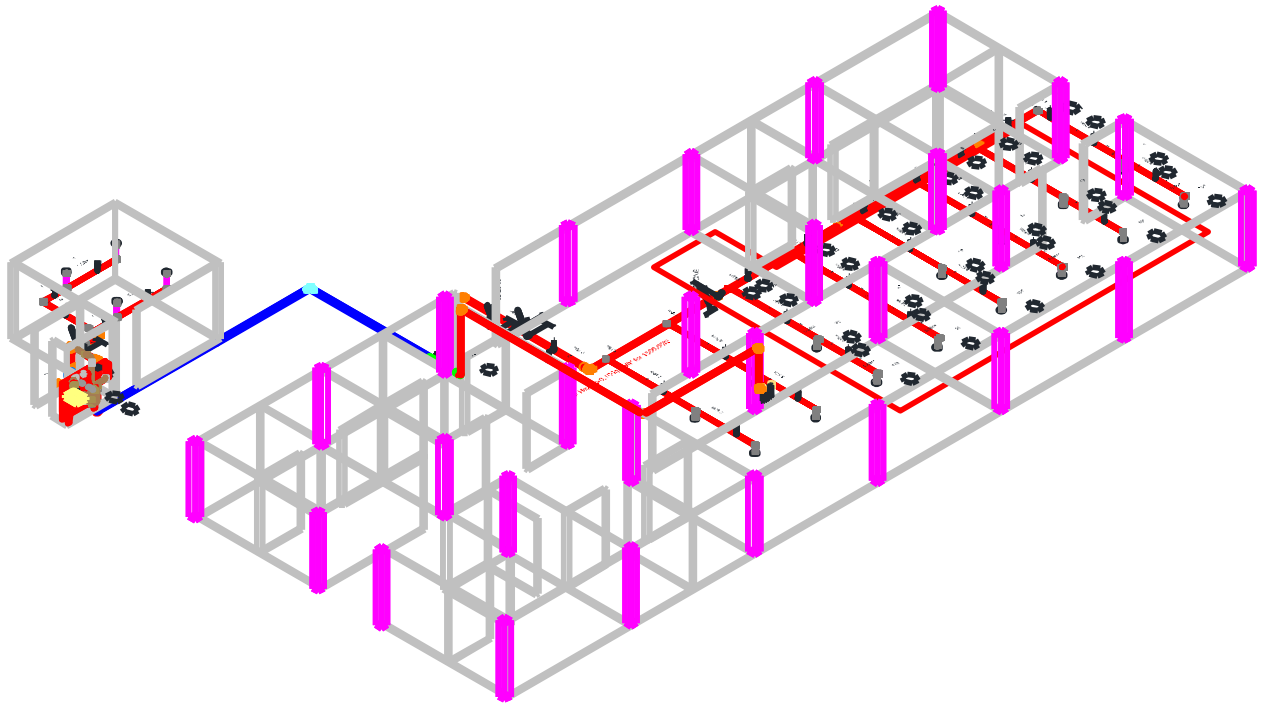
3 Análisis de resultados

Como resultado de este trabajo de propuesta de diseño de un sistema contraincendios para laboratorio y biblioteca de la universidad Antonio sede Villavicencio se establecieron los planos, modelamiento y simulación del sistema hidráulico y detección temprana con sus respectivas memorias de cálculo, conforme a lo establecido en las normas que lo rigen, tales como NSR 10 título J, NFPA13, NFPA20, NFPA25 y NFPA72.

La red general del proyecto está compuesta por un sistema húmedo presurizado en forma de anillo a la vista, en tubería Acero Carbón Schedule 10 de 3", 4" y 2½". Esta red alimentará un gabinete clase II, con conexión a mangueras de 1½". El cual se ubicó de acuerdo a una cobertura radial de 39 m máximo, debido a los 30 m que suple la manguera, adicional 9 m de chorro, bajo las características hidráulicas de flujo y presión (100gpm @60 psi).

Teniendo en cuenta que el sistema de detección se encuentra en proceso de diseño, se establece la totalidad del sistema haciendo caso omiso del sistema hidráulico de rociadores automáticos, sin embargo, en el momento de una posible fase de instalación, los sistemas de detección y extinción se pueden realizar sin instalar detectores de Humo.

Fig. 3-0-1: Modelo sistema contraincendios Biblioteca y Laboratorio



Fuente: el autor

En la siguiente tabla se muestra las pérdidas de voltaje en cada uno de los circuitos que maneja el sistema contra incendios.

Tabla. 3-1 Perdida de voltaje circuito SIG 1

Circuit Calculations Panel: P1 Card: 00 Circuit:SIG1						
Circuit Name: SIG1						
Circuit Type: Notification Terminal Voltage: 20.4V:DC Amperage: 2.000A						
Cable: 14/2 SOL JKT FPLR 1M RL RED #14						
Calculations based on Running Total Length.						
Design Criteria: Ambient temperature: 167°F Max. operating voltage drop: 10%						
Job number: 1 Job name: Drawing1						
Device	Part No	Appliance Desc	Distance	Current	Voltage	Voltage Drop
	MS-9600UDLS	Panel			20.4V	

004	P1224MCK	HORN STROBE 12/24 VOLT, RED, MULTICANDELA, 30CD	30.18m	107.000mA	20.339V	(0.061V)

005	P1224MCK	HORN STROBE 12/24 VOLT, RED, MULTICANDELA, 30CD	34.44m	107.000mA	20.318V	(0.074V)
			64.62m	214.000mA		
					Total Current: 214.000mA	
					(Total VDrop Percent:0.40%) Total Voltage Drop : 0.082V	

Fuente: el autor

Tabla. 3-2: Perdida de Voltaje circuito Lazo

Circuit Calculations Panel: P1 Card: 00 Circuit:SLC1						
Circuit Name: SLC1						
Circuit Type: Signaling line/F-LITE - SLC Terminal Voltage: 20.4V.DC Amperage: 1.000A						
Cable: 16/2 SOL JKT FPLR 1M RL RED #16						
Calculations based on Running Total Length.						
Design Criteria: Ambient temperature: 167°F Max. operating voltage drop: 10%						
Job number: 1 Job name: Drawing1						
Device	Part No	Appliance Desc	Distance	Current	Voltage	Voltage Drop
	MS-9600UDLS	Panel			20.4V	
S:027	SD355	SMOKE, PHOTOELECTRIC, ADDRESSABLE	37.80m	0.300mA	20.4V	(0V)

S:025	SD355	SMOKE, PHOTOELECTRIC, ADDRESSABLE	7.62m	0.300mA	20.4V	(0V)
S:026	SD355	SMOKE, PHOTOELECTRIC, ADDRESSABLE	13.11m	0.300mA	20.4V	(0V)
			58.52m	0.900mA		
					Total Current: 0.900mA	
					(Total VDrop Percent:0.00%) Total Voltage Drop : 0V	

Fuente: el autor

En la siguiente tabla se muestra el consumo de los elementos de notificación por unidad y la cantidad necesaria de corriente necesaria para el funcionamiento de estos dispositivos.

Tabla. 3-3: Tabla de consumo de energía

Battery Calculations for Panel: P1						
Part No:MS-9600UDLS - FACP, 318 POINT, 4 NACs						
Job number: 1 Job name: Drawing1						
Part No.	Qty	Description	Standby	Total Standby	Alarm	Total Alarm
Panel Equipment						
MS-9600_MB_REV-2	1	MS-9600 MAIN BOARD, REV 2	160.000mA	160.000mA	253.000mA	253.000mA
			Total Panel Stby	160.000mA	Total Panel Alarm	253.000mA
Peripheral Devices						
P1224MCK	3	HORN STROBE 12/24 VOLT, RED, MULTICANDELA (Notification) 30CD 84dB	0.000mA	0.000mA	107.000mA	321.000mA
SD355	3	SMOKE, PHOTOELECTRIC, ADDRESSABLE (Signaling line)	0.300mA	0.900mA	6.500mA	19.500mA
MMF-301	1	MONITOR MODULE, MINI (Signaling line)	0.035mA	0.035mA	0.080mA	0.080mA
BG-12	1	PULL, DUAL ACTION (Initiating)	0.000mA	0.000mA	0.000mA	0.000mA
			Total Peripheral Stby	0.935mA	Total Periph Alarm	340.560mA
			Total Standby Amps	160.935mA	Total Alarm Amps	593.560mA
					Standby time: 24 Hrs	3.862Ah
					Alarm time: 5 Min	0.049Ah
					Battery requirement:	3.912Ah
Compensation Factors - Standby: 1.2 Alarm: 1.2					Requirement with compensation:	4.694Ah

Fuente: El autor

Con dicha información se establece que es necesario contar con las baterías de 12v a 6Ah con el fin de garantizar el funcionamiento del sistema conforme a los requerimientos de la norma NFPA 72.

4 conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

1. La universidad Antonio Nariño sede Villavicencio no cuenta con un sistema contraincendios dada la antigüedad de sus instalaciones, construidas anterior a la entrada en vigencia de la **NSR-10**.
2. Se ha desarrollado una guía de diseño de fácil acceso y comprensión con los requerimientos técnicos necesarios para la biblioteca y laboratorios de la universidad Antonio Nariño sede Villavicencio.
3. Se levantaron los planos y simulaciones hidráulicos con la ubicación de los rociadores, así como los sistemas de detección, con sus correspondientes memorias de cálculo.

4.2 Recomendaciones

1. Se recomienda solicitar ante la entidad pública que corresponda la instalación de hidrantes en la zona puesto que el campus universitario no cuenta con este tipo de conexión.
2. Se sugiere a la administración del campus replantear el uso de extintores y tener en cuenta esta guía para ajustar el modelo contraincendios a la norma vigente de construcciones sismorresistentes contempladas en la NSR-10 título J.

3. Contemplar la posibilidad de adquirir software como ALARMCAD Y AUTOSPRINK para el desarrollo y modelamiento de sistemas contra incendios, los cuales serían de gran utilidad en el desarrollo académico para algunas materias que involucren temáticas de mecánica de fluidos, mando y control, automatización y control.

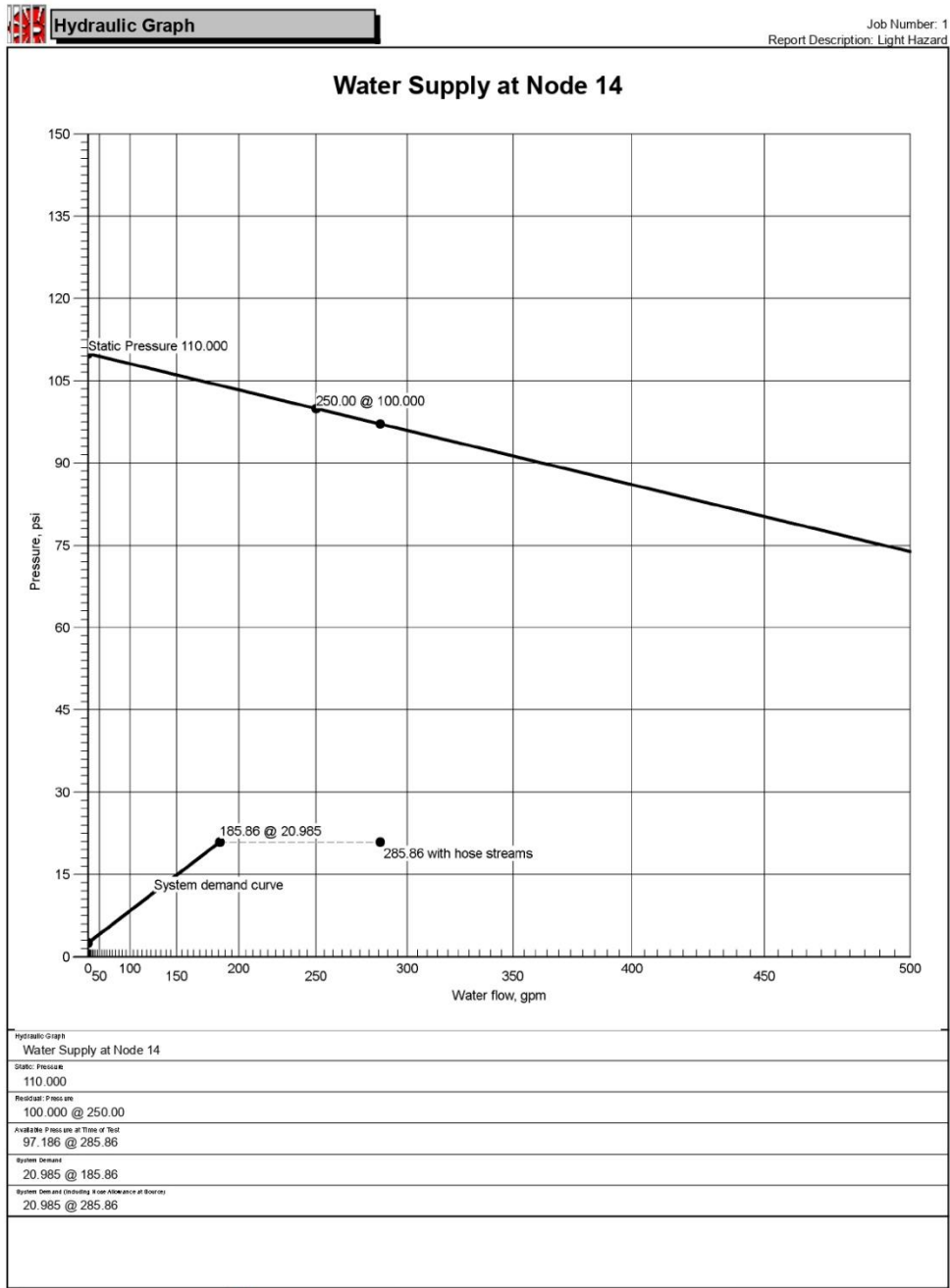
A. Anexo: Memorias de cálculo hidráulico – AUTOSPRINK

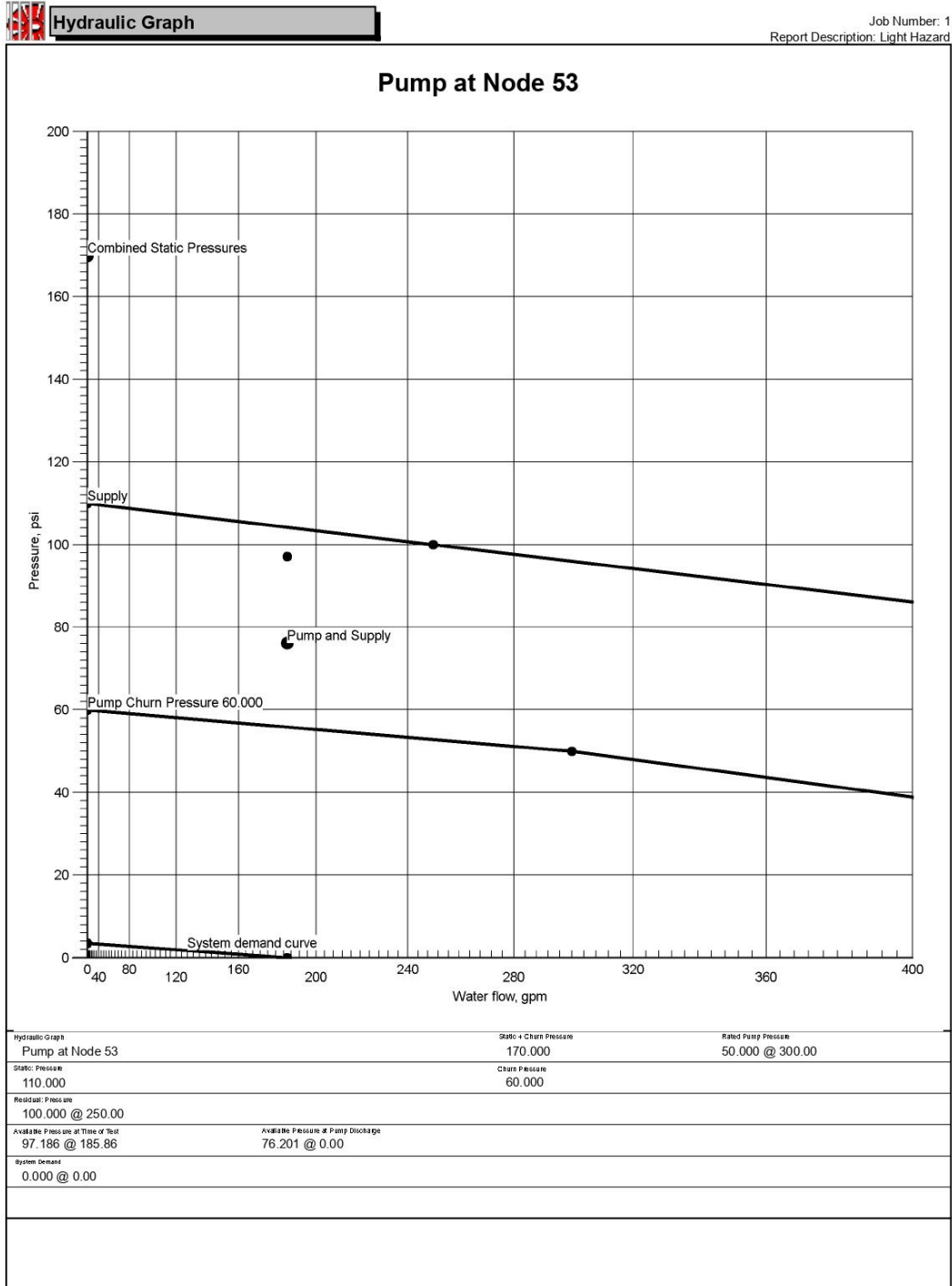
Hydraulic Overview

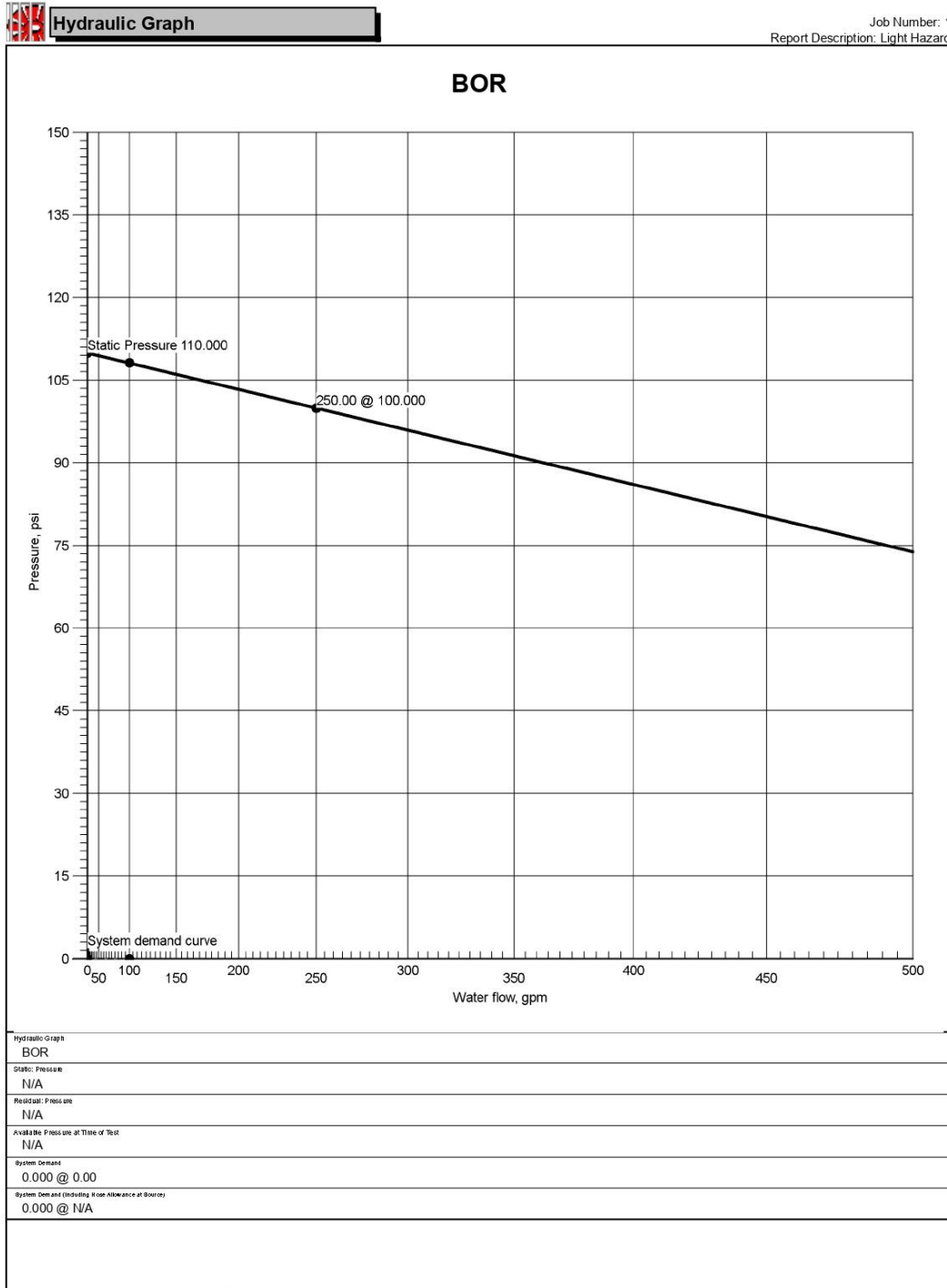
Job Number: 1
Report Description: Light Hazard

Job									
Job Number: 1						Design Engineer:			
Job Name: Drawing1						Phone:		FAX:	
Address 1:						State Certificate/License Number:			
Address 2:						AHJ:			
Address 3:						Job Site/Building:			
System									
Density: 0.100gpm/ft ²						Area of Application: 1500.00ft ² (Actual 1162.50ft ²)			
Most Demanding Sprinkler Data: 5.6 K-Factor 14.82 at 7.000						Hose Streams: 100.00			
Coverage Per Sprinkler: 96.88ft ²						Number Of Sprinklers Calculated: 12			
System Pressure Demand: 20.985						System Flow Demand: 185.86			
Total Demand: 285.86 @ 20.985						Pressure Result: +76.201 (78.4%)			
Supplies						Check Point Gauges			
Node	Name	Flow(gpm)	Hose Flow(gpm)	Static(psi)	Residual(psi)	Identifier	Pressure(psi)	K-Factor(K)	Flow(gpm)
14	Water Supply	250.00	100.00	110.000	100.000	BOR	0.000	0	0.00
53		300.00	Pump	60.000	50.000				
Pumps: Static = Churn (Pressure @ Zero Flow)									
PROYECTO						Water Supply at Node 14 (250.00, 0.00, 110.000, 100.000)			

Grafica general en donde se compara el comportamiento de la Bomba versus la demanda del sistema de rociadores. (rociadores más caudales de mangueras).






© M.E.P.CAD, Inc.
AutoSPRINK® 12 v12.0.51.0
17/05/2021 5:34:26p. m.
Page 4

En este capítulo se muestra el número de rociadores, el nodo de cada uno de estos (101), el caudal real (14.82 gpm), K del rociador (5.6) y la presión (7 psi).

Summary Of Outflowing Devices						Job Number: 1
						Report Description: Light Hazard
Device		Actual Flow (gpm)	Minimum Flow (gpm)	K-Factor (K)	Pressure (psi)	
⇒ Sprinkler	101	14.82	9.69	5.6	7.000	
Sprinkler	102	15.00	9.69	5.6	7.173	
Sprinkler	103	15.04	9.69	5.6	7.215	
Sprinkler	104	15.29	9.69	5.6	7.453	
Sprinkler	105	15.31	9.69	5.6	7.475	
Sprinkler	106	15.45	9.69	5.6	7.612	
Sprinkler	107	15.49	9.69	5.6	7.647	
Sprinkler	108	15.52	9.69	5.6	7.682	
Sprinkler	109	15.81	9.69	5.6	7.968	
Sprinkler	110	15.85	9.69	5.6	8.009	
Sprinkler	111	15.94	9.69	5.6	8.102	
Sprinkler	112	16.35	9.69	5.6	8.524	
⇒ Most Demanding Sprinkler Data						

En este capítulo se describe la ubicación de cada uno de los rociadores, así como los accesorios que contiene cada uno de estos.

Node Analysis					Job Number: 1
					Report Description: Light Hazard
Node	Elevation(Meter)	Fittings	Pressure(psi)	Discharge(gpm)	
14	-1.23m	S	20.985	185.86	
101	0.63m	Spr(-7.000)	7.000	14.82	
102	0.63m	Spr(-7.173)	7.173	15.00	
103	0.63m	Spr(-7.215)	7.215	15.04	
104	0.63m	Spr(-7.453)	7.453	15.29	
105	0.63m	Spr(-7.475)	7.475	15.31	
106	0.63m	Spr(-7.612)	7.612	15.45	
107	0.63m	Spr(-7.647)	7.647	15.49	
108	0.63m	Spr(-7.682)	7.682	15.52	
109	0.63m	Spr(-7.968)	7.968	15.81	
110	0.63m	Spr(-8.009)	8.009	15.85	
111	0.63m	Spr(-8.102)	8.102	15.94	
112	0.63m	Spr(-8.524)	8.524	16.35	
1	0.89m	T(1.52m)	7.734		
2	0.89m	T(1.52m)	10.539		
3	0.89m	T(1.83m)	11.262		
4	0.89m	PO(1.83m)	11.364		
5	0.89m		11.554		
6	0.89m	PO(1.83m)	11.604		
7	0.89m	PO(1.83m)	11.843		
8	0.89m	PO(1.83m)	12.254		
9	0.89m	PO(1.83m)	12.882		
10	0.89m		13.063		
11	-2.12m	T(6.14m)	21.414		
12	-2.12m	E(5.86m)	21.987		
15	0.89m	T(1.52m)	7.753		
16	0.89m		10.624		
17	0.89m	T(1.52m)	7.976		
18	0.89m		10.860		
19	0.89m	T(1.52m)	8.092		
20	0.89m		11.074		
21	0.89m	T(1.52m)	8.442		
22	0.89m		11.473		
23	0.89m	T(1.52m)	8.887		
24	0.89m		12.063		

Hydraulic Analysis

Job Number: 1
Report Description: Light Hazard

Pipe Type	Diameter	Flow	Velocity	HWC	Friction Loss	Length	Pressure
Downstream	Elevation	Discharge	K-Factor	Pt	Pn	Eq. Length	Summary
Upstream					Fittings	Total Length	
Route 1							
DR	1.0490	14.82	5.50	120	0.245090	3.28m	Pf 1.103
101	0.63m	14.82	5.6	7.000	Sprinkler,	1.22m	Pe -0.369
1	0.89m			7.734	2E(0.61m)	4.50m	Pv
BL	1.0490	30.10	11.18	120	0.909779	3.08m	Pf 2.805
1	0.89m	15.29		7.734	Flow (q) from Route 4		Pe
2	0.89m			10.539		3.08m	Pv
BL	1.3800	30.10	6.46	120	0.239277	1.19m	Pf 0.723
2	0.89m			10.539		1.83m	Pe
3	0.89m			11.262	T(1.83m)	3.02m	Pv
BL	2.0670	30.10	2.88	120	0.033451	3.04m	Pf 0.102
3	0.89m			11.262			Pe
4	0.89m			11.364		3.04m	Pv
CM	2.0670	60.59	5.79	120	0.122000	1.56m	Pf 0.190
4	0.89m	30.48		11.364	Flow (q) from Route 2		Pe
5	0.89m			11.554		1.56m	Pv
CM	2.6350	60.59	3.56	120	0.037400	1.35m	Pf 0.050
5	0.89m			11.554			Pe
6	0.89m			11.604		1.35m	Pv
CM	2.6350	91.15	5.36	120	0.079618	3.00m	Pf 0.239
6	0.89m	30.56		11.604	Flow (q) from Route 3		Pe
7	0.89m			11.843		3.00m	Pv
CM	2.6350	122.27	7.19	120	0.137083	3.00m	Pf 0.411
7	0.89m	31.12		11.843	Flow (q) from Route 5		Pe
8	0.89m			12.254		3.00m	Pv
CM	2.6350	153.66	9.04	120	0.209209	3.00m	Pf 0.628
8	0.89m	31.39		12.254	Flow (q) from Route 6		Pe
9	0.89m			12.882		3.00m	Pv
CM	2.6350	185.86	10.93	120	0.297458	0.61m	Pf 0.182
9	0.89m	32.20		12.882	Flow (q) from Route 10		Pe
10	0.89m			13.063		0.61m	Pv
CM	3.2600	185.86	7.14	120	0.105501	15.64m	Pf 4.070
10	0.89m			13.063		22.94m	Pe 4.280
11	-2.12m			21.414	3LtE(2.05m), f, CV(6.55m), BV(4.10m), T(6.14m)	38.58m	Pv
UG	4.2300	185.86	4.24	150	0.019637	17.46m	Pf 0.573
11	-2.12m			21.414		11.71m	Pe
12	-2.12m			21.987	2E(5.86m)	29.17m	Pv
FR	4.2600	185.86	4.18	120	0.028668	4.62m	Pf 0.270
12	-2.12m			21.987		4.82m	Pe -1.272
14	-1.23m			20.985	2LtE(2.41m), S	9.44m	Pv
		100.00			Hose Allowance At Source		
14		285.86					
Route 2							
DR	1.0490	15.00	5.57	120	0.250695	3.17m	Pf 0.948
102	0.63m	15.00	5.6	7.173	Sprinkler,	0.61m	Pe -0.369
15	0.89m			7.753	E(0.61m)	3.78m	Pv
BL	1.0490	30.48	11.32	120	0.931120	3.08m	Pf 2.871
15	0.89m	15.49		7.753	Flow (q) from Route 7		Pe
16	0.89m			10.624		3.08m	Pv
BL	1.3800	30.48	6.54	120	0.244890	1.19m	Pf 0.740
16	0.89m			10.624		1.83m	Pe
4	0.89m			11.364	PO(1.83m)	3.02m	Pv
Route 3							
DR	1.0490	15.04	5.58	120	0.252054	3.26m	Pf 1.129
103	0.63m	15.04	5.6	7.215	Sprinkler,	1.22m	Pe -0.369
17	0.89m			7.976	2E(0.61m)	4.48m	Pv
BL	1.0490	30.56	11.35	120	0.935590	3.08m	Pf 2.885
17	0.89m	15.52		7.976	Flow (q) from Route 8		Pe
18	0.89m			10.860		3.08m	Pv
BL	1.3800	30.56	6.56	120	0.246066	1.19m	Pf 0.744
18	0.89m			10.860		1.83m	Pe
6	0.89m			11.604	PO(1.83m)	3.02m	Pv
Route 4							
DR	1.0490	15.29	5.68	120	0.259740	0.37m	Pf 0.649
104	0.63m	15.29	5.6	7.453	Sprinkler,	2.13m	Pe -0.369
1	0.89m			7.734	E(0.61m), T(1.52m)	2.50m	Pv
Route 5							
DR	1.0490	15.31	5.68	120	0.260442	3.17m	Pf 0.985
105	0.63m	15.31	5.6	7.475	Sprinkler,	0.61m	Pe -0.369
19	0.89m			8.092	E(0.61m)	3.78m	Pv

Hydraulic Analysis							Job Number: 1 Report Description: Light Hazard	
Pipe Type	Diameter	Flow	Velocity	HWC	Friction Loss	Length	Pressure	
Downstream	Elevation	Discharge	K-Factor	Pt	Fittings	Eq. Length	Summary	
Upstream						Total Length		
BL	1.0490	31.12	11.55	120	0.967241	3.08m	Pf 2.982	
19	0.89m	15.81		8.092	Flow (q) from Route 9		Pe -0.369	
20	0.89m			11.074		3.08m	Pv	
BL	1.3800	31.12	6.67	120	0.254390	1.19m	Pf 0.769	
20	0.89m			11.074		1.83m	Pe	
7	0.89m			11.843	PO(1.83m)	3.02m	Pv	
***** Route 6 *****								
DR	1.0490	15.45	5.74	120	0.264855	3.31m	Pf 1.199	
106	0.63m	15.45	5.6	7.612	Sprinkler,	1.22m	Pe -0.369	
21	0.89m			8.442	2E(0.61m)	4.53m	Pv	
BL	1.0490	31.39	11.65	120	0.982962	3.08m	Pf 3.031	
21	0.89m	15.94		8.442	Flow (q) from Route 11		Pe	
22	0.89m			11.473		3.08m	Pv	
BL	1.3800	31.39	6.73	120	0.258525	1.19m	Pf 0.781	
22	0.89m			11.473		1.83m	Pe	
8	0.89m			12.254	PO(1.83m)	3.02m	Pv	
***** Route 7 *****								
DR	1.0490	15.49	5.75	120	0.265980	0.26m	Pf 0.474	
107	0.63m	15.49	5.6	7.647	Sprinkler,	1.52m	Pe -0.369	
15	0.89m			7.753	T(1.52m)	1.78m	Pv	
***** Route 8 *****								
DR	1.0490	15.52	5.76	120	0.267097	0.35m	Pf 0.662	
108	0.63m	15.52	5.6	7.682	Sprinkler,	2.13m	Pe -0.369	
17	0.89m			7.976	E(0.61m), T(1.52m)	2.48m	Pv	
***** Route 9 *****								
DR	1.0490	15.81	5.87	120	0.276276	0.26m	Pf 0.493	
109	0.63m	15.81	5.6	7.968	Sprinkler,	1.52m	Pe -0.369	
19	0.89m			8.092	T(1.52m)	1.78m	Pv	
***** Route 10 *****								
DR	1.0490	15.85	5.88	120	0.277612	3.27m	Pf 1.246	
110	0.63m	15.85	5.6	8.009	Sprinkler,	1.22m	Pe -0.369	
23	0.89m			8.887	2E(0.61m)	4.49m	Pv	
BL	1.0490	32.20	11.95	120	1.030237	3.08m	Pf 3.176	
23	0.89m	16.35		8.887	Flow (q) from Route 12		Pe	
24	0.89m			12.063		3.08m	Pv	
BL	1.3800	32.20	6.91	120	0.270958	1.19m	Pf 0.819	
24	0.89m			12.063		1.83m	Pe	
9	0.89m			12.882	PO(1.83m)	3.02m	Pv	
***** Route 11 *****								
DR	1.0490	15.94	5.92	120	0.280582	0.39m	Pf 0.709	
111	0.63m	15.94	5.6	8.102	Sprinkler,	2.13m	Pe -0.369	
21	0.89m			8.442	E(0.61m), T(1.52m)	2.53m	Pv	
***** Route 12 *****								
DR	1.0490	16.35	6.07	120	0.294057	0.35m	Pf 0.732	
112	0.63m	16.35	5.6	8.524	Sprinkler,	2.13m	Pe -0.369	
23	0.89m			8.887	E(0.61m), T(1.52m)	2.49m	Pv	

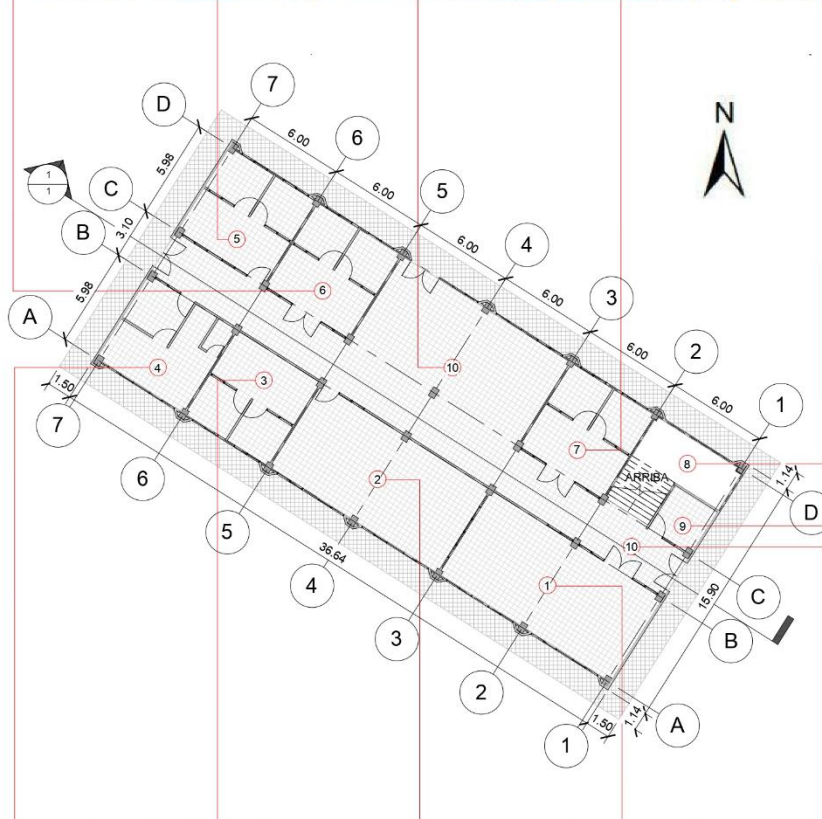
Equivalent Pipe Lengths of Valves and Fittings (C=120 only)		C Value Multiplier				
$\left(\frac{\text{Actual Inside Diameter}}{\text{Schedule 40 Steel Pipe Inside Diameter}} \right)^{4.87} = \text{Factor}$		Value Of C	100	130	140	150
		Multiplying Factor	0.713	1.16	1.33	1.51

Hydraulic Analysis

Job Number: 1
Report Description: Light Hazard

Pipe Type	Diameter	Flow	Velocity	HWC	Friction Loss	Length	Pressure
Downstream	Elevation	Discharge	K-Factor	Pt	Pn	Eq. Length	Summary
Upstream						Total Length	
Pipe Type Legend		Units Legend			Fittings Legend		
AO	Arm-Over	Diameter	Inch	ALV	Alarm Valve		
BL	Branch Line	Elevation	Meter	AngV	Angle Valve		
CM	Cross Main	Flow	gpm	b	Bushing		
DN	Drain	Discharge	gpm	BaV	Ball Valve		
DR	Drop	Velocity	fps	BFP	Backflow Preventer		
DY	Dynamic	Pressure	psi	BV	Butterfly Valve		
FM	Feed Main	Length	Meter	C	Cross Flow Turn 90°		
FR	Feed Riser	Friction Loss	psi/Meter	cpIg	Coupling		
MS	Miscellaneous	HWC	Hazen-Williams Constant	Cr	Cross Run		
OR	Outrigger	Pt	Total pressure at a point in a pipe	CV	Check Valve		
RN	Riser Nipple	Pn	Normal pressure at a point in a pipe	DeIV	Deluge Valve		
SP	Sprig	Pf	Pressure loss due to friction between points	DPV	Dry Pipe Valve		
ST	Stand Pipe	Pe	Pressure due to elevation difference between indicated points	E	90° Elbow		
UG	Underground	Pv	Velocity pressure at a point in a pipe	EE	45° Elbow		
				Ee1	11¼° Elbow		
				Ee2	22½° Elbow		
				f	Flow Device		
				fd	Flex Drop		
				FDC	Fire Department Connection		
				fE	90° FireLock(TM) Elbow		
				fEE	45° FireLock(TM) Elbow		
				flg	Flange		
				FN	Floating Node		
				fT	FireLock(TM) Tee		
				g	Gauge		
				GloV	Globe Valve		
				GV	Gate Valve		
				Ho	Hose		
				Hose	Hose		
				HV	Hose Valve		
				Hyd	Hydrant		
				LtE	Long Turn Elbow		
				mecT	Mechanical Tee		
				Noz	Nozzle		
				P1	Pump In		
				P2	Pump Out		
				PIV	Post Indicating Valve		
				PO	Pipe Outlet		
				PRV	Pressure Reducing Valve		
				PrV	Pressure Relief Valve		
				red	Reducer/Adapter		
				S	Supply		
				sCV	Swing Check Valve		
				Spr	Sprinkler		
				St	Strainer		
				T	Tee Flow Turn 90°		
				Tr	Tee Run		
				U	Union		
				WirF	Wirsbo		
				WMV	Water Meter Valve		
				Z	Cap		

B Anexo: Diseño Arquitectónico primera planta



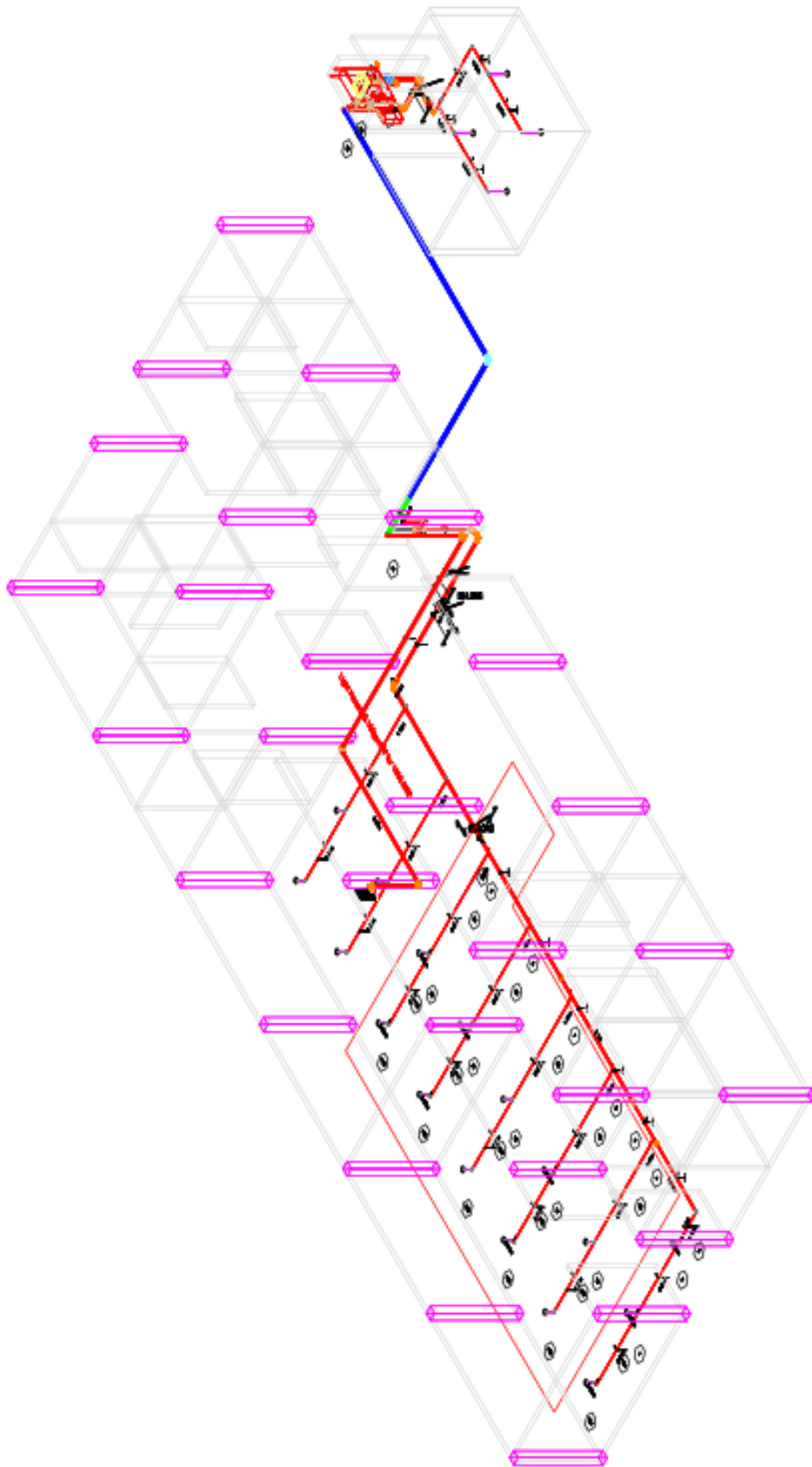
Nº	ESPACIO	AREA	%
1	Biblioteca - sala de lectura	80,08 m2	11,11
2	Biblioteca - libros	78 m2	10,82
3	Coordinación odontología	39 m2	5,41
4	Dirección	41,08 m2	5,7
5	Secretaría académica	41,08 m2	5,7
6	Coordinación electromecánica y electrónica	39 m2	5,41
7	Coordinación contaduría y administración de empresas	39 m2	5,41
8	Escalera	32,08 m2	4,46
9	Cuarto de aseo	9 m2	1,25
10	Hall	184,25 m2	25,57
11	anden	138,08 m2	19,16



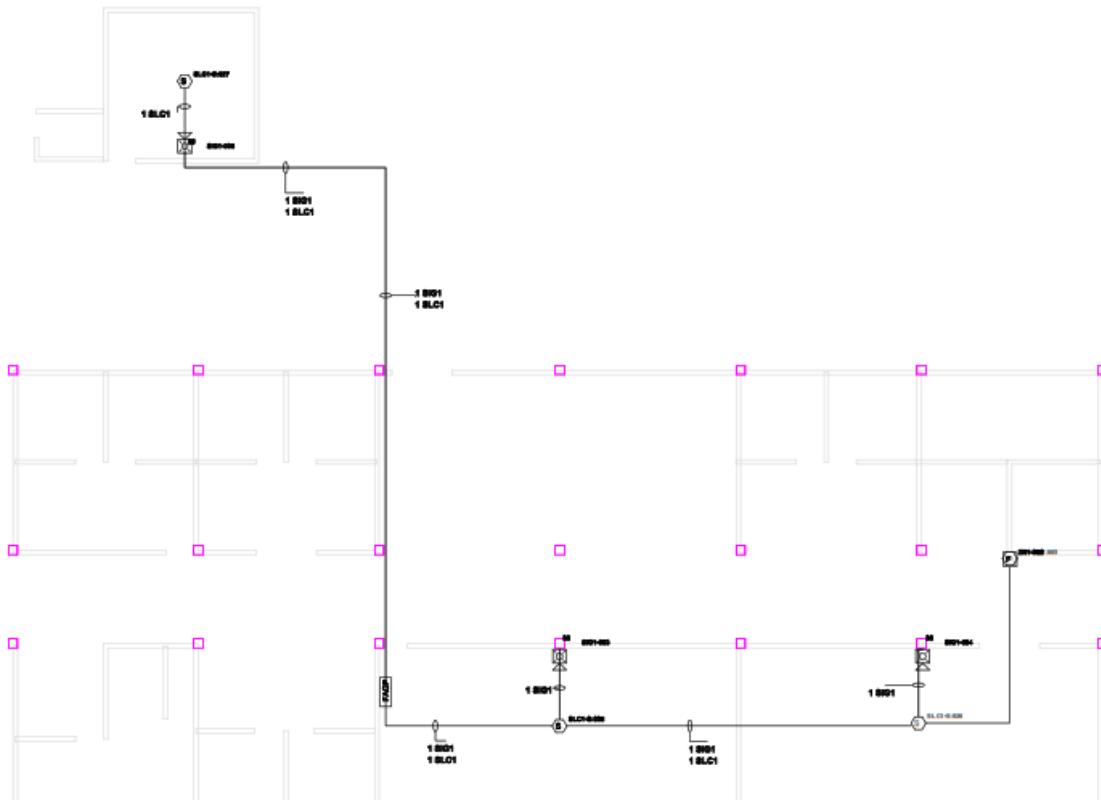
DISEÑO ARQUITECTONICO PARA LA MODIFICACION Y RENOVACION DEL CAMPUS ANTONIO NARIÑO

CONTIENE: PLANTA ARQUITECTONICA BLOQUE 1, PISO 1 REGISTRO FOTOGRAFICO TABLA DE AREAS	ALUMNOS: CARLOS HERRIANDO MEDINA LUIS FERRIANDO PARDO	TRABAJO DE CAMPO ELABORACION PROPIA	FECHA: 18/03/2019	BLOQUE: 1.1
		DOCENTE: PABLO SUAREZ	ESCALA: 1/200	

C Anexo: Modelo Hidráulico contra incendios biblioteca y laboratorio



D Anexo: Modelo Detección conraincendios biblioteca y laboratorio



E Anexo: Presupuesto o cotización

Se adjuntan cotizaciones del costo aproximado, con los componentes y materiales que las normas establecen.

DISEÑO SISTEMA DE DETECCIÓN Y
ALARMA CONTRA INCENDIOS

ITEMS	DESCRIPCIÓN-SISTEMA DE DETECCIÓN	CANT. TOTAL	UN	VR. UNITARIO SUMINISTRO	VR. PARCIAL SUMINISTRO	VR. UNITARIO MONTAJE	VR. PARCIAL MONTAJE	VALOR PARCIAL ITEM
1	PLC S7-1200A4	1	Un	\$ 1.800.500	\$ 1.800.500	\$ 720.200	\$ 720.200	\$ 2.520.700
2	Estación Manual Direccionada: Ref BG 12	1	Un	\$ 273.980	\$ 273.980	\$ 109.592	\$ 109.592	\$ 383.572
3	Protector Estacion Manual (Stopper) : Ref. STOPPER II	1	Un	\$ 320.000	\$ 320.000	\$ 128.000	\$ 128.000	\$ 448.000
4	Detector Fotoelectronico Direccionado con base : Ref.SD355	3	Un	\$ 243.500	\$ 730.500	\$ 97.400	\$ 292.200	\$ 1.022.700
5	Señal Audiovisual de pared 24Vdc - 85dbA y multicandela	3	Un	\$ 182.500	\$ 547.500	\$ 73.000	\$ 219.000	\$ 766.500
6	Modulo monitor de entrada simple : Ref GSA-MMF-301	1	Un	\$ 182.502	\$ 182.502	\$ 73.001	\$ 73.001	\$ 255.503
7	Resistencia final de linea 15k	2	Un	\$ 30.600	\$ 61.200	\$ 12.240	\$ 24.480	\$ 85.680
8	EOL Resistor 47 k	1	Un	\$ 30.500	\$ 30.500	\$ 12.200	\$ 12.200	\$ 42.700
9	Tuberia EMT Ø 3/4" con sopos y terminales	82	Mts	\$ 13.500	\$ 1.107.000	\$ 5.400	\$ 442.800	\$ 1.549.800
10	Cable FPLP # 18 Sin Blindaje	126	Mts	\$ 8.750	\$ 1.102.500	\$ 3.500	\$ 441.000	\$ 1.543.500
11	Caja Redonda RAWELT o Similar	3	Un	\$ 14.800	\$ 44.400	\$ 5.920	\$ 17.760	\$ 62.160
12	Caja Cuadrada 2400 RAWELT	2	Un	\$ 14.800	\$ 29.600	\$ 5.920	\$ 11.840	\$ 41.440
13	Coraza Americana 1"	15	mts	\$ 18.500	\$ 277.500	\$ 7.400	\$ 111.000	\$ 388.500
13	Programacion y puesta a punto	1	mts	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000

SUBTOTAL SUMINISTRO		\$	6.507.682,0	
SUBTOTAL MONTAJE		\$	6.103.072,8	
Administración	10%	\$	650.768,2	\$ 610.307,3
Imprevistos	5%	\$	325.384,1	\$ 305.153,6
Utilidades	5%	\$	325.384,1	\$ 305.153,6
I.V.A. Sobre Utilidad	19%	\$	61.823,0	\$ 57.979,2
COSTO TOTAL SUMINISTRO		\$	7.871.041,4	
COSTO TOTAL MONTAJE		\$	7.381.666,6	
TOTAL DE OBRA (SUMINISTRO + MONTAJE)		\$	15.252.707,9	

TUBERIA														
1	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	4"	7	m	\$	129.702	\$	907.914	\$	51.881	\$	363.166	\$	1.271.080
1	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	3"	6	m	\$	117.123	\$	702.738	\$	46.849	\$	281.095	\$	983.833
2	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	2 1/2"	1	m	\$	74.486	\$	74.486	\$	29.794	\$	29.794	\$	104.280
3	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	1 1/2"	4	m	\$	30.459,00	\$	106.607	\$	12.184	\$	42.643	\$	149.249
CODO														
6	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-53, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	4"	2	Unid	\$	38.883	\$	77.767	\$	15.553	\$	31.107	\$	108.874
6	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-53, DUCTIL IRON, THREADED, UL/FM	1 1/4"	4	Unid	\$	7.754	\$	31.014	\$	3.101	\$	12.406	\$	43.420
7	REDUCING ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-53, DUCTIL IRON, GROOVED	4x1 1/4"	1	Unid	\$	46.844	\$	46.844	\$	18.738	\$	18.738	\$	65.582
TEE														
8	GROOVED TEE	4"	1	Unid	\$	64.987	\$	64.987	\$	25.995	\$	25.995	\$	90.982
9	GROOVED TEE	3"	3	Unid	\$	43.982	\$	131.946	\$	17.593	\$	52.778	\$	184.724
ACOPLES														
15	COUPLING, ASTM A-53, GROOVED, UL/FM, RIGID	3"	14	Unid	\$	18.486	\$	258.804	\$	7.394	\$	103.522	\$	362.326
15	COUPLING, ASTM A-53, GROOVED, UL/FM, RIGID	4"	19	Unid	\$	20.189,51	\$	383.601	\$	8.076	\$	153.440	\$	537.041
TAPAS														
18	CAP, ASTM A-53, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	4"	2	Unid	\$	15.526,69	\$	31.053	\$	6.211	\$	12.421	\$	43.475
VALVULAS														
22	BUTTERFLY VALVE, 250 WWP, A395 BODY, GROOVED END, WITH	4"	1	Unid	\$	1.260.394,54	\$	1.260.395	\$	504.158	\$	504.158	\$	1.764.552
23	BUTTERFLY VALVE, 250 WWP, A395 BODY, GROOVED END, WITH	3"	2	Unid	\$	1.094.193	\$	2.188.386	\$	437.677	\$	875.354	\$	3.063.740
25	RELIEF VALVE	3"	1	Unid	\$	1.791.213	\$	1.791.213	\$	716.485	\$	716.485	\$	2.507.698
26	VALVULA DE VASTAGO ASCENDENTE OSY	1 1/4"	2	Unid	\$	947.080	\$	1.894.160	\$	378.832	\$	757.664	\$	2.651.824
SOPORTERIA														
29	SOPORTE SISMORESISTENTE LATERAL SB-1	4"	1	Unid	\$	97.199	\$	97.199	\$	38.879	\$	38.879	\$	136.078
31	SOPORTE TIPO COLGANTE	4"	2	Unid	\$	6.119,86	\$	12.240	\$	2.448	\$	4.896	\$	17.136
31	SOPORTE TIPO PEDESTAL	3"	3	Unid	\$	32.600	\$	97.800	\$	13.040	\$	39.120	\$	136.920
31	SOPORTE BASE ESTRUCTURAL	3"	2	Unid	\$	28.900	\$	57.800	\$	11.560	\$	23.120	\$	80.920
CONEXIONES														
31	CONEXIÓN LINEAS DE SENSADO (PRESOSTATOS)	N/A	1	Unid	\$	1.520.000	\$	1.520.000	\$	608.000	\$	608.000	\$	2.128.000
31	CONEXIÓN ELECTRICA TABLEROS ELECTRICOS	N/A	1	Unid	\$	1.320.000	\$	1.320.000	\$	528.000	\$	528.000	\$	1.848.000
BOMBA CONTRA INCENDIOS														
29	BOMBA SUCCION FINAL CON MOTOR ELECTRICO DE 250 GPM @ 110	6"	1	Unid	\$	115.000,000	\$	115.000.000	\$	-	\$	-	\$	115.000.000
30	Bomba Jackey 5 Gpm @ 125 Psi, (Incluye tablero controlador)	4"	1	Unid	\$	9.950,000	\$	9.950.000	\$	-	\$	-	\$	9.950.000
											\$	138.006.953		
											\$	5.222.781		
											\$	522.278		
											10%	\$	261.139	
											5%	\$	261.139	
											5%	\$	49.616	
											\$	6.316.954		
											\$	144.323.906		

ITEM	TAMAN O	CANTI DAD	UMD.	Vr. Unitaria Semisnta	Vr. Parcial Semisnta	Vr. Unit. Instalaci3n	Vr Parcial Instalaci3n	VALOR TOTAL																							
TUBERIA																															
1	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	3"	34	m	\$ 33.822,88	\$ 1.151.368,88	\$ 37.544,88	\$ 1.276.533,28																							
2	PIPE PVC C900	4"	18	m	\$ 900.000,00	\$ 16.200.000,00	\$ 360.000,00	\$ 6.480.000,00																							
3	PIPE SCH 10, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	4"	6	m	\$ 73.477,27	\$ 442.062,27	\$ 29.471,41	\$ 176.825,27																							
2	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	2 1/2"	11	m	\$ 74.485,72	\$ 819.342,93	\$ 23.734,31	\$ 327.737,48																							
2	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	2"	7	m	\$ 51.233,31	\$ 358.633,17	\$ 28.432,72	\$ 193.474,82																							
2	PIPE SCH 40, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	1 1/2"	12	m	\$ 38.433,88	\$ 461.206,65	\$ 12.183,58	\$ 158.216,88																							
5	PIPE SCH 10, ASTM A-53, CARBON STEEL, GROOVED END	1 1/2"	2	m	\$ 28.541,88	\$ 57.083,76	\$ 11.456,48	\$ 22.312,88																							
CODOS																															
5	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	2 1/2"	2	Unid	\$ 125.000,00	\$ 250.000,00	\$ 50.000,00	\$ 100.000,00																							
6	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	4"	2	Unid	\$ 38.298,83	\$ 76.597,66	\$ 15.119,53	\$ 30.239,06																							
6	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	1 1/2"	1	Unid	\$ 8.457,14	\$ 8.457,14	\$ 1.691,43	\$ 1.691,43																							
8	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	3"	6	Unid	\$ 29.521,41	\$ 177.128,64	\$ 11.412,47	\$ 70.475,47																							
10	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, MJ X MJ, UL/FM	4"	2	Unid	\$ 485.000,00	\$ 970.000,00	\$ 194.000,00	\$ 388.000,00																							
11	ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, THREADED, 1 1/4"	1 1/4"	4	Unid	\$ 7.754,41	\$ 31.017,64	\$ 1.181,42	\$ 4.725,68																							
13	REDUCING ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, 1 1/2" X 1"	1 1/2" X 1"	1	Unid	\$ 9.092,41	\$ 9.092,41	\$ 3.636,56	\$ 3.636,56																							
14	REDUCING ELBOW 90 DEGREES, ASTM A-536, DUCTIL IRON, 1" X 1 1/2"	1" X 1 1/2"	21	Unid	\$ 9.850,00	\$ 206.850,00	\$ 3.948,88	\$ 82.740,00																							
TEE																															
17	THREADED REDUCING TEE	1 1/4" X 1"	1	Unid	\$ 10.125,00	\$ 10.125,00	\$ 4.858,81	\$ 4.858,81																							
18	THREADED REDUCING TEE	1 1/2" X 1 1/4"	1	Unid	\$ 12.560,00	\$ 12.560,00	\$ 5.824,00	\$ 5.824,00																							
19	THREADED TEE	1"	10	Unid	\$ 13.264,00	\$ 132.640,00	\$ 5.385,23	\$ 53.852,30																							
20	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	2 X 1 1/2"	1	Unid	\$ 16.201,41	\$ 16.201,41	\$ 6.481,58	\$ 6.481,58																							
20	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	2 X 1 1/4"	1	Unid	\$ 16.201,41	\$ 16.201,41	\$ 6.481,58	\$ 6.481,58																							
21	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	4 X 1 1/4"	1	Unid	\$ 35.676,41	\$ 35.676,41	\$ 14.270,48	\$ 14.270,48																							
21	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	4 X 2"	1	Unid	\$ 38.452,00	\$ 38.452,00	\$ 15.380,80	\$ 15.380,80																							
22	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	3 X 1 1/2"	3	Unid	\$ 31.246,41	\$ 93.739,23	\$ 12.499,27	\$ 37.497,81																							
23	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, GROOVED, UL/FM	3 X 2"	1	Unid	\$ 30.963,41	\$ 30.963,41	\$ 12.385,83	\$ 12.385,83																							
25	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, THREADED, UL/FM	2 1/2" X 1"	4	Unid	\$ 18.315,41	\$ 73.261,64	\$ 7.326,82	\$ 29.307,28																							
26	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, THREADED, UL/FM	1 1/2" X 1 1/4"	4	Unid	\$ 20.150,00	\$ 80.600,00	\$ 8.168,00	\$ 32.672,00																							
27	MECHANICAL TEE, ASTM A-536, DUCTIL IRON, THREADED, UL/FM	1 1/2" X 1"	2	Unid	\$ 13.200,00	\$ 26.400,00	\$ 5.280,00	\$ 10.560,00																							
REDUCCIONES																															
28	THREADED REDUCER	1" X 1 1/2"	21	Unid	\$ 5.966,41	\$ 125.294,61	\$ 2.385,48	\$ 50.114,41																							
29	THREADED REDUCER	1 1/2" X 1 1/4"	3	Unid	\$ 7.159,00	\$ 21.477,00	\$ 2.863,68	\$ 8.597,16																							
ACOPLES																															
33	COUPLING, ASTM A-536, GROOVED, UL/FM, RIGID	2 1/2"	2	Unid	\$ 18.821,65	\$ 37.643,30	\$ 6.488,16	\$ 12.976,32																							
34	COUPLING, ASTM A-536, GROOVED, UL/FM, RIGID	3"	22	Unid	\$ 19.584,18	\$ 430.852,00	\$ 7.833,67	\$ 172.341,16																							
34	COUPLING, ASTM A-536, GROOVED, UL/FM, RIGID	4"	4	Unid	\$ 19.584,18	\$ 78.336,72	\$ 7.833,67	\$ 31.335,84																							
35	REDUCER COUPLING, ASTM A-536, GROOVED, UL/FM, RIGID	2 X 1 1/2"	1	Unid	\$ 15.288,88	\$ 15.288,88	\$ 6.088,88	\$ 6.088,88																							
36	REDUCER COUPLING, ASTM A-536, GROOVED, UL/FM, RIGID	2 1/2" X 2"	1	Unid	\$ 24.848,88	\$ 24.848,88	\$ 9.607,28	\$ 9.607,28																							
36	REDUCER COUPLING, ASTM A-536, GROOVED, UL/FM, RIGID	3" X 2 1/2"	2	Unid	\$ 26.494,88	\$ 52.989,76	\$ 18.458,88	\$ 36.917,76																							
36	REDUCER COUPLING, ASTM A-536, GROOVED, UL/FM, RIGID	4" X 3"	1	Unid	\$ 35.322,88	\$ 35.322,88	\$ 14.129,12	\$ 14.129,12																							
ROCIADORES																															
41	ROCIADOR PENDIENTE K:5,6, Marca 1/2" NPT,	1/2"	21		\$ 43.960,00	\$ 923.164,80	\$ 17.284,80	\$ 369.264,00																							
VALVULAS																															
42	BUTTERFLY VALVE, 250 WWP, A395 BODY, GROOVED END, WITH	3"	1	Unid	\$ 777.972,51	\$ 777.972,51	\$ 311.183,87	\$ 311.183,87																							
43	CHECK VALVE, SWING, 250 WWP, A536 BODY, TRIM, BRONZE,	3"	1	Unid	\$ 1.094.192,00	\$ 1.094.192,00	\$ 437.677,28	\$ 437.677,28																							
44	WATERFLOW DETECTOR	3 X 2"	1	Unid	\$ 582.578,83	\$ 582.578,83	\$ 219.828,28	\$ 219.828,28																							
45	VALVULA PRUEBA DRENAJE	1 1/2"	1	Unid	\$ 706.848,54	\$ 706.848,54	\$ 282.739,42	\$ 282.739,42																							
46	VALVULA DESAIREADORA	1/2"	1	Unid	\$ 423.881,41	\$ 423.881,41	\$ 169.552,45	\$ 169.552,45																							
47	MANOMETRO 0-300 CARATULA 2 1/2" CON GLICERINA	N/A	2		\$ 115.888,88	\$ 231.777,76	\$ 46.355,55	\$ 92.711,10																							
42	BUTTERFLY VALVE, 250 WWP, A395 BODY, GROOVED END, WITH	2"	1	Unid	\$ 777.972,51	\$ 777.972,51	\$ 311.183,87	\$ 311.183,87																							
43	CHECK VALVE, SWING, 250 WWP, A536 BODY, TRIM, BRONZE,	2"	1	Unid	\$ 875.332,00	\$ 875.332,00	\$ 358.132,80	\$ 358.132,80																							
44	WATERFLOW DETECTOR	2" X 1 1/2"	1	Unid	\$ 485.368,88	\$ 485.368,88	\$ 194.548,88	\$ 194.548,88																							
45	VALVULA PRUEBA DRENAJE	1 1/2"	1	Unid	\$ 706.848,54	\$ 706.848,54	\$ 282.739,42	\$ 282.739,42																							
46	VALVULA DESAIREADORA	1/2"	1	Unid	\$ 423.881,41	\$ 423.881,41	\$ 169.552,45	\$ 169.552,45																							
47	MANOMETRO 0-300 CARATULA 2 1/2" CON GLICERINA	N/A	2		\$ 115.888,88	\$ 231.777,76	\$ 46.355,55	\$ 92.711,10																							
SOPORTERIA																															
50	SOPORTE SISMORESISTENTE LONGITUDINAL SB-1A	3"	3	Unid	\$ 117.570,00	\$ 352.710,00	\$ 47.827,81	\$ 141.083,43																							
53	SOPORTE SISMORESISTENTE LATERAL SB-1	3"	3	Unid	\$ 96.871,00	\$ 290.613,00	\$ 38.748,53	\$ 116.245,59																							
54	SOPORTE TIPO COLGANTE	1 1/4"	7	Unid	\$ 1.826,41	\$ 12.784,87	\$ 738,35	\$ 5.113,27																							
55	SOPORTE TIPO COLGANTE	1 1/2"	3	Unid	\$ 2.407,41	\$ 7.222,23	\$ 362,72	\$ 1.088,16																							
56	SOPORTE TIPO COLGANTE	1"	12	Unid	\$ 1.855,41	\$ 22.264,92	\$ 742,88	\$ 8.914,56																							
58	SOPORTE TIPO COLGANTE	3"	5	Unid	\$ 4.289,00	\$ 21.445,00	\$ 1.745,78	\$ 8.728,90																							
TRANSICIONES																															
50	TRANSICION DE TUBERIA C900 A AC	4"	1	Unid	\$ 943.000,00	\$ 943.000,00	\$ 377.200,00	\$ 377.200,00																							
GABINETES																															
20	GABINETE CLASE III	2 1/2 X 1 1/2	1	Unid	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 720.000,00	\$ 720.000,00																							
<table border="1"> <tr> <td>TOTAL SUMINISTRO</td> <td>\$</td> <td>36.253.097</td> </tr> <tr> <td>MONTAJE SIN AIU</td> <td>\$</td> <td>14.501.239</td> </tr> <tr> <td>ADMINISTRACION</td> <td>10%</td> <td>\$ 1.450.124</td> </tr> <tr> <td>IMPREVISTOS</td> <td>5%</td> <td>\$ 725.062</td> </tr> <tr> <td>UTILIDAD</td> <td>5%</td> <td>\$ 725.062</td> </tr> <tr> <td>IVA SOBRE LA UTILIDAD 19%</td> <td>19%</td> <td>\$ 137.762</td> </tr> <tr> <td>TOTAL MONTAJE</td> <td>\$</td> <td>17.539.248</td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL</td> <td>\$</td> <td>53.792.345</td> </tr> </table>								TOTAL SUMINISTRO	\$	36.253.097	MONTAJE SIN AIU	\$	14.501.239	ADMINISTRACION	10%	\$ 1.450.124	IMPREVISTOS	5%	\$ 725.062	UTILIDAD	5%	\$ 725.062	IVA SOBRE LA UTILIDAD 19%	19%	\$ 137.762	TOTAL MONTAJE	\$	17.539.248	COSTO TOTAL	\$	53.792.345
TOTAL SUMINISTRO	\$	36.253.097																													
MONTAJE SIN AIU	\$	14.501.239																													
ADMINISTRACION	10%	\$ 1.450.124																													
IMPREVISTOS	5%	\$ 725.062																													
UTILIDAD	5%	\$ 725.062																													
IVA SOBRE LA UTILIDAD 19%	19%	\$ 137.762																													
TOTAL MONTAJE	\$	17.539.248																													
COSTO TOTAL	\$	53.792.345																													

D Anexo: Archivos de proyecto

Se adjuntan simulaciones y modelado del proyecto

▪ Bibliografía

10, N. (19 de 03 de 2021). *Cuerpo Oficial de Bomberos del Municipio de Dosquebradas*. Obtenido de <https://www.bomberosdosquebradas.gov.co/wp-content/uploads/2016/09/21.-Norma-NFPA-10-2007.pdf>

Álvarez Uribe, G., & Cuartas, E. G. (18 de 03 de 2021). *SURA ARL*. Obtenido de https://www.arlsura.com/pag_serlinea/distribuidores/doc/documentacion/prevencion_control_fuego.pdf

IDIGER, I. D. (20 de 03 de 2021). Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/rincendiof>

Ingenieros, I. (14 de 03 de 2021). Obtenido de <https://www.iacolingeneros.com/los-equipos-contra-incendio-en-la-historia/>

prointex, G. (19 de 03 de 2021). Obtenido de <https://www.grupoprointex.com/el-triangulo-y-el-tetraedro-del-fuego/>

Bosch. (02 de 04 de 2021). <https://www.boschsecurity.com>. Obtenido de <https://www.boschsecurity.com/xl/es/soluciones/sistemas-de-deteccion-de-incendios/>

Carlos Hernando Medina, L. F. (2019). *diseño arquitectonico para la modificacion y renovacion del campus Antonio Nariño*. Villavicencio: UAN.

Cengel, Y. A. (1994). *Mecanica de fluidos Fundamentos y aplicaciones*. Ciudad de Mexico: Mc Graw Hill.

Duarte, M. Á., & Martinez Jamaica, J. F. (30 de 04 de 2021). *Universidad Catolica de Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13961/4/TRABAJO%20DE%20GRADO%20RCI.pdf>

Jimenez, S. (13 de 05 de 2021). *Hidraulica Facil*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>

Leiva, L. F. (2015). *Controles y automatismos*. Bogotá: Panamericana.

Ministerio de Ambiente, V. y. (28 de 03 de 2021). www.idrd.gov.co. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

Nariño, U. A. (29 de 04 de 2021). <https://www.uan.edu.co>. Obtenido de <https://www.uan.edu.co/villavicencio>

NFPA13-2019. (02 de 05 de 2021). *nfpa.org*. Obtenido de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13&year=2016>

NFPA20-2019. (08 de 05 de 2021). <https://www.nfpa.org>. Obtenido de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=20>

quimicafertallojessmari. (01 de 05 de 2021). Obtenido de <https://sites.google.com/site/quimicafertallojessmari/propiedades-fisicas-y-quimicas>

Terán, L. V. (10 de 05 de 2021). *Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n4/m14.html>

TUVALREP. (02 de 04 de 2021). *tuvalrep.com.co*. Obtenido de <https://tuvalrep.com.co/2018/10/04/red-contra-incendios/>

Ybirma, L. (17 de 05 de 2021). <http://www.contraincendio.com.ve/>. Obtenido de <http://www.contraincendio.com.ve/partes-componentes-rociador/>