



**DISEÑO DEL SISTEMA
CONTRAINCENDIOS POR AGENTE
LIMPIO PARA LA BIBLIOTECA DE LA
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
SEDE SUR, DE ACUERDO CON LAS
NORMAS NFPA Y NSR-10**

Andrés Felipe Rincón Ballesteros

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá, Colombia
2020

Diseño del sistema contraincendios por agente limpio para la Biblioteca de la Universidad Antonio Nariño sede Sur, de acuerdo con las normas NFPA y NSR-10

Andrés Felipe Rincón Ballesteros

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

Director:
Ingeniero José Germán Gutiérrez Rozo.

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá, Colombia
2020

Dedico este trabajo a mi familia principalmente, por todo su apoyo y comprensión, por estar presentes en todo el recorrido realizado hasta este día tan importante en mi vida, a mis maestros quienes dejaron una semilla de conocimiento en cada momento compartido, a mi tutor quien me brindó su apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo con su tiempo y experiencia.

A la vida que nos da siempre oportunidades de crecer tanto profesional como personalmente para servir a los demás.

Andrés Felipe Rincón Ballesteros.

Agradecimientos

A mi tutor el Ingeniero José Germán Gutiérrez Rozo docente de la facultad de ingeniería de la Universidad Antonio Nariño, quien con su experiencia me guio durante toda la realización de este trabajo, compartiendo sus conocimientos y dedicando el tiempo necesario para la mejora constante de este.

A mis padres, mi esposa y compañera Bibiana Andrea Lopez Matiz y mi hijo Thomas Andrés Rincón Lopez, por el apoyo con el tiempo necesario para poder terminar mi carrera y siempre brindarme ese ánimo que me impulso hasta este momento de mi vida.

Resumen

El desarrollo de este diseño pretende dejar las bases de un sistema de detección, señalización y extinción de incendios en la biblioteca de la Universidad Antonio Nariño, teniendo en cuenta que la biblioteca es y será frecuentada constantemente por personal de estudiantes, visitantes, profesores y demás personal administrativo de la universidad.

En este sitio se encuentra una gran concentración de personas donde hoy en día no cuenta con un sistema de detección ni adecuada señalización en caso de emergencia, motivo por el que se propone realizar el diseño de estos sistemas basado en el cumplimiento de la normatividad vigente tanto nacional como internacional.

Así mismo se dispondrá de un sistema de extinción de incendios por medio de agente limpio para el área del centro de datos del piso 1, donde se almacenan las colecciones más importantes, tesis, equipos electrónicos, servidores y demás objetos de gran valor para la institución.

Con este trabajo se procura contar con una biblioteca que brinde seguridad y así mitigar los riesgos ante un posible evento de incendio, desastre natural, catástrofe etc., donde el principal objetivo será la protección de las vidas humanas, instalaciones, medio ambiente y poder dar continuidad al funcionamiento de la biblioteca.

Como resultado de este diseño se entregarán los diferentes documentos aplicables por las normas NSR-10 y NFPA entre los que se encuentran, análisis de riesgos, cálculos para equipos de detección y extinción de incendios, planos en AutoCAD, fichas técnicas, cantidades de materiales de instalación, manual de operación.

Palabras claves: Detección, extinción, señalización, incendio, emergencia, norma.

Abstract

The development of this design intends to lay the foundations of a fire detection, signaling and extinguishing system in the library of the Antonio Nariño University, taking into account that the library is and will be constantly frequented by student staff, visitors, teachers and others administrative staff of the university.

In this site there is a great concentration of people, where nowadays it does not have a detection system or adequate signaling in case of emergency, which is why it is proposed to design these systems based on compliance with current regulations both national and international.

Likewise, there will be a fire extinguishing system using a clean agent for the data center area on floor 1, where the most important collections, theses, electronic equipment, servers and other objects of great value to the institution are stored.

This work seeks to have a library that provides security and thus mitigate risks in the event of a possible fire, natural disaster, catastrophe, etc., where the main objective will be the protection of human lives, installations, environment and to be able to give continuity to the functioning of the library.

As a result of this design, the different documents applicable by the NSR-10 and NFPA standards will be delivered, among which are, risk analysis, calculations for fire detection and extinguishing equipment, plans in AutoCAD, technical sheets, quantities materials of installation, operation manual.

Keywords: Detection, extinction, signaling, fire, standard.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XV
Lista de tablas.....	XVII
Lista de Símbolos y abreviaturas	XVIII
Introducción.....	1
1. Definición del proyecto	5
1.1 Objetivo general	5
1.2 Objetivos específicos	5
1.3 Antecedentes	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Metodología	7
2. Marco teórico	9
2.1 Generalidades del fuego.	9
2.2 Materiales inflamables y combustibles	10
2.3 Transferencia de energía térmica.....	12
2.3.1 Conducción	12
2.3.2 Convección	13
2.3.3 Radiación	14
3. Caracterización de las áreas.....	15
3.1 Ubicación del proyecto	15
3.2 Clasificación de la ocupación NSR-10.....	16
3.3 Piso 1 - Área sala de Lectura, cómputo y préstamo de libros	17
3.4 Piso 1 - Área centro de datos	19
3.5 Piso 1 - Área interna.....	21
3.6 Piso 2 - Área interna.....	23
3.7 Piso 2 - Área salón principal	26
3.8 Piso 3 - Área interna.....	27
3.9 Piso 4 - Área interna.....	29
3.10 Carga de ocupación	31
3.11 Medios de evacuación.....	33
3.12 Responsabilidades	35

4. Análisis de riesgos contra incendios	37
4.1 Elementos de la construcción.....	37
4.1.1 Altura de la edificación.....	37
4.1.2 Superficie mayor sector de incendio.....	38
4.1.3 Resistencia al fuego.....	39
4.1.4 Falsos techos.....	39
4.2 Factores de situación.....	40
4.2.1 Distancia estación de bomberos.....	40
4.2.2 Accesibilidad del edificio.....	41
4.3 Procesos.....	41
4.3.1 Peligro de activación.....	41
4.3.2 Carga térmica.....	43
4.3.3 Combustibilidad.....	44
4.3.4 Orden y limpieza.....	45
4.3.5 Almacenamiento en altura.....	45
4.4 Factor de concentración.....	45
4.4.1 Factor de concentración $\$/m^2$	45
4.5 Destructibilidad.....	46
4.5.1 Por calor.....	46
4.5.2 Por humo.....	46
4.5.3 Por corrosión.....	46
4.5.4 Por agua.....	47
4.6 Propagabilidad.....	47
4.6.1 Vertical.....	47
4.6.2 Horizontal.....	47
4.7 Factores de protección.....	48
4.8 Calculo del análisis de riesgos.....	48
4.9 Formulario de análisis de riesgos.....	49
4.10 Resultado.....	50
5. Sistema detección de incendios	51
5.1 Consideraciones de diseño.....	51
5.1.1 Panel de Control.....	51
5.1.2 Dispositivos de detección.....	53
5.1.3 Dispositivos de notificación.....	54
5.1.4 Ubicación detectores de iniciación.....	54
5.1.5 Ubicación dispositivos de notificación.....	60
5.1.6 Señalización visible.....	61
5.2 Calculo de baterías.....	63
5.3 Cableado del sistema.....	64
5.4 Instrumentación sistema detección de incendio.....	65
6. Sistema señalización de emergencia	67
6.1 Señalización.....	67
6.1.1 Señales para direccionar la salida de emergencia.....	68
6.1.2 Ubicación de equipos de emergencia.....	69
6.2 Iluminación.....	70
7. Sistema de extinción de incendio por agente limpio	71
7.1 Características Novec™ 1230.....	71
7.2 Área a proteger.....	72

7.3	Diseño del sistema de agente limpio	72
7.4	Instrumentación sistema extinción de incendio.....	84
7.5	Hojas de resultado de diseño	85
8.	Conclusiones y recomendaciones	87
8.1	Conclusiones.....	87
8.2	Recomendaciones.....	91
	Glosario	92
	Bibliografía.....	95
	Anexos	97
A.	Anexo plano sistema detección de incendio piso 1	97
B.	Anexo plano sistema detección de incendio piso 2	98
C.	Anexo plano sistema detección de incendio piso 3	99
D.	Anexo plano sistema detección de incendios piso 4.....	100
E.	Anexos: Planos señalización de emergencia piso 1	101
F.	Anexos: Planos señalización de emergencia piso 2.....	102
G.	Anexos: Planos señalización de emergencia piso 3.....	103
H.	Anexos: Planos señalización de emergencia piso 4.....	104
	Manual de Operación.....	105

Lista de figuras

	Pág.
Figura 0-1: Diagrama de flujo de la metodología del proyecto.....	8
Figura 2-1: Triangulo del fuego.	10
Figura 2-2: Conducción de energía	12
Figura 2-3: Tipo de Convección	13
Figura 2-4: Transferencia de energía por radiación.....	14
Figura 3-1: Identificación del proyecto.....	15
Figura 3-2: Biblioteca Piso 1 zona A	17
Figura 3-3: Mesas disponibles sala de lectura.....	18
Figura 3-4: Sala de cómputo.	18
Figura 3-5: Zona administrativa de la biblioteca	19
Figura 3-6: Biblioteca centro de datos zona B.	20
Figura 3-7: Centro de datos	20
Figura 3-8: Zona interior centro de datos	21
Figura 3-9: Biblioteca área interna zona C	22
Figura 3-10: Biblioteca piso 1 área interna	22
Figura 3-11: Biblioteca piso 1 fondo área interna	23
Figura 3-12: Biblioteca piso 2 zona D.....	24
Figura 3-13: Piso 2 área interna.....	24
Figura 3-14: Piso 2 área interna.....	25
Figura 3-15: Piso 2 área interna escaleras.....	25
Figura 3-16: Biblioteca piso 2, zona E.....	26
Figura 3-17: Acceso piso 2 salón principal	26
Figura 3-18: Biblioteca piso 3, zona F	27
Figura 3-19: Piso 3 área interna.....	27
Figura 3-20: Piso 3 área interna.....	28
Figura 3-21: Piso 3 Puerta salida auxiliar	28
Figura 3-22: Biblioteca piso 4, zona G.....	29
Figura 3-23: Piso 4 área interna.....	30
Figura 3-24: Piso 4 área interna.....	30
Figura 3-25: Espacio libre puerta de emergencia.	34
Figura 4-1: Evaluación de riesgos MESERI.....	37
Figura 4-2: Distancia estación de bomberos más cercana	40
Figura 4-3: Riesgos eléctricos biblioteca.	42

Figura 4-4:	Resultado calculo térmico	43
Figura 4-5 :	Carga térmica en MJ/m2	43
Figura 5-1:	Tipo de conexiones panel de incendio.	52
Figura 5-2:	Componentes sistema detección de incendios.....	52
Figura 5-3:	Máximo radio de protección de un detector de humo.	55
Figura 5-4:	Espaciamiento detectores según altura del techo	55
Figura 5-5:	Distribución normal de los detectores de humo y temperatura.	56
Figura 5-6:	Ubicación detector en pared	56
Figura 5-7:	Ubicación detectores techo dos aguas.....	57
Figura 5-8:	Modo de funcionamiento del Beam detector	58
Figura 5-9:	Cambio de temperatura y altura máxima de elevación del humo.	58
Figura 5-10:	Parámetros patrón temporal sirena	60
Figura 5-11:	Niveles de ruido en el ambiente.	61
Figura 5-12:	Tipo de cable sistema de incendio	64
Figura 6-1:	Señales de emergencia	68
Figura 6-2:	Identificación equipos de emergencia	69
Figura 6-3:	Señal no salida:	69
Figura 6-4:	Iluminación de emergencia	70
Figura 7-1:	Tubería sistema de extinción	82
Figura 7-2:	Isométrico instalación de sistema.....	83
Figura 7-3:	Isométrico vista superior	83
Figura 7-4:	Isométrico vista lateral	84
Figura 7-5:	Hojas del diseño	85
Figura 7-6:	Hoja de trabajo número 2.....	86

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3-1: Grupos y subgrupos de ocupación	16
Tabla 3-2: Factores de carga de ocupación.....	32
Tabla 3-3: Ancho mínimo de la puerta de egreso	33
Tabla 3-4: Mínimo ancho libre de puerta	34
Tabla 4-1: Edificaciones de tipo de construcción básico y bajo.	38
Tabla 4-2: Acabados interiores según propagación de la llama	39
Tabla 4-3: Accesibilidad de edificios.	41
Tabla 4-4: Densidad liberación de calor de materiales	43
Tabla 4-5: Coeficiente de combustibilidad	44
Tabla 4-6: Formulario evaluación de riesgos conra incendios MESERI	49
Tabla 4-7: Tabla de resultados MESERI.....	50
Tabla 5-1: Cubrimiento máximo por área.....	62
Tabla 5-2: Máximo cubrimiento señales luminiscentes	63
Tabla 5-3: Cálculo de baterías.....	64
Tabla 5-4: Instrumentación detección de incendio	65
Tabla 6-1: Tamaño de la señal de emergencia	68
Tabla 7-1: Potencial de impacto medioambiental	71
Tabla 7-2: Mínima concentración de diseño	73
Tabla 7-3: Diseño porcentaje de concentración en volumen.....	75
Tabla 7-4: Factor de corrección atmosférico.....	77
Tabla 7-5: Selección de tanque agente limpio.	79
Tabla 7-6: Instrumentación sistema agente limpio	84

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI
<i>S</i>	Área	m ²
<i>V</i>	Volumen	m ³
<i>A</i>	Amperio	A
<i>M</i>	metro	m
<i>kg</i>	Masa	Kg
<i>cd</i>	Candela	cd
<i>K</i>	Kelvin	K
<i>s</i>	Segundo	s
<i>kW</i>	Potencia	W

Superíndices

Superíndice Término

<i>n</i>	Exponente, potencia
----------	---------------------

Abreviaturas

Abreviatura Término

<i>kg</i>	Kilogramo
^o C	Grados centígrados
<i>ft</i>	Pies

Introducción

El objetivo de este trabajo es presentar el diseño de un sistema contra incendios para su implementación en la biblioteca de la Universidad Antonio Nariño sede sur, en la ciudad de Bogotá.

En este documento se detalla todo el diseño del sistema de detección y extinción de incendios, en cumplimiento con la normatividad vigente y teniendo en cuenta los 4 principios básicos de las normas:

- Protección de la vida humana.
- Protección de instalaciones, documentación y equipos.
- Poder dar continuidad a la operación.
- Protección del medio ambiente.

Como base de este diseño se utilizan los siguientes códigos y normas para los sistemas de detección y extinción de incendios.

- NSR-10 Título J. Reglamento Colombiano de construcción sísmo resistente.
- NFPA 72 Código Nacional de alarmas de incendio y señalización. Ed. 2019.
- NFPA 2001 Estándar sobre sistemas de extinción de incendio con agentes limpios. Ed. 2018. E
- RETIE. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

Lo que se busca es la protección de lugares, personas, bienes, medio ambiente y muchos otros factores que se encuentran en riesgo ante un evento de incendio.

Toda esta protección de incendios se ha reglamentado luego de muchas pérdidas a través de la historia, una de ellas muy importante, fue la destrucción de la biblioteca central de los Ángeles, el 29 de Abril de 1986 en los Estados Unidos, con ello se perdieron libros únicos y colecciones originales que nunca podrán recuperarse.

Otro ejemplo, en el año 2018 fue destruido casi por completo el Museo Nacional de Brasil, debido a un incendio que arrasó rápidamente este edificio. Sucesivos recortes en el presupuesto y la falta de mantenimientos en los sistemas del edificio, se convirtieron en los principales factores que originaron el terrible incendio.

En el mundo hay muchas organizaciones que se dedican a la creación de normas para la prevención y extinción de incendios, en Colombia el primer código sísmico del país se generó en 1984 luego del terremoto del 31 de marzo de 1983 en la ciudad de Popayán, la asociación de ingenieros sísmicos (AIS) en ese momento funcionaban como una asociación de ingenieros estructurales, quienes promovían normas para sus integrantes basándose en estándares internacionales. En 1984 el gobierno del presidente Belisario Betancur (1982-1986) y el Congreso de Colombia, delegan a la asociación de ingenieros sísmicos la generación de una norma de construcción, de allí se genera el decreto 1400 del 6 de Junio de 1984 “Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes”, pero fue hasta su actualización en 1997 mediante la ley 400 de agosto 9 del mismo año, donde se incluyó la protección contra incendios título J y K. Esta norma es aprobada por parte de los ministerios de vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Transporte y Ministerio de Interior, con apoyo de organizaciones como la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), Instituto colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), y demás organizaciones y profesionales entre arquitectos e ingenieros que apoyan durante todo el proceso de comités técnicos para su actualización.

La NFPA fundada en los Estados Unidos en 1986, tiene como principal función la de “crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendios”, hoy en día la NFPA es la organización mundial más importante en cuanto a normatividad y estándares en el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de detección y extinción de incendios.

En Colombia, el diseño de los sistemas de incendio se implementan teniendo en cuenta la normatividad local como la NSR-10 Título J y K, dentro de esta, se hace referencia a varias normas de la NFPA. Por lo que se convierten en un estándar a tener en cuenta en todos los aspectos técnicos de los sistemas de detección de incendio y señalización de emergencia, con el objetivo de proteger las vidas, edificaciones, operación y medio ambiente contra los efectos devastadores de los incendios.

En la actualidad Colombiana, no todos los sistemas instalados cumplen con estas normas, ya sea por omisión o malas prácticas de instalación. En la biblioteca de la universidad no se cuenta con un sistema de detección de incendios ni señalización en caso de emergencia, por lo que se hace urgente poder contar con un diseño que cumpla la normatividad vigente y mitigue los efectos en caso de un evento de incendio o emergencia. En esta área hay un amplio lugar de trabajo para la ingeniería, donde se pueden mejorar las instalaciones actuales para dar cumplimiento a la normatividad vigente.

Planteamiento del problema

Actualmente la biblioteca de la Universidad Antonio Nariño sede sur, no cuenta con un sistema de detección de incendios ni un sistema de señalización en caso de emergencia.

De acuerdo con las exigencias de la NSR-10, toda edificación deberá cumplir con los requisitos generales de protección contra incendios y señalización de emergencia, NSR-10 capítulo J.5.8 nos indica lo siguiente “Salvo disposición contraria en el Capítulo J.6, todas las edificaciones deben contar con sistemas de detección y alarma de incendio. El modo de iniciación y las especificaciones técnicas requeridos se rigen por el grupo de ocupación de la edificación o el espacio. Para el diseño y la instalación de sistemas de detección y alarma de incendios, se puede tomar como referencia las normas NFPA 72 o la norma EN54 en su última edición.” (Ministerio de Ambiente, 2016)

La biblioteca se encuentra ubicada en un edificio de 4 niveles, con un área aproximada de 700 m² y se encuentra dividida en áreas como: servicios, consulta, almacenamiento. En ella se encuentran estantes con libros, equipos de computación, equipamiento para sala de

lectura, archivos de tesis y demás cantidad de material de consulta que la hace una gran fuente de combustible sólido de clase A (Madera, papel, carbón tejidos, plásticos).

Dado esto y los demás riesgos existentes en el área, esta se convierte en un lugar muy importante para la implementación de un sistema de detección de incendios y señalización de emergencia, con el fin de alertar a las personas que allí se encuentran ante un evento de peligro y poder ayudar a la rápida evacuación de las instalaciones.

1. Definición del proyecto

1.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de detección de incendio para la biblioteca de la Universidad Antonio Nariño sede sur, incluyendo extinción por agente limpio para el piso 1 área administrativa, bajo la normatividad colombiana y normas de la NFPA aplicables.

1.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el lugar y realizar el levantamiento de la información requerida.
2. Identificar los riesgos presentes en cada una de las áreas de la biblioteca, basado en las normas NFPA y NSR-10.
3. Determinar los equipos y la instrumentación necesaria para el sistema de detección de incendio y señalización de emergencia, acorde a las normas NFPA y NSR-10.
4. Elaborar un plano estructural base, donde se detallará la ubicación de dispositivos, rutas de tubería, cableado eléctrico y demás requerimientos del sistema de alarma de incendio de acuerdo con la norma NFPA 72

5. Realizar diseño final con la documentación de soporte requerida por las normas NFPA y NSR-10.
6. Elaborar el manual de funcionamiento del sistema de detección y extinción de incendio.
7. Elaborar el diseño del sistema de extinción de incendios por medio de agente limpio, para el área de las oficinas administrativas piso 1

1.3 Antecedentes

Toda esta protección se ha reglamentado luego de muchas pérdidas a través de la historia, una de ellas muy importante, fue la destrucción de la biblioteca central de los Ángeles, el 29 de Abril de 1986 en Estados Unidos, con ello se perdieron libros únicos y colecciones originales que nunca podrán recuperarse.

Otro ejemplo, en el año 2018 fue destruido casi por completo el museo nacional del Brasil, debido a un incendio que arrasó rápidamente este edificio. Sucesivos recortes en el presupuesto y la falta de mantenimientos en los sistemas del edificio, se convirtieron en los principales factores que originaron el terrible incendio.

En el mundo hay muchas organizaciones que se dedican a la creación de normas para la prevención y extinción de incendios, en Colombia tenemos varias normas locales para la prevención de incendios y señalización de emergencia como son: NSR-10, NTC 2885, NTC 2050 entre otras, estas nos indican en su contenido que tienen como referencia las diferentes normas de la NFPA (National Fire Protection Association).

1.4 Justificación

Este proyecto se hace importante y necesario de implementar debido al riesgo latente de un incendio en el área de la biblioteca, ya sea por un evento provocado, accidental u otra situación peligrosa que dé como resultado el origen de un incendio o emergencia, por ello como principios fundamentales de la NSR-10 y sus normas de referencia nacionales e internacionales se pretende lo siguiente:

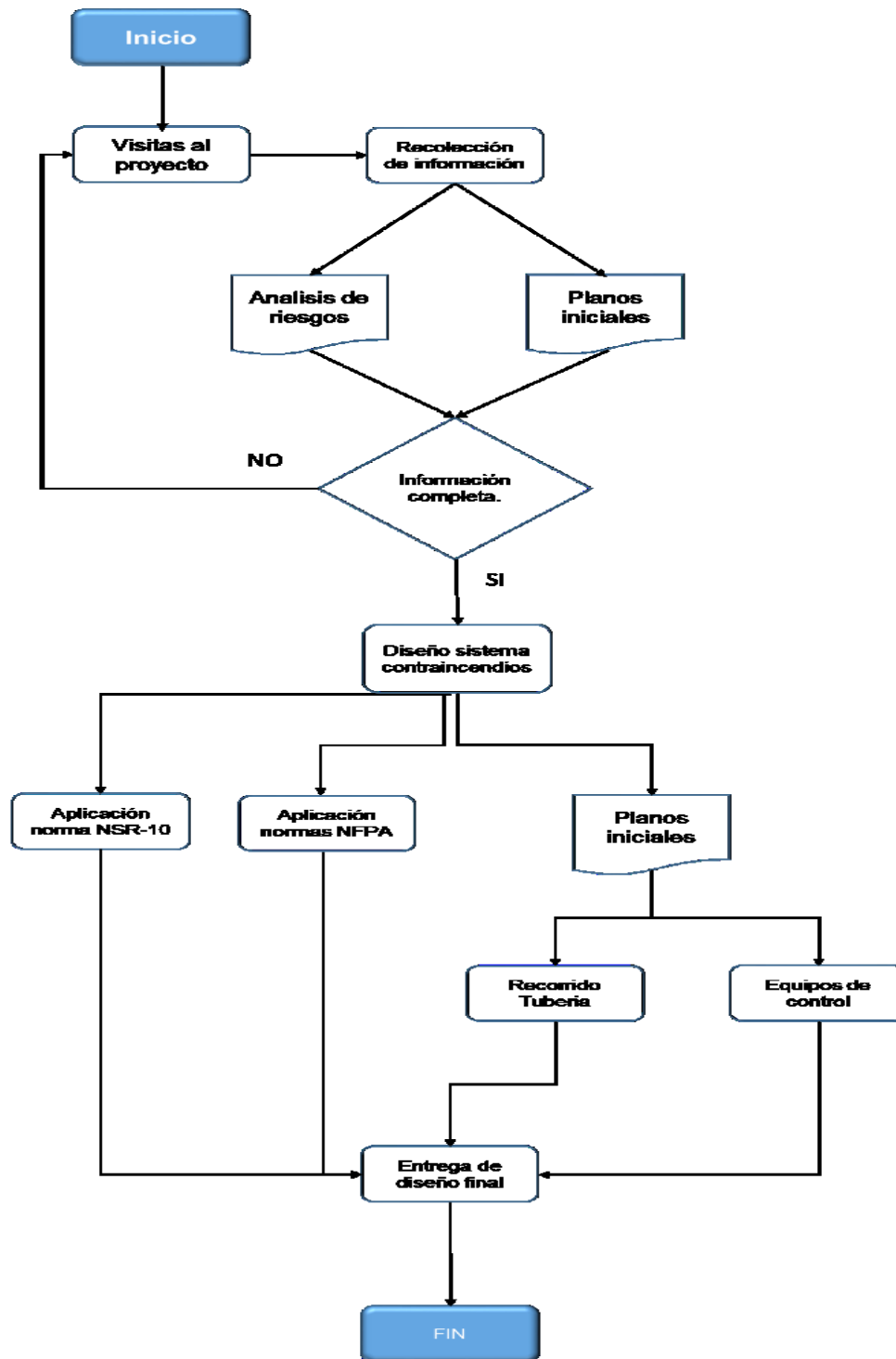
- Protección de vidas humanas
- Protección de instalaciones, maquinaria y equipos.
- Continuidad de la operación.
- Protección del medio ambiente.

Adicional dar cumplimiento de lo exigido por el personal del cuerpo de bomberos de Bogota, donde uno de sus objetivos principales es “Generar corresponsabilidad del riesgo mediante la prevención, mitigación, transferencia y preparación con la comunidad ante el riesgo de incendios, incidentes con materiales peligrosos y rescates en general.”

1.5 Metodología

A continuación en la figura 0-1, se muestra el diagrama de flujo con la descripción de los procesos a seguir para llegar al objetivo principal de este proyecto, la protección contra incendios y señalización de emergencia que se requiere en la Biblioteca de la Universidad Antonio Nariño.

Figura 0-1: Diagrama de flujo de la metodología del proyecto



Fuente: El autor

2. Marco teórico

2.1 Generalidades del fuego.

El fuego es una reacción química resultado de la interacción de 3 componentes fundamentales, se caracteriza por la emisión de calor, humo, gases, vapor de agua y residuos sólidos como la ceniza.

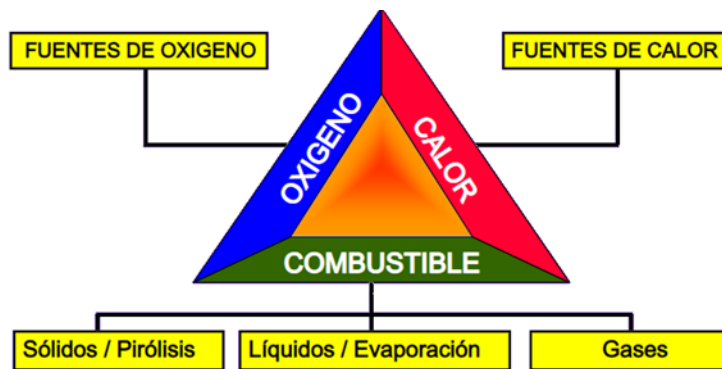
Durante este proceso se oxida el componente llamado combustible por la acción de un elemento oxidante llamado comburente y la interacción de estos con una fuente de alta temperatura.

Combustible: es el material que se oxida durante la reacción, normalmente podemos encontrarlos en estado (sólido, líquido, gaseoso) como lo son (madera, carbón, ceras, propano, gases, papel) como resultado de su reacción transforman su estructura y sus características químicas.

Comburente: material que realiza la oxidación del combustible, se considera al oxígeno en el aire como el comburente principal dada su concentración del 20.9 % y su facilidad para encontrarse en el inicio de un incendio.

El fuego requiere de estos tres elementos para dar inicio, esto se conoce como el triángulo del fuego. Figura 2.1

Figura 2-1: Triangulo del fuego.



Fuente: [www. https://slideplayer.es/slide/10293078/](https://slideplayer.es/slide/10293078/)

Los cuales forman el tetraedro del fuego.

- Combustible
- Comburente
- Alta temperatura

La velocidad de desprendimiento de calor de un combustible se relaciona con la composición química de los materiales, su forma física y la disponibilidad del oxidante normalmente se expresa en unidades térmicas británicas por segundo (Btu/s) o kilowatts (kW).

2.2 Materiales inflamables y combustibles

Los materiales inflamables se caracterizan por su bajo punto de inflamación y su facilidad de iniciar una combustión, puede estar presentes en estado sólido, gaseoso o líquido y ser combustibles o comburentes.

Para los materiales solidos la inflamabilidad no es fácil, debido a la alta temperatura en la que normalmente inician una llama pero al estar cerca de una fuente intensa de calor

pueden llegar a generar una ignición, algunos sólidos que presentan riesgo de formar nubes de polvo inflamables como por ejemplo el Aluminio en polvo, Zirconio y Titanio.

En la biblioteca se encuentra gran cantidad de material sólido como madera, papel, cartón, etc. que pueden presentar ignición pero a una alta temperatura, su clasificación como clase de fuego es A. (NFPA, 2017)

Los líquidos son más fáciles de ser inflamables, se caracterizan por tener un punto de inflamación por debajo de 37.8 °C y se clasifican como riesgo clase B.

Dependiendo de su punto de inflamación se clasifican como:

- Clase I Líquidos con un punto de inflamación inferior a 37.8 °C. Y presión de vapor menor de 40 psi.
 - Clase IA Líquido con punto de inflamación inferior a 22.8 °C y ebullición menor a 37.8 °C.
 - Clase IB Líquido con punto de inflamación inferior a 22.8 °C y ebullición mayor de 37.8 °C.
 - Clase IC Líquido con punto de inflamación igual o superior a 22.8 °C y ebullición menor de 37.8 °C.

- Clase II Líquido con punto de inflamación superior a 37.8 °C y ebullición menor de 60 °C.
- Clase IIIA Líquido con punto de inflamación igual o superior a 60 °C y ebullición menor de 93 °C
- Clase IIIB Líquido con punto de inflamación igual o superior a 93. °C

Los gases inflamables son aquellos que al exponerse al medio ambiente o un oxidante prenden fácilmente, algunos de los principales gases inflamables son el Hidrogeno, Metano, Acetileno y se clasifican como grupo de fuego de clase C.

2.3 Transferencia de energía térmica

El calor producido por la combustión se puede definir como la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura (Graw-Hill, 2017)

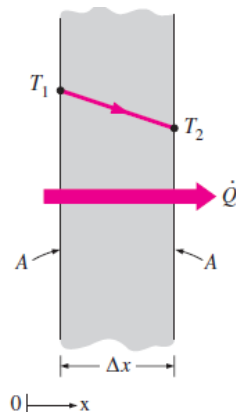
El calor se puede transferir de tres maneras diferentes ellas son conducción, convección y radiación, para todos se requiere que se tenga una diferencia de temperatura y en los tres casos la transferencia de calor se realizara del medio que tiene la temperatura más alta al medio que tienen la temperatura más baja.

2.3.1 Conducción

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas en una sustancia hacia las partículas que contienen menos energía, esto se da como resultado de sus interacciones, en los sólidos se debe a la vibración de las moléculas en una red y el transporte de energía mediante los electrones libres

En la figura 2-2, se observa la conducción de calor a través de una pared plana, grande de espesor Δx y área A , esto se puede observar en la biblioteca en el caso de suceder un incendio, la transferencia por conducción depende de los materiales de construcción en cada lugar.

Figura 2-2: Conducción de energía



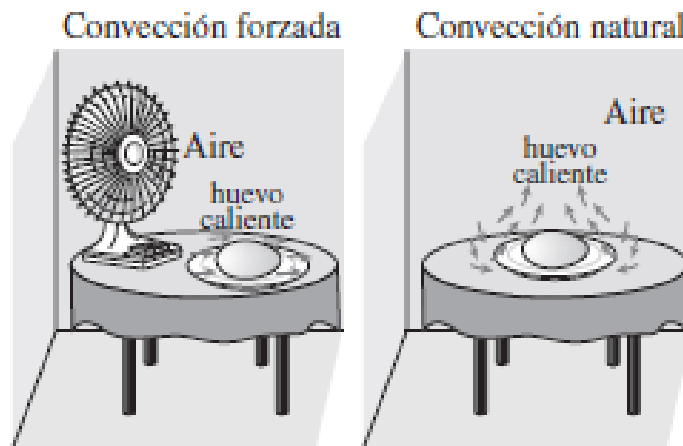
Fuente: (Graw-Hill, 2017)

2.3.2 Convección

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y tiene que ver con los efectos combinados de conducción y movimiento del fluido (Cengel & Boles, 2012)

Al tener un mayor movimiento del fluido se tendrá una mayor transferencia de calor que si no se tuviera movimiento, esto se explica mejor de acuerdo a la figura 2-3.

Figura 2-3: Tipo de Convección



(Cengel & Boles, 2012)

La convección pura se da cuando no hay movimiento del fluido y se transfiere el calor directamente entre el sólido y el fluido adyacente., la tasa de transferencia de calor por convección se puede hallar a partir de la ecuación de la ley de enfriamiento, propuesta por Isaac Newton

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f) \quad (\text{W})$$

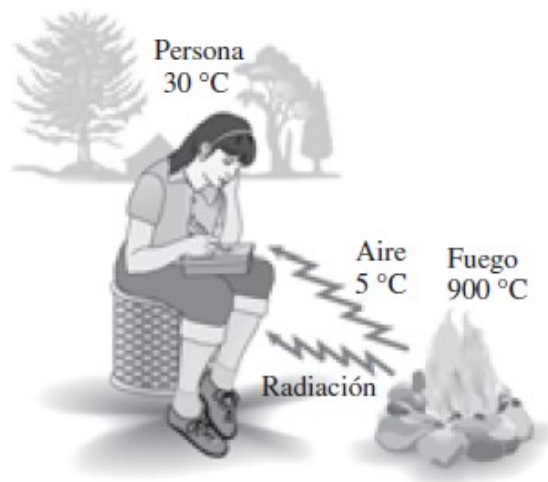
\dot{Q}_{conv}	=	Tasa de transferencia de calor por convección
h	=	Coficiente de transferencia de calor por convección
A	=	Valor del área donde tiene lugar la transferencia de calor
T_s	=	Temperatura de la superficie del objeto
T_f	=	Temperatura del fluido lejos de la superficie

2.3.3 Radiación

La radiación es la emisión de energía por la materia que se transmite en forma de ondas electromagnéticas, esta transferencia de energía no requiere la presencia de un medio y su velocidad de transmisión es la más rápida, debido a que sucede a la velocidad de la luz sin presentar atenuación en su señal en el vacío. Como ejemplo se tiene la energía emitida por el sol que atraviesa grandes distancias llegando a la tierra a velocidad luz.

Todos los cuerpos al tener una temperatura mayor al cero absoluto generan radiación térmica, como se observa en la figura 2-4. La llama transfiere calor por radiación a la persona cercana.

Figura 2-4: Transferencia de energía por radiación



Fuente: (Cengel & Boles, 2012)

La transferencia de calor por radiación puede ocurrir entre dos cuerpos sin importar que el medio entre ellos se encuentre más frío. (Cengel & Boles, 2012)

3. Caracterización de las áreas

3.1 Ubicación del proyecto

La biblioteca de la universidad Antonio Nariño se encuentra ubicada en la Calle 22 Sur # 12 D – 81, en la localidad Rafael Uribe de Bogotá D.C, Colombia. A continuación en la figura 3-1, se identifica en color amarillo la ubicación de la biblioteca y en color rojo el perímetro de la universidad.

Figura 3-1: Identificación del proyecto



Fuente: <https://earth.google.com/web/>

La planta física de la biblioteca se encuentra en el centro de la universidad, colindando al oriente con áreas deportivas y al sur con un edificio administrativo. Internamente se encuentra dividida en dos secciones, la primera área es un salón grande, con buena iluminación y un techo de doble nivel a dos aguas, la segunda área está constituida por un edificio de 4 pisos, con acceso interno por escaleras y con ventanales externos de piso 2 al piso 4, en todos se encuentran estantes con libros por lo que esta área también sirve de consulta para el personal que visita la biblioteca.

Para el diseño del sistema contraincendios se realiza la clasificación del lugar de acuerdo a la NSR-10.

3.2 Clasificación de la ocupación NSR-10

Dando alcance al propósito de la norma NSR-10 título J.1.4, toda edificación deberá cumplir con los requisitos generales de protección contraincendios, la biblioteca se encuentra dentro de la clasificación de los lugares que sirven para la enseñanza, ocupación L – lugares de reunión (Tabla 3-1).

Tabla 3-1: Grupos y subgrupos de ocupación

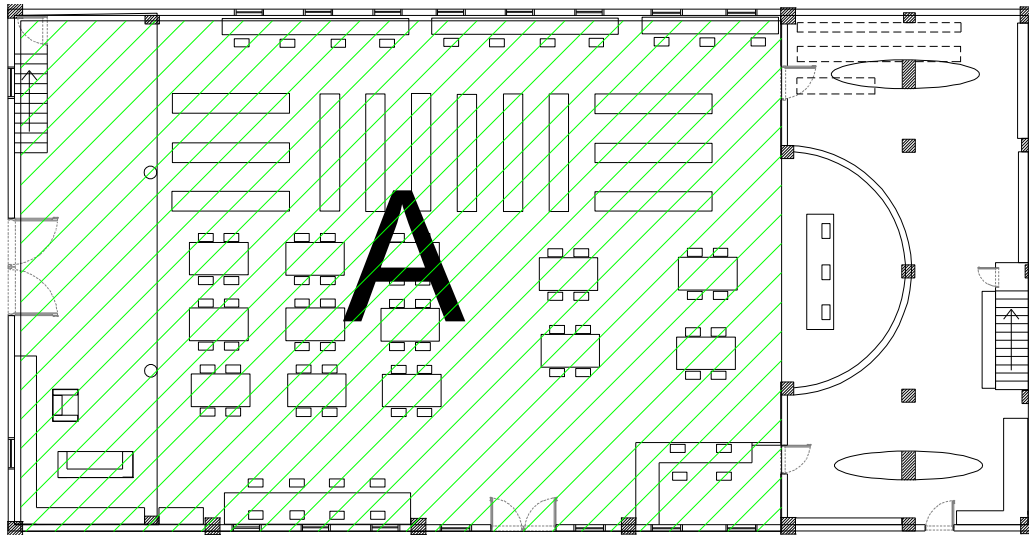
Ocupación	Descripción	Ejemplos indicativos
L – Lugares de reunión	Edificaciones o espacios de acceso público que sirven principalmente para entretenimiento y diversión, encuentros, reuniones, sesiones, eventos, deporte, enseñanza y capacitación de adultos, o culto religioso	<ol style="list-style-type: none"> 1) Auditorios con público sentado o de pie. 2) Teatros y cinemas 3) Estrados 4) Salones de Conferencias 5) Aulas y salones académicos con una carga de ocupación mayor a 50 personas 6) Bibliotecas 7) Museos 8) Salas de exhibición y espacios de feria 9) Capillas de velación 10) Salas de juzgado 11) Terminales de transporte, salas de espera para pasajeros. 12) Salones, terrazas y otros espacios comunales 13) Discotecas, salas de baile, bares y clubes nocturnos. 14) Iglesias y otros lugares de culto 15) Piscinas 16) Restaurantes con una carga de ocupación mayor a 50 personas 17) Plazoletas de comidas 18) Casinos o salones de juego 19) Pistas de patinaje y pistas de bolos 20) Salones de billar y juegos de mesa 21) Gimnasios

Fuente: NSR-10 Tabla J 1.4-1

3.3 Piso 1 - Área sala de Lectura, cómputo y préstamo de libros

Esta área se encuentra conformada por un salón principal con techo alto y pequeños ventanales, sin divisiones por muros y con un mezanine en la parte norte del salón. Tiene un área aproximada de 374.5 m² y una altura de 10 m, consta de una sala de lectura, sala de cómputo, estantes para la consulta de libros y mesas de estudio, en esta área se encuentra la mayor cantidad de personas reunidas normalmente y se identificará como zona A. Figura 3-2.

Figura 3-2: Biblioteca Piso 1 zona A



Fuente: El autor.

En esta zona de la biblioteca se calculará su carga de ocupación como un uso menos concentrado, debido al uso de mesas y sillas para los visitantes. De acuerdo a la NSR-10 J.4.2.2 carga de ocupación, el factor de carga es 1.4 metros cuadrados de área neta por persona, en la figura 3-3, podemos observar al área de ocupación en esta zona.

Figura 3-3: Mesas disponibles sala de lectura



Fuente: El autor.

En esta zona de trabajo también se encuentran puestos de estudio con equipos electrónicos, mesas para consulta y lectura de documentos. Figura 3-4.

Figura 3-4: Sala de cómputo.



Fuente: El autor

En esta zona se encuentra ubicado el personal administrativo de la biblioteca, donde se realizan préstamos de libros, devoluciones y demás solicitudes, también se puede observar la puerta de ingreso y salida a los 4 pisos del área interna del edificio. Figura 3-5.

Figura 3-5: Zona administrativa de la biblioteca



Fuente: El autor.

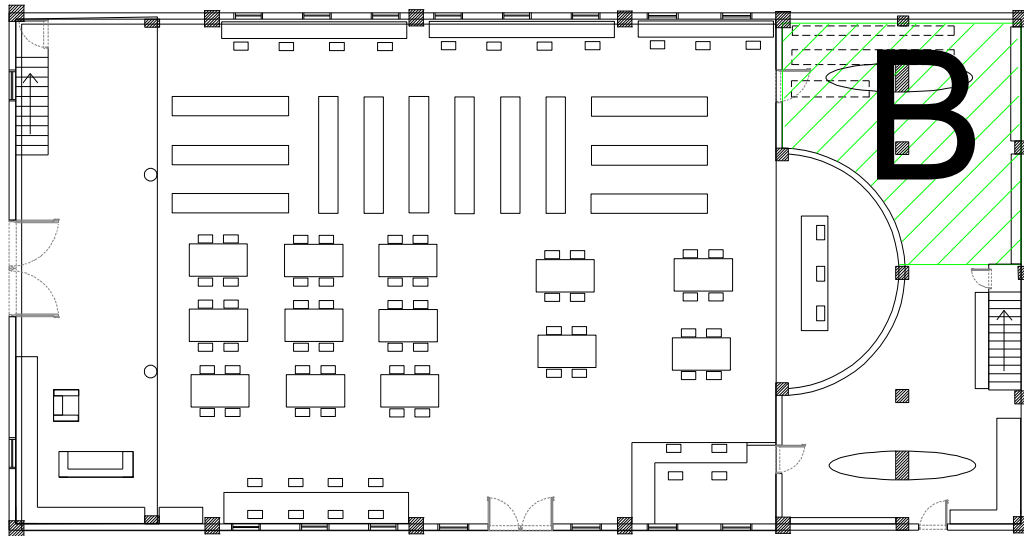
3.4 Piso 1 - Área centro de datos

Esta área se encuentra ubicada en la parte interna de la biblioteca, allí se almacenarán las colecciones especiales, equipos electrónicos, tesis y materiales importantes para la operación de esta, consta de un área de 42.75 m². Se protegerá del fuego con un sistema de supresión de incendios por medio de agente limpio llamado NOVEC 1230, Esta área deberá cumplir con la estanqueidad del cuarto para agentes limpios por lo que se deberá garantizar las siguientes adecuaciones físicas del cuarto:

1. Sellamiento de tragaluz
2. Sellamiento o cambio a puertas cortafuego
3. Cierre en mampostería del cuarto.
4. Instalación de sellos cortafuego al centro de datos, evitando la pérdida de agente limpio al momento de la descarga.
5. Sistema de cierre automático de la puerta (brazo hidráulico)

A continuación en la figura 3-6, se identifica la zona del centro de datos con la letra B.

Figura 3-6: Biblioteca centro de datos zona B.



Fuente: El autor.

En la figura 3-7 se observa el interior del centro de datos, en esta zona se encontraran servidores, equipos y material bibliográfico que en un evento de incendio estarán protegidos por el sistema automático de agente limpio.

Figura 3-7: Centro de datos



Fuente: El autor.

La instalación del sistema de agente limpio en esta zona, requiere varias adecuaciones a la planta física, algunas como el cierre en mampostería y cambio de la puerta de ingreso Figura 3-8.

Figura 3-8: Zona interior centro de datos



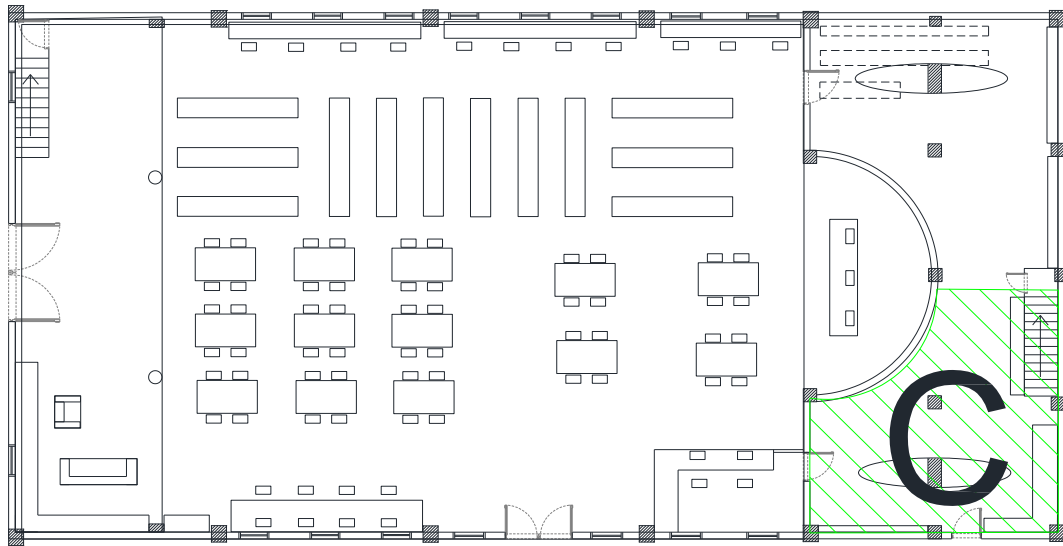
Fuente: El autor.

3.5 Piso 1 - Área interna

Esta área se encuentra ubicada al ingreso de los pisos superiores de la biblioteca, allí se encuentran almacenados libros y algunos equipos electrónicos como el sistema de respaldo de energía eléctrica UPS, con un área aproximada de 43 m², en esta área se encuentra la escalera que permite el acceso a los pisos internos y la salida hacia el salón principal, convirtiéndose en un corredor para la ruta de evacuación de emergencia, también se encuentra un tragaluz en el centro del cuarto que permite la comunicación vertical entre pisos.

A continuación se identifica la zona con la letra C. Figura 3-9.

Figura 3-9: Biblioteca área interna zona C



Fuente: El autor

En esta zona se encuentra gran cantidad de libros y equipos electrónicos, adicional es la ruta de evacuación en caso de emergencia en los pisos superiores. Figura 3-10.

Figura 3-10: Biblioteca piso 1 área interna



Fuente: El autor.

En la figura 3-11 se puede observar la escalera de acceso a los pisos superiores y la ubicación de extintores en caso de emergencia.

Figura 3-11: Biblioteca piso 1 fondo área interna



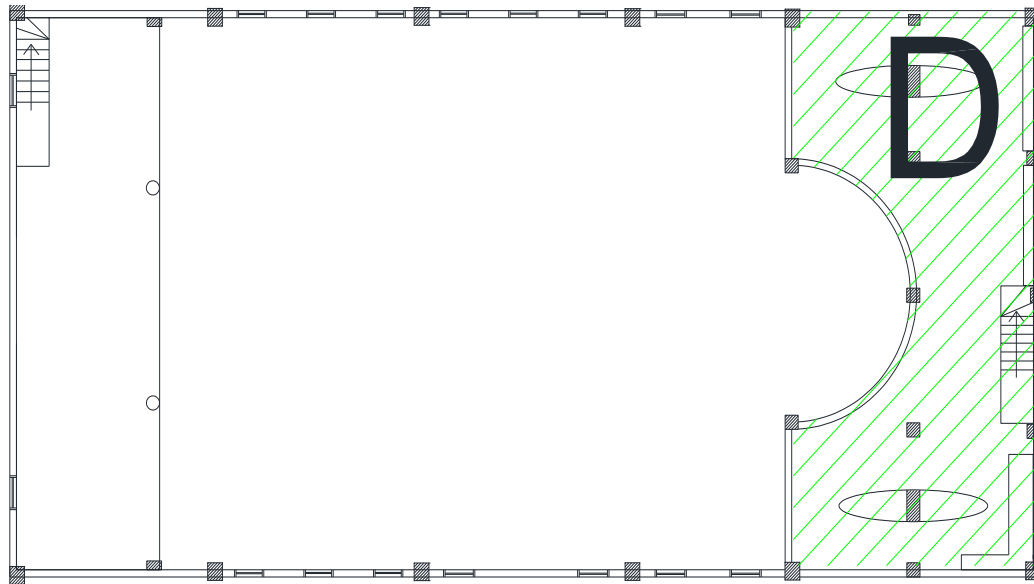
Fuente: El autor.

3.6 Piso 2 - Área interna

Esta parte de la biblioteca cuenta con un área aproximada de 90.74 m² y una altura a techo de 2.90 m, sin divisiones internas permite la comunicación entre el piso 1 y el piso 3 a través de una escalera de un solo tramo, adicional hay comunicación con el piso inferior y superior por los tragaluces que se encuentran a cada costado de la zona, en esta parte se almacenan libros y grandes colecciones con estantes en madera de 2 metros aproximadamente, es un área cerrada y se utiliza para consulta de tesis y otras bibliografías por parte de los estudiantes y funcionarios.

A continuación se identifica el piso 2 con la letra D. Figura 3-12.

Figura 3-12: Biblioteca piso 2 zona D



Fuente: El autor.

En esta zona se encuentra gran cantidad de libros y colecciones archivadas en ambos costados del piso que se ilustran en la Figura 3-13.

Figura 3-13: Piso 2 área interna



Fuente: El autor.

En este piso se encuentran tesis y demás documentos almacenados en estantes de madera a una altura aproximada de 2 metros, el techo se encuentra con madera sobrepuesta sin muestras de deterioro en el lugar. Figura 3-14.

Figura 3-14: Piso 2 área interna



Fuente: El autor.

Escaleras de acceso a los pisos superiores, en caso de emergencia esta es la ruta de evacuación al sitio seguro. Figura 3-15.

Figura 3-15: Piso 2 área interna escaleras

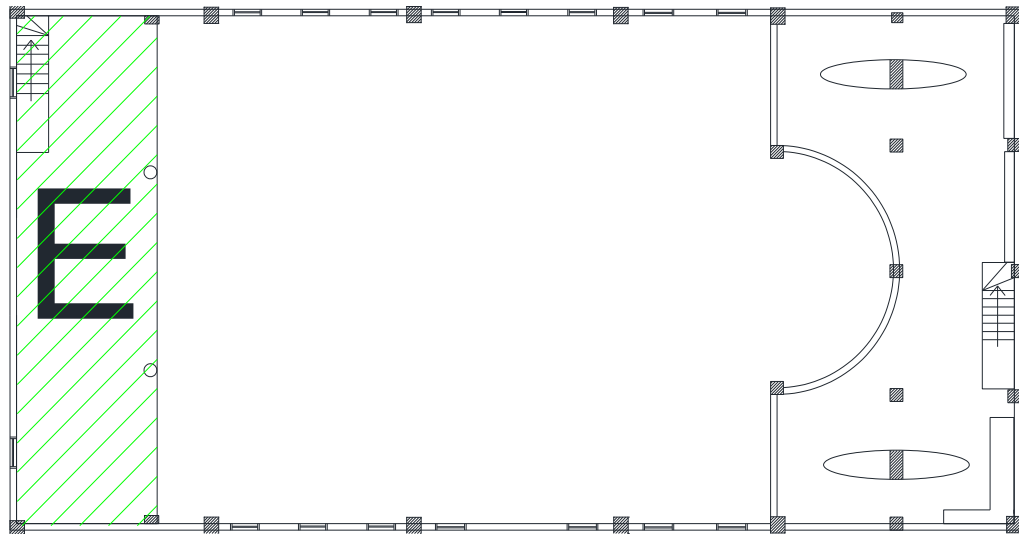


Fuente: El autor.

3.7 Piso 2 - Área salón principal

Esta parte de la biblioteca cuenta con un área aproximada 62.14 m², es un espacio abierto sin divisiones pero no se encuentra disponible al público en general, a continuación se identifica la zona con la letra E. Figura 3-16.

Figura 3-16: Biblioteca piso 2, zona E



Fuente: El autor.

El único acceso a esta zona es a través de una escalera que comunica con el salón principal piso 1 costado norte. Figura 3-17.

Figura 3-17: Acceso piso 2 salón principal

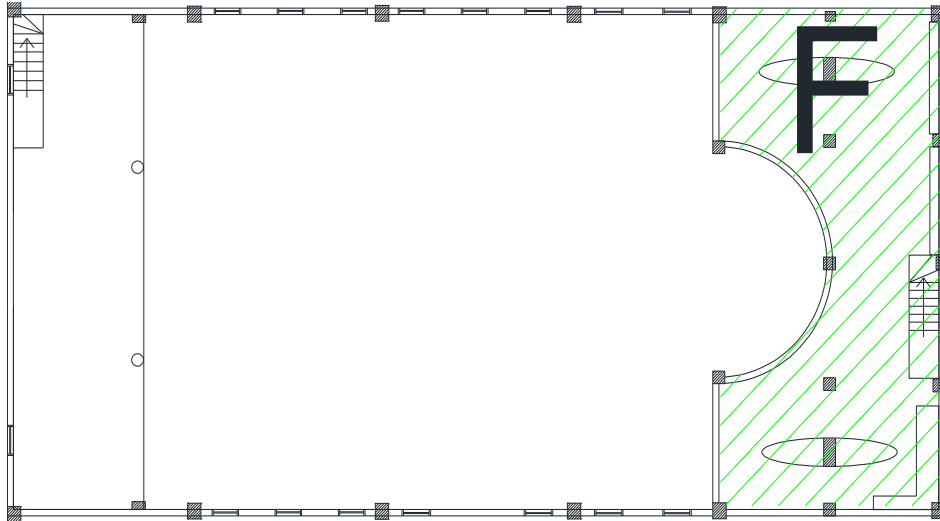


Fuente: El autor.

3.8 Piso 3 - Área interna

Esta parte de la biblioteca cuenta con un área aproximada 90,18 m² y una altura a techo de 2.55 m, permitiendo la comunicación entre pisos a través de una escalera de un solo tramo, a continuación en la figura 3-18, se identifica esta zona con la letra F.

Figura 3-18: Biblioteca piso 3, zona F



Fuente: El autor.

En esta zona se encuentra gran cantidad de libros almacenados en estantería de madera, como puede observarse en la figura 3-19.

Figura 3-19: Piso 3 área interna



Fuente: El autor.

En la figura 3-20 se observa el almacenamiento de libros y cajas de cartón, también los tragaluces con comunicación entre pisos.

Figura 3-20: Piso 3 área interna



Fuente: El autor.

Puerta de uso exclusivo para el personal administrativo de la biblioteca, no se encuentra señalizada ni tampoco corresponde a una puerta de salida de emergencia. Figura 3-21.

Figura 3-21: Piso 3 Puerta salida auxiliar



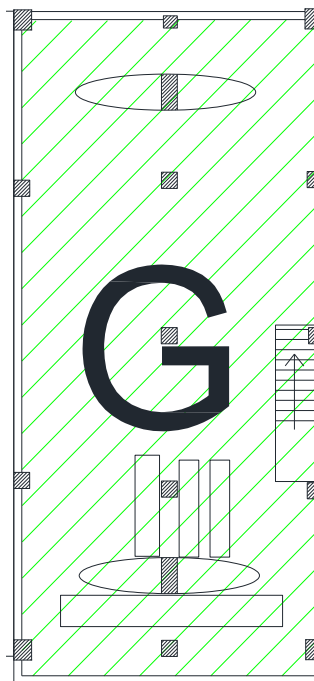
Fuente: El autor.

3.9 Piso 4 - Área interna

Esta parte de la biblioteca cuenta con un área aproximada 112.47 m² y una altura a techo de 3 m, es el último piso del área administrativa y en ella se encuentran algunos estantes con libros y un área despejada sin divisiones ni almacenamiento de materiales.

A continuación se identifica la zona con la letra G. Figura 3-22.

Figura 3-22: Biblioteca piso 4, zona G



Fuente: El autor.

En esta zona se encuentran algunos estantes con libros y otros documentos guardados en cajas, los extintores se encuentran sin restricciones de acceso para la atención de una emergencia, el techo conserva su cubrimiento en madera pero en esta zona hay algunas partes deterioradas por la acción del agua, se conserva el acceso vertical de materiales y equipos por el paso del tragaluz en todos los pisos. Figura 3-23.

Figura 3-23: Piso 4 área interna



Fuente: El autor.

En la figura 3-24 se encuentra el almacenamiento de libros en estantes metálicos, de altura 2.80 m aproximados.

Figura 3-24: Piso 4 área interna



Fuente: El autor.

3.10 Carga de ocupación

Se debe garantizar el ingreso y egreso adecuado del personal que se encuentra en la biblioteca, la NSR-10 en su título J.4.2.3, nos indica los diferentes factores de carga de acuerdo al uso de las instalaciones, para esto se determina la capacidad de ocupación de cada piso y de la edificación en general, mediante la fórmula donde se divide el área total del piso, lugar, o zona por el factor de carga de acuerdo a la tabla 3-2.

$$\text{Zona A} = \frac{374.5 \text{ m}^2}{4.6} = 81 \text{ Ocupantes}$$

$$\text{Zona B} = \frac{42.75 \text{ m}^2}{2.8} = 15 \text{ Ocupantes}$$

$$\text{Zona C} = \frac{43 \text{ m}^2}{2.8} = 17 \text{ Ocupantes}$$

$$\text{Zona D} = \frac{90.74 \text{ m}^2}{2.8} = 32 \text{ Ocupantes}$$

$$\text{Zona E} = \frac{62 \text{ m}^2}{2.8} = 22 \text{ Ocupantes}$$

$$\text{Zona F} = \frac{90.18 \text{ m}^2}{2.8} = 32 \text{ Ocupantes}$$

$$\text{Zona G} = \frac{112 \text{ m}^2}{2.8} = 40 \text{ Ocupantes}$$

Ahora podemos tener la cantidad de ocupantes por edificación, se suman los ocupantes por zonas y se tiene que la capacidad de la biblioteca = 239 personas.

Tabla 3-2: Factores de carga de ocupación

Uso		Área neta m ² / persona	Área bruta m ² / persona
(A) Almacenamiento	Bodegas de almacenamiento		46
	Estacionamiento de vehículos		19
	Áreas incidentales de almacenamiento en otros grupos de ocupación, excepto C y F.		28
(C) Comercial	Piso a nivel de la descarga de salida e inferiores		3
	Otros pisos		6
	Cocinas en restaurantes y similares		19
	Áreas incidentales de almacenamiento		46
(F) ^a Fabril	Áreas de producción y procesamiento		9
	Áreas incidentales de almacenamiento		46
	Cuartos técnicos incidentales en otros grupos de ocupación		28
(I-1) Instituciones de reclusión	Prisiones		11
(I-2) Hospitales	Áreas de tratamiento médico		22
	Áreas de habitaciones		11
(I-3) Médicos ambulatorios	Áreas de consulta externa, ambulatoria y diagnóstico		9
(I-4) Guarderías y hogares	Hogares y sala cunas		3.3
(I-5) ^b Colegios	Salones	1.8	
	Espacios administrativos para adultos		ver oficinas
	Gimnasios y espacios para actividades extracurriculares	4.6	
	Laboratorios, talleres y similares	4.6	
(L) Lugares de reunión	Uso concentrado (sin asientos)	0.5	
	Uso concentrado (asientos no fijos)	0.7	
	Uso menos concentrado (mesas y asientos)	1.4	
	Casinos y máquinas de juegos (para adultos)		1
	Uso con asientos fijos	Según número de asientos	
	Zonas de espera en bancas y tipo grada	455 mm lineales por personas	
	Salas de lectura y de reunión tipo salas de juntas	4.6	
	Plazoletas de comidas	1.4	
	Exhibición, museos, galerías	2.8	
	Vestibulos en centros de reunión en espacios para ferias y congresos	1.4	
	Tarimas y escenarios	1.4	
	Gimnasios con equipos		4.6
Gimnasios sin equipos		1.4	
Piscinas		4.6	
Zona alrededor de la piscina (decks)		2.8	
(O) ^c Oficinas	Oficinas		9.3
	Aulas		10
	Centros de atención telefónica (call-centers)		3
	Almacenamiento		46
(P-1) Alta peligrosidad 1	Áreas de producción y procesamiento		9
(P-2) Alta peligrosidad 2	Áreas de producción y procesamiento		19
(R) Residencial	Vivienda		18
	Hoteles		18

Notas:

^a según lo más exigente entre el cálculo o el número de empleados

^b según lo más exigente entre el cálculo o el número de alumnos

^c según lo más exigente entre el cálculo o el número de camas

Fuente: NSR 10 Título J Tabla J.4.2.1

3.11 Medios de evacuación

Para determinar el ancho requerido para el ingreso y egreso de la biblioteca, se debe consultar la Tabla 3-3, donde se encuentra el índice de ancho por persona requerido, de acuerdo a NSR-10 título J.4.3, luego multiplicarlo por la capacidad de ocupantes de la biblioteca y el resultado nos da el mínimo requerido para el ancho de la puerta en milímetros.

Ocupación = 239 Personas

Ancho del medio de ingreso y egreso a la biblioteca = $239 * 5 = 1195 \text{ mm} = 1.20 \text{ m}$

Ancho de las escaleras de evacuación de la biblioteca = $239 * 7.6 = 1816 \text{ mm} = 1.81 \text{ m}$

Tabla 3-3: Ancho mínimo de la puerta de egreso

Grupo o Subgrupo de ocupación de la edificación o área considerada	Índice de ancho por persona (en mm)			
	Puertas, pasillos de acceso a salidas, corredores y rampas que son parte de salidas		Escaleras	
	Sin R/A	Con R/A	Sin R/A	Con R/A
TODAS LAS OCUPACIONES EXCEPTO I-1, I-2 y P	5	3.8	7.6	5
INSTITUCIONES DE RECLUSION (I-1)	No permitido	3.8	No permitido	5
INSTITUCIONES HOSPITALARIAS (I-2)	No permitido	5 ^a	No permitido	7.6 ^a
ALTA PELIGROSIDAD (P)	No permitido	5	No permitido	7.6

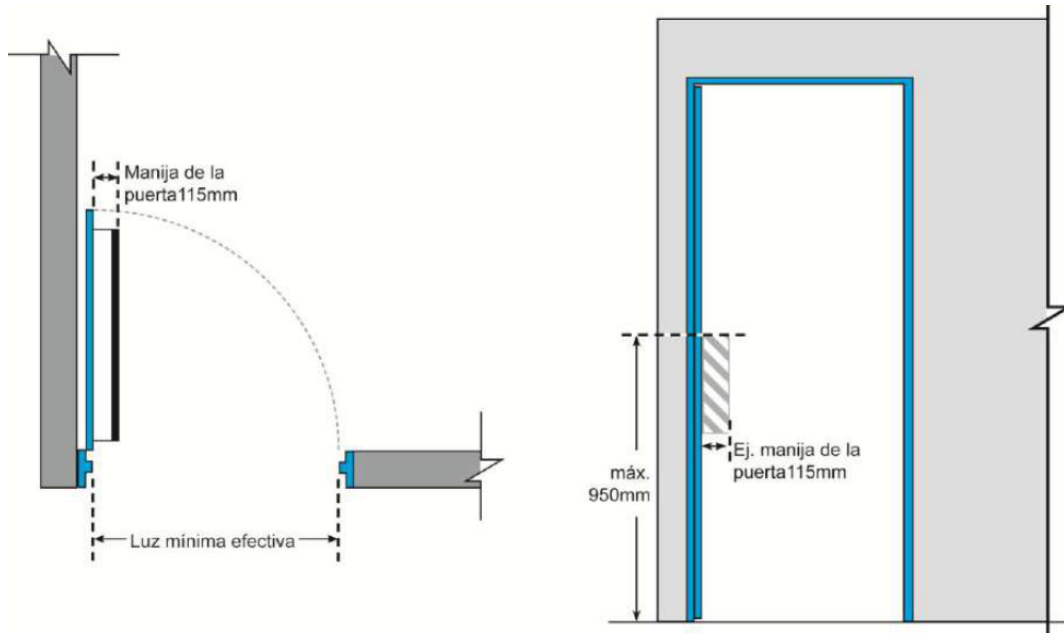
Fuente: NSR 10 Título J Tabla J.4.3-2

Teniendo en cuenta la NSR-10 título K.3.8.2.5, las puertas de salida en áreas con ocupación mayor a 50 personas deben abrir hacia afuera, adicional pueden contar con un sistema de apertura por barras anti pánico, cerraduras, manijas, etc. Pero estos accesorios no deben exceder los 0.115 m de ancho y los 0.95 m de altura. Figura 3-25.

En áreas donde se requiere mantener la puerta cerrada, por ejemplo el centro de datos, se debe instalar sistemas de cierre, teniendo en cuenta que la fuerza que se debe ejercer para abrirla debe ser la indicada en la norma o por el fabricante.

Estas puertas no deben ser obstruidas ni reducir su tamaño en ningún momento, en caso de requerir cerrarlas se debe habilitar otra salida teniendo en cuenta las exigencias en la norma.

Figura 3-25: Espacio libre puerta de emergencia.



Fuente: NSR 10 Título J Figura J.4-2
Izquierda vista superior, derecha vista frontal

Para la evacuación de emergencia del centro de datos zona B, NSR-10 en su título J.4.3.1 nos indica lo siguiente: con una carga de ocupación menor a 20 personas, se debe tener en cuenta el ancho mínimo de la puerta, ancho de corredores relacionados a continuación. (Tabla 3-4).

Tabla 3-4: Mínimo ancho libre de puerta

Componente			
Ancho libre Puerta	Ancho libre corredor	Ancho libre rampa	Ancho libre escalera
0,60	0,60	0,60	0,60

Fuente: NSR 10 Título J, Tabla J.4.3.1-2

3.12 Responsabilidades

La NSR-10 en su título J.1.7 nos indica la responsabilidad de las personas que intervienen en el sistema de detección de alarma como lo son: el diseñador, quien es el profesional que elabora los diferentes diseños de los sistemas contraincendios, tomando las medidas necesarias para cumplir con el propósito de las normas y códigos vigentes y quien al firmar el plano del diseño se convierte en responsable de este.

El propietario y arrendatario quienes son los responsables de hacer cumplir las siguientes obligaciones ya sea una edificación nueva o usada.

- No reducir el número o capacidad de los medios de evacuación definidos en la licencia de construcción o los indicados en esta norma.
- Evitar la ocupación excesiva en las instalaciones, de requerirse aumentar la carga de ocupación se deberá requerir la instalación de medios auxiliares de evacuación.
- Mantener los sistemas de protección contra incendios, cumpliendo con los mantenimientos periódicos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Evitar la obstrucción o eliminación de los medios de evacuación.
- Sellado de juntas, penetración o aperturas, manteniendo la resistencia al fuego o protección contra el humo de las instalaciones.

4. Análisis de riesgos contra incendios

Para el análisis de riesgos de incendios en edificaciones se pueden encontrar diferentes tipos de técnicas, entre ellas se destaca el análisis por el método MESERI el cual es el utilizado para el análisis de riesgos de la biblioteca de la Universidad Antonio Nariño.

Este método se basa en 18 preguntas cada una con un rango de calificación que detallan aspectos básicos de la construcción, la protección actual, la ubicación del edificio entre otras, dando como resultado una valoración del riesgo actual. (MAPFRE, Editorial, 1998)

4.1 Elementos de la construcción

4.1.1 Altura de la edificación

Este primer ítem se basa en el número de pisos de la edificación y segundo en la altura tomada desde la salida del edificio hasta el piso del último nivel ocupado, como una terraza, una cubierta, un salón etc. En este caso el suelo del piso 4.

Entre los dos valores se toma el de menor coeficiente, pero si la edificación tiene diferentes alturas y la parte más alta ocupa mínimo el 25 % del área total, entre los dos resultados se debe tomar el de menor valor, en la Figura 4-1 para este diseño los dos valores son de 4 pisos (4) y altura (12 metros) darían el mismo valor = 2

Figura 4-1: Evaluación de riesgos MESERI.

CONSTRUCCION			
Nº de pisos	Altura		
1 o 2	menor de 6m	3	2
3,4, o 5	entre 6 y 15m	2	
6,7,8 o 9	entre 15 y 28m	1	
10 o más	más de 28m	0	

Autor: (MAPFRE, Editorial, 1998)

4.1.2 Superficie mayor sector de incendio

Es la zona del edificio con los elementos del perímetro resistentes al fuego, mínimo por 2 horas, si el edificio es aislado se tomará su superficie total, sin importar si el cerramiento perimetral tiene una resistencia menor al fuego.

La biblioteca clasificada como grupo de ocupación L y con un área total aproximada de 815.17 m² y de acuerdo a NSR-10 tabla 3.1.1, se denomina un tipo de construcción básico. (Tabla 4-1).

Tabla 4-1: Edificaciones de tipo de construcción básico y bajo.

Grupos y subgrupos de ocupación	Rociadores Automáticos (R/A)	BÁSICO			BAJO			MODERADO			ALTO		
		Área máxima de piso (m ²)	Área total construida máxima (m ²)	Altura máxima (m) ^a	Área máxima de piso (m ²)	Área total construida máxima (m ²)	Altura máxima (m) ^a	Área máxima de piso (m ²)	Área total construida máxima (m ²)	Altura máxima (m) ^a	Área máxima de piso (m ²)	Área total construida máxima (m ²)	Altura máxima (m) ^a
A ^b	Con R/A	3600	14600	17	7200	21700	26	13300	40000	55	SL	SL	SL
	Sin R/A	1000	2000	17	2400	7200	20	4000	12000	23			23
C ^{b,c}	Con R/A	3400	17900	17	5900	17900	15	SL	SL	SL	SL	SL	SL
	Sin R/A	1000	2500	15	1900	5900	15			23			23
F ^b	Con R/A	4300	10400	17	6900	20900	17	SL	SL	SL	SL	SL	SL
	Sin R/A	1000	1000	6	2300	6900	17			17			23
I-1 ^d	Con R/A	2700	5500	15	4200	12500	15	SL	SL	15	SL	SL	SL
	Sin R/A	NP			NP			NP			NP		
I-2 ^d	Con R/A	4000	4000	6	4200	12500	15	SL	SL	15	SL	SL	SL
	Sin R/A	NP			NP			NP			NP		
I-3 ^b	Con R/A	6400	19200	15	10500	31300	26	SL	SL	55	SL	SL	SL
	Sin R/A	1000	2500	12	3500	10500	12			12			12
I-4 ^b	Con R/A	2700	8100	12	3750	15000	15	5600	46000	55	SL	SL	SL
	Sin R/A	1000	1200	6	2400	5200	6	5000	15000	12			12
I-5	Con R/A	4000	12100	15	7400	22100	20	SL	SL	55	SL	SL	SL
	Sin R/A	1000	2500	12	2500	7400	12			12			12
L	Con R/A	2600	7900	15	4600	13000	26	SL	SL	55	SL	SL	SL
	Sin R/A	880	1700	12	1400	4300	12			12			12
O	Con R/A	6400	19200	15	10400	31300	26	SL	SL	55	SL	SL	SL
	Sin R/A	1000	2500	15	3500	10500	20			23			23
P-1 ^d	Con R/A	NP			1000	1500	17	1500	1500	20	1900	3900	SL
	Sin R/A	NP			NP			NP			NP		
P-2 ^d	Con R/A	NP			2500	7400	17	5500	16700	50	SL	SL	SL
	Sin R/A	NP			NP			NP			NP		

Fuente: NSR 10 Título J,

4.1.3 Resistencia al fuego

Esta es la resistencia al fuego de los materiales encontrados en el perímetro de la edificación (tabla 4-2), cada material presenta unas características diferentes ante el fuego, en este caso se encontró ladrillo de arcilla sin perforaciones por lo que se calificara de acuerdo a NSR-10 J.3.11.1, como barrera cortafuego no combustibles = 5

Tabla 4-2: Acabados interiores según propagación de la llama

Clase	Índice de propagación de la llama	Ejemplos indicativos
A	0 a 25	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto • Ladrillo • Pañetes de cemento • Cartón de fibro-cemento • Placas planas de fibrocemento • Placas planas de fibrosilicato • Baldosas de cerámica • Lana de vidrio sin aglutinantes ni aditivos • Vidrio • Placa de yeso con superficie de papel en ambos lados • Mampostería de arcilla o concreto • Tablones de lana mineral para paneles acústicos
B	26 a 75	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de aluminio sobre respaldo no combustible • Cartón de fibra o yeso con revestimiento de papel • Madera tratada mediante impregnación • Tablones de fibra de vidrio para paneles acústicos
C	76 a 225	<ul style="list-style-type: none"> • Madera de espesor nominal de 2,5 cm o más • Planchas de fibra con revestimiento a prueba de fuego • Azulejos antiacústicos (combustibles) con revestimiento que los vuelva difícilmente inflamables • Cartón endurecido • Tablones de madera (<i>plywood</i>) con o sin tratamiento retardante

Fuente: NSR 10 Título J,

4.1.4 Falsos techos

Este ítem corresponde al tipo de falso techo o recubrimiento que se tiene en la edificación, pueden ser aislante acústico, decoración o aislante térmico, se tomara el de mayor riesgo a la edificación por tener tablones de madera (*plywood*) en el techo del área interna. (Tabla 4-2).

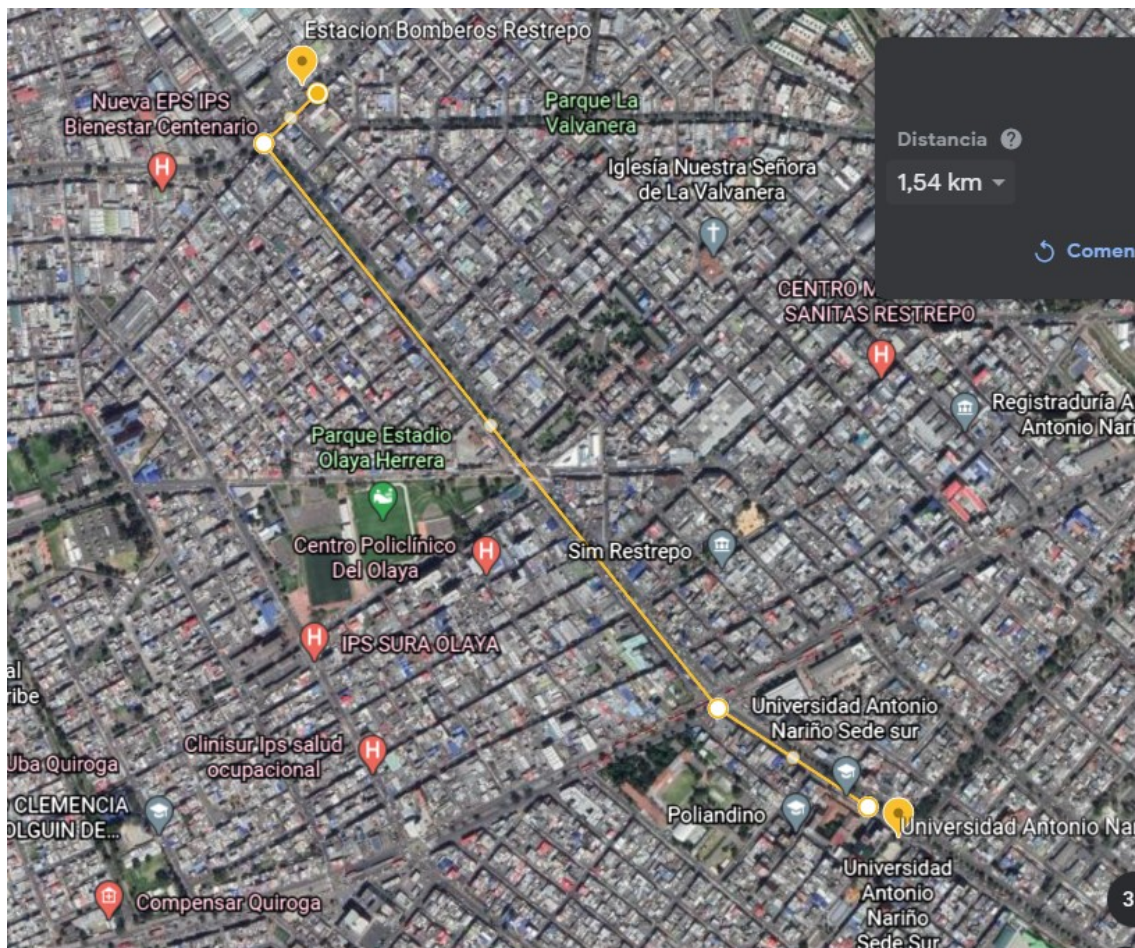
Por tener un recubrimiento con listones de madera en el techo del área interna, se calificara como falsos techos combustibles = 0.

4.2 Factores de situación

4.2.1 Distancia estación de bomberos

Se debe determinar la distancia entre la estación de bomberos más cercana y la biblioteca de la universidad Antonio Nariño, en este caso la estación de bomberos del barrio Restrepo es la más cercana ubicada en la Av. Carrera 27 # 19a -10 Sur a 1.54 km de distancia. Como se puede observar en la figura 4-2.

Figura 4-2: Distancia estación de bomberos más cercana



Fuente: <https://earth.google.com/web>

4.2.2 Accesibilidad del edificio

Esta se clasifica de acuerdo con el ancho libre de la vía de acceso a la edificación, se debe cumplir en la misma línea horizontal con 2 condiciones para obtener el valor del coeficiente, ancho de la vía de acceso y distancia entre puertas. Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Accesibilidad de edificios.

Accesibilidad edificios	Anchura vía de acceso	Fachadas	Distancia entre puertas	Coeficiente
Buena	> 4 m	3	< 25 m	5
Media	2 – 4 m	2	< 25 m	3
Mala	< 2 m	1	> 25 m	1
Muy mala	no existe	0	> 25 m	0

Fuente: (MAPFRE, Editorial, 1998)

En el caso de la biblioteca de la universidad, hay 2 vías de acceso una pública y la otra restringida al personal administrativo, estas con una distancia aproximada de 38 metros, adicional el área libre de acceso es de 1.95 m. por lo que su evaluación es = 1, teniendo como referencia el método MESERI.

4.3 Procesos

Se deben tener en cuenta los procesos que se llevan a cabo en las instalaciones, trabajos que se realizan y materiales utilizados. Por ejemplo un trabajo de mantenimiento para pintar el lugar con utilización de disolventes derivados del petróleo. (MAPFRE, Editorial, 1998)

4.3.1 Peligro de activación

Analizar la posibilidad de inicio de un incendio en la edificación, teniendo en cuenta el factor humano como principal fuente de generación sea por descuido o con intención. En la figura 4-3, podemos observar algunos peligros presentes en la biblioteca que pueden llegar a genera una situación de emergencia.

Figura 4-3: Riesgos eléctricos biblioteca.



Fuente: El autor

- **Instalaciones eléctricas:** fallas en las instalaciones eléctricas del lugar pueden llegar a generar un incendio en la edificación, algunos factores como instalaciones deficientes, sobrecarga de circuitos eléctricos, falla en el diseño eléctrico, mala calidad de materiales, falta de mantenimiento pueden dar inicio a un incendio en la edificación.
- **Trabajos peligroso:** Trabajos en las instalaciones de la biblioteca con materiales peligrosos, pueden llegar a generar un incendio en la edificación, por ejemplo trabajos con soldadura, pintura, líquidos inflamables (gasolina, alcohol), líquidos combustibles (varsol, acpm)

4.3.2 Carga térmica

Corresponde a la cantidad de calor que se genera sobre una superficie al quemarse un material combustible, para la biblioteca su valor se calcula así: el peso equivalente en papel por la unidad de superficie donde se almacenan estos materiales. Tabla 4-4.

Tabla 4-4: Densidad liberación de calor de materiales

Materiales de depósito	Tiempo de crecimiento (t_g) (seg)	Densidad de liberación de calor (q)		Clasificación
		kW/m ²	Btu/sec x pies ²	
1. Paletas de madera, apiladas, 0.46 m (1½ pies) de altura (6%-12% humedad)	150-310	1.248	110	rápida-media
2. Paletas de madera, apiladas, 1.52 m (5 pies) de altura (6%-12% humedad)	90-190	3.745	330	rápida
3. Paletas de madera, apiladas, 3.05 m (10 pies) de altura (6%-12% humedad)	80-110	6.810	600	rápida
4. Paletas de madera, apiladas, 4.88 m (16 pies) de altura (6%-12% humedad)	75-105	10.214	900	rápida

Fuente: (NFPA 72, 2019)

Primero se debe determinar el área total de la biblioteca, de acuerdo a la caracterización de las zonas, el área total de la biblioteca es igual a: 815.17 m², ahora nos apoyamos en el software (calcula qs (carga de fuego)) este nos ayuda a determinar la carga térmica del fuego, teniendo el resultado en la figura 4-4.

Figura 4-4: Resultado calculo térmico

Datos de las actividades								
id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m3 o MJ/m2	Ci	hi m	Si m2	Suma
1	Almac.	Bibliotecas	2	2000	1	2	143	572000
Mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa más del 10% de la suma de superficies			Ra	2	Total			572000

$$QS = 572000 / 815.5 \times 2 = 1403 \text{ MJ/m}^2$$

Con este resultado igual a: 1403 MJ/m², en la figura 4-5 se toma como coeficiente = 5

Figura 4-5 : Carga térmica en MJ/m2

Carga Térmica en MJ/m ²	Coeficiente
Baja (inferior a 1000)	10
Moderada (entre 1000 y 2000)	5
Alta (entre 2000 y 5000)	2
Muy alta (superior a 5000)	0

Fuente: (MAPFRE, Editorial, 1998)

4.3.3 Combustibilidad

Se debe verificar el grado de combustibilidad de los materiales en la edificación, para ello la Asociación Española de Normalización UNE, dispone de la norma “Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción” UNE 23727-1990

Baja	=	M0 y M1	Sólidos no combustibles (metales, hierro, acero)
Media	=	M2 y M3	Sólidos combustibles (Madera, Papel, Plásticos)
Alta	=	M4 y M5	Gases y líquidos combustibles a temperatura Ambiente.

A continuación se describen los diferentes grados de combustibilidad de materiales de acuerdo a la Norma UNE 23727-1990

- M0: No inflamable - cero llama (puede haber combustión sin llama)
- M1: Muy poco inflamable - 5 segundos de llama solamente en el ensayo
- M2: Ligeramente inflamable
- M3: Moderadamente inflamable
- M4: Inflamable

En la tabla 4-5 de evaluación del método se toma como coeficiente 3, combustibilidad media por tomar el de mayor riesgo.

Tabla 4-5: Coeficiente de combustibilidad

Combustibilidad	Coeficiente
Baja	5
Media	3
Alta	0

Fuente: (MAPFRE, Editorial, 1998)

4.3.4 Orden y limpieza

Este ítem corresponde al orden y la limpieza que se tiene en la edificación, evitando el almacenamiento inadecuado de materiales y la suciedad en todas las zonas de la biblioteca, adicional al mantenimiento de los sistemas de la edificación. (MAPFRE, Editorial, 1998)

Esta calificación será alta = 10, debido al orden encontrado y la limpieza adecuada en el lugar, así como los equipos de extinción de incendios portátiles con las fechas vigentes y sin averías.

4.3.5 Almacenamiento en altura

Este ítem relaciona la altura de almacenamiento en la edificación, en el caso de la biblioteca se encuentran estantes de una altura mayor a 2 metros por lo que se evalúa como entre 2 y 4 metros = 2.

4.4 Factor de concentración

4.4.1 Factor de concentración \$/m²

Se refiere al valor económico de las instalaciones a proteger, debe ser tenido en cuenta para reforzar lugares con alta concentración de capital, obteniendo una valoración de acuerdo a la importancia del material allí almacenado., por ejemplo el cuadro La Gioconda o Mona Lisa ubicado en el Museo del Louvre (Francia), tiene múltiples sistemas de seguridad contra incendio y adicional sistemas de control ambiental en todo el sitio de su exposición.

4.5 Destructibilidad

Se refiere a la destrucción de los elementos en la edificación (libros, instalaciones, muebles, equipos electrónicos, etc.), debido a la acción de los siguientes factores.

4.5.1 Por calor

Efecto producido por el calor a las instalaciones durante un incendio, si el efecto es negativo se calificara como alto pero si el efecto es mínimo se calificara como bajo.

En la biblioteca se evalúa como alto, debido a la gran cantidad de material combustible y al punto de ignición del papel y la madera presente en las instalaciones.

4.5.2 Por humo

Efecto producido por el humo a las instalaciones durante un incendio. Si el efecto es negativo se calificara como alto pero si es mínimo se calificara como bajo.

El efecto en la biblioteca por humo se evalúa como medio, esto debido a la ocupación de personal en diferentes lugares y que puede afectar la correcta evacuación en caso de presentarse.

4.5.3 Por corrosión

Se debe tener en cuenta el daño a las instalaciones, inmobiliario o maquinaria, producida por la corrosión que se genera en la generación de un incendio. En este caso será evaluada como un nivel medio debido a la generación de gases de algunos materiales plásticos.

4.5.4 Por agua

El daño que se puede llegar a producir en la biblioteca por la acción del agua es muy alto, teniendo en cuenta la gran cantidad de material bibliográfico y equipos electrónicos que allí se encuentran. La acción del agua sobre las instalaciones se puede dar al momento de intentar apagar el incendio por parte del personal de bomberos.

4.6 Propagabilidad

Estimación de la facilidad de propagación de las llamas en la edificación durante un incendio, sin barreras cortafuego y con gran cantidad de material combustible, se debe analizar la propagación de forma vertical y horizontal.

4.6.1 Vertical

Facilidad de propagación del incendio en forma vertical, en la parte interna de la biblioteca se cuenta con varias plantas sin restricción de paso entre ellas, adicional se encuentran tragaluces abiertos que comunican entre los pisos del edificio. Esto ocasionaría una fácil propagación del incendio en forma vertical.

4.6.2 Horizontal

Facilidad de propagación del incendio en forma horizontal dentro de la edificación, de acuerdo a la instalación interna se evalúa como alta, Teniendo en cuenta que el techo de las 3 primeras plantas se encuentra cubierto en madera y este es un material combustible que en un evento de incendio facilitaría la expansión por toda la edificación.

4.7 Factores de protección

Corresponde a la protección actual de la edificación y que ayuda a la mitigación de un evento de incendio, esto es muy importante ya que apoya a los sistemas de detección y extinción que se puedan tener en la edificación.

Se evalúa si los medios de protección cuentan con servicio de mantenimiento o no.

- Extintores portátiles
- Boca de incendios equipadas
- Columnas hidrantes exteriores
- Detección automática
- Rociadores automáticos
- Extinción por agentes gaseosos

4.8 Calculo del análisis de riesgos

Al terminar la respectiva evaluación del análisis de riesgos, se debe realizar el siguiente cálculo para determinar el coeficiente de protección ante un incendio (P).

$$P = \left(\frac{5x}{120} + \frac{5y}{22} \right) + 1 \text{ (BCI)}$$

X = Subtotal de los primeros 18 ítems. = 59
Y = Subtotal de los ítems de factores de protección. = 4
BCI = 1 punto adicional, si existe brigada contraincendios en la universidad.

$$P = \left(\frac{5(59)}{120} + \frac{5(4)}{22} \right) + 1 \text{ (0)}$$

$$P = \frac{295}{120} + \frac{20}{22}$$

$$P = 2.45 + 0.9$$

P = 3.35 Con este resultado se verifica en la tabla de resultados MESERI. Tabla 4-6.

4.9 Formulario de análisis de riesgos

Tabla 4-6: Formulario evaluación de riesgos contra incendios MESERI

EVALUACIÓN DE RIESGOS CONTRA INCENDIOS									
Nombre de la Empresa:			Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá		Fecha:	10 de Octubre 2020		Área:	Biblioteca
Persona que realiza evaluación:			Andrés Felipe Rincón Ballesteros						
Concepto		Coefficiente	Puntos	Concepto		Coefficiente	Puntos		
CONSTRUCCION				DESTRUCTIBILIDAD					
Nº de pisos		Altura		Por calor					
1 o 2	menor de 6m	3	2	Baja	10	0			
3,4, o 5	entre 6 y 15m	2		Media	5				
6,7,8 o 9	entre 15 y 28m	1		Alta	0				
10 o más	más de 28m	0		Por humo					
Superficie mayor sector incendios				Baja	10	5			
de 0 a 500 m ²		5	Media	5					
de 501 a 1500 m ²		4	Alta	0					
de 1501 a 2500 m ²		3	4	Por corrosión					
de 2501 a 3500 m ²		2		Baja	10	5			
de 3501 a 4500 m ²		1		Media	5				
más de 4500 m ²		0		Alta	0				
Resistencia al Fuego					Por Agua				
Resistente al fuego (hormigón)		10	5	Baja	10	0			
No combustible (metálica)		5		Media	5				
Combustible (madera)		0		Alta	0				
Falsos Techos				PROPAGABILIDAD					
Sin falsos techos		5	0	Vertical					
Con falsos techos incombustibles		3		Baja	5	0			
Con falsos techos combustibles		0		Media	3				
			Alta	0					
FACTORES DE SITUACIÓN				Horizontal					
Distancia de los Bomberos				Baja	5	0			
menor de 5 km	5 min.	10	Media	3					
entre 5 y 10 km	5 y 10 min.	8	Alta	0					
entre 10 y 15 km	10 y 15 min.	6	SUBTOTAL (X) Sumatoria de los primeros 18 items		59				
entre 15 y 25 km	15 y 25 min.	2	10	FACTORES DE PROTECCIÓN					
más de 25 km	25 min.	0		Vertical					
Accesibilidad de edificios					Baja	5	4		
Buena		5	Media	3					
Media		3	Alta	0					
Mala		1	1	Horizontal					
Muy mala		0		Baja	5	0			
				Media	3				
			Alta	0					
PROCESOS				SUBTOTAL (Y) Sumatoria factores de protección					
Peligro de activación				Concepto		SV	CV	Puntos	
Bajo		10	5	Extintores portátiles (EXT)	1	2	2		
Medio		5		Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4	0		
Alto		0		Columnas hidratantes exteriores (CHE)	2	4	2		
Carga Térmica				Detección automática (DTE)	0	4	0		
Bajo		10	5	Rociadores automáticos (ROC)	5	8	0		
Medio		5		Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4	0		
Alto		0		SUBTOTAL (Y) Sumatoria factores de protección					
Combustibilidad				4					
Bajo		5	3	CONCLUSIÓN (Coeficiente de Protección frente al incendio)					
Medio		3		$P = \frac{5X}{120} + \frac{5Y}{22} + 1 \text{ (Brigada contra incendio)}$					
Alto		0		$P = 2.45 + 0.9 + 0$					
Orden y Limpieza				P= 3.35					
Alto		10	10	OBSERVACIONES: Cada vez que se hacen mejoras dentro de los factores X y Y disminuimos los riesgos de incendios; este método permite cuantificar los daños y su aplicación frecuente minimiza los daños a personas.					
Medio		5							
Bajo		0							
Almacenamiento en Altura									
menor de 2 m.		3	2						
entre 2 y 4 m.		2							
más de 6 m.		0							
FACTOR DE CONCENTRACIÓN									
Factor de concentración \$/m²									
menor de 500		3	2						
entre 500 y 1500		2							
más de 1500		0							
Realizado por: Andrés Felipe Rincón Ballesteros			Revisado por:			Aprobado por:			

Fuente: (MAPFRE, Editorial, 1998)

4.10 Resultado

El valor encontrado en nuestro análisis fue de 3.35, comparándolo con la tabla de valor de riesgo encontramos: (Tabla 4-7)

Tabla 4-7: Tabla de resultados MESERI

Valor del Riesgo	Calificación del Riesgo
Inferior a 3	Muy malo
Entre 3 y 5	Malo
Entre 5 y 8	Bueno
Superior a 8	Muy bueno

Fuente: (MAPFRE, Editorial, 1998)

Con esto podemos observar que la biblioteca se encuentra con un valor de riesgo entre 3 y 5, por lo que su calificación del riesgo es **Malo**.

Se requiere mejorar en aspectos de seguridad para lo cual es el objetivo de este diseño, cada vez que se mejora un ítem de la evaluación se debe actualizar la información en la tabla y se podrá obtener una mejor calificación del riesgo.

5. Sistema detección de incendios

En Colombia los sistemas de detección de incendio se encuentran reglamentados bajo la norma colombiana de construcción sismo resistente NSR10, en sus títulos J y K. En estos se encuentran los diferentes requisitos para la protección de incendios en los diferentes tipos de edificaciones, allí se define el alcance, propósito y el cumplimiento que se debe tener con los sistemas de detección de incendio.

De acuerdo a la NSR-10 J.1.1 *“Toda edificación nueva deberá cumplir con los requisitos generales de protección contra incendios establecidos en los Capítulos J.1 a J.5 y con los requisitos especiales del Capítulo J.6 y tal como le define J.6.1 a J.6.9 que corresponden al grupo de ocupación. Para edificaciones existentes se aplicará lo dispuesto en A.10.1.3 y en J.6.10”* (Ministerio de Ambiente, 2016)

Este diseño se realiza siguiendo las indicaciones de esta norma y las referencias que ella hace a otras normas, códigos, documentación etc.

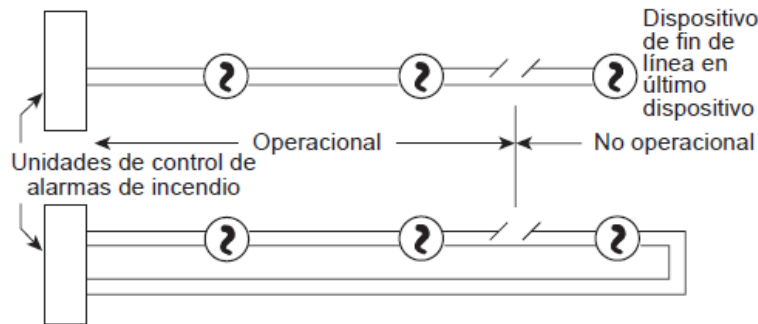
5.1 Consideraciones de diseño

5.1.1 Panel de Control

El panel de control del sistema de detección de incendios, es el equipo principal de toda la operación, en él se conectan los dispositivos de detección y los de notificación realizando el monitoreo constante del sistema, consta de lazos de comunicación tipo SLC (Signaling line circuit) y NAC (circuit appliance notification) para detectores y para sirenas respectivamente.

Su conexión puede ser de 2 formas clase A o B. Figura 5.1.

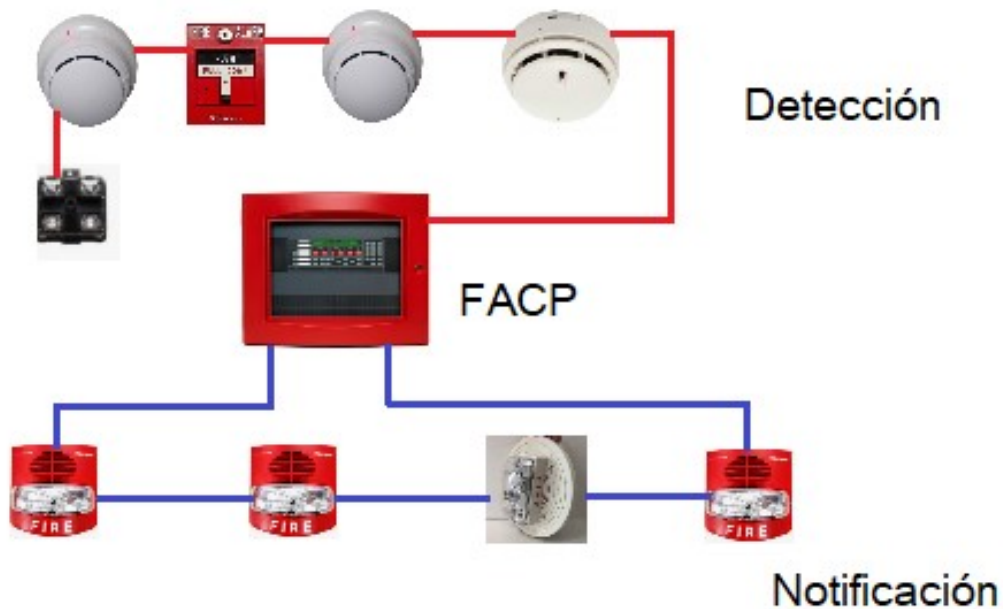
Figura 5-1: Tipo de conexiones panel de incendio.



Fuente: (NFPA 72, 2019)

A este sistema lo conforman los siguientes elementos. Figura 5-2.

Figura 5-2: Componentes sistema detección de incendios



Fuente: El autor

La conexión eléctrica del sistema debe cumplir con lo requerido en la NFPA sección 10.6.5, NTC 2050 sección 760 y RETIE, entre las observaciones principales se encuentra:

- Circuito independiente y exclusivo para el sistema de detección de incendios
- Instalación a tierra de los dispositivos de los circuitos y dispositivos de alarma
- Protección mecánica de los circuitos del sistema
- Identificación del circuito del sistema de incendio
- Circuitos de potencia no limitada tensión de salida menor a 600 V nominales

5.1.2 Dispositivos de detección

Estos dispositivos se consideran las señales de entrada, son los encargados de activar el sistema de alarma en el evento de una detección de acuerdo a su funcionamiento, dentro de los principales dispositivos podemos encontrar:

Detectores de humo	Los sensores de humo se pueden encontrar de diferentes tecnologías siendo los fotoeléctricos los que presentan un mejor funcionamiento y menor daño al medio ambiente, usan una fuente de luz infrarroja tipo led estable y un receptor fotoeléctrico que se oscurece al detectar humo en la recamara, generando la señal de alarma al panel de control.
Detectores de temperatura	Los detectores de calor utilizan un termistor de respuesta rápida, para la detección de cambios de temperatura en el ambiente, esto genera una alarma que es reportada en el panel de control con la ubicación exacta del detector.
Detectores de humo lineal	Estos dispositivos son ideales para lugares altos con cielorrasos abiertos y de difícil acceso para sensores convencionales, pueden tener un receptor o un espejo que funciona de reflector, al ingresar el humo entre emisor y receptor este detecta la variación de luz y genera una alarma al panel de control.
Estaciones manuales	Su función principal es la de reportar una condición de alarma al ser activada por una acción manual, indicando la ubicación de activación en el panel de control.

5.1.3 Dispositivos de notificación

Estos dispositivos se consideran las señales de salida, son los encargados de generar señales de alarma audibles, visuales que alertan la detección de un posible incendio, dentro de los principales dispositivos podemos encontrar:

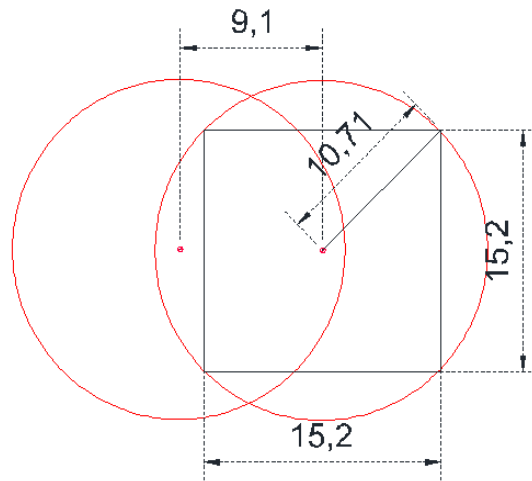
Sirenas	Este dispositivo de notificación se activa para indicar la detección de alguna alarma del sistema, graduación de decibeles para manejo de alto o bajo con 5 decibeles de diferencia.
Luces estroboscópicas	luz emitida desde el dispositivo cuando se realiza la activación de una señal de alarma, esta luz debe ser sincronizada con las demás luces y permitir su configuración de candelas, seleccionable desde el equipo o panel de control.
Campana	Equipo de alerta que se activa en caso de disparo del sistema de agente limpio, con una salida de 95 decibeles fija.

5.1.4 Ubicación detectores de iniciación

Los detectores de humo y temperatura deben ser instalados de acuerdo a las recomendaciones de la norma NFPA 72 Sección A.17.6.3.1.1, para los detectores de la edificación se tiene en cuenta “ *La distancia entre detectores de humo no debe exceder un espaciamiento nominal de 30 pies (9.1 m) y debe haber detectores dentro de una distancia de la mitad del espacio nominal, medidas en los ángulos rectos de todos los muros o tabiques que se extiendan hacia arriba hasta dentro del 15 por ciento de la parte superior de la altura del cielorraso.* (NFPA 72, 2019)

En la figura 5-3 se observa la cobertura normal de protección de un detector de humo, en este caso se dibuja un cuadrado de 15.2 m x 15.2 m, en el centro se ubica el detector de humo y el círculo representa la máxima cobertura que brinda el sensor.

Figura 5-3: Máximo radio de protección de un detector de humo.



Fuente: El autor.

“Todos los puntos sobre el cielorraso deben tener un detector dentro de una distancia equivalente a o menor de 0.7 veces el espaciamiento (0.7S) de 30 pies (9.1 m) nominal”. (NFPA 72, 2019)

De acuerdo a la NFPA 72, A.17.6. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante en cobertura, para este dispositivo las especificaciones técnicas recomiendan la instalación con un espaciamiento entre detectores de 9.1 metros. Figura 5-4.

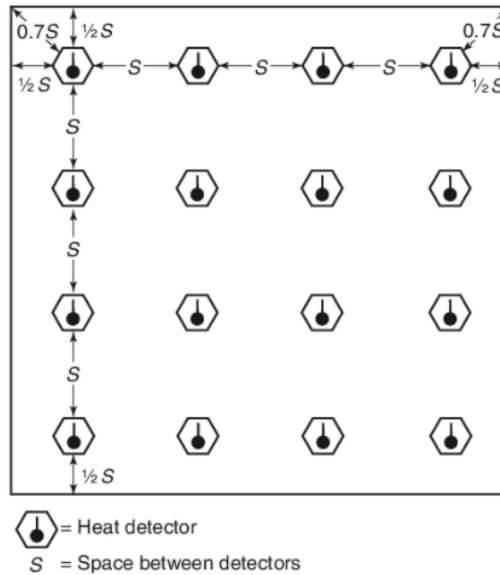
Figura 5-4: Espaciamiento detectores según altura del techo

Ceiling Height Greater than (>)		Up to and Including		Multiply Listed Spacing by
ft	m	ft	m	
0	0	10	3.0	1.00
10	3.0	12	3.7	0.91
12	3.7	14	4.3	0.84
14	4.3	16	4.9	0.77
16	4.9	18	5.5	0.71
18	5.5	20	6.1	0.64
20	6.1	22	6.7	0.58
22	6.7	24	7.3	0.52
24	7.3	26	7.9	0.46
26	7.9	28	8.5	0.40
28	8.5	30	9.1	0.34

Fuente: NFPA 72 Tabla 17.6.3.5.1

En la figura 5-5, se observa una distribución adecuada de los detectores en un espacio sin divisiones, indicando la distancia entre detectores y la distancia al muro más cercano.

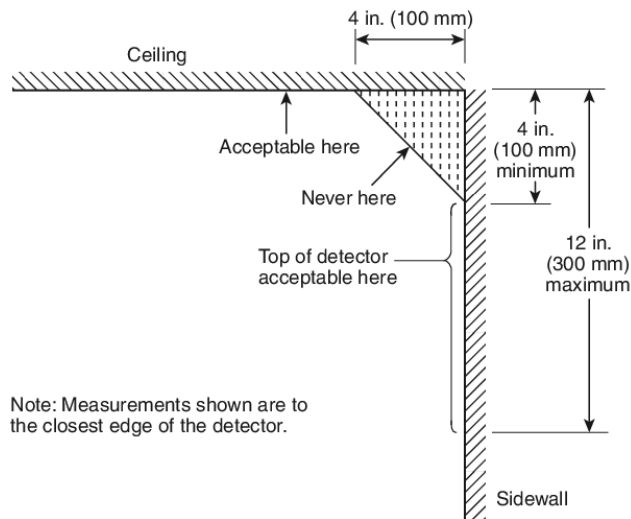
Figura 5-5: Distribución normal de los detectores de humo y temperatura.



Fuente: NFPA 72 Figura A.17.6.3.3.1

La ubicación de los detectores en ningún caso se debe realizar en las esquinas de un sitio, lugar o zona, Figura 5-6.

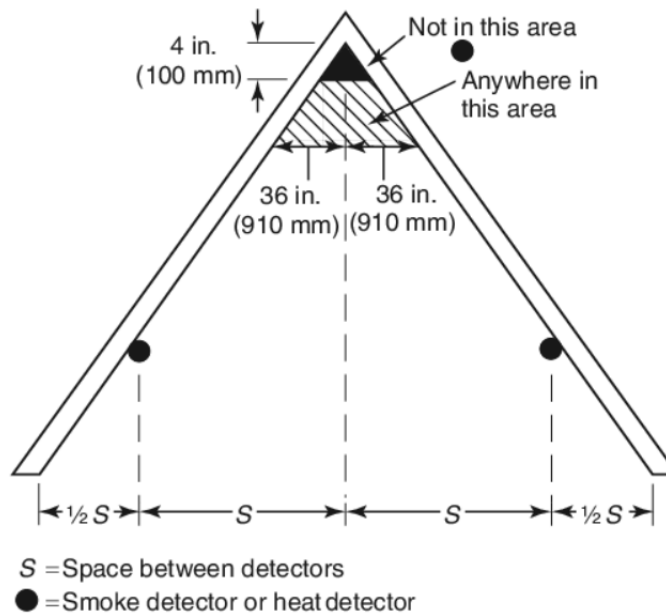
Figura 5-6: Ubicación detector en pared



Fuente: NFPA 72 Figura A.17.6.3.1.3.1

En la zona A salón principal de la biblioteca se debe tener en cuenta una protección especial, debido a las condiciones del lugar, una zona abierta con un techo alto a dos aguas y una gran área de cobertura, donde la detección convencional no es la más adecuada ni fácil de instalar. Figura 5-7.

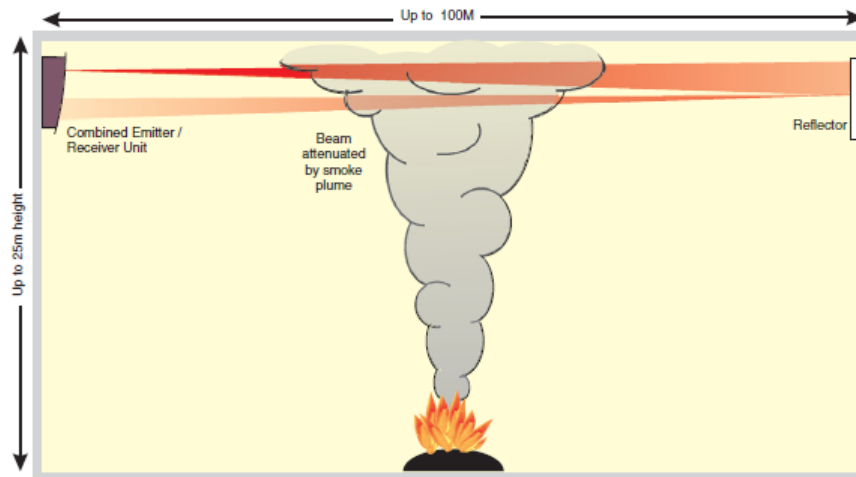
Figura 5-7: Ubicación detectores techo dos aguas



Fuente: NFPA 72 A.17.6.3.4

En esta zona de la biblioteca se tendrán detectores de humo lineales por haz reflejado, con una cobertura de hasta 100 metros lineales, su modo de operación es un emisor y un reflector que constantemente están monitoreando el área a proteger, cuando el humo alcanza su altura este obstruye la señal del emisor generando la condición de alarma, en la figura 5-8 se puede observar el funcionamiento del sensor ante la detección de humo en campo de cubrimiento.

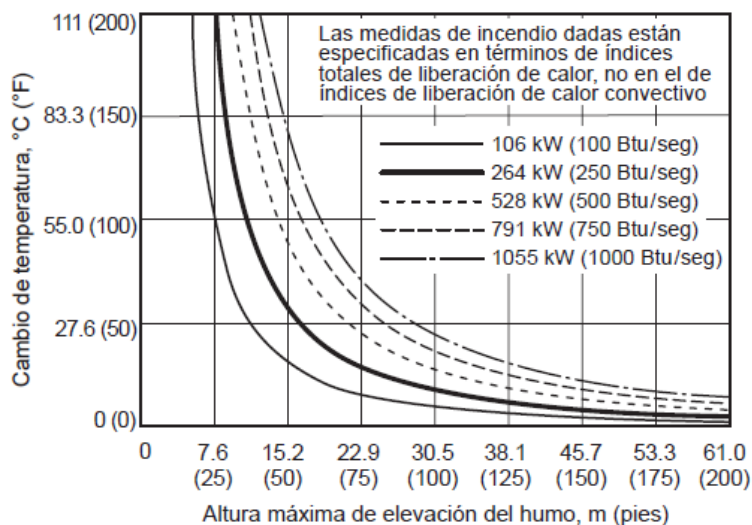
Figura 5-8: Modo de funcionamiento del Beam detector



Fuente: Guía beam detection system sensor

Un fenómeno importante al tener en cuenta en la ubicación de detectores y sobre todo los detectores de tipo haz proyectado es la estratificación del humo en el recinto, esto es muy importante porque garantiza que los detectores estarán al alcance del humo generado en un incendio. Figura 5-9.

Figura 5-9: Cambio de temperatura y altura máxima de elevación del humo.



Fuente: NFPA 72, Figura B.4.6.3

Para la activación mecánica de una señal de alarma, se debe instalar estaciones manuales de activación de incendio, para estas se tiene en cuenta las siguientes recomendaciones de la NFPA 72 capítulo 17 dispositivos de inicio.

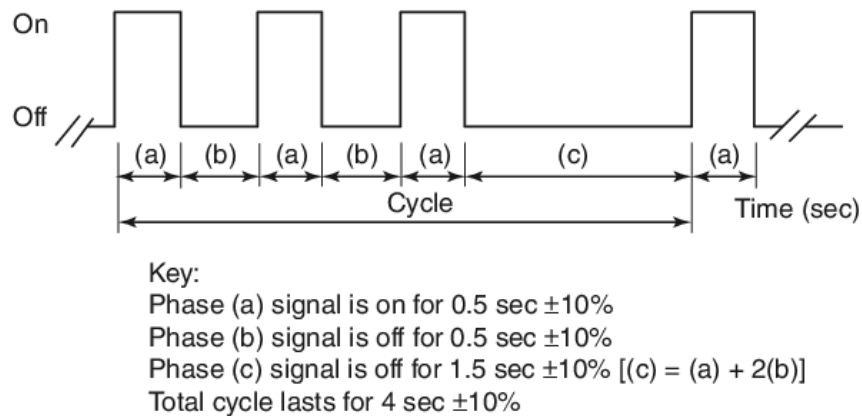
- Se deben ubicar a una altura mínima de 1.07 m y máxima de 1.22 m desde el piso terminado.
- La activación de las estaciones manuales debe ser de acción simple o doble acción como presionar y halar.
- Deben estar instaladas en lugares de fácil acceso sin obstrucciones para su activación ni para llegar al lugar donde se encuentran instaladas.
- Deben ser de color rojo, solo en casos donde el entorno impida usar pintura roja o plástico rojo se podrá cambiar el color.
- Deben estar ubicadas máximo a 1.5 m de la puerta de salida de cada piso.
- La distancia máxima permitida entre estaciones manuales es 61 m, se debe garantizar tener una nueva estación máxima a esta distancia.
- Se pueden instalar cubiertas plásticas que no obstruyan su fácil acceso pero que brinden una protección ante falsas alarmas y protección ante daños mecánicos o ambientales.

5.1.5 Ubicación dispositivos de notificación

La ubicación de estos dispositivos se encuentra referenciada con el capítulo 18 de la NFPA 72, teniendo en cuenta que serán los encargados de alertar a los ocupantes de la biblioteca y así dar inicio a los planes de emergencia, a continuación las siguientes recomendaciones.

Se debe tener en cuenta la señal normalizada de alarma, con su patrón de activación que indica al personal una salida de emergencia, consiste en un patrón temporal de 3 pulsos Figura 5-10

Figura 5-10: Parámetros patrón temporal sirena



Fuente: NFPA 72 Figura 18.4.2.1

- Para la notificación del edificio se debe permitir la instalación de notificación en espacios internos y externos según necesidad o en cada espacio designado para generar la activación de evacuación.
- La señal de evacuación debe estar sincronizada en el lugar de la notificación, evitando confusiones con otras señales de alarma que puedan estar presentes en el lugar. Figura 5-11.

- La altura de instalación de la señalización audible debe ser mínimo a 2.29 m del nivel del piso y debajo de los cielos rasos o terminados a una distancia no menor a 15 cm.

Figura 5-11: Niveles de ruido en el ambiente.

Ubicación	Nivel sonoro ambiental promedio (en dBA)
Ocupaciones de negocios	55
Ocupaciones educacionales	45
Ocupaciones industriales	80
Ocupaciones institucionales	50
Ocupaciones mercantiles	40
Salas de mecánica	85
Muelles y estructuras rodeadas por agua	40
Lugares de reunión	55
Ocupaciones residenciales	35
Ocupaciones para almacenamiento	30
Vías públicas urbanas de densidad alta	70
Vías públicas urbanas de densidad media	55
Vías públicas rurales y suburbanas	40
Ocupaciones en torres	35
Estructuras subterráneas y edificios sin ventanas	40
Vehículos y naves	50

Fuente: NFPA 72, A.18.4.3

5.1.6 Señalización visible.

Para esta señalización visible se encuentran los siguientes requerimientos aplicables a la biblioteca y especificados en la NFPA 18.5.3.

- No se debe exceder de 2 destellos por segundo (2 Hz), ni ser inferior a 1 destello por segundo (1Hz).
- Las luces utilizadas para la señalización visible de emergencia, deben ser transparentes o de color blanco y no deben exceder 1000 candelas en su activación.

- Las luces emitidas deben ser sincronizadas, esto para evitar mareo o trastorno a personas con problemas epilépticos.
- La distancia máxima entre dispositivos de notificación visual no debe exceder los 30 metros horizontales.
- La ubicación de las luces debe estar dentro de altura mínima 2.03 m y máxima 2.44 m sobre el piso terminado.
- Si el techo es muy bajo para la señal visible, se debe dejar instalada a 15 cm debajo del techo.

Espaciamiento en salas para la notificación visual de acuerdo a la tabla 5-1.

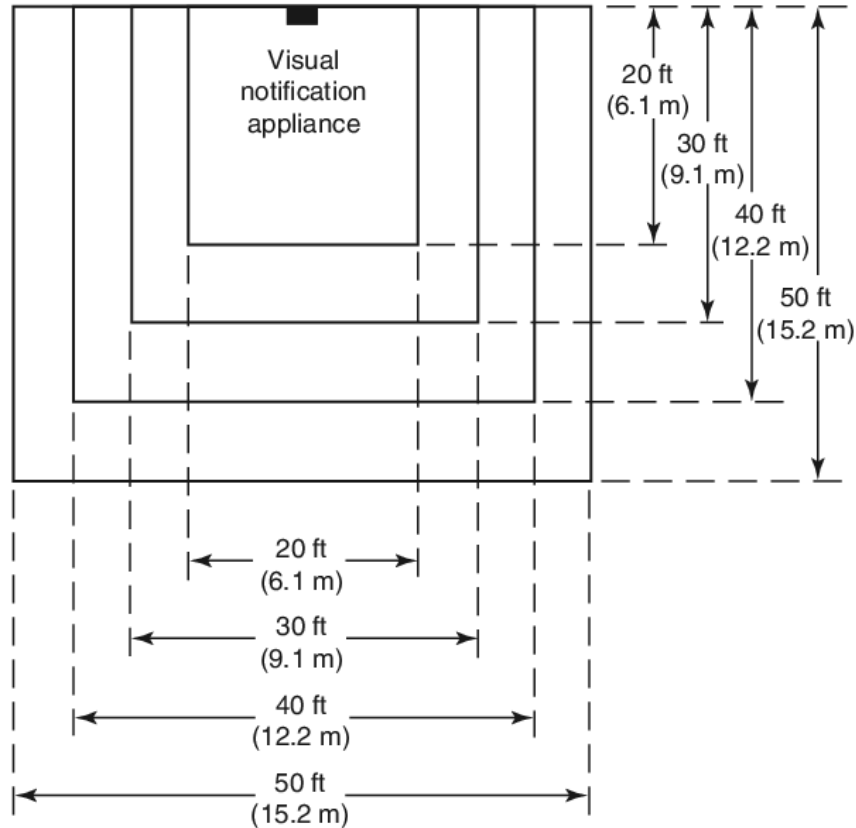
Tabla 5-1: Cubrimiento máximo por área.

Maximum Room Size		Minimum Required Light Output [Effective Intensity (cd)]	
		One Visual Notification Appliance per Room	Four Visual Notification Appliances per Room (One per Wall)
ft	m		
20 × 20	6.10 × 6.10	15	NA
28 × 28	8.53 × 8.53	30	NA
30 × 30	9.14 × 9.14	34	NA
40 × 40	12.2 × 12.2	60	15
45 × 45	13.7 × 13.7	75	19
50 × 50	15.2 × 15.2	94	30
54 × 54	16.5 × 16.5	110	30
55 × 55	16.8 × 16.8	115	30
60 × 60	18.3 × 18.3	135	30
63 × 63	19.2 × 19.2	150	37
68 × 68	20.7 × 20.7	177	43
70 × 70	21.3 × 21.3	184	60
80 × 80	24.4 × 24.4	240	60
90 × 90	27.4 × 27.4	304	95
100 × 100	30.5 × 30.5	375	95
110 × 110	33.5 × 33.5	455	135
120 × 120	36.6 × 36.6	540	135
130 × 130	39.6 × 39.6	635	185

Fuente: NFPA 72 Figura 18.5.5.5.1

Ejemplo de cubrimiento máximo de la notificación visual en salas o lugares cerrados.
 Figura 5-2

Tabla 5-2: Máximo cubrimiento señales luminiscentes



Fuente: NFPA 72

5.2 Calculo de baterías

De acuerdo a NFPA 72,10.6.7.2. El suministro de energía secundaria debe soportar el funcionamiento del sistema sin alarma por un mínimo de 24 horas, al final de las 24 horas debe estar en la capacidad de activar el sistema de notificación por 5 minutos.

Para esto se debe realizar el siguiente cálculo de baterías, teniendo en cuenta el consumo de los dispositivos en estado normal y en alarma.

En la Tabla 5-3 se puede observar los cálculos realizados para determinar las baterías del sistema.

Tabla 5-3: Cálculo de baterías

Ítem	Descripción del equipo	Corriente en operación normal (Amperios)	Cantidad	Corriente total en operación normal (Amperios)	Corriente en alarma (Amperios)	Cantidad	Corriente total en alarma (Amperios)
1	Panel de control	0.391	1	0.391	0.78	1	0.78
2	Modulo Dual RS 232	0.06	1	0.06	0.06	1	0.06
3	Bacpac comunicación	0.1	1	0.1	0.123	1	0.123
4	Detectores de humo	0.001	11	0.011	0.013	11	0.143
5	Sirena estrobo	0.0008	8	0.0064	0.067	8	0.536
6	Detectores de humo por haz	0.017	2	0.034	0.0385	2	0.077
7	Actuador eléctrico		1	0	0.845	1	0.845
8	Campana		1	0	0.1	1	0.1
9	Modulo descarga RAC		1	0	0.5		0
10	Bobina supervisión	0.0022	1	0.0022	2	1	2
		Corriente total del sistema estado normal		0.6046	Corriente total del sistema en alarma		4.664

Requerimiento de tiempo de acuerdo a NFPA 72

Operación normal (solo baterías) 24 horas
Operación en alarma (solo baterías) 5 minutos

Tiempo requerido operación normal (Horas)	Corriente total en operación normal (Amperios)	Capacidad Total requerida (Amperios/horas)	Tiempo requerido operación alarma (horas)	Corriente total en alarma (Amperios)	Capacidad Total requerida (Amperios/horas)
24	0.6046	14.5104	0.0833	4.664	0.389

Capacidad requerida en estado normal (Amperios/horas)	Capacidad requerida en estado alarma ((Amperios/horas)	Capacidad total requerida	Factor de seguridad	Capacidad baterías requerida ((Amperios/horas)
14.5104	0.389	14.899	1.2	17.88

El resultado del cálculo nos indica baterías de 18 Amperios, por lo que se elegirá la referencia 2081-9275 de 12V 18AH.

5.3 Cableado del sistema

Se deben seguir las indicaciones de tipos de cable de acuerdo a la NTC 2050, cables con aislamiento PVC policloruro de vinilo y alta resistencia a la llama. Figura 5-12.

Cables FLPA

FPLP Retardante a la llama y baja emisión de humo.
FPLR Retardante a la llama para ductos verticales
FPL Potencia limitada

Figura 5-12: Tipo de cable sistema de incendio



Fuente: Centelsa cables

5.4 Instrumentación sistema detección de incendio

De acuerdo al diseño realizado y en cumplimiento de los requerimientos técnicos para el funcionamiento del sistema de detección de incendio, en la tabla 5-4, se relacionan los equipos requeridos para la protección de la biblioteca, en el anexo A se puede encontrar los planos con la ubicación de los equipos y rutas de tubería en cada zona de la biblioteca.

Tabla 5-4: Instrumentación detección de incendio

INSTRUMENTACIÓN DETECCIÓN DE INCENDIO							
Referencia	Descripción	Marca	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Total
4010-9421BA	Panel detección de incendio 150 puntos	Simplex	1				1
4010-9918	Tarjeta de comunicación RS 232	Simplex	1				1
4010-9915	Bacpac comunicación Bacnet IP	Simplex	1				1
2081-9275	Baterías 12 voltios 18 Amperios	Simplex	2				2
4098-9714	Detector Fotoeléctrico	Simplex	5	3	2	2	12
4098-9793	Base para detector	Simplex	4	2	2	2	10
4098-9792	Base aisladora para detector	Simplex	1	1			2
4099-9006	Estación manual de descarga	Simplex	2	2	1	1	6
STI-13210FR-ES	Protector acrílico estación manual	Sti	2	2	1	1	6
49AV-WRF	Sirena con estrobo	Simplex	4	2	1	1	8
BEAM1224	Detector de humo por haz de luz	System sensor		2			2
4090-9002	Módulo de control	Simplex	2				2
4090-9001	Módulo de monitor	Simplex	8				8

Fuente: el autor

6. Sistema señalización de emergencia

De acuerdo a la NSR-10 capítulo J.4 medios de evacuación deben ser “Fácil, rápida y segura evacuación — Toda edificación debe poseer medios de evacuación que por su capacidad, ancho, señalización, iluminación, localización y clase sean adecuados para el fácil, rápido y seguro egreso de todos los ocupantes, de acuerdo con el grupo de ocupación, la carga de ocupación y los sistemas de extinción de incendios instalados” (Ministerio de Ambiente, 2016)

En las instalaciones de la biblioteca se debe garantizar unos medios adecuados para la correcta evacuación en caso de una emergencia, para esto la NSR-10 nos indica lo requerido en cada tipo de edificación.

6.1 Señalización

La señalización de los medios de evacuación debe permitir a todos los ocupantes mentalmente capaces de encontrar la salida hacia un lugar seguro de manera inequívoca. Una señal hacia la salida más cercana debe ser claramente visible desde cualquier punto en el acceso a la salida. (Ministerio de Ambiente, 2016)

En todas las edificaciones se debe señalar la ruta y los medios de evacuación, esta señalización debe tener en cuenta el tamaño, colores, pictogramas de acuerdo a la normatividad NSR-10 J.4.4 y NFPA 170 símbolos de seguridad contra fuego, sin que en las señales se coloquen imágenes o modifiquen los diseños.

6.1.1 Señales para direccionar la salida de emergencia

Estas señales nos indican de forma fácil la ruta de salida de emergencia, los colores y letras deben tener las especificadas descritas en la NSR-10 J.4.4. Figura 6-1.

El tamaño de las señales dependerá de la distancia máxima entre el ocupante y la ubicación de la señal, para ello se encuentran indicaciones para las medidas de la señal de acuerdo a esta distancia. Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Tamaño de la señal de emergencia

Distancia máxima entre observador y señal	Dimensiones requeridas en señales rectangulares	Dimensiones requeridas de señales cuadradas
Entre 10 y 20 m	400 mm x 200 mm	200 mm x 200 mm
Entre 20 y 30 m	600 mm x 300 mm	300 mm x 300 mm
A partir de 30 m	800 mm x 400 mm	400 mm x 400 mm

Fuente: NSR 10 Titulo J, J.4.4.2

Figura 6-1: Señales de emergencia



Fuente: NSR 10 Titulo J, J.4.4.2

6.1.2 Ubicación de equipos de emergencia

La identificación de los equipos de emergencia es muy importante en las instalaciones, a continuación se muestran algunas referencias encontradas en la norma NSR-10 J.4.4.2. Figura 6-2

Figura 6-2: Identificación equipos de emergencia



Fuente: NSR 10 Titulo J, J.4.4.2

Se debe tener cuidado con algunas salidas o corredores que podrían parecer una salida de emergencia sin serlo, (Figura 6-3) deben tener el siguiente aviso de, NO ES SALIDA.

Figura 6-3: Señal no salida:



(Ministerio de Ambiente, 2016)

En el caso de la biblioteca en el piso 1 se encuentra el portón de salida costado norte y en el piso 3 una puerta de salida al edificio contiguo, pero estas no están habilitadas como salida de emergencia, por lo que podrían llegar a causar confusión en una evacuación.

6.2 Iluminación

De acuerdo a la NSR-10 J.4.4.9, “Las señales de emergencia las señales iluminadas externamente deberá garantizarse por lo menos un nivel de iluminación de 54 luxes sobre la superficie iluminada y deben tener la capacidad de mantenerse iluminadas hasta 90 minutos después del corte del flujo eléctrico, ya sea por baterías, iluminación interna o por conexión a una fuente eléctrica de emergencia.” (Ministerio de Ambiente, 2016)

Figura 6-4: Iluminación de emergencia



Fuente: Iluminación Phillips.

La iluminación de emergencia debe estar instalada y conectada de acuerdo a la normatividad de iluminación Colombiana. Figura 6-4.

7. Sistema de extinción de incendio por agente limpio.

Para el sitio ubicado en la biblioteca piso 1 archivo interno, se diseñó un sistema de extinción de incendios por medio de agente limpio y bajo la normatividad NFPA 2001, debido a tener las mejores características técnicas en este momento se trabajará con el agente limpio Novec™ 1230.

7.1 Características Novec™ 1230

El agente limpio NOVEC 1230 (FK-5-1-12), C₆F₁₂O de nombre Dodecafluoruro-2-metilpentano-3-uno, en su estado natural es un líquido pero al descargarse con una presión indicada cambia su estado a gaseoso, es considerado el mejor agente limpio de la actualidad debido a la poca cantidad de residuos que se generan luego de una activación y por su bajo impacto al medio ambiente, en la (Tabla 7-1) se observa la comparación de este con otros sistemas de agentes limpios, demostrando sus ventajas.

Tabla 7-1: Potencial de impacto medioambiental

Agent	GWP (IPCC 2013)	ODP
FIC-1311	≤1	0*
FK-5-1-12	<1	0
HCFC Blend A	1500	0.048
HFC Blend B	1400	0
HCFC-124	527	0.022
HFC-125	3170	0
HFC-227ea	3350	0
HFC-23	12,400	0
HFC-236fa	8060	0
IG-01	0	0
IG-100	0	0
IG-541	0	0
IG-55	0	0

Note: GWP is reported over a 100-year integrated time horizon.

*Agent might have a non-zero ODP if released at altitudes high above ground level.

La forma de funcionamiento el agente limpio, se basa en la capacidad de absorber el calor que se genera en la fuente del incendio y así retirar uno de los elementos de la reacción de combustión, al disminuir la temperatura se extinguirá la llama de origen.

7.2 Área a proteger

Dado que el agente limpio necesita una inundación total del área a proteger, se deben cumplir con varios requerimientos para su correcto diseño, instalación y mantenimiento. Sin estos, no se podrá garantizar la concentración mínima del agente limpio para la extinción del incendio.

Para el área a proteger piso 1 archivo principal, necesitamos tener la siguiente información:

- Calcular el volumen total del cuarto.
- Identificar todos los riesgos a proteger en el cuarto. (clase A, B, C etc.)
- Fijar la máxima y mínima temperatura requerida en el cuarto.
- Determinar la altura sobre el nivel del mar.
- Tipo de ventilación en el cuarto.
- Características de la construcción (paredes en mampostería, drywall, ventanas, ductos.)
- Planos actualizados del área a proteger con vista en planta y corte.
- Tipo de aplicación (total, local)
- Prueba de estanquidad al área protegida.

7.3 Diseño del sistema de agente limpio

Paso 1. Calcular el volumen total del cuarto a proteger.

Centro de datos piso 1.

Largo del cuarto	= 7.45 m
Ancho del cuarto	= 7.38 m
Alto del cuarto	= 2.30 m
Volumen del cuarto	= 7.45 m * 7.38 m * 2.30 m

$$\text{Área a descontar de circunferencia.} = 12.23 \text{ m}^2$$

$$= 98.31 \text{ m}^3$$

Tener en cuenta que si hay volúmenes constantes como vigas, casetones, columnas o estructuras fijas en el área a proteger, estas se pueden descontar del volumen total.

Paso 2. Identificar todos los riesgos a proteger en el cuarto. (Clase A, B, C etc.)

En el área a proteger encontramos materiales como papel, madera, equipos electicos por lo que se clasificaría como riesgo B, adicional riesgo eléctrico debido a equipos de cómputo y comunicación de red instalados en el área. Por lo que se clasificaría riesgo C.

Paso 3. Determinar la concentración mínima del diseño.

Esta concentración se encuentra en la NFPA 2001 capitulo 5.4, para nuestro cuarto por tener los diferentes riesgos se tomara el riesgo más alto que es clase C, de acuerdo a la Tabla 7-2 para este riesgo la mínima concentración de diseño para nuestro agente limpio es de 4.5.

Tabla 7-2: Mínima concentración de diseño

Agent	Class A MEC	Class A Minimum Design Concentration	Class C Minimum Design Concentration
FK-5-1-12	3.3	4.5	4.5
HFC-125	6.7	8.7	9.0
HFC-227ea	5.2	6.7	7.0
HFC-23	15.0	18.0	20.3
IG-541	28.5	34.2	38.5
IG-55	31.6	37.9	42.7
IG-100	31.0	37.2	41.9

Note: Concentrations reported are at 70°F (21°C). Class A design values are the greater of (1) the Class A extinguishing concentration, determined in accordance with 5.4.2.2, times a safety factor of 1.2; or (2) the minimum extinguishing concentration for heptane as determined from 5.4.2.1.

Fuente: (NFPA 2001, 2018)

Paso 4. Determinar la mínima cantidad de agente limpio para el área a proteger.

Para determinar esta cantidad requerimos conocer la mínima temperatura esperada a tener en el área a cubrir, en nuestro centro de datos esta temperatura será de 20 grados centígrados y la calcularemos mediante las siguientes fórmulas.

$$W = \frac{V}{S} \left(\frac{C}{100 - C} \right)$$

Donde:

- W: peso de agente limpio en [lb (kg)]
- V: corresponde al volumen del área total del cuarto, calculado en el paso 1. [ft³ (m³)]
- S: volumen específico del vapor de agente sobrecalentado a 1 atmósfera y a la temperatura mínima prevista t [0 F (0 C)] del volumen protegido [ft³/lb (m³ / kg)]
- C: concentración de diseño del agente limpio de acuerdo a Tabla 7 - 3 Porcentaje en volumen de acuerdo a temperatura de diseño.

Tabla 7-3: Diseño porcentaje de concentración en volumen

Temp(t) (°C) ^c	Specific Vapor Volume (s) (m ³ /kg) ^d	Design Concentration (% by Volume) ^e					
		3	4	5	6	7	8
-20	0.0609140	0.5077	0.6840	0.8640	1.0479	1.2357	1.4275
-15	0.6022855	0.4965	0.6690	0.8450	1.0248	1.2084	1.3961
-10	0.0636570	0.4859	0.6545	0.8268	1.0027	1.1824	1.3660
-5	0.0650285	0.4756	0.6407	0.8094	0.9816	1.1575	1.3372
0	0.0664000	0.4658	0.6275	0.7926	0.9613	1.1336	1.3096
5	0.0677715	0.4564	0.6148	0.7766	0.9418	1.1106	1.2831
10	0.0691430	0.4473	0.6026	0.7612	0.9232	1.0886	1.2576
15	0.0705145	0.4386	0.5909	0.7464	0.9052	1.0674	1.2332
20	0.0718860	0.4302	0.5796	0.7322	0.8879	1.0471	1.2096
25	0.0732575	0.4222	0.5688	0.7184	0.8713	1.0275	1.1870
30	0.0746290	0.4144	0.5583	0.7052	0.8553	1.0086	1.1652
35	0.0760005	0.4069	0.5482	0.6925	0.8399	0.9904	1.1442
40	0.0773720	0.3997	0.5385	0.6802	0.8250	0.9728	1.1239
45	0.0787435	0.3928	0.5291	0.6684	0.8106	0.9559	1.1043
50	0.0801150	0.3860	0.5201	0.6570	0.7967	0.9395	1.0854
55	0.0814865	0.3795	0.5113	0.6459	0.7833	0.9237	1.0671
60	0.0828580	0.3733	0.5029	0.6352	0.7704	0.9084	1.0495
65	0.0842295	0.3672	0.4947	0.6249	0.7578	0.8936	1.0324
70	0.0856010	0.3613	0.4868	0.6148	0.7457	0.8793	1.0158
75	0.0869725	0.3556	0.4791	0.6052	0.7339	0.8654	0.9998
80	0.0883440	0.3501	0.4716	0.5958	0.7225	0.8520	0.9843
85	0.0897155	0.3447	0.4644	0.5866	0.7115	0.8390	0.9692
90	0.0910870	0.3395	0.4574	0.5778	0.7008	0.8263	0.9547
95	0.0924585	0.3345	0.4507	0.5692	0.6904	0.8141	0.9405
100	0.0938300	0.3296	0.4441	0.5609	0.6803	0.8022	0.9267

^aThe manufacturer's listing specifies the temperature range for operation.

^bW/V [agent weight requirements (kg/m³)] = kilograms of agent required per cubic meter of protected volume to produce at temperature specified.

Fuente: (NFPA 2001, 2018)

El valor de concentración de nuestro centro de datos es 4.5, por lo que debemos interpolar para hallar el porcentaje en volumen de agente limpio.

Se va a utilizar la siguiente formula de interpolación lineal:

$$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o} (y_1 - y_o)$$

En donde:

Y_x = Valor a encontrar y que se encuentra asociado a X.

X = Valor de la propiedad conocida deseada.

X₀ y X₁ = Valores de las propiedades, más próximos al valor conocido.

Y₀ y Y₁ = Valores de las propiedades asociadas a los de referencia X₀ y X₁.

Por lo que reemplazamos los valores encontrados en la Tabla 6-3

$$X = 4.5$$

$$X_0 = 4$$

$$X_1 = 5$$

$$Y_0 = 0.5796$$

$$Y_1 = 0.7322$$

Ahora reemplazamos en la ecuación para hallar la cantidad de kilogramos por metro cubico que debemos contener en el centro de datos.

$$Y_x = (0.5796) + ((4.5 - 4) / (5 - 4)) * (0.7322 - 0.5796)$$

$$Y_x = (0.5796) + (0.5) * (0.152)$$

$$Y_x = (0.5796) + (0.076)$$

$$Y_x = 0.6556 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Para determinar la cantidad de agente limpio en el centro de datos, necesitamos el volumen a proteger y nuestro valor de porcentaje en volumen.

$$\text{Novoc 1230} = 98.31 \text{ m}^3 * 0.65 \text{ kg} / \text{m}^3 = 63.90 \text{ kg}.$$

Ahora convertimos estos kg en libras mediante la ecuación:

$$\text{Libras} = \text{Kg} * 2.20$$

$$\text{Libras} = 63.90 \text{ kg} * 2.20$$

$$140.58 \text{ Libras}.$$

Paso 5. Ajustar la cantidad de agente limpio de acuerdo al factor de corrección por altitud del área a proteger.

Para ajustar la cantidad de agente limpio se debe tomar como referencia la altura sobre el nivel del mar en la que se encuentra nuestro centro de datos, este se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá zona sur, con una altura de 2581 m.s.n.m.

Tabla 7-4: Factor de corrección atmosférico

Equivalent Altitude		Enclosure Pressure (Absolute)		Atmospheric Correction Factor
ft	km	psi	mm Hg	
-3,000	-0.92	16.25	840	1.11
-2,000	-0.61	15.71	812	1.07
-1,000	-0.30	15.23	787	1.04
0	0.00	14.70	760	1.00
1,000	0.30	14.18	733	0.96
2,000	0.61	13.64	705	0.93
3,000	0.91	13.12	678	0.89
4,000	1.22	12.58	650	0.86
5,000	1.52	12.04	622	0.82
6,000	1.83	11.53	596	0.78
7,000	2.13	11.03	570	0.75
8,000	2.45	10.64	550	0.72
9,000	2.74	10.22	528	0.69
10,000	3.05	9.77	505	0.66

Fuente: (NFPA 2001, 2018)

Como referencia debemos tomar la Tabla 7-4 donde encontraremos el factor atmosférico de corrección a utilizar, en este caso debemos interpolar por lo tanto:

Reemplazamos los valores encontrados en la Tabla 7-4.

$$X = 2.58 \text{ Km}$$

$$X_0 = 2.45 \text{ Km}$$

$$X_1 = 2.74 \text{ Km}$$

$$Y_0 = 0.72$$

$$Y_1 = 0.69$$

Ahora reemplazamos en la ecuación para hallar el factor de corrección que debemos aplicar en el centro de datos.

$$Y_x = (0.72) + ((2.58 - 2.45) / (2.74 - 2.45)) * (0.69 - 0.72)$$

$$Y_x = (0.72) + (0.44) * (-0.03)$$

$$Y_x = (0.72) + (-0.0132)$$

$$Y_x = 0.70$$

Factor de corrección es 0.70

Paso 6. Determinar la cantidad de agente limpio de acuerdo al factor de corrección por altitud del área.

Cantidad de agente limpio por el factor de corrección:

$$140.58 \text{ lb} * 0.70 = \mathbf{98.40 \text{ lb.}}$$

Este valor nos indica la mínima cantidad de agente limpio Novec 1230 requerido para proteger el centro de datos.

Paso 7. Determinar la cantidad y la capacidad de los tanques requeridos.

Si se tuvieran diferentes volúmenes en la misma área, por ejemplo, un volumen por piso falso o por un techo falso, se deben sumar los volúmenes. En este caso solo tenemos un volumen por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{\% agente por riesgo} &= \frac{\text{Volumen individual del riesgo}}{\text{Sumatoria de los volúmenes}} \\ &= \frac{98.40}{98.31} \\ &= 1*100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Si el porcentaje en cada área es mayor al 10 % del volumen total, será necesario un solo tanque. Tomamos como referencia la ficha técnica de los tanques de agente limpio. Tabla 7-5.

Tabla 7-5: Selección de tanque agente limpio.

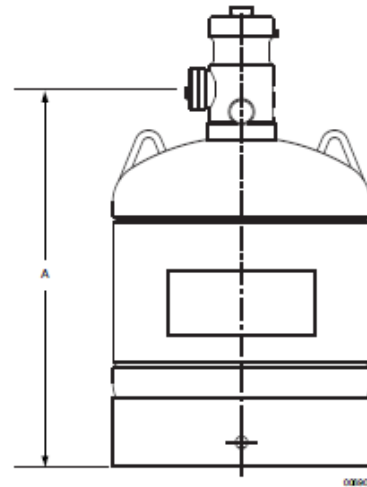


Agent Tank Shipping Assembly

The agent tank assemblies are manufactured in accordance with DOT 4BW450 and consist of a tank fitted with a valve and internal siphon tube. Eight partial filled tank sizes are available. A nameplate is adhered to the tank displaying the agent weight and gross weight. Tanks are superpressurized with dry nitrogen to 360 psi (25 bar) at 70 °F (21 °C). All tanks are available in multiple fill increments.

Note: Quantity of agent will have to be specified on customer P.O. when ordering factory filled tank shipping assemblies.

Also, when low pressure switch and liquid level indicator installed options are required, they must be specified when ordering.



Component	Material	Approvals
Tank	Steel	DOT4BW450
Valve	Brass	
Valve/Tank Assembly		UL Listed ULC Listed FM Approved

Shipping Assembly Part No./TC	Nominal Tank Size lbs. (kg)	Agent Quantity lbs. (kg)	Approximate Empty Weight lbs. (kg)	Dimension "A" in. (cm)	Diameter in. (cm)	Valve Size
570635	20 (9.1)	10 to 21 (4.5 to 9.5)	33 (15)	12 (30.4)	10 (25.4)	1 in.
570633	50 (22.7)	20 to 46 (9.1 to 21)	41 (18.6)	19.8 (50.2)	10 (25.4)	1 in.
570634	90 (40.8)	37 to 88 (17 to 40)	57.5 (26)	22.8 (58.3)	10 (25.4)	1 in.
570638	140 (63.5)	58 to 138 (26 to 62.6)	108 (49)	23.5 (59.6)	16 (40.6)	2 in.
570639/570657	280 (127)	116 to 280 (52.6 to 127)	158 (71.7)	40.2 (102)	16 (40.6)	2 in.
570640/570652	390 (177)	161 to 388 (73 to 176)	198 (90)	53.3 (135)	16 (40.6)	2 in.
570641/570653	450 (204)	194 to 459 (88 to 204)	233 (106)	64.3 (163)	16 (40.6)	2 in.
570586/570654	850 (386)	375 to 851 (170 to 386)	456 (207)	57.7 (146.6)	24 (61)	3 in.

Fuente: (Agent tank shipping assembly, 2018)

Paso 8. Determinar la concentración de diseño a la máxima temperatura ambiente en el sitio.

Es importante asegurar que no hay una sobre concentración en el área causada por el incremento de la temperatura, para ello se utiliza la siguiente formula.

Temperatura = 30 °C.

$$C = \frac{100W}{\frac{V}{S} + W}$$

Donde:

W = Peso del agente en kilogramos

V = Volumen del sitio de riesgo en m³

S = Volumen del vapor específico a °C, S = 0.0746 (m³/Kg) Tabla 6-3.

C = Concentración de diseño con agente a la máxima temperatura ambiente.

$$C = \frac{100 (44.72 \text{ kg})}{\frac{98.31 \text{ m}^3}{S} + 44.72 \text{ kg}}$$

$$C = \frac{4472 \text{ kg}}{\frac{98.31 \text{ m}^3}{(0.0746 \text{ m}^3 / \text{kg})} + 44.72 \text{ kg}}$$

$$C = \frac{4472 \text{ kg}}{1362.54 \text{ kg}}$$

$$C = \frac{3.28}{0.70} \text{ (factor de corrección por altura)}$$

$$C = 4.68$$

Para el centro de datos la máxima concentración de diseño esta entre 4.2% y 10% por lo que el diseño del sistema es aceptable.

Paso 9. Determinar la concentración de diseño a la temperatura de operación normal en el sitio.

Temperatura ambiente = 20 °C.

Donde:

W = Peso del agente en kilogramos.

V = Volumen del sitio de riesgo en m³

S = Volumen del vapor específico a °C, S = 0.0718 (m³/Kg) Tabla 6-3.

C = Concentración de diseño con agente a la temperatura normal ambiente.

$$C = \frac{100 (44.72 \text{ kg})}{\frac{98.31 \text{ m}^3}{S} + 44.72 \text{ kg}}$$

$$C = \frac{4472 \text{ kg}}{\frac{98.31 \text{ m}^3}{(0.0718 \text{ m}^3 / \text{kg})} + 44.72 \text{ kg}}$$

$$C = \frac{4472 \text{ kg}}{1413.94 \text{ kg}}$$

$$C = \frac{3.16}{0.70} \text{ (factor de corrección por altura)}$$

$$C = 4.51$$

Para el centro de datos la máxima concentración de diseño a temperatura ambiente está entre 4.2% y 10% por lo que el diseño del sistema es aceptable.

Paso 10. Determinar la cantidad de boquillas para el sitio a proteger.

La cantidad de boquillas a instalar en un sistema de extinción por agente limpio se determina por varios factores, a continuación definiremos la cantidad y tipo de boquilla.

- A. Para el centro de datos se requerirá de una boquilla de 360 grados, teniendo en cuenta las siguientes características técnicas.

- Área máxima de cobertura de una boquilla es igual a 167 m², área B centro de datos igual 44.69 m².
- Distancia radial máxima por boquilla es igual a 9.1 metros
- Se recomienda la instalación de la boquilla en el centro del lugar a proteger para poder brindar una cobertura adecuada al sitio, en caso de ser más de una boquilla se debe dar espacio simétrico entre ellas.
- La línea de vista desde la boquilla a los sitios a proteger debe estar despejada, sin objetos o muros que puedan obstruir la dispersión del agente limpio.
- Distancia máxima entre el techo y la boquilla es igual a 30 cm.
- Máxima altura del sitio debe ser 4.3 m, en un sitio de mayor altura se deben ubicar boquillas intermedias.

Paso 11. Simulación red de tubería

Con el apoyo del software de simulación SHAPPIRE de ANSUL se realiza la siguiente simulación y cálculos de tubería requerida para el sistema de extinción. Figura 7-1.

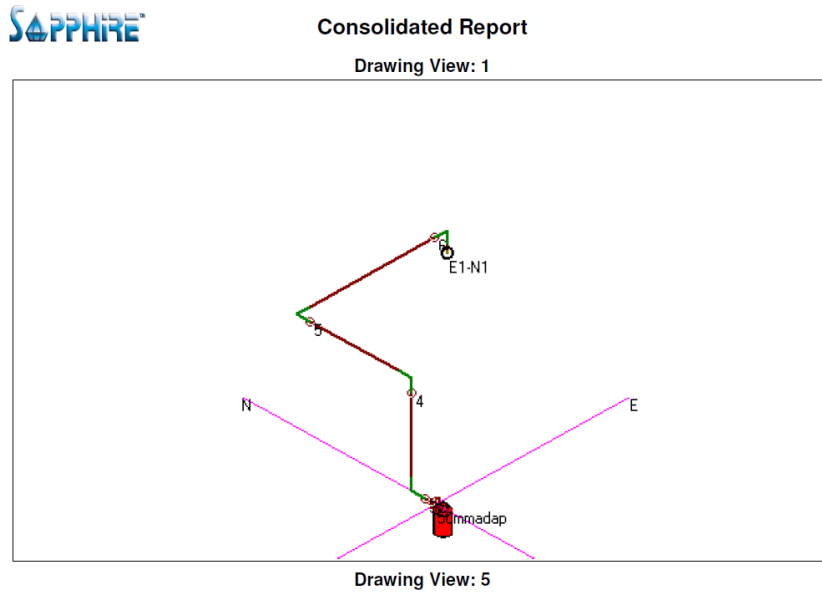
Figura 7-1: Tubería sistema de extinción

Pipe Network								
Part 1 - Pipe			Pipe					
Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation		
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	0.60 m	0.60 m		
Adaptor	1	2		50 mm	0.09 m	0.00 m		
Pipe	2	3	40T	32 mm	0.15 m	0.00 m		
Pipe	3	4	40T	32 mm	1.70 m	1.70 m		
Pipe	4	5	40T	25 mm	2.00 m	0.00 m		
Pipe	5	6	40T	25 mm	2.80 m	0.00 m		
Pipe/E1-N1	6	7	40T	25 mm	0.10 m	-0.10 m		
Part 2 - Equivalent Length								
Start	End	90	45	Thru	Side Union	Other	Added	Total

Fuente: Software de simulación Shappire.

A continuación se detalla el isométrico en varias vistas, esto es importante para la construcción del sistema de tubería del sistema y la ubicación de equipos.

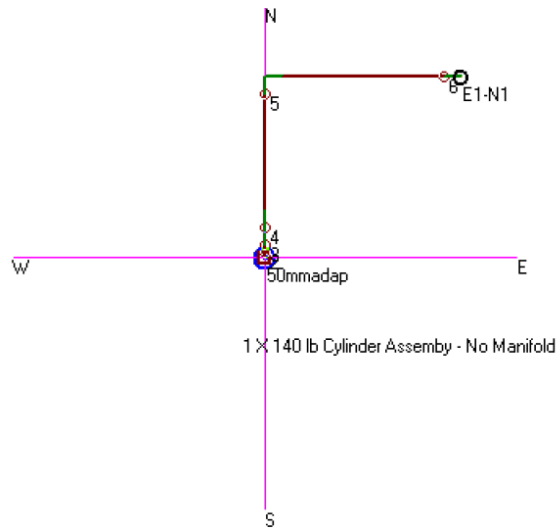
Figura 7-2: Isométrico instalación de sistema



Fuente: Software de simulación Shappire.

En la figura 7-3 vista superior, se puede observar la ubicación del cilindro de agente limpio y la ubicación de la boquilla.

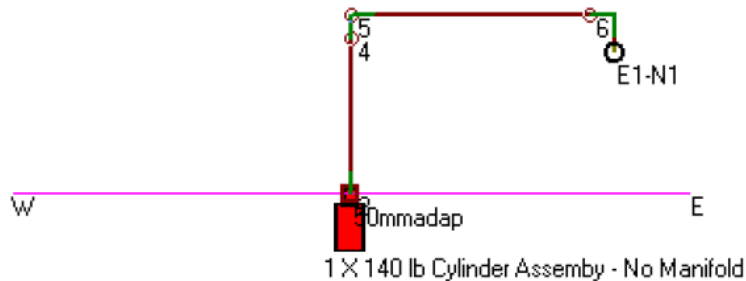
Figura 7-3: Isométrico vista superior



Fuente: Software de simulación Shappire.

En la figura 7-4 se observa mejor la altura que será instalado el sistema, ubicación del cilindro y la tubería vertical al finalizar la boquilla.

Figura 7-4: Isométrico vista lateral



Fuente: Software de simulación Shappire.

7.4 Instrumentación sistema extinción de incendio

De acuerdo al diseño y los requerimientos técnicos para el funcionamiento del sistema se relacionan los equipos requeridos en el sistema de extinción de incendio, en el anexo A se puede encontrar la ubicación de los dispositivos en el centro de datos piso1. Tabla 7-6.

Tabla 7-6: Instrumentación sistema agente limpio

INSTRUMENTACIÓN EXTINCIÓN DE INCENDIO				
Referencia	Descripción	Marca	Unidad	Cantidad
Ansul	Cilindro de 140 lbs con abrazadera, adaptador y switch de presión.	ANSUL	un	1
570092	Soportes metálicos de cilindro	ANSUL	un	1
570558	Adaptador de tubería	ANSUL	un	1
570585	Sensor de baja presión	ANSUL	un	1
OP0020	Agente Limpio NOVEC 1230	ANSUL	lb	98.4
441871	Indicador de instalación de actuador eléctrico	Ansul	un	1
570537	Actuador eléctrico	Ansul	un	1
570549	Actuador manual	Ansul	un	1
437900	Switch de descarga	Ansul	un	1
570604	Boquilla de Descarga 360° 1"	ANSUL	un	1
2080-9057	Estación de aborto	Simplex	un	1
2080-9070	Estación de mantenimiento	Simplex	un	1
INT-GB6-24	Campana	Simplex	un	1
4090-9006	Módulo de descarga	Simplex	un	1
	Tubería SCH-40 - 32 mm, con accesorios y soportería		ml	1.85
	Tubería SCH-40 - 25 mm, con accesorios y soportería		ml	4.9

Fuente: El autor

7.5 Hojas de resultado de diseño

A continuación se presenta el resultado del diseño en las hojas de trabajo figura 7-5, en estas se documentan los resultados obtenidos del diseño para entregar con la documentación del sistema.

Figura 7-5: Hojas del diseño

DATE: 03 Noviembre 2020 SECTION V UL EX-4510 4-1-05 REV.1 Page 5-11
 QUOTE/JOB NUMBER: 001 SAPPHIRE SYSTEM DESIGN CALCULATION WORKSHEET
 CUSTOMER: Biblioteca Universidad Antonio Nariño sede Sur

VOLUME CALCULATIONS:	AREA 1	AREA 2	AREA 3	AREA 4	AREA 5
Area Name:	Centro de datos				
Length (ft):	7.45 metros				
Width (ft):	7.38 metros				
Height (ft):	2.30 metros				

Area (sq ft):	54.98 metros cuadrados				
Volume (cu ft):	126.45 metros cúbicos				
Gross Volume (cu ft):	126.45 metros cúbicos				

Volume Reductions:				
Structural Reductions (cu ft):	28.12 metros cúbicos			
Net Volume: (Volume - Structural Reductions)	98.33 metros cúbicos			

ROOM MINIMUM AMBIENT TEMP.:	20 grados centigrados			
DESIGN CONCENTRATION:	4.5			
FLOODING FACTOR: (From Table)	0.65 Kilogramo / metro cúbico			

INITIAL NOVEC 1230 QUANTITY CALC.:	140.58 libras			
NOVEC 1230 Quantity (lb): (Total Reduced Volume x Flooding Factor) or (Formula from Design Manual)				

ALTITUDE CORRECTION:	
Height Above or Below Sea Level:	2581 m.s.n.m
Factor: (From Design Manual Table)	0.7

ACTUAL NOVEC 1230 QUANTITY (lb):	98.40 libras			
(Initial NOVEC 1230 Quantity x Altitude Correction Factor)				

TOTAL NOVEC 1230 QTY. (lb):	98.40 libras
(Sum of all Actual NOVEC 1230 quantities)	

TOTAL NOVEC 1230 QTY. (lb):	98.40 libras
(From Page 1)	

Fuente: Diseño Shappire

En la figura 7-6 se muestra la continuación de los resultados obtenidos.

Figura 7-6: Hoja de trabajo número 2.

SAPPHIRE SYSTEM DESIGN CALCULATION WORKSHEET (Continued)

SECTION V ULEX-4510 9-1-10 REV.2 Page 5-12

DATE: 03 Noviembre 2020

SAPPHIRE SYSTEM DESIGN CALCULATION WORKSHEET

QUOTE/JOB NUMBER: 001

CUSTOMER: Centro de datos Biblioteca Antonio Nariño sede sur, Bogotá

	AREA 1	AREA 2	AREA 3	AREA 4	AREA 5
Area Name:	Centro de datos				

ACTUAL NOVEC 1230 AGENT PER AREA: 98.40 libras

[(Actual NOVEC 1230 Qty. ÷ Total NOVEC 1230 Qty.) x NOVEC 1230 Agent Supplied]

ACTUAL NOVEC 1230 FLOODING FACTOR: 1.42

[(Actual NOVEC 1230 Agent per Area ÷ Alt. Correction Factor) ÷ Total Reduced Volume]

CONCENTRATION RANGE CHECK:

(Design Conc. Must be Between 4.2% – 10% For Occupied Spaces)

Room Max. Ambient Temp.: 30 grados centigrados

Design Concentration at Max. Temp.: 4.68

(Locate Actual NOVEC 1230 Conc. at Max. Temp. on Table, or Use Calc. in Design Manual)

DISCHARGE TIME:

Normal Ambient Temperature: 20 grados centigrados

Design Concentration at Ambient Temp.: 4.51

(Locate Actual NOVEC 1230 Conc. at Ambient Temp. on Table, or Use Calc. in Design Manual)

Nozzle Quantity: 1

[length of hazard ÷ length from 180° or 360° Nozzle Coverage Capability Chart (Rounded to Next Highest Whole Number) x width of hazard ÷ width from 180° or 360° Nozzle Coverage Capability Chart (Rounded to Next Highest Whole Number)]

Estimated Nozzle Pipe Size: 25 mm

Pipe Size:

(Refer to Pipe Sizing Chart)

Fuente: Diseño Shappire

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

1. La Biblioteca de la Universidad Antonio Nariño sede Sur, se compone de un edificio que se encuentra clasificado en la NSR-10 como lugares de reunión sociales y recreativos, subgrupo L-3, esta edificación tiene un área total de 840.5 m², con una altura sobre el nivel del mar de 2581 m, una humedad relativa de 80% y una temperatura que varía entre los -4 a 25 °C. El edificio se encuentra dividido en dos zonas, una administrativa que consta de 4 pisos y una zona de servicios y consulta que consta de un salón general ubicado en el piso 1, la edificación no cuenta con un sistema de detección o extinción de incendios ni planos con rutas de evacuación, señalización de emergencia o ubicación de extintores.

La zona administrativa cuenta con 2 puertas de salida, una comunica a la salida principal de la biblioteca y la segunda se encuentra ubicada en el piso 3 comunicando al edificio contiguo, esta última salida es de acceso restringido y requiere el uso de llaves por lo que no se tiene en cuenta como salida de emergencia (NSR-10 K.3.8.2.2). Se cuenta con sistemas de extintores portátiles en cada piso del edificio, 5 de tipo multipropósito 2 de agente limpio Solkaflam 123 ubicados en el área de las escaleras.

En las instalaciones se encuentran fallas eléctricas como cableado sin canalización, toma corrientes en mal estado y circuitos eléctricos sin identificación entre otras, en la parte estructural también se observan daños en el techo del piso 4 causados por humedad y que pueden llegar a afectar la integridad del material allí almacenado.

En la zona de servicios y consulta se encuentra el acceso principal a la biblioteca, esta cumple con el ancho mínimo de acuerdo a NSR-10 pero su apertura debe ser hacia afuera de acuerdo a NSR-10 K.3.2.8.5, se encuentra otra puerta al costado norte pero con acceso restringido por llaves, cuenta con 2 extintores portátiles multipropósito ubicados cerca a las puertas del lugar.

En esta zona se encuentran fallas eléctricas como tomacorrientes en mal estado, el acceso al mezanine se encuentra restringido por lo que no se puede determinar en esta zona.

2. El análisis de riesgo realizado a la biblioteca da como resultado algunos factores de mayor peligro que son indicados a continuación, al mejorar alguno de estos factores se debe actualizar la análisis de riesgos.

Falsos techos: En la zona administrativa se encontró un recubrimiento en los techos con tabloncillos de madera (plywood), lo que califica como falsos techos en material combustible.

Accesibilidad al edificio: Esta valoración fue baja debido a que tiene en cuenta el ancho de la vía de ingreso, número de fachadas y la distancia a una segunda puerta de ingreso a las instalaciones, esta otra entrada se encuentra ubicada en el tercer piso área administrativa.

Propagabilidad: En el área administrativa se encontró que el techo combustible ayudara a la propagación de un incendio en forma horizontal, también la existencia de tragaluces y escaleras sin protección cortafuego permitiría la propagación vertical en caso de un evento de incendio.

Otros factores de protección obtienen la mínima calificación debido a que no existen o no son vigilados constantemente como lo son:

Bocas de incendio equipadas, columnas de hidrantes exteriores, detección automática de incendios, rociadores automáticos, extinción por agentes limpios diferentes a los portátiles.

3. Teniendo en cuenta la normatividad Colombiana vigente y sus referencias a otras normas, se analizan y especifican los equipos que cumplen con los requerimientos de estas, para ello se tuvo en cuenta la caracterización de las diferentes zonas de la biblioteca, el requerimiento normativo, análisis de riesgos, cubrimiento de equipos, accesibilidad a la activación de señales de emergencia, zonas críticas, señalización para una rápida evacuación, rutas de evacuación y la iluminación de emergencia.

4. Las instalaciones de la biblioteca no cuentan actualmente con planos estructurales, con el desarrollo de este objetivo no solo se tiene un diseño del sistema de incendio y señalización de emergencia, también se podrán utilizar para el detalle de otros sistemas como pueden ser: sistema eléctrico, sistema hidráulico, sistemas de seguridad, etc. Mejorando notablemente la documentación existente para futuros mantenimientos a las instalaciones.

5. En este trabajo se compila la información requerida para la implementación del sistema de detección, extinción y señalización de emergencia, entre esta información se encuentra lo siguiente:
 - Caracterización de las instalaciones
 - Análisis de riesgos
 - Consideraciones de diseño
 - Detalle técnico de equipos a instalar
 - Lista de equipos, referencias y cantidades requeridos para el sistema.
 - Planos con rutas de canalización y ubicación de equipos de cada sistema.
 - Diseño de sistema agente limpio.
 - Manual de funcionamiento.

6. Con este manual de operación el personal en sitio tendrá una herramienta fácil de consultar ante cualquier evento del sistema, una guía práctica de los equipos instalados y su funcionamiento, así como el procedimiento a realizar en caso de un evento de alarma, falla o supervisión del sistema.

7. El centro de datos de la biblioteca corresponde a la zona caracterizada como B en el capítulo 3, con un área de 44.69 m, altura de 2.30 m, altura sobre el nivel del mar de 2581 m y una temperatura que varía entre los -4 a 25 °C, es un sitio crítico para la operación la biblioteca y donde la extinción de un incendio por el método tradicional (agua) no es viable, por esto se realizó el diseño de un sistema de extinción por agente limpio que no dañara los elementos almacenados (Documentación, equipos electrónicos, materiales, etc.) sensibles al agua, esta zona de la biblioteca permite preservar todos estos materiales patrimonio de la universidad sin exponer su integridad ni la vida del personal que labora en las instalaciones.

El sistema de extinción por agente limpio requiere sin embargo una constante verificación de las condiciones del sitio instalado, su efectividad depende de mantener las condiciones iniciales durante toda su operación, en el diseño se encuentra que la estanqueidad del cuarto debe mantenerse siempre, evitando fugas de agente limpio por remodelaciones, aperturas de orificios y demás modificaciones que puedan realizarse al cuarto afectando su acción ante el fuego, si estas condiciones no se mantienen no se podrá garantizar la extinción del incendio en el cuarto.

La capacitación al personal administrativo también es muy importante, debido a que el sistema es automático pero en un evento pequeño se puede controlar con un sistema de extinción portátil, evitando la pérdida del agente y exposición de los equipos a este.

Las adecuaciones descritas en este diseño deben realizar estrictamente para garantizar la protección del cuarto y el cumplimiento de las normas vigentes.

8.2 Recomendaciones

Se recomienda la implementación de este proyecto en las instalaciones de la Biblioteca de la Universidad Antonio Nariño sede Sur, dando cumplimiento a la legislación Colombiana y minimizando los riesgos del personal y las instalaciones.

Generar un programa de mantenimiento a las instalaciones de la biblioteca, las fallas encontradas en el sistema eléctrico son un riesgo que se puede evitar y mejorar para dar cumplimiento a la normatividad colombiana y prevenir el origen de una emergencia.

Se debe tener un programa de mantenimiento y capacitación de los sistemas de extinción portátiles encontrados en la biblioteca, Estos son la primera línea de defensa en caso de presentarse un evento de incendio y su vencimiento o falta de manejo pueden generar una emergencia en las instalaciones.

Habilitar una segunda salida en caso de emergencia, el recorrido de las personas que se encuentran en los pisos 3 y 4 excede lo requerido por la norma colombiana, si en una emergencia se bloquea la única salida el personal en sitio no tendría otra opción de evacuación.

La puerta de entrada a la biblioteca debe cambiar su sentido de apertura, requerido por la NSR-10 en caso de emergencia las puertas de lugares con ocupación mayor a 50 personas deben abrir hacia afuera.

Para el circuito eléctrico del panel de detección de incendio se debe cumplir con lo dispuesto en las normas NFPA 72 sección 10.6.5, NTC 2050 sección 760 y las recomendaciones del fabricante.

Glosario

Agente Limpio	Producto químico que se encarga de la extinción del incendio, no conduce electricidad y tiene un bajo impacto en el medio ambiente, se contiene en estado líquido y durante su expansión pasa a estado gaseoso.
Altura edificación	Medida tomada desde la salida del edificio al exterior hasta el piso del ultimo nivel ocupado por personas (terraza, cubierta).
Área Bruta	Área total sin deducción de elementos constructivos como escaleras, columnas, ductos fosos. Etc.
Área Neta	Área dentro del perímetro interior con la deducción de elementos como ductos, fosos, escaleras, columnas, vigas. etc.
Barrera cortafuego	construcción diseñada para restringir la propagación del fuego y el humo por un determinado tiempo (muros, vigas, columnas)
Btu	Unidad térmica británica, que equivale a la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura en 1 °F, de una libra de agua destilada.
Descarga de salida	Tramo final de un medio de evacuación hasta el lugar seguro
Estanqueidad	La capacidad para evitar que entren o salgan partículas de una pieza, circuito o habitáculo, por ejemplo aire de un cuarto, aceite de un cárter o agua de una bomba.

Estratificación del aire	Fenómeno en el que el movimiento de ascendencia del humo y los gases generados en un incendio se detiene, debido a la pérdida de flotabilidad.
Fuego	Reacción química entre varios elementos, que produce luz y calor al quemarse un combustible.
GWP	Potencial de calentamiento global que tienen los gases y se calcula para evitar el daño de la atmósfera
Loael	Es la concentración mínima en la cual se observa un efecto desfavorable en las personas expuestas, fisiológica o toxicológicamente.
Lugar seguro	Lugar al aire libre que conduce sin obstáculos a una vía pública.
Medios de evacuación	Vías libres que desde cualquier punto de la edificación conducen a un lugar seguro.
Mezanine	Espacio entre pisos, normalmente abierto y con conexión a la primera planta.
Muro cortafuego	construcción sólida que restringe la propagación del fuego durante un tiempo determinado.
NFPA	Organización Norteamericana encargada de crear y mantener las normas para la protección contra incendios.
NSR10	Norma técnica Colombiana de sismo resistencia
Noael	Concentración máxima de agente limpio, donde no se observa ningún efecto adverso en las personas expuestas ni fisiológica o toxicológicamente.

Peligro	Describe una situación potencialmente dañina para las personas, la propiedad o el medio ambiente.
Piso	Cada una de las plantas físicas de la edificación.
Puerta cortafuego	Puerta de una construcción especial que permite la restricción de propagación del fuego por determinado tiempo.
Resistencia al fuego	Propiedad de los materiales para conservar su integridad por un periodo de tiempo, luego de ser expuestos a un evento de incendio.
Riesgo	Exposición ante una situación donde hay una probabilidad de sufrir un daño, sea a la vida, la propiedad, medio ambiente salud, etc.
Salida	Parte de un medio de evacuación que conduce a un lugar seguro, pueden ser puertas, corredores, ventanas rampas etc.
Sistema de extinción	Sistema automático de supresión de incendios, por medio de un elemento extintor de fuego.
Sistema de detección	Sistema automático de alerta temprana en la detección de incendios.
Vía Pública	Espacio seguro, al aire libre dedicado al uso público o colectivo, con un ancho mayor a 3 m.

Bibliografía

1230, S. N. (2020). Simulador de sistemas agente limpio .

Agent tank shipping assembly. (2018). Obtenido de SIMPLEX: <https://simplex-fire.com/en/us/Pages/default.aspx>

Álvarez, I. J. (2019). Nuevos requisitos NSR Títulos J y K. Seguridad Humana y Protección Contra Incendios. *Nuevos Requisitos NSR Títulos J y K. Seguridad Humana y Protección Contra Incendios.* Bogotá: ANRACI COLOMBIA.

Álvarez, I. J. (2020). Actualización NSR en Protección Contra Incendios. Norma Sismo Resistente, Seguridad Humana. ANRACI. *Actualización NSR en Protección Contra Incendios. Norma Sismo Resistente, Seguridad Humana.* ANRACI. Bogotá: ANRACI COLOMBIA .

ANRACI.ORG. (Noviembre de 2018). *ANRACI.ORG.* Obtenido de Diseño de Sistemas de Agente Limpio Bajo Norma NFPA 2001: <https://anraci.org/wp-content/uploads/2018/11/PRESENTACION-AGENTES-LIMPIOS-JCI-FACM.pdf>

Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *TERMODINÁMICA.* México D.F.: McGraw Hill .

Graw-Hill, M. (2017). *Transferencia de calor y masa.* Mexico D.F.

MAPFRE, Editorial. (1998). *Método simplificado de evaluación del riesgo de incendio : MESERI.* (MAPFRE, Ed.) Obtenido de app.mapfre.com: https://app.mapfre.com/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1020222

Ministerio de Ambiente, V. y. (2016). *NSR-10.* Obtenido de Pedraza Serrano Ing.: <https://www.pedrazaserranoing.com/wp-content/uploads/2019/03/J-NSR-10.pdf>

NFPA 2001. (2018). Retrieved from NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION : <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=2001>

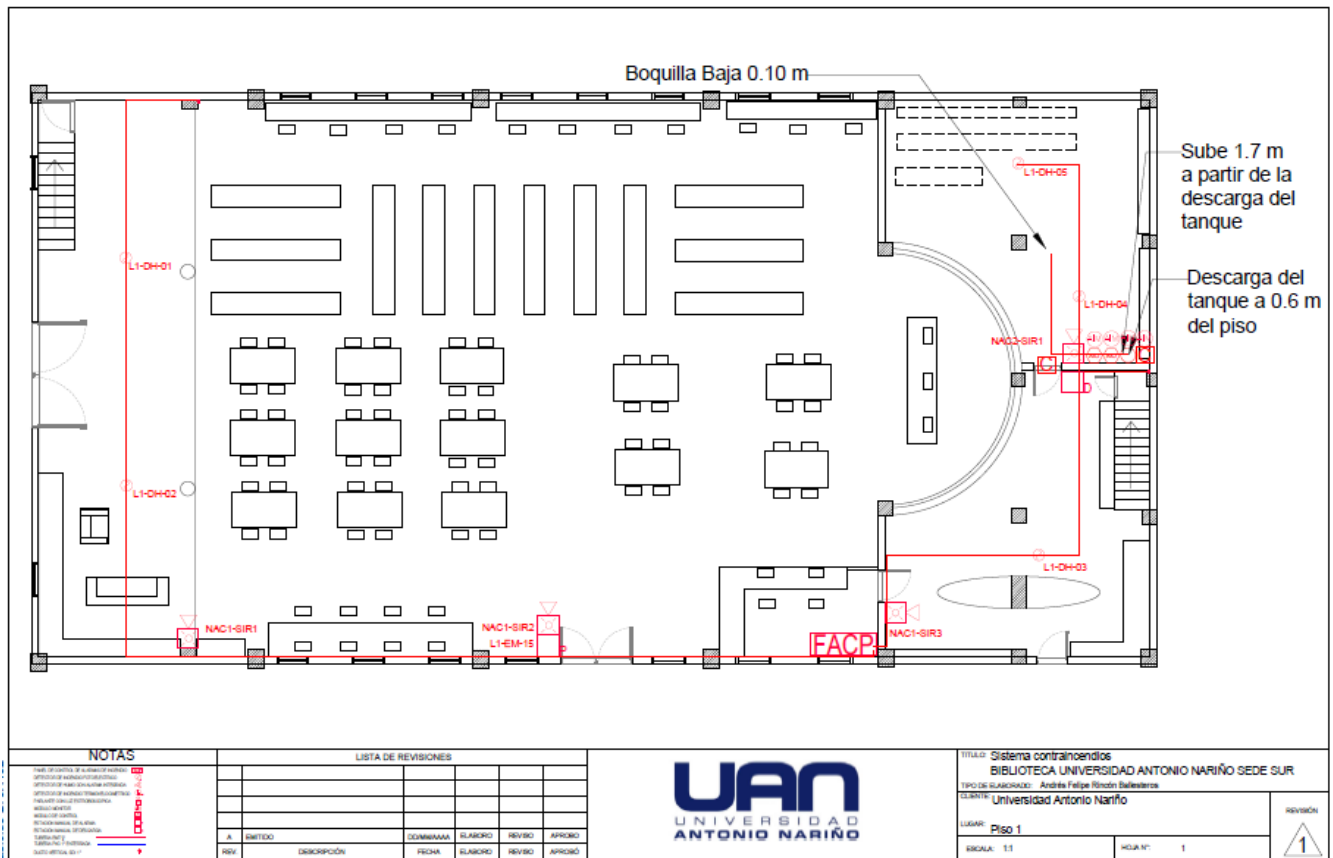
NFPA. (2017). *NFPA 704*. Retrieved from NFPA 704 Standar systems for the identification of the hazards of materials for emergency response: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=704>

NFPA 72. (2019). *NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION 72*. Retrieved from <https://www.nfpa.org/>: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=72>

Simulador carga termica de fuego. (2020). Obtenido de Konstruir.com: <http://konstruir.com/contraincendios/incen3.php>

Anexos

A. Anexo plano sistema detección de incendio piso 1



NOTAS

1. Este sistema de alarma de incendio está diseñado para detectar la presencia de un incendio en el momento en que se inicia y emitir una alarma sonora y luminosa en el momento en que se detecta el incendio.

2. Este sistema de alarma de incendio está diseñado para detectar la presencia de un incendio en el momento en que se inicia y emitir una alarma sonora y luminosa en el momento en que se detecta el incendio.

3. Este sistema de alarma de incendio está diseñado para detectar la presencia de un incendio en el momento en que se inicia y emitir una alarma sonora y luminosa en el momento en que se detecta el incendio.

4. Este sistema de alarma de incendio está diseñado para detectar la presencia de un incendio en el momento en que se inicia y emitir una alarma sonora y luminosa en el momento en que se detecta el incendio.

5. Este sistema de alarma de incendio está diseñado para detectar la presencia de un incendio en el momento en que se inicia y emitir una alarma sonora y luminosa en el momento en que se detecta el incendio.

LISTA DE REVISIONES

NO.	EMITIDA	DESCRIPCION	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
A						
REV						



TITULO

Sistema contra incendios
BIBLIOTECA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE SUR

LENGUAJE

Piso 1

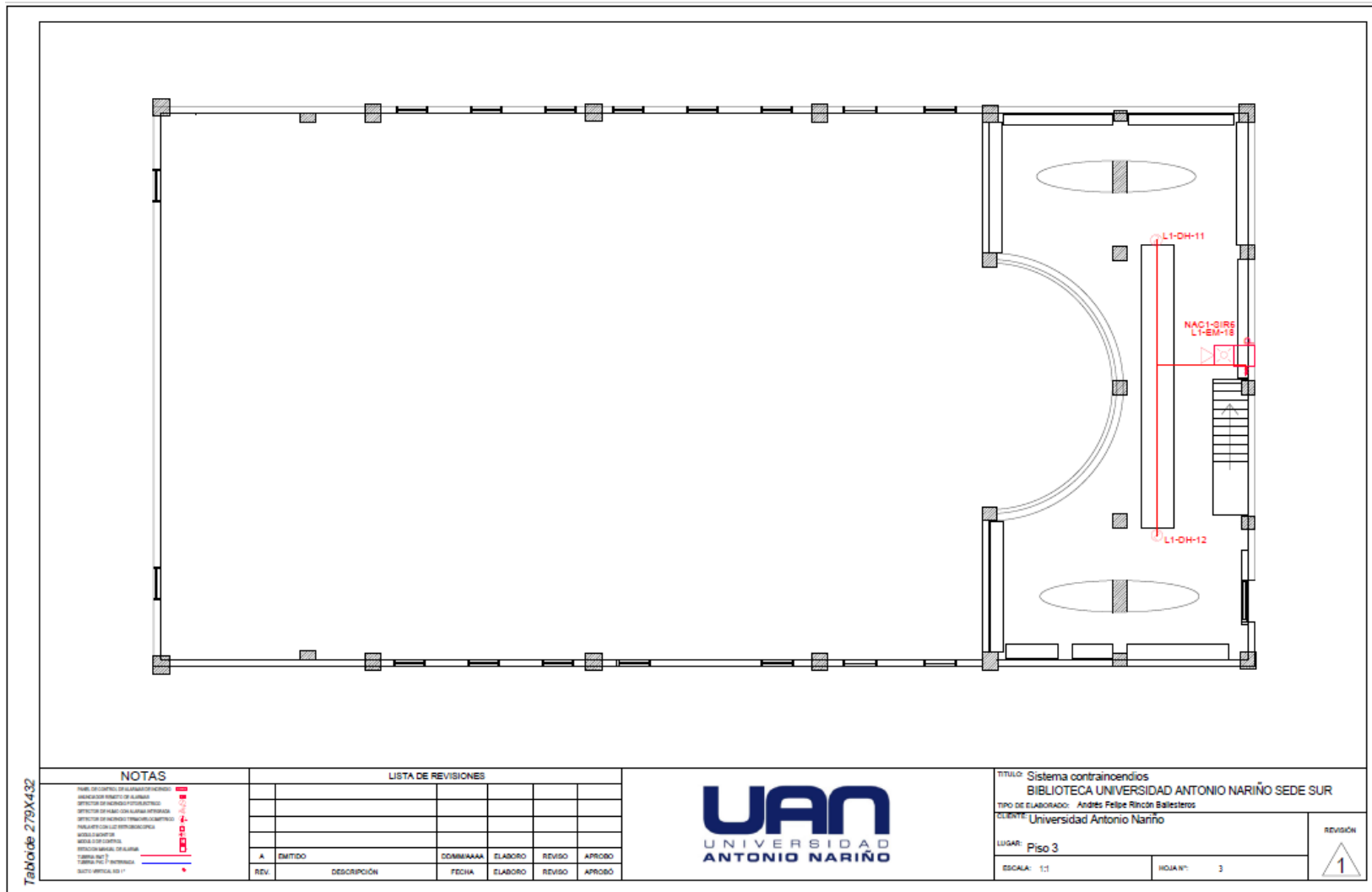
ESCALA

1:1

REVISION

1

C. Anexo plano sistema detección de incendio piso 3



Tabloide 279X432

NOTAS

PLAN DE CONTROL DE ALARMA DE INCENDIO
 ANEXO DEL PROYECTO DE ALARMA
 DETECTOR DE INCENDIO FOTOLACTICO
 DETECTOR DE FUMOS CON ALARMA OPTICA
 DETECTOR DE INCENDIO TERMOANALOGICO
 MANUAL CON L1-EM-13
 MODO CONTROL
 MODO CONTROL
 MODO CONTROL
 TABLA NO 1
 TABLA NO 2
 TABLA NO 3

LISTA DE REVISIONES

REV.	EMITIDO	DESCRIPCION	FECHA	ELABORO	REVISO	APROBO
A						



TITULO: Sistema contraincendios
 BIBLIOTECA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE SUR
 TIPO DE ELABORADO: Andrés Felipe Rincón Bailesteros
 CLIENTE: Universidad Antonio Nariño

LUGAR: Piso 3

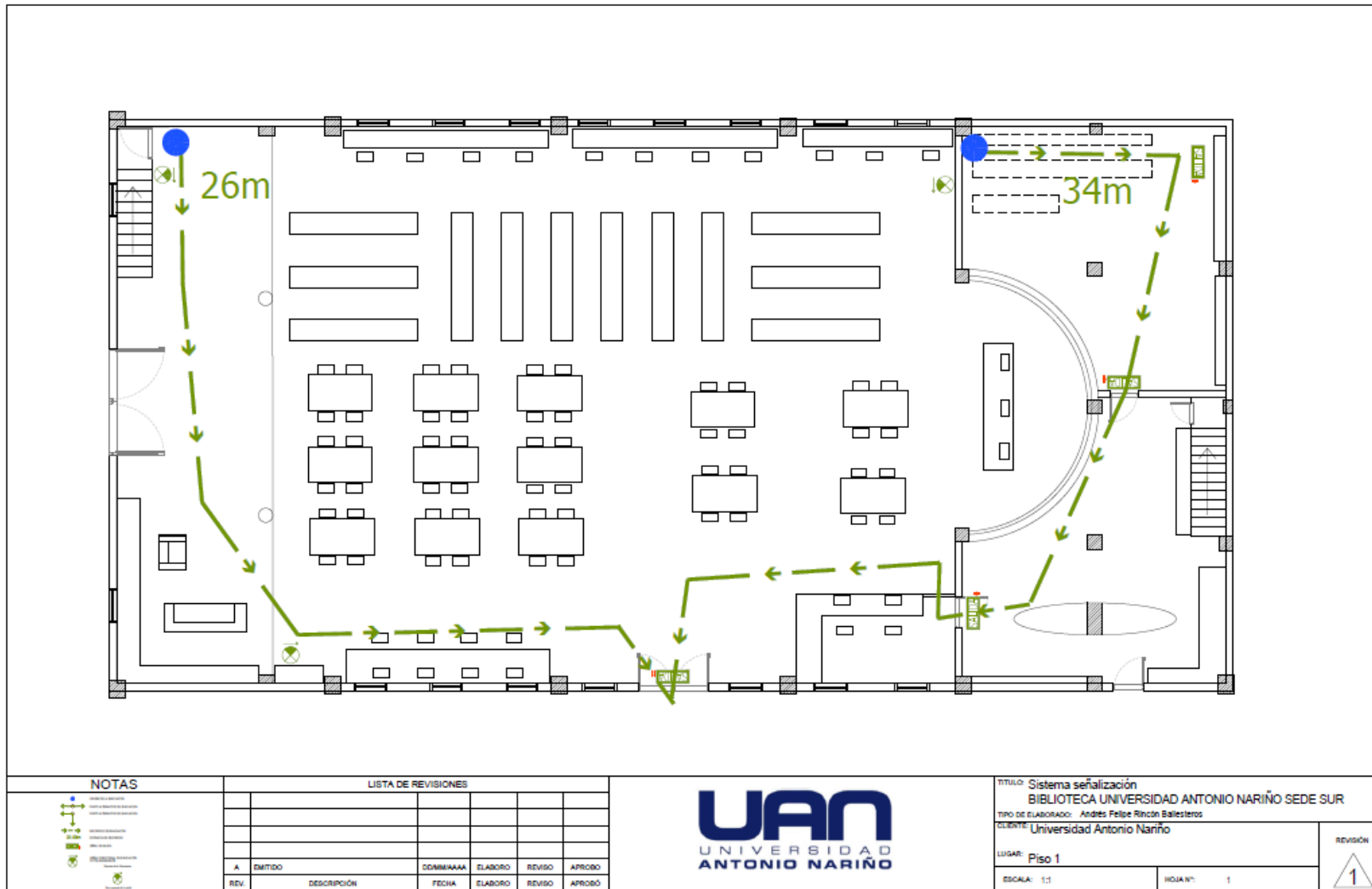
ESCALA: 1:1

HOJA N°: 3

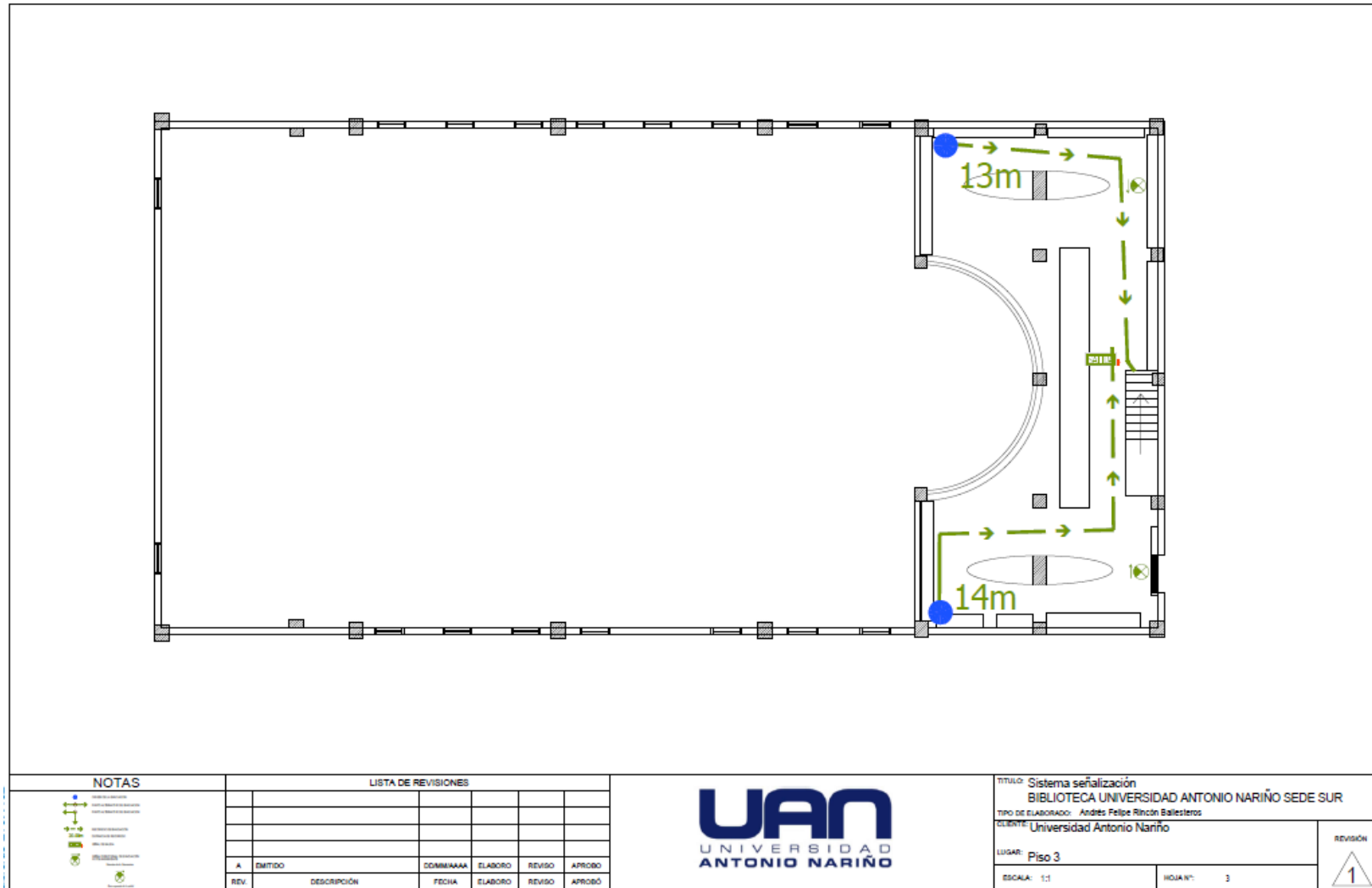
REVISION

1

E. Anexos: Planos señalización de emergencia piso 1



G. Anexos: Planos señalización de emergencia piso 3



Manual de Operación

Sistema detección y extinción de Incendios

Biblioteca Universidad Antonio Nariño

RECOMENDACIONES GENERALES

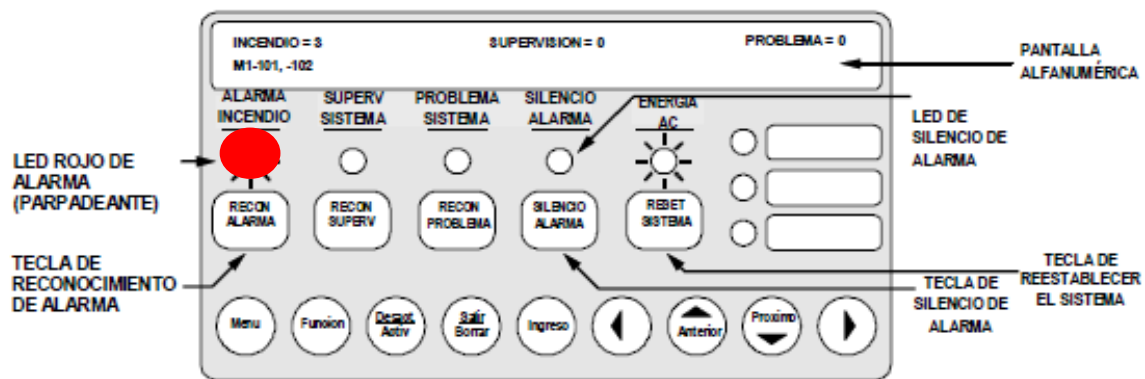
Para el correcto funcionamiento del sistema por favor tener en cuenta estas recomendaciones.

- Su seguridad y el de las personas que lo rodean siempre debe ser primero
- Se recomienda la capacitación del personal que va a realizar la operación del sistema o cuando se realice un cambio de este personal.
- Para el sistema de detección y extinción de incendio se recomienda realizarlo el mantenimiento preventivo cada tres meses.
- Los mantenimientos se deben realizar por personal calificado.
- Este sistema puede apoyar la evacuación del edificio, se recomienda incluirlo en el plan de evacuación de la biblioteca.
- Se recomienda evitar la activación del sistema por falsas alarmas como, humo de cigarrillo,
- Importante capacitar al personal en el manejo de extintores portátiles, esto puede evitar la activación del sistema en caso que se pueda controlar.
- Recuerde conservar la calma y actuar con rapidez.

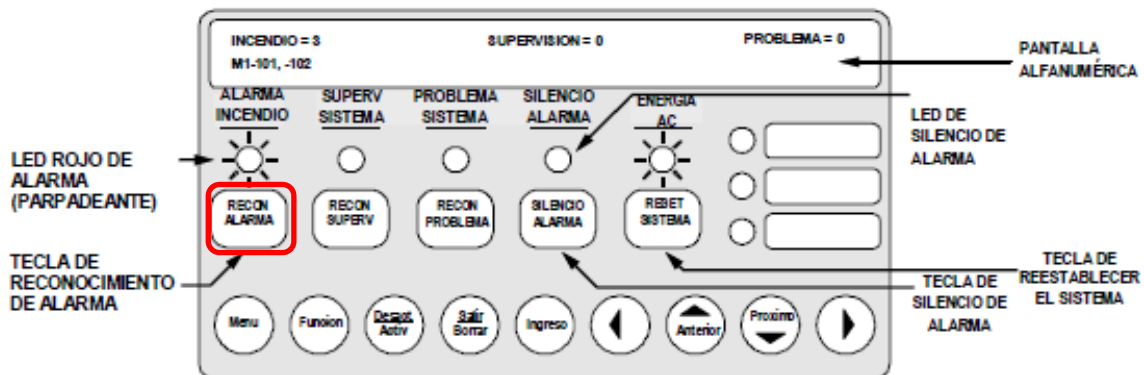
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

EN CASO DE ALARMA

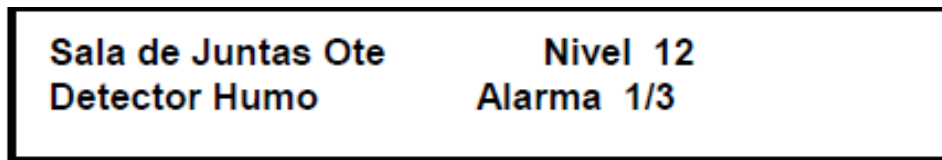
1. Abra la tapa del panel de incendio, y verifique la zona de alarma.



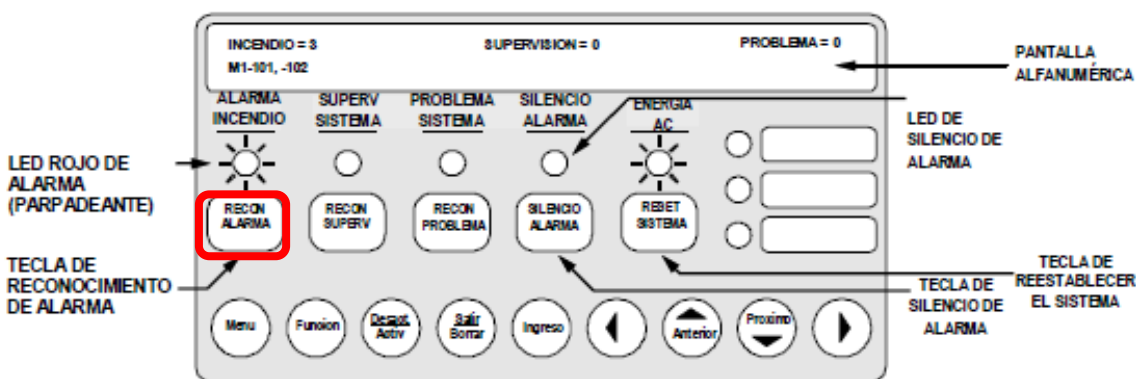
2. El led de color rojo destellara indicando una condición de alarma en el sistema
3. Oprima la tecla Ack alarm, ubicada debajo del led que destella.



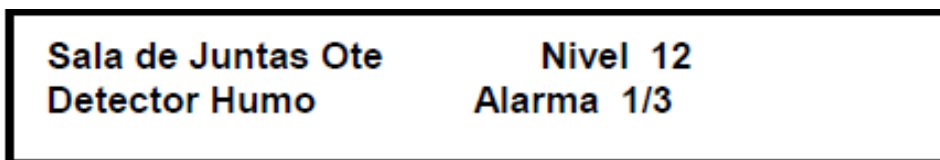
- En la pantalla del panel aparecerá el nombre del lugar donde se activó el sistema



- Presione la tecla reconocer alarma



- El led rojo dejara de parpadear y se mostrara la información del sitio de activación.



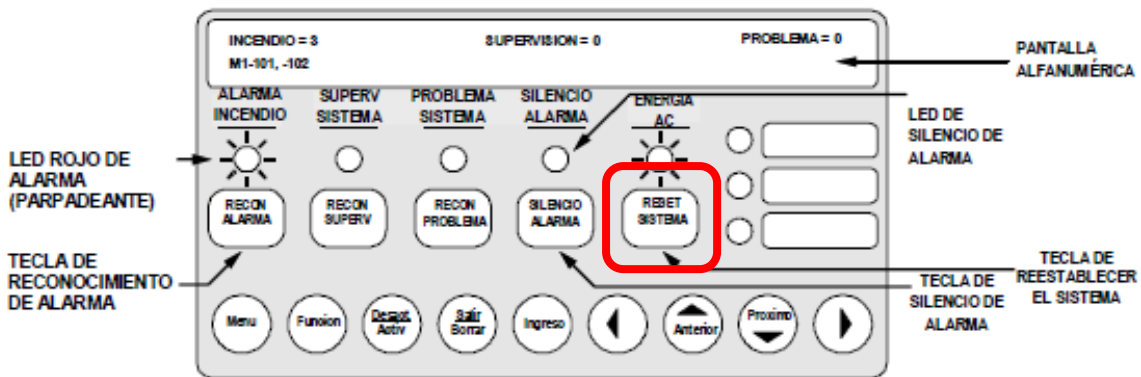
- Realice la verificación en sitio para determinar si es una falsa alarma.

SI ES UNA FALSA ALARMA

8. Digite la tecla silencio alarma



9. Luego presione la tecla Reset sistema



10. La pantalla mostrara el mensaje no hay alarmas

**No hay Alarma Presente Reset Sistema Completo
Regresar a pantalla anterior presionar cualquier tecla**

11. El sistema aparecerá con el siguiente mensaje SISTEMA NORMAL.

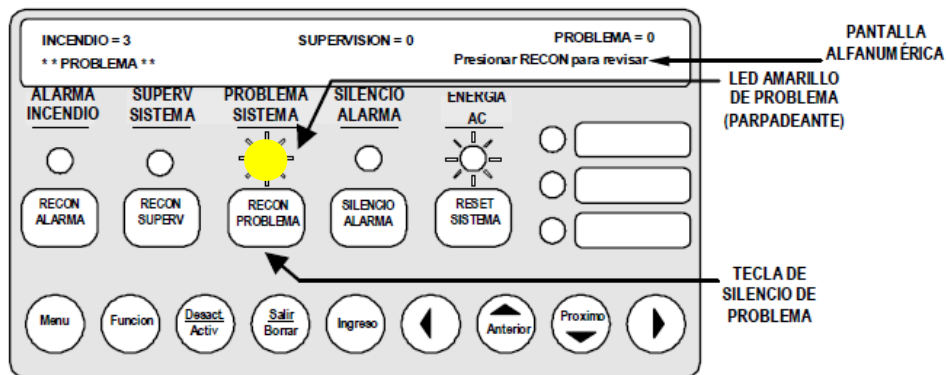
<p style="text-align: center;">** SISTEMA NORMAL **</p> <p>12:30:02PM Mie-jun-97</p>
--

EN CASO DE SER UNA ALARMA VERDADERA.

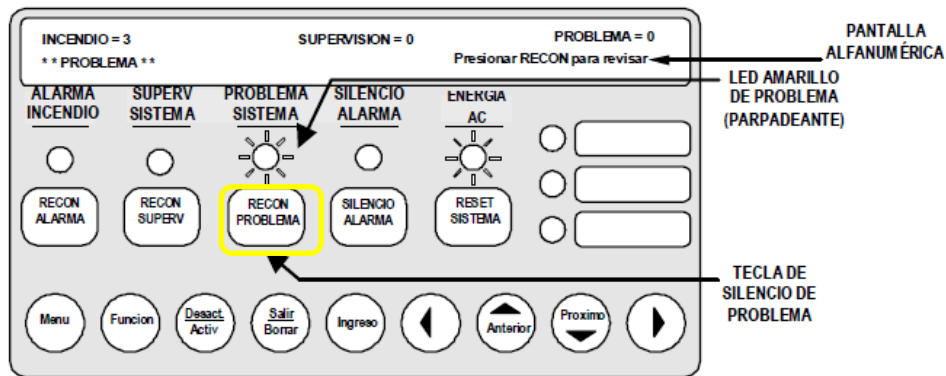
12. Inicie el protocolo de emergencia indicado por la universidad.

PROBLEMA O SUPERVISION

1. El led de color amarillo parpadeara.



2. Presione la tecla reconocer, debajo del led que está parpadeando.



3. La pantalla le indicara la condición de falla.

**Sala de Juntas Ote
Detector Humo**

**Nivel 12
Problema 1/3**

- Informe al personal correspondiente para la revisión de la falla.

**** SISTEMA NORMAL ****
12:30:02PM **Mie-jun-97**

- Luego de restablecida la condición de falla el teclado indicara sistema normal.