

**COMPARATIVO TÉCNICO Y PRESUPUESTAL DE LOS PRINCIPALES
COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO
TRADICIONAL Y HI – FOG.**

Nicol Vanessa Villalobos Buitrago

Universidad La Gran Colombia

Artículo para optar por el título de Ingeniera civil

2023

Resumen

Este artículo pretende realizar un comparativo técnico y presupuestal de los sistemas de protección contra incendio convencional y la nueva tecnología Hi-Fog (High-pressure Water Mist Fire Protection System / Sistema de Protección contra Incendios de Niebla de Agua a Alta Presión) teniendo como base la situación que se vive actualmente en Colombia en cuanto a la respuesta a una emergencia ocasionada por un conato de incendio, se identifican y describen los componentes principales para los sistemas en mención y el nivel de riesgo que tienen las infraestructuras de acuerdo a la normatividad NFPA (National Fire Protection Association / Asociación Nacional de Protección contra Incendios) teniendo como caso de estudio la construcción del edificio de ciencias de la Universidad Javeriana de manera que se puedan identificar cuáles son las razones principales para implementar un sistema más costoso a la hora de proteger un entorno.

Palabras clave: Sistema, Hi-Fog, convencional, Protección, contra incendio.

Abstract

This article aims to carry out a technical and budgetary comparative analysis between conventional fire protection systems and the new Hi-Fog technology (High-pressure Water Mist Fire Protection System) based on the current situation in Colombia regarding the response to a fire incident. The main components for both systems are identified and described, as well as the level of risk that infrastructures have according to NFPA regulations (National Fire Protection Association). The construction of the science building at Universidad Javeriana serves as a case study to identify the main reasons for implementing a more expensive system when protecting an environment.

Keywords: System, Hi-Fog, conventional, Fire Protection.

COMPARATIVO TÉCNICO Y PRESUPUESTAL DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO TRADICIONAL Y HI – FOG

Según el estudio realizado por la Universidad Manuela Beltrán (2023), se precisa que:

En los últimos 4 años se ha reportado un incremento del 14%, en la cantidad de incendios estructurales atendidos por los cuerpos de Bomberos en nuestro país, pasando de 458 en los primeros ocho meses de 2020, a 631 en lo que va del 2023.

Adicionalmente, el estudio publicado por Maria H. Mercado (2023), pone en evidencia un panorama mucho más preocupante, en cuanto a las estadísticas publicadas por la Agencia Nacional de Bomberos, donde se indica que, de los 18.000 incendios atendidos por la Entidad en el año 2020, 2.500 corresponden a incendios estructurales.

Los datos estadísticos nos permiten identificar la necesidad de tener mayor cobertura en la implementación de los sistemas de protección contra incendio, con el objetivo de brindar seguridad a las edificaciones y a los espacios públicos en Colombia. Según Hugo Torres Bahamon (2023), director ejecutivo de la Agencia Nacional de Protección Contra Incendios (ANRACI), el 95% de los hogares y el 80% del sector comercial, no cuentan con un sistema de protección automático de extinción (rociadores). En la actualidad la pertinencia de los sistemas de protección contra incendios y el alcance en su implementación, se encuentra establecido en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10) dentro de los títulos J y K de la norma.

La NSR-10 presenta una clasificación de las edificaciones por grupos de ocupación y en función del riesgo de pérdidas de vidas humanas o amenaza de combustión, sin embargo, exime de la necesidad de implementación de los sistemas contra incendios, a las edificaciones de uso comercial que no tengan más de dos pisos y que su área no exceda los $500 m^2$, uso institucional que tengan un solo piso y cuya

área construida sea menor a $1200 m^2$, uso residencial que no tengan más de 3 pisos independiente del área construida, lo anterior por hacer alusión a algunas excepciones.

Con el fin de conocer y analizar nuevas tecnologías, en el presente artículo se realiza un comparativo tanto técnico como presupuestal entre los componentes de los sistemas de protección contra incendio convencional y Hi-Fog, caracterizándose este último por trabajar con aire comprimido, el cual produce la descarga el agua en forma de agua nebulizada a alta presión, teniendo como referencia el edificio de ciencias de la Universidad Javeriana.

Objetivo General

Realizar un comparativo tanto técnico como presupuestal entre los componentes de los sistemas de protección contra incendio convencional y Hi-Fog.

Objetivos específicos

Resaltar la importancia que tiene instalar y conocer acerca de los sistemas de protección contra incendio en los diferentes tipos de disposición estructural.

Analizar las alternativas sostenibles que tiene cada sistema de manera que se minimice el desperdicio del agua.

Identificar la diferencia económica porcentual entre cada uno de los componentes de los sistemas a comprar.

Planteamiento de la problemática de la investigación

A pesar de los esfuerzos realizados para combatir los incendios estructurales en Colombia, la persistencia y gravedad de este fenómeno en los últimos cinco años sugieren la existencia de factores subyacentes y complejas interrelaciones que no han sido completamente comprendidas.

De estos fenómenos mencionados anteriormente encontramos que para el año 2020 en la ciudad de Cali el Cuerpo voluntario de Bomberos atendió aproximadamente 442 incendios estructurales (Mercado, 2023). Para el caso de la ciudad de Bogotá de acuerdo con información suministrada por el cuerpo oficial de bomberos para la localidad de Kennedy se atendieron en promedio más de 100 incendios estructurales para el periodo comprendido entre 2014 - 2020 (Mercado, 2023) y de acuerdo con el último informe de gestión de la Dirección Nacional de Bomberos de Colombia -DNBC (2022) se presentaron 3166 emergencias de incendios estructurales a lo largo del territorio nacional.

En relación a los datos proporcionados por entidades oficiales se revela una preocupante incidencia de incendios estructurales en diferentes ciudades de Colombia señalando la magnitud del desafío que representan los conatos de incendio que a la larga nos expone que el problema central radica en la falta de información y capacitación a la ciudadanía, lo cual genera un sentido de urgencia en realizar un análisis exhaustivo que identifique los factores contribuyentes a los incendios estructurales, sus patrones de ocurrencia a lo largo del tiempo y evaluar la eficiencia de las medidas existentes en la prevención y mitigación de estos incidentes.

Marco teórico

En relación a la problemática planteada anteriormente, es necesario definir teóricamente algunos conceptos que hacen parte de los sistemas de protección contra incendio tanto tradicional como Hi-Fog, de manera que se puedan identificar las funciones que tiene cada uno de ellos y de qué manera se diferencian.

Como se mencionó anteriormente existe una preocupación notoria frente a la cantidad de incendios estructurales que se han presentado en Colombia, una de las razones por las cuales se presenta esta situación esta relacionada con la falta conocimiento que tiene la sociedad en cuanto al funcionamiento de los sistemas de protección contra incendio ya que este es uno de los temas que está tomando importancia debido a los diferentes accidentes ocasionados por el fuego.

Para tener un mayor entendimiento de los sistemas de extinción contra incendio a base de agua se deben definir términos como lo son supresión de incendios, conato de incendio, sistemas de extinción manual, sistema convencional de rociadores y sistemas de agua nebulizada. Los conatos de incendio representan la situación inicial en la cual se empieza a generar una llama de fuego, esta es la etapa principal que según García. J (2019),

Diferentes factores como lo son el calor (energía de activación), el combustible y un comburente que conjuntamente se llaman el triángulo de fuego del cual se puede presentar una cuarta acción que es la reacción en cadena donde el fuego tiende a autoalimentarse y generar el aumento del incendio, es por esto que la supresión se refiere al conjunto de acciones y medidas destinadas a controlar y extinguir el fuego.

Los sistemas de supresión contra incendio convencionales de rociadores se basa en:

Atender el evento de incendio con el fin de controlarlo durante un tiempo determinado en el cual se prevé la llegada del cuerpo oficial de bomberos al sitio del siniestro. Estos sistemas se componen principalmente de depósitos de almacenamiento de agua, un

equipo de bombeo, generalmente compuesto por una bomba líder de tipo centrífuga y una bomba jockey que se encarga de mantener presurizado el sistema evitando el encendido de la bomba líder que en general requiere de grandes cantidades de energía o combustible para su funcionamiento, este equipo debe ser capaz de generar las presiones requeridas para el óptimo funcionamiento del sistema y llegar a los rociadores con la presión residual requerida por éstas para su buen funcionamiento.

Así mismo, el sistema se complementa con la red de tubería y accesorios diseñados para trabajo a presión y los rociadores por medio de los cuales se realiza la descarga del agente extintor que en este caso es agua en la ubicación del riesgo a proteger. (Navia. J, 2018, p. 39).

Por otro lado, los sistemas de agua nebulizada si bien tienen los mismos componentes de un sistema de rociadores convencionales como lo son sus boquillas que se identifican como los rociadores, equipo de bombeo, tanque de almacenamiento de agua, tubería y accesorios, existen diferencias que hacen que los sistemas sean muy diferentes entre sí, como se menciona a continuación:

Cuenta con variaciones que marcan una gran diferencia en su fundamento y objetivo principal; entre las más importantes la diferencia en las boquillas utilizadas, el equipo de bombeo de funcionamiento tipo pistón o desplazamiento positivo para lograr mayores presiones, el tipo de tubería y accesorios diseñados para trabajar a muy altas presiones y por último una muy marcada diferencia en la cantidad de agente extintor, en este caso agua desmineralizada y des ionizada, para la atención del evento de incendio.

El objetivo principal de un sistema de agua nebulizada, a diferencia del sistema de rociadores convencionales, es la completa supresión del incendio llegando así a una extinción del mismo sin la llegada del cuerpo oficial de bomberos. Su funcionamiento está basado en el enfriamiento y sofocación de las llamas, debido al mismo fenómeno

de aumento del volumen del agente extintor al llegar al punto de evaporación, lo cual desplaza el oxígeno presente en el medio y a su vez logrando el enfriamiento del fuego por la absorción de la energía calorífica. El sistema logra la extinción de las llamas debido a que las boquillas nebulizadoras son capaces de descomponer una gota de agua de un rociador convencional en aproximadamente 8000 gotas de menor diámetro, por lo cual se genera mayor superficie de contacto con la llama logrando así un mayor enfriamiento en menor tiempo y desplazando el oxígeno con mayor eficacia. (Navia, J, 2018, p. 39).

Normatividad

Dentro del marco normativo establecido por la NSR-10 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente) se encuentran los diferentes niveles de riesgo según el tipo de edificación, para su correcta clasificación se encuentran los títulos J y K los cuales corresponden a los requisitos de protección contra incendio en edificaciones y sus requisitos complementarios.

Teniendo como referencia el nuevo edificio de ciencias de la Universidad Javeriana se evidencia que de acuerdo a la normatividad colombiana NSR-10 su calificación corresponde al grupo de uso I (Institucional), subgrupo de uso I-3 (Educación) y Categoría II la cual comprende edificaciones de riesgo intermedio.

Partiendo de la clasificación realizada anteriormente el capítulo J.4, numeral J.4.3 indica los sistemas y equipos para la extinción de incendios, para el caso puntual del grupo de ocupación I (Institucional), la protección recomendada para este tipo de edificaciones son los rociadores automáticos los cuales se deben diseñar de acuerdo a la norma NFPA (National Fire Protection Association) 13 que para este caso puntual su clasificación corresponde al Capítulo 4 ítem 4.3.4 Ordinary Hazard - Grupo 2 (Peligro ordinario - grupo 2) el cual describe que se pueden usar rociadores

automáticos, tomas fijas para bomberos de acuerdo a la norma NFPA 14 y NTC 1669 y extintores de fuego portátiles de acuerdo a la norma de acuerdo a la norma NFPA 10.

En el caso de los sistemas de protección contra incendio a base de agua nebulizada (Hi-Fog) el diseño de dichos sistemas se realizan de acuerdo con la norma NFPA 750 que de igual manera tiene su clasificación como Ordinary Hazard - Grupo 2 (Peligro ordinario - grupo 2), pero en este caso su descripción corresponde a sistemas de alta presión.

Metodología/ Procedimiento

A partir de la información recopilada acerca de la situación actual que se vive en Colombia en cuanto a la protección contra incendios y la notoria falta de información que se tiene por parte de la ciudadanía, se tomó como referencia un proyecto con un nivel de riesgo complejo debido a que es una institución educativa la cual brindará diferentes espacios para el desarrollo de actividades no solo a estudiantes sino también a diferentes gremios del país, de manera que se pudiera resaltar la importancia de los sistemas de protección contra incendios y sus diferentes alternativas de acuerdo a los grupos de ocupación/edificación.

Este proyecto el cual contará no solo con una nueva tecnología sino también de componentes que se evidencian en un sistema convencional, el cual se encuentra en construcción actualmente permite realizar un comparativo entre el sistema de extinción a base de agua como lo es el convencional (rociadores automáticos/tomas fijas de bomberos/extintores portátiles) y una nueva tecnología (sistema de boquillas de agua nebulizada).

Para poder identificar las ventajas entre los sistemas se realizaron visitas técnicas a la Universidad Javeriana – Edificio de Ciencias, donde se desarrolla el proceso constructivo del sistema Hi-Fog, para ello se contó con el apoyo de los ingenieros que hacen parte de la empresa D&T Proyectos S.A.S quien es la encargada de realizar las instalaciones hidrosanitarias, gas y protección contra incendio,

esto con el fin de tener un mayor acercamiento al proyecto y así evidenciar el proceso constructivo del sistema de protección contra incendio HI-FOG.

Teniendo registros fotográficos, y realizando un análisis de precios de los componentes que hacen parte de los dos sistemas tanto convencional como Hi-Fog y un mayor acercamiento al proyecto, junto con una investigación teórica sobre los estudios que ya se han realizado sobre las características, componentes y desempeño que tienen, se realizó un estudio comparativo, resaltando las características que tiene la nueva tecnología de sistemas de protección contra incendio HI-FOG.

Análisis

El proyecto tomado como referencia (Edificio de ciencias de la Universidad Javeriana), según Torres. J (2023) cuenta con las características mencionadas a continuación:

Contará con 30 laboratorios y 9 áreas comunes dedicadas completamente a la docencia; más 4 laboratorios de colecciones biológicas, 39 laboratorios y 12 áreas comunes de investigación. Todo ello estará repartido en once pisos, tres sótanos y una cubierta técnica proporcionada con equipos, en su mayoría, del sistema HVAC (ventilación, extracción, y aire acondicionado), un cuarto de compresores, un cuarto de calderas, cuarto de máquinas de los ascensores y dos plantas eléctricas. (párr. 4)

Teniendo en cuenta el tipo el tipo de complejidad con el que va a contar el edificio de ciencias se deben cumplir los requisitos de duración del suministro de agua con el que deben contar los diferentes sistemas PCI, es por esto que la normatividad NFPA asigna de acuerdo al nivel de riesgo u ocupación de la edificación, de acuerdo a la clasificación con que se cuenta para el sistema convencional y para el sistema Hi-Fog se debe cumplir que los sistemas tengan una duración de 60-90 minutos como mínimo como se muestra a continuación:

Tabla 1. Requisitos de asignación para chorros de mangueras y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente.

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior combinada total		Duración
	gpm	L/min	gpm	L/min	minutos
Riesgo leve	0.5 o 100	0.19 o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0.5 o 100	0.190 o 380	250	950	60-90
Riesgo extra	0.5 o 100	0.190 o 380	500	1900	90-120

Nota: La tabla representa la traducción de requisitos de asignación para chorros de mangueras y duración del suministro de agua para sistemas calculados hidráulicamente para los diferentes tipos de riesgo de acuerdo a la ocupación. Tomado de: NFPA 13 Capítulo 19- Tabla 19.3.3.1.2

Tabla 2. Asignación de chorro de manguera

Requisitos de duración del suministro de agua y asignación de chorro de manguera para sistemas de protección según ocupación

Ocupación	Asignación chorro de manguera		Duración mínima en minutos
	GPM	LPM	
Riesgo leve	100	378	30
Riesgo ordinario	250	946	60-90*
Residencial arriba de 4 pisos	No aplica	No aplica	30
Residencial una y dos viviendas	No aplica	No aplica	10

Nota. Traducción de la Normativa NFPA 750 Capítulo 10 - Ocupación sistemas de protección. Tomado de: NFPA 750 Capítulo 10.

Es por esta razón que se deben evaluar las mejores alternativas sobre sistemas de protección contra incendio, en base a estos requisitos se realizó un comparativo técnico y presupuestal de acuerdo a los componentes de cada sistema.

SISTEMA CONVENCIONAL

Los sistemas de protección contra incendio convencionales pueden albergar diferentes componentes como lo son rociadores automáticos, sistemas de extinción por gas, sistemas de espumas o únicamente sistemas de mangueras y bocas de incendio (gabinetes) para su correcto funcionamiento, como se mencionó anteriormente el diseño de estos sistemas deben cumplir con los requisitos mínimos de operación para erradicar un conato de incendio, estos sistemas se componen de un equipo de bombeo, tanque de reserva, válvulas, gabinetes, rociadores y tubería de acero al carbón.

Para el comparativo se utilizó un diseño realizado con anterioridad por la empresa D&T Proyectos en el cual se cumplieran tanto el área como el nivel de riesgo con el que cuenta el edificio de ciencias de la Universidad Javeriana, de este diseño se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a sus componentes:

- **Equipo de bombeo:** Bomba Eléctrica Capacidad 1500 GPM @ 165 PSI marca Ameriflo, con succión de 8" y descarga de 6" tipo de bomba carcasa partida (Split Case) a 3550RPM, ubicada a una altura de 2625 m.s.n.m, con un diámetro del impeler de 10", tipo de motor WEG, con un voltaje de 220-240V y una frecuencia de 60hz, transferencia incluida.
- **Tanque de reserva:** tanque de acero con membrana geotextil con capacidad de 400m3
- **Válvulas:** tipo siamesa, tipo mariposa, tipo cheque, tipo bola, desaireadora, de prueba y drenaje, de retención, de vástago, sensores de flujo.
- **Gabinetes Tipo III:** conformado por, Cajilla, Manguera ½", Hacha pico, Llave spanner, Válvula de 1½" angular o restrictora (reductora), Extintor de 10 libras, Soporte de canastilla, Boquilla de 1½" en policarbonato o bronce.
- **Rociadores: Tipo pendent factor K:5.6** con presión de funcionamiento máximo de 175 psi, cobertura estándar temperatura de 68°C acabado cromado, **Tipo pendent factor K:25.2:** rango de

temperatura de 74°C - 100°C presión máxima de trabajo de 175 psi con una cobertura extendida y área de cobertura máxima de 9.3 m2.

- **Tubería acero al carbón:** schedule (espesor de la tubería) 40 de pulgadas entre 1" – 10".

SISTEMA HI- FOG

Los sistemas de protección contra incendio a base de agua nebulizada como lo es el sistema Hi-Fog es una tecnología innovadora la cual utiliza agua a niveles de presión altos y boquillas especiales las cuales generan finas gotas de agua que forman una niebla fina que enfría el entorno de manera eficaz y evita que componentes electrónicos se puedan dañar.

Cumpliendo con los requisitos de diseño se obtuvieron los siguientes componentes:

- **Sistema de bombeo Hi- Fog:** Grupo de bombeo modular de agua nebulizada marca Hi-Fog modelo EPU-04 con un caudal total de 352 lpm, compuesto por cuatro bombas de pistones, cada una de ellas equipada con una válvula reguladora y con un caudal de 87 lpm por bomba, presión máxima de 140 bar, movidas por cuatro motores eléctricos (440 V AC, 60 Hz, 27 kW cada uno), colector de pruebas e instrumentación completa, todo el conjunto montado sobre estructura metálica.
- **Tanque de reserva:** Depósitos atmosféricos Aquablock para almacenamiento de agua potable de polietileno de alta densidad, tapa superior de DN250 y posibilidad de montar boya con flotador y/o rebosadero con medidas 2200*990*1565 y una capacidad de 3000L.
- **Válvulas y electroválvulas Hi-Fog:** Modelo SVM-12, sin enclavamiento, equipada con solenoide (24 V DC, 900mA) y actuador de apertura manual de emergencia con entrada y salida para tubería de 12 mm, 16 mm, 30 mm.
- **Boquillas nebulizadoras Hi-Fog:** Boquilla nebulizadora cerrada marca Hi-Fog 2000 modelo C 20-57 C/0 para alta presión, equipadas con filtro en su entrada con factores K de 4.10, K de 1.90, tarada con una ampolla fusible a 57°C, con el correspondiente conector (equilibrado con obús) a la

línea de tubería de acero inoxidable de 12mm con embellecedor para ser instalado en placa de techo falso.

- **Tubería de acero inoxidable:** Soldadura en calidad 1.4404 EN 10217-7 con clase de tolerancia D4/T3 de diámetro exterior de 30 mm x 3.0 mm con p.p de tes, uniones y reducciones según DIN 2353 (Soportes incluidos) de acuerdo con el manual de instalación de Marioff.

COMPARATIVO TÉCNICO

De acuerdo con los diferentes tipos de referencia de cada uno de los sistemas mencionados anteriormente se puede evidenciar que los sistemas PCI convencionales han sido un estándar en la industria, mientras que los sistemas PCI Hi-Fog se han desarrollado como una tecnología innovadora la cual ha tenido en cuenta diferentes materiales y componentes que le permiten proporcionar una extinción un poco más adecuada con el entorno, es por esto que a continuación se relacionan cada componente.

En cuanto a los **tanques de almacenamiento/tanques de reserva** se puede observar que para el sistema PCI convencional se requiere de un tanque de almacenamiento en acero con una capacidad de 400 m³, estos tanques de almacenamiento pueden ocupar grandes espacios ya que están diseñados para satisfacer la demanda tanto de los rociadores como los gabinetes, estos tanques en su mayoría están fabricados en acero, junto con membranas geotextiles las cuales evitan que se generen daños en el acero e impidan la filtración de líquidos y gases, estos tanques además de ocupar gran espacio deben contar adicionalmente con indicador de nivel de agua, tubería de descarga, tubería de llenado, entrada para hombre de limpieza con escalera. Por el contrario para el caso de los tanques de reserva del sistema Hi-Fog están diseñados con polietileno de alta densidad lo cual indica que en comparación al acero es un material resistente a la corrosión y su peso es más ligero lo que facilita tanto su transporte y cuenta con diferentes estructuras y dimensiones que permiten su instalación con un espacio mínimo,

para este caso se requieren de 4 tanques con capacidad de 3000 L, lo cual equivale a 12 m³ si lo comparamos con la capacidad que se requiere para un sistema convencional.

Los sistemas de bombeo son de gran importancia para cualquiera de los dos sistemas debido a que estos son los que impulsan el recurso para que el sistema pueda funcionar de manera eficiente es por esto que a la hora de seleccionarlo se tienen en cuenta diferentes factores como lo son la electricidad o la facilidad para instalar un tanque de combustible en caso de que se requieran equipos Diesel, para el caso del equipo de bombeo del sistema convencional se requiere de un equipo eléctrico y como la referencia nos lo indica carcasa partida (split case), estos equipos tienden a tener un peso aproximado de 1000 Toneladas y están fabricados con acero inoxidable, a su vez deben contar con energía eléctrica todo el tiempo y contar con transferencia automática en caso de disponer de un generador eléctrico lo cual permite que si ocurren bajos de voltaje funcione como fuente de energía secundaria que permita alimentar a la bomba principal. Por otro lado el equipo de bombeo Hi-Fog EPU de Marioff según su ficha técnica cuenta con una interfaz que le permite monitorear el estado de la unidad en tiempo real y controlar las alarmas del sistema, están conectados a motores IE3 eficientes y medioambientalmente sostenibles, adicionalmente estos equipos en su cabina de control cuenta con un sistema integrado que controla la presión en todos los estados operativos y hace funcionar los motores en cuanto sea necesario para suministrar/alcanzar la presión de trabajo requerida ya que cuenta con varios motores en su unidad de bombeo, este equipo es capaz de transportar bajos caudales debido a que su presión de trabajo es de gran magnitud.

Los sistemas de aspersión en Rociadores/Boquillas, son la parte fundamental de estos sistemas ya que por medio de estas se genera el suministro de agua, para el caso de los rociadores convencionales están asociados a los orificios por donde sale el agua, estos orificios están asociados a la constante K la cual indica el valor del consumo por su presión, a mayor constante K mayor es el flujo que arroja el rociador, cada uno de estos cuenta con su identificación, el color del líquido del bulbo nos

indica la temperatura a la cual puede reaccionar, a su vez cuenta con tipos de respuesta QR (Quick response) y SR (Standard response) que cuenta con un bulbo más ancho, el tamaño de las gotas de estos rociadores rondan alrededor de las 1000 micras. Por el contrario, las **boquillas de agua nebulizada** están diseñadas para crear capas de niebla muy fina de manera que se enfríe el entorno rápidamente y cuentan con una mayor capacidad de difusión debido al tamaño de sus gotas que rondan las 50 micras lo cual evita que se dañen componentes electrónicos y/o máquinas especiales a diferencia de los rociadores convencionales que si dañarían estos componentes , son fabricadas en acero inoxidable y cuentan con un filtro el cual evita las obstrucciones.

En cuanto a las **tuberías**, las cuales funcionan como conducto para el transporte del agua, encontramos que para el caso del sistema convencional requiere de **tuberías de acero al carbón** las cuales cuentan con diámetros bastante grandes y a su vez esto indica que tienen un peso elevado y se requiere de gran cantidad de personal para su adecuación ya que sus uniones pueden ser ranuradas o roscadas y adicionalmente deben ser pintadas. Por otro lado la **tubería para el sistema Hi-Fog es en acero inoxidable** que cuenta con una alta resistencia y sus diámetros pequeños permiten que sea tanto maleable como de fácil instalación.

Para respaldar los aspectos técnicos mencionados anteriormente se cuenta con un estudio realizado por Navia. J (2018), que corresponde a la comparación técnica en redes de protección contra incendio por medio de sistema convencional de rociadores y sistemas de agua nebulizada se encuentran las simulaciones realizadas con diferentes materiales en el patio de ensayos del edificio de hidráulica de la Universidad Nacional de acuerdo al tipo de fuego, para este artículo se toman los resultados correspondientes a las simulaciones de acuerdo al tipo de fuego, como se muestra a continuación:

- **Fuego clase A** el cual corresponde a materiales como lo son madera, plástico, telas y papel este tipo de fuego corresponde al almacenamiento del sistema tradicional, de acuerdo a dicho estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3. Simulación sistema convencional y sistema Hi-Fog Fuego Clase A

FUEGO CLASE A	Sistema convencional	Sistema Hi-Fog
Tipo de rociador	Pendent K=5.6	Hi-Fog C20-57C K=4.1
Presión residual de trabajo	30 PSI	2000PSI
Temperatura alcanzada sin acción del sistema	135°C	94°C
Tiempo total supresión aparente	122 segundos	13 segundos
Volumen de agua utilizado para Supresión	236.070 litros	34.648 litros
Caudal promedio utilizado	1.935 L/Seg	0.284 L/seg

Nota. La tabla representa una simulación de un conato de incendio y su respuesta tanto en un sistema convencional y sistema Hi-Fog Fuego Clase A . Fuente: Navia. J (2018) Comparación técnica en redes de protección contra incendio por medio de sistema convencional de rociadores y sistema de agua nebulizada.

- **Tipo de Fuego Clase B y C** los cuales corresponden a líquidos inflamables y equipos eléctricos que corresponden al almacenamiento del sistema Hi-Fog, los resultados de cada simulación se muestran a continuación:

Tabla 4. Simulación sistema convencional y Hi-Fog Fuego Clase B.

FUEGO CLASE B	Sistema convencional	Sistema Hi-Fog
Tipo de rociador	Pendent K=5.6	Hi-Fog Sprayhead 1000 45 1MB 6MB
Presión residual de trabajo	30 PSI	2000PSI
Temperatura alcanzada sin acción del sistema	178°C	233°C
Tiempo total supresión aparente	120 segundos	4 segundos
Volumen de agua utilizado para Supresión	232.20 litros	1.136 litros
Caudal promedio utilizado	1.935 L/Seg	0.284 L/seg

Nota: La tabla representa una simulación de un conato de incendio y su respuesta tanto en un sistema convencional y sistema Hi-Fog Fuego Clase B. Fuente: Navia. J (2018) Comparación técnica en redes de protección contra incendio por medio de sistema convencional de rociadores y sistema de agua nebulizada

Tabla 5. Simulación sistema convencional y sistema Hi-Fog Fuego Clase C

FUEGO CLASE C	Sistema convencional	Sistema Hi-Fog
Tipo de rociador	Pendent K=5.6	Hi-Fog Sprayhead 1000 45 1MB 6MB
Presión residual de trabajo	30 PSI	2000PSI
Temperatura alcanzada sin acción del sistema	98°C	69°C
Tiempo total supresión aparente	11 segundos	6 segundos
Volumen de agua utilizado para Supresión	21.285 litros	1.704 litros
Caudal promedio utilizado	1.935 L/Seg	0.284 L/seg

Nota: La tabla representa una simulación de un conato de incendio y su respuesta tanto en un sistema convencional y sistema Hi-Fog Fuego Clase C. Fuente: Navia. J (2018) Comparación técnica en redes de protección contra incendio por medio de sistema convencional de rociadores y sistema de agua nebulizada

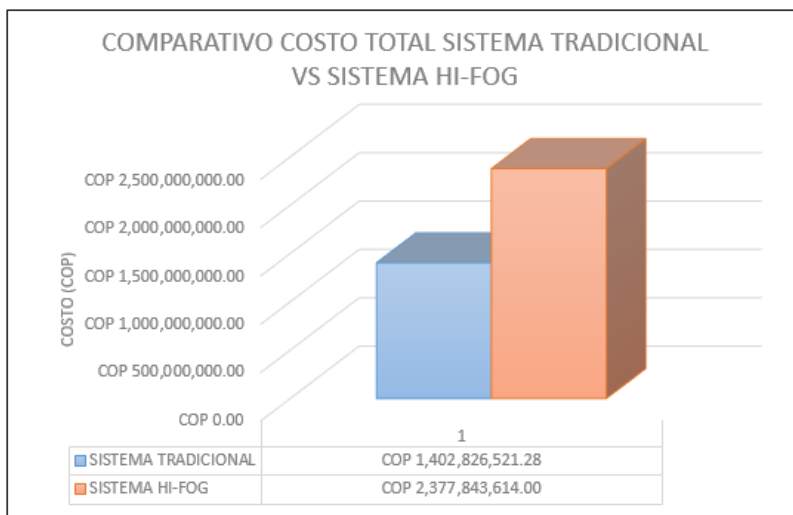
Evidenciando los resultados obtenidos por Navia. J (2018), se confirma que si se presentara un conato de incendio en diferentes tipos de situaciones como lo son el almacenamiento de madera, plásticos, telas, papel, líquidos inflamables y componentes electrónicos el sistema más eficaz y eficiente es el sistema Hi-Fog, debido a que en los tres ensayos se obtuvieron tiempos cortos de respuesta y asimismo se ratifica que el tamaño de las gotas expulsadas por los difusores Hi-Fog son mucho más pequeños que un sistema convencional lo que indica que los dispositivos almacenados en la edificación/planta/almacén no sufrirán daños totales y la cantidad de agua utilizada para la extinción del incendio es mínima a comparación que la de un sistema convencional. El sistema Hi-Fog es mejor que el convencional en la parte técnica es por esto que tiene mejor aceptación en la industria ya que aparte de proteger las vidas y la infraestructura protege los bienes materiales.

COMPARATIVO PRESUPUESTAL

Dentro de los diferentes tipos de industrias/edificaciones/proyectos el principal factor para la implementación de un sistema de protección contra incendio es el económico debido a que estos sistemas en su mayoría tienden a tener costos elevados debido a los equipos con los que debe contar, es por esto que se deben evaluar diferentes factores al momento de invertir en estos sistemas poniendo en una balanza las pérdidas económicas que pueden sufrir si se presenta un conato de incendio, es por esto que la ingeniería presenta alternativas que a pesar de tener costos elevados protegen con mayor certeza los bienes materiales.

Teniendo las cantidades de acuerdo al diseño y a la clasificación del riesgo para el caso de estudio de la Universidad Javeriana, se realizaron diferentes análisis presupuestales con los distribuidores principales de marcas de cada uno de los sistemas de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Ilustración 1. Comparativo costo total Sistema Convencional vs Sistema Hi-Fog

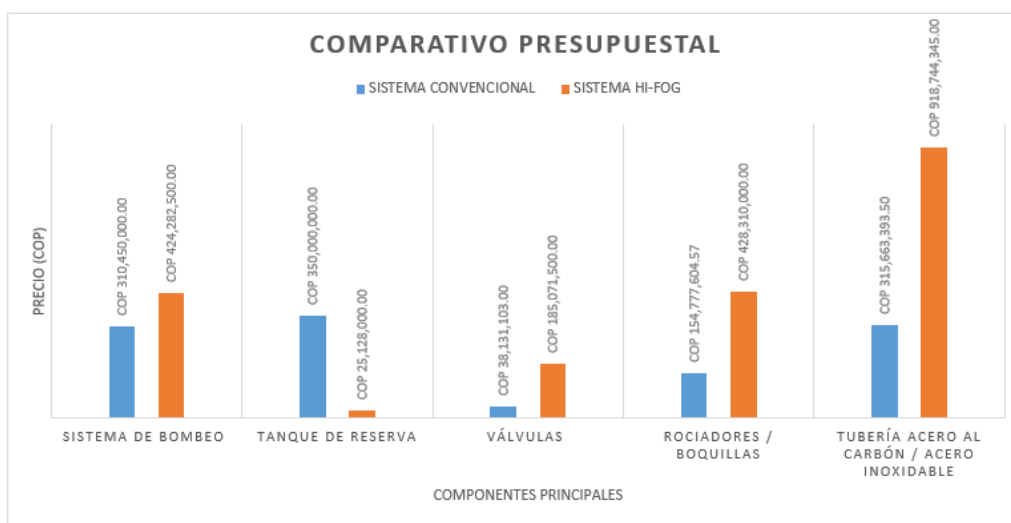


Nota: De acuerdo con los los parámetros establecidos para cada sistema se realizo la comparación del costo total

Sistema Tradicional vs. Sistema Hi-Fog. Fuente: Elaboración Propia

Para poder realizar un comparativo del costo total de cada uno de los sistemas se tuvieron en cuenta gastos como lo son el AIU (administración, imprevistos y utilidad) que respaldan los costos indirectos de las actividades que se desarrollan dentro del proyecto de acuerdo a la complejidad del mismo, para esto se utilizó un porcentaje del 20% el cual se subdivide en 10% gastos administrativos, 5% imprevistos que se puedan generar en el proyecto y 5% de utilidad para quien celebra el contrato. A continuación se relacionan los comparativos entre los precios de cada uno de los componentes:

Ilustración 2. Comparativo presupuestal por componentes Sistema Convencional vs. Sistema Hi-Fog



Nota. Se realizó una comparación entre los costos por componentes Sistema Tradicional vs. Sistema Hi-Fog.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado para ver la variación porcentual de cada uno de los componentes de los sistemas en mención, se realizó sobre el valor total de cada sistema teniendo los siguientes resultados:

Ilustración 3. Diferencia porcentual ente componentes Sistema Tradicional vs. Sistema Hi-Fog

SISTEMA TRADICIONAL		SISTEMA HI-FOG		DIFERENCIA PORCENTUAL
SISTEMA DE BOMBEO	22%	SISTEMA DE BOMBEO HI-FOG	18%	4%
TANQUE DE RESERVA	25%	TANQUE DE RESERVA	1%	24%
VÁLVULAS	3%	VÁLVULAS Y ELECTROVÁLVULAS HI-FOG	8%	5%
ROCIADORES / BOQUILLAS	11%	BOQUILLAS NEBULIZADORAS HI-FOG	18%	7%
TUBERÍA ACERO AL CARBÓN	23%	TUBERÍA ACERO INOXIDABLE	39%	16%

Nota: Se realizó una diferencia porcentual entre componentes Sistema Tradicional vs. Sistema Hi-Fog. Fuente:

Elaboración propia.

La diferencia porcentual entre cada componente se realizó como un valor absoluto de manera que se obtuviera el porcentaje que representa cada componente dentro del costo total de su sistema y a su vez se realizó una diferencia porcentual con el fin de obtener el porcentaje que aumenta cada componente del sistema tradicional al sistema Hi-Fog.

Estos porcentajes permiten tener un margen de aumento en los costos, si se observa en la ilustración No. 3 el porcentaje mayor se encuentra relacionado con el tanque de reserva, para el sistema Hi-Fog representa un 1% y para el sistema convencional un 25% esto quiere decir que en uno de los componentes más importantes como lo es el almacenamiento del principal recurso con el que funcionan estos sistemas tiene un valor mucho mayor en el sistema convencional, esto debido al espacio que requiere para su instalación sus materiales de fabricación y las grandes cantidades que debe almacenar.

Por otro lado, otro de los valores más importantes que encontramos en la diferencia porcentual es el de la tubería, para este caso el sistema Hi-Fog cuenta con un aumento en su costo del 16% con respecto a las cantidades que se requieren para cada sistema, sin embargo, dejando de lado las cantidades y teniendo en cuenta los materiales de fabricación de cada uno se puede afirmar que este tiene un aumento debido a que la tubería del sistema Hi-Fog está elaborada con materiales que debe soportar altas presiones y esto requiere de una mayor inversión.

Para el caso del sistema de bombeo, se observa que el porcentaje es mayor para el sistema tradicional, sin embargo, el costo del sistema de bombeo Hi-Fog es más costoso como lo muestra la Ilustración No. 2, esto quiere decir que el equipo de bombeo para el sistema convencional tiene mayor impacto dentro del costo total el cual equivale a un 22%. No obstante, el equipo de bombeo del sistema Hi-Fog aumenta un 4% en relación al equipo de bombeo convencional debido a que son equipos que cuentan con mayor nivel de complejidad por la cantidad de motores que están incorporados en su sistema para cumplir los niveles de presión con los que debe funcionar el sistema.

Cabe resaltar que los costos para los dos sistemas como se evidencia en la ilustración No. 2 son elevados debido a que sus componentes principales como lo es el equipo de bombeo y las boquillas/rociadores deben contar con certificación emitida por UL (Underwriters Laboratories) que verifica que cada componente cumpla con los estándares de calidad y seguridad y FM (Factory mutual) que consiste en realizar pruebas a cada componente de manera que se mida su resistencia a diferentes eventos críticos. Es por esto que tienden subir de manera excesiva los costos, debido a que no solo cuentan con pruebas como las que se mencionan anteriormente sino que a su vez son equipos en su mayoría importados de Estados Unidos o Europa.

Conclusión

Después de evaluar todos los aspectos considerados en el análisis técnico y presupuestario, se evidencia que el sistema de protección contra incendios Hi-Fog sobresale frente al sistema convencional en términos de eficacia técnica y se presenta como una alternativa sostenible. No obstante, es importante tener en cuenta que este sistema conlleva un mayor costo, lo cual se atribuye a la tecnología avanzada y los componentes especializados necesarios para brindar una respuesta efectiva ante un incendio.

A lo largo del presente artículo se expusieron diferentes estadísticas dadas por la Agencia Nacional de bomberos y la Agencia Nacional de Protección Contra incendios (ANRACI) donde la mayor preocupación radica en que el 95% de los hogares y el 80% del sector comercial no cuentan con sistemas protección contra incendio ya sean extintores/gabinetes o rociadores automáticos, y en gran parte de la población no se cuenta con mayor conocimiento del tema, es por esto que a través del presente artículo se seleccionó un estudio de caso de manera que se pudieran identificar los diferentes niveles de complejidad que puede tener una estructura y la importancia de implementar sistemas que prevean situaciones de incendio.

Para este caso se escogieron dos tipos de sistemas contra incendio el cual fue un sistema convencional que consta de rociadores automáticos, extintores, gabinetes y un sistema que implementa nuevas tecnologías con sistemas de alta presión llamado Hi-Fog que consta de boquillas de agua nebulizada, si bien los dos sistemas cumplen de manera eficiente ante una emergencia, el sistema Hi-Fog está pensando como una alternativa que permita cuidar del principal recurso que utilizan estos sistemas como lo es el agua y al mismo tiempo que cuidara los bienes materiales que se encontraban en el entorno, esto debido a que para el caso del sistema convencional las gotas que emergen del rociador automático son de gran tamaño lo que indica que si se encuentran dispositivos electrónicos o áreas que

contengan archivos irremplazables como lo son museos, archivos o bibliotecas, quedarán destruidos por completo, caso que no ocurre con las boquillas de agua nebulizada del sistema Hi-Fog.

Para este comparativo tanto técnico como presupuestal se escogió un proyecto de gran magnitud como lo es la Universidad Javeriana ya que la comunidad puede tener un mayor nivel de acercamiento debido a que es una institución de educación lo que le permite tener una idea más clara de la importancia que tiene proteger estos entornos con la mejor calidad.

El principal motivo por el cual se realiza una comparación entre los sistemas PCI convencionales y los sistemas PCI Hi-Fog es la importancia de proteger los recursos medioambientales es por esto que revela diferencias significativas en términos de diseño y componentes. Los tanques de almacenamiento para el sistema convencional, fabricados en acero con gran capacidad, ocupan un espacio considerable y requieren diversos accesorios para su funcionalidad, además de las grandes cantidades de agua que se deben almacenar. En contraste, los tanques de reserva Hi-Fog, hechos de polietileno de alta densidad, ofrecen una alternativa más liviana y adaptable, con menor espacio requerido y menor cantidad de agua a almacenar. Por otro lado, la diferencia en los sistemas de aspersión es notoria, con los rociadores convencionales que utilizan orificios asociados a constantes K para determinar el flujo de agua, mientras que las boquillas Hi-Fog generan una fina niebla con gotas más pequeñas, evitando daños a componentes electrónicos y máquinas especiales como las que se almacenarán en los laboratorios de la Universidad Javeriana.

Si bien en temas económicos tiende a ser más costoso este sistema se debe tener en cuenta el nivel de respuesta del mismo, como se evidencia en el estudio realizado por Navia. J (2018), estos tiempos son superados por el sistema Hi-Fog debido a que enfrían a mayor velocidad del entorno lo que permite tener mayor tranquilidad ante una emergencia, es por esto que el análisis detallado destaca la innovación y eficiencia del sistema PCI Hi-Fog, que presenta ventajas en términos de espacio, peso,

adaptabilidad y tecnología, ofreciendo una alternativa más avanzada y sostenible en comparación con los sistemas PCI convencionales.

Lista de Referencias

- UAE CUERPO OFICIAL BOMBEROS DE BOGOTÁ. (s. f.).
<https://www.bomberosbogota.gov.co/content/incendios-estructurales-bogota>
- Anraci. (2016, 21 enero). Estadísticas de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres en el 2015 - ANRACI - Asociación. Asociación Nacional de Protección Contra Incendios.
<https://anraci.org/blog/estadisticas-de-la-unidad-nacional-para-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-en-el-2015/>
- León, W. J. C. (2022). Evaluación de las estadísticas de incendios estructurales en Colombia. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8552390>
- Mercado, M. H. (2023, 9 agosto). Más del 80% del sector comercial no tienen cómo prevenir o controlar un incendio. - EL BOLIVARENSE. EL BOLIVARENSE. <https://bolivarense.com/mas-del-80-del-sector-comercial-no-tienen-como-prevenir-o-controlar-un-incendio/>
- Mercado, L. V. (2023, 26 septiembre). Incendios en viviendas de Bogotá aumentan: ¿cómo actuar frente a estas emergencias? El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-ocho-de-cada-10-personas-no-saben-como-actuar-ante-un-incendio-809187#:~:text=La%20instituci%C3%B3n%20agreg%C3%B3%20que%2C%20de,lo%20que%20va%20del%202023.>
- Bogotá, R. (2023, 8 septiembre). Ocho de cada diez personas en Bogotá no sabe actuar ante incendios: 5% tiene extintor. ELESPECTADOR.COM. <https://www.elespectador.com/bogota/ocho-de-cada-diez-bogotanos-no-sabe-actuar-ante-incendios-solo-el-5-tiene-extintor/>
- ¿En qué va el nuevo edificio de Ciencias de la Javeriana? – Hoy en la Javeriana. (n.d.).
<https://www.javeriana.edu.co/hoy-en-la-javeriana/en-que-va-el-nuevo-edificio-de-ciencias-de-la-javeriana/>
- National Fire Protection Association. NFPA 750. (2023). Standard on Water Mist Fire Protection Systems. <https://link.nfpa.org/free-access/publications/750/2023>
- National Fire Protection Association. NFPA 13. (2019). Standard for the Installation of Sprinkler Systems. <https://link.nfpa.org/free-access/publications/13/2022>
- National Fire Protection Association. NFPA 1. (2021). <https://link.nfpa.org/free-access/publications/1/2021>
- Navia, J (2018). Comparación técnica en redes de protección contra incendio por medio de sistema convencional de rociadores y sistema de agua nebulizada. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola - Maestría en Ingeniería - Recursos Hidráulicos.
- D&T Proyectos S.A.S. (2023). Datos de precios y cantidades Sistema Hi-Fog.