


PROPUESTA DE GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MEMORIA DE CÁLCULO DE SISTEMAS DE AGUA CONTRA INCENDIO

PROPOSED GUIDE FOR THE PREPARATION OF A CALCULATION MEMORY OF WATER SYSTEMS AGAINST FIRE

 Juan José Franciosi Willis^{1a}
 AnniéMariellaVidarte Llaja^{1b}



Fecha de recepción : 10 noviembre 2020
Fecha de aprobación : 10 diciembre 2020

Resumen

Actualmente, para que las organizaciones puedan competir en un mundo globalizado, necesariamente deben cumplir con los parámetros de sostenibilidad: ambiental, económico y social. En lo económico y social, está la prevención de pérdidas por accidentes en el trabajo, entre ellos, los incendios, que generan pérdidas en infraestructura y pérdidas humanas; por lo que es necesario que las organizaciones cuenten con sistemas contra incendio efectivos, como los que emplean agua para mitigar el fuego. El objetivo de la investigación fue proponer una guía para la elaboración de la memoria de cálculo de sistemas de agua contra incendio, con base en lo establecido por la normativa nacional e internacional relacionada. Como población se consideró la literatura sobre sistemas contra incendio, como artículos científicos, normativas nacionales e internacionales y trabajos de investigación. El tipo y finalidad de la investigación es aplicada, el nivel es descriptivo y el método es sintético. La técnicas e instrumentos de recolección de datos fue el análisis documental de fuentes de información primarias. Se hizo comparación con investigaciones similares. La presente investigación es aplicable a diferentes riesgos en cualquier tipo de instalación y aporta un procedimiento de cálculo genérico, ordenado y de fácil entendimiento para el lector. Para el cálculo de los caudales de diseño, fue primordial definir el nivel de riesgo de incendio de la instalación, y para dimensionar correctamente el equipo de bombeo, fue necesario establecer la zona de riesgo.

Palabras clave: Sistemas de agua contra incendio, rociadores, mangueras.

Abstract

Currently, for organizations to compete in a globalized world, they must necessarily comply with the parameters of sustainability: environmental, economic and social. In economic and social terms, there is the prevention of losses due to accidents at work, including fires, which generate losses in infrastructure and human losses; therefore it is necessary for organizations to have effective fire fighting systems, such as those that use water to mitigate fire. The objective of the research was to propose a guide for the elaboration of the calculation memory of fire water systems, based on what is established by the related national and international regulations. The population was considered the literature on fire fighting systems, such as scientific articles, national and international regulations and research works. The type and purpose of the research is applied, the level is descriptive and the method is synthetic. The data collection techniques and instruments was the documentary analysis of primary information sources. A comparison was made with similar investigations. This research is applicable to different risks in any type of installation and provides a generic, orderly calculation procedure that is easy to understand for the reader. For the calculation of the design flows, it was essential to define the level of fire risk of the installation, and to correctly size the pumping equipment, it was necessary to establish the risk zone.

Keywords: Fire water systems, sprinklers, hoses.

¹ Universidad Señor de Sipan, Pimentel – Chiclayo – Perú.

^a Magister en Administración, willisji@crece.uss.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-6250-9369>

^b Magister en Administración con Mención en Gerencia Empresarial, avidarte@crece.uss.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-8948-2899>

1. Introducción

Los sistemas contra incendios son, en la actualidad, bastante generalizados, y su uso muy difundido, siendo los más sofisticados, en su configuración y costo, los que usan el agua como agente para la extinción del fuego.

Los incendios en edificaciones, además de causar pérdidas humanas, tienen un costo económico muy alto para las empresas. Toda edificación de gran dimensión implica el equipamiento de sistemas de agua contra incendio, y genera la necesidad de obtener respuestas rápidas y eficientes para controlar dicha emergencia; y, por ende, es necesario elaborar la memoria de cálculo respectiva, de fácil lectura; que cumpla con lo establecido en las normas nacionales e internacionales.

El objetivo del artículo es proponer una guía para la elaboración de la memoria de cálculo de sistemas de agua contra incendio, con base en la normativa nacional vigente y las normas de la Asociación Nacional de Protección contra Incendio (NFPA), aplicable a distintos tipos de edificaciones.

El fuego es un proceso rápido de oxidación que produce calor y luz. Para que exista fuego, debe haber tres elementos: combustible (oxidante), oxígeno (reductor o comburente) y calor. (Czajkowski & Calisto Aguilar, 2013). El fuego fue uno de los primeros descubrimientos de hombre antiguo, que le sirvió para sus actividades de transformación de la materia, construir herramientas, para alimentarse y también para la cacería de animales (Montiel Molina, 2013).

El incendio “es un fuego no controlado y de grandes proporciones, que puede presentarse de manera súbita o gradual” (Arce-Palomino, 2008, pág. 119). Los principales factores que han propiciado un aumento significativo en la magnitud y frecuencia de los incendios son: el crecimiento poblacional, los procesos propios del desarrollo industrial, comercial y otras actividades, el uso cada vez más frecuente de sustancias inflamables y la falta de precauciones en su manejo, transporte y almacenamiento. Según el lugar donde se desarrollan, los incendios pueden ser urbanos y forestales; este artículo aborda los incendios urbanos. Así mismo, según la (Asociación Dominicana de Mitigación de Desastres (ADMD), 2020, pág. única), “los incendios urbanos pueden ser domésticos, comerciales e industriales”.

Los incendios urbanos se deben en gran cantidad de casos a origen eléctrico (Cárdenas Estrada, 2010), como cortocircuitos en instalaciones defectuosas, sobrecargas o manejo inadecuado de aparatos eléctricos; otras causas son el uso de soldadura, fricción mecánica, manejo inadecuado de sustancias peligrosas y errores humanos como fumar.

Para extinguir el fuego se tiene tres formas: eliminación del combustible, la sofocación y el enfriamiento. Cuando el fuego se convierte en incendio (De Prada Pérez de Azpeitia, 2009); dentro de una edificación, los extintores ya resultan insuficientes en tal sentido, utilizar agua en grandes volúmenes como refrigerante para la eliminación del calor tanto del material combustible como de los gases emanados, es la forma más usual y sobre todo relativamente económica. El agua multiplica su eficacia si se le emplea de forma particulada o neblina, ya que se evapora más rápidamente, y así al tener mayor área, absorbe más calor. “El agua, (...), es el que mayor poder refrigerante posee, debido principalmente a la propia secuencia de acciones de conducción, evaporación y convección que se producen, y que junto a su alta disponibilidad la hacen muy efectiva”. (Cabo Goikouria, García Larragán, & Barrenechea Azpiroz, 2011, pág. 45).

Los sistemas de agua contra incendio como equipamiento, son la segunda línea de respuesta cuando los extintores ya no son eficaces. La red de agua contra incendio es un conjunto de tuberías conectadas entre sí por medios mecánicos y soldadura, y se conforma además por accesorios como válvulas, codos, tees, uniones, conexiones para bomberos (Tonally Sistemas contra incendio, 2020). Dentro de las tuberías se encuentra contenida agua presurizada, salvo los sistemas secos que no son frecuentes. Por medio de dicha red se abastece agua presurizada en gran cantidad a los sistemas de protección contra incendio de la edificación: sistemas de rociadores, gabinetes de mangueras.

Los rociadores automáticos se activan al detectar los efectos de un incendio, por el aumento de temperatura asociado al fuego, su activación sirve para apagar como para enfriar zonas afectadas. Dicho aumento de temperatura rompe la cápsula de vidrio que tiene el rociador, con lo cual, abre el flujo de agua a presión direccionado hacia el punto de incendio. “Contrariamente a la creencia de que todos los rociadores se activan al mismo tiempo, en realidad sólo lo hacen según sea necesario, uno por uno, y en general entre uno y tres bastan para controlar un incendio”, argumenta (Baril, 2014, pág. 1)

La alimentación de la red contra incendio se realiza mediante tanques de agua estancada o cisternas, equipos de bombeo propios de la instalación y, eventualmente, mediante hidrantes de agua públicos; los que son utilizados exclusivamente por el cuerpo de bomberos, que por medio de mangueras conectan dichos hidrantes a sus vehículos bomba o también a la válvula de uso de bomberos que todo local debe implementar en su fachada o frontis.

Existe normativa peruana en relación a los sistemas de agua contra incendio. La primera norma aprobada al respecto es el Decreto Supremo N°42 - Fomento, emitido el 22 de mayo de 1964 por el Ministerio de Fomento y llamado Reglamento de Seguridad Industrial. Este reglamento sectorial, en su capítulo II, trata sobre equipos para combatir incendios; así mismo, en su segunda sección aborda el agua contra incendios; en su artículo 145 menciona que “Un abastecimiento de agua adecuado, a presión mínima de 60 libras, se mantendrá en todo momento para extinguir incendios de materiales combustibles ordinarios”. (Ministerio de Fomento, Perú, 1964, pág. 30). Destaca también en su artículo 152, que dentro de los locales industriales “se usarán grifos o tomas de agua y, mangueras de 1 ½ " de diámetro, (...), con una descarga mínima y máxima de 50 y 95 galones por minuto a 100 libras por pulgada cuadrada de presión”. (Ministerio de Fomento, Perú, 1964, pág. 31).

Otra normativa peruana es el Reglamento Nacional de Edificaciones, emitido el 23 de mayo del 2006 a través del Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA del (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Perú, 2006). Este reglamento multisectorial contiene diversas normas, entre ellas la A.130 llamada Requisitos de seguridad orientada fundamentalmente a los incendios y los sistemas requeridos tanto pasivos como activos. Especialmente, en su capítulo X, define las condiciones y estándares de los diferentes equipos y accesorios de los sistemas de agua contra incendio, como las conexiones para bomberos, hidrantes de agua pública, gabinetes, accesorios, rociadores automáticos y sistemas de bombeo.

También se dispone del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos, del Ministerio de Energía y Minas, aprobado el 21 de agosto del 2007 por el Decreto supremo N° 043-2007-EM, que en su artículo 91, establece los “Requerimientos mínimos de los sistemas de agua de enfriamiento y generación de espuma para tanques de almacenamiento instalados sobre la superficie” (Ministerio de Energía y Minas, Perú, 2007, pág. 52) y en el artículo 95, refiere la “inclusión de hidrantes en el sistema de agua contra incendio de acuerdo a la NFPA 14”. (Ministerio de Energía y Minas, Perú, 2007, pág. 55).

Por otro lado, las normas internacionales sobre sistemas de agua contra incendio, más difundidas y asumidas hasta en la reglamentación nacional de muchos países, son aquellas creadas por la Asociación Nacional de protección contra incendio (NFPA) de los Estados Unidos, organización fundada en 1896. Entre estas normas se tiene: la NFPA 13, Norma para Instalación de Sistemas de Rociadores. También la NFPA 14, Norma para la Instalación de Sistemas de tubería vertical y de mangueras. Otras normas de la mencionada asociación son: la NFPA 20 sobre instalación de bombas estacionarias contra incendios, la NFPA 22 para tanques de agua para protección contra incendios privada y la NFPA 25 respecto a inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendios a base agua.

Este artículo se basa fundamentalmente en las normas NFPA 13 y NFPA 14. La norma NFPA 13 establece los requisitos mínimos de diseño, instalación y prueba de los sistemas de rociadores. Así mismo, describe las definiciones generales y los tipos de rociadores: estándar, de pared y de respuesta

rápida. Otro de los aspectos tratados por la norma NFPA 13, es la clasificación del riesgo de incendio según la actividad económica del local y según el tipo de mercaderías, cuando se trata de almacenes.

Así mismo, la norma trata de los estándares de descarga y temperatura de activación de rociadores, de los requisitos de las tuberías, componentes y accesorios, de los acoples y uniones y del roscado. La norma también establece los requisitos de las válvulas en cuanto a presión y tiempo de cierre y de las conexiones internas para uso del cuerpo de bomberos.

Otros requisitos establecidos por esta norma, son los límites de temperatura del agua, y uso de aditivos anticongelantes, así como los límites máximos del área a proteger por cada rociador, según el riesgo del local. La norma también aborda el uso de tablas de cálculo y curvas de densidad/área según el nivel de riesgo y tipo de almacenamiento, y los requisitos de agua para el sistema de mangueras. Finalmente, presenta los procedimientos de cálculo, asumiendo las pérdidas por rozamiento de las tuberías y de los accesorios.

La norma NFPA 14 es esencial para la construcción del sistema de tuberías, desde la planificación del proyecto. Sus capítulos abordan el glosario de términos comunes al sistema de tuberías y las condiciones de los componentes y equipos del sistema, así como el diseño del sistema, en el que estandariza los límites de presión máxima y mínima de la red, el diámetro de las montantes (tuberías verticales) si el local tiene sistema de rociadores y los requisitos de caudal de agua. Además, la norma presenta los requisitos de cálculo hidráulico, considerando las pérdidas por rozamiento del agua en las tuberías y accesorios. Finalmente, estandariza los ramales y el número máximo de rociadores de acuerdo al diámetro del ramal.

Esta investigación se justifica, porque las organizaciones necesitan competir en un mundo globalizado y deben cumplir con los parámetros de sostenibilidad, económico y social, relacionados con la prevención de pérdidas de infraestructura y la prevención de pérdidas humanas ocasionadas por incendios urbanos, siendo indispensable, la respuesta oportuna de las organizaciones frente a estas contingencias, mediante sistemas contra incendio. Esta investigación aporta una guía para la elaboración de la memoria de cálculo de sistemas de agua contra incendio, facilitando la comprensión y cumplimiento de las normas NFPA y de la normativa nacional aplicable. Todo ello permite obtener la certificación de defensa civil y, por ende, la licencia de funcionamiento, según la Ley 28976, para finalmente, contar con la póliza de seguros, indispensable para asumir los riesgos a los que están expuestas todas las empresas.

Se analizó otros estudios como la investigación de (Anchundia V., Nieto C., & Ocaña C., 2012), que propone el diseño de un sistema contra incendio para la ampliación de una planta envasadora de gas licuado de petróleo. El diseño se basa en el análisis actual que se tenía de la planta antes de su ampliación, presentando posteriormente los cálculos y criterios de selección para la nueva capacidad instalada, que abarca los reservorios de almacenamiento, sistema de bombeo, red hidráulica y métodos de supresión, de acuerdo a la reglamentación nacional y normas NFPA. La investigación destaca la importancia de la selección del equipo de bombeo, determinando previamente el caudal real necesario para abastecer las zonas según su riesgo.

La investigación de (Martinez Lozano & Barreto León, 2007) propone el diseño de un sistema contra incendio para una empresa productora de cereales; basado en normas NFPA, que analiza como punto de partida el nivel de riesgo, determinando con ello, el diseño de sistemas de extintores, mangueras y rociadores. La investigación resalta la importancia de las normas NFPA como complemento de los cálculos hidráulicos de la disciplina clásica de la mecánica de los fluidos.

La investigación de (Rodriguez Muñoz, 2019) propone una guía para el diseño de un sistema hidráulico de protección contra incendios; para construir un sistema de rociadores automáticos, basándose en las normas nacionales. Esta investigación describe los elementos generales de los sistemas de protección contra incendios a base de agua y finalmente desarrolla los cálculos para obtener las características del equipo de bombeo, de modo que el usuario pueda incorporar fácilmente los conceptos y aplicarlos a sus requerimientos.

2. Material y Métodos

La población fue el conjunto de artículos científicos, normativas nacionales e internacionales, tesis y sitios web de empresas consultoras y constructoras de sistemas de agua contra incendio. Como muestra, se eligió la bibliografía que más profundiza respecto al diseño de tales sistemas.

El tipo de investigación es aplicada; pretendiendo que su resultado sea para generar conocimiento y beneficio en la sociedad. El diseño es documental, con base en la recopilación de teoría y normas. El nivel de la investigación es descriptivo, abordando distintas variables hidráulicas. La técnica de recolección de datos fue el análisis documental.

3. Resultados

Clasificación del nivel de riesgo de la instalación

El punto inicial de la investigación, es clasificar el riesgo de incendio, según la actividad económica del local y según el tipo de mercaderías cuando el local es un almacén; considerando el capítulo 5 la norma NFPA 13 y la norma A.130, capítulos XI y XII del Reglamento Nacional de Edificaciones, los riesgos se clasifican en las **Tablas 1 y 2**.

Tabla 1

Nivel de riesgo según la actividad económica de la instalación

Nivel de riesgo	Actividad económica
Riesgo Leve o Ligero	Oficinas, restaurantes salvo tabernas, templos, aulas.
Riesgo Ordinario 1	Talleres mecánicos, panaderías, fábricas de bebidas, garajes vehiculares.
Riesgo Ordinario 2	Bibliotecas, fábricas de papel, talleres de metalmecánica.
Riesgo extra 1	Aserraderos, industria textil, hangares para aeronaves, industria gráfica.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

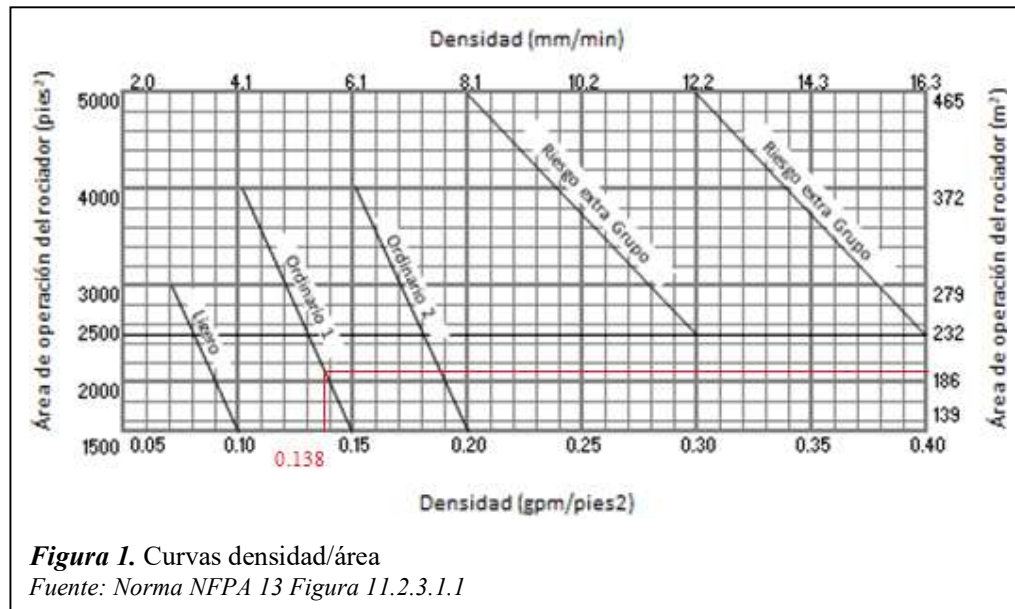
Nivel de riesgo según la mercadería almacenada

Clase	Mercadería almacenada
I	Electrodomésticos, botellas de vidrio, conservas en lata, cemento, café, herramientas metálicas
II	Electrodomésticos empacados, alimentos congelados, fertilizantes, cajas de madera, cueros.
III	Alimentos horneados, café, golosinas, queso todos ellos en cajas de cartón, productos de papel, cereales, PVC, trapos, tabaco, muebles de madera, textiles excepto de nylon.
IV	Pinturas esmalte, tejidos de nylon, pañales desechables, muebles de madera con cobertura plástica, resinas, productos farmacéuticos y fósforos en cajas de cartón, cables eléctricos, municiones.

Fuente: Elaboración propia

Caudal de descarga para los rociadores

La dotación de agua para los rociadores se deberá determinar a partir de la gráfica densidad/área de la Figura 1. El primer dato a considerar es el riesgo del local según su actividad económica (Tabla 1), o según el tipo de mercaderías, cuando se trata de un almacén (Tabla 2); ese nivel de riesgo se ubica en la Figura 1, donde se selecciona una de las 5 curvas de riesgo. Otro dato es el área de aplicación de rociadores en el local, que se supone conocido y se interseca con dicha curva; el punto resultante se proyecta hacia los ejes horizontales, dando como resultado la densidad de diseño. Esta densidad se multiplica por el área donde se instalarán los rociadores, resultando el caudal total de rociadores. Por ejemplo, para un riesgo Ordinario 1, y con un área de instalación para rociadores de 195 m², la densidad resultante es 0.138 gpm/pie².



Asignación del caudal de agua para mangueras

Para la definición de caudal requerido, se debe tomar el valor de la columna “Total combinado de mangueras internas y externas” de la **Tabla 3**.

Tiempo de autonomía

Para calcular la duración del caudal de mangueras, mientras llega el cuerpo de bomberos, se elige el valor más bajo o más alto de la columna “Duración” de la **Tabla 3**, según se tenga o no un detector de flujo acoplado al sistema de alarma contra incendio, según establece la NFPA 13, numeral 11.2.2.7.

Tabla 3

Requisito de asignación de caudal para mangueras y tiempo de abastecimiento de agua

Clasificación de la Ocupación	Mangueras internas		Total combinado de mangueras internas y externas		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo Leve	0,50, o 100	0,190, o 380	100	380	30
Riesgo Ordinario	0,50, o 100	0,190, o 380	250	950	60-90
Riesgo Extra	0,50, o 100	0,190, o 380	500	1900	90-120

Fuente: Norma NFPA 13 Tabla 11.2.3.1.2

Caudal total del sistema (Q)

Es el caudal de descarga de los rociadores automáticos más el caudal asignado para las mangueras, obtenidos en la **Figura 1** y la **Tabla 3** respectivamente.

Capacidad de abastecimiento en cisterna

Es el producto del caudal total del sistema por el tiempo de autonomía, lo que da como resultado el volumen de la cisterna de agua contra incendio. Es bueno señalar que el estanque de agua para uso de incendios debe tener por lo menos un volumen de 25 m³, según lo establecido en la norma IS.010 Art. 4.2.- b del Reglamento Nacional de Edificaciones.

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Volumen cisterna} / \text{Tiempo autonomía}$$

$$\text{Volumen cisterna} = Q * \text{Tiempo autonomía}$$

Elección de rociadores

Se debe elegir los rociadores según la configuración del local, entre rociadores estándar, de cobertura extendida, de respuesta rápida o de pared; de éstos, el tipo estándar y el de cobertura extendida inciden en el alcance geométrico, lo que es sumamente importante en el diseño; ambos tipos de rociadores deben cumplir con el área máxima de cobertura por rociador y la distancia máxima entre estos, establecidos por la NFPA 13, según **Tablas 4 y 5**. El rociador de cobertura extendida cubre un área mayor con su diluvio porque su deflector es más plano y tiene orificio de mayor diámetro (**Figuras 2, 3 y 4**).

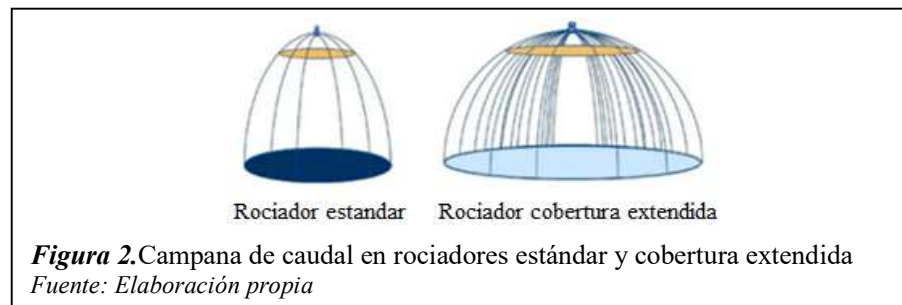


Tabla 4

Áreas de protección y de espaciamiento máximo para rociadores estándar en riesgo ordinario

Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	Área de Protección		Espaciamiento (máximo)	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12,1	15	4,6

Fuente: Norma NFPA 13 Tabla 8.6.2.2.1 (b)

Tabla 5

Áreas de protección y de espaciamiento máximo para rociadores de cobertura extendida según riesgo

Tipo de Construcción	Riesgo Ligero		Riesgo Ordinario		Riesgo Extra		Almacenamiento en Pilas Altas	
	Área de Protección (pies ²)	Espaciamiento (pies)	Área de Protección (pies ²)	Espaciamiento (pies)	Área de Protección (pies ²)	Espaciamiento (pies)	Área de Protección (pies ²)	Espaciamiento (pies)
Sin Obstrucciones	400	20	400	20	—	—	—	—
	324	18	324	18	—	—	—	—
	256	16	256	16	—	—	—	—
	—	—	196	14	196	14	196	14
	—	—	144	12	144	15	144	15
Obstruida, incombustible (cuando esté listado específicamente para tal uso)	400	20	400	20	—	—	—	—
	324	18	324	18	—	—	—	—
	256	16	256	16	—	—	—	—
	—	—	196	14	196	14	196	14
	—	—	144	12	144	12	144	12
Obstruida combustible	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Para unidades SI, 1 pie = 0,3048 m; 1 pie² = 0,0929 m²

Fuente: Norma NFPA 13 Tabla 8.8.2.1.2

Diseño de ramales de rociadores

Los ramales son las tuberías que tienen acoplados los rociadores, normalmente tienen un diámetro máximo de 1½". Para ello se elige el tipo de rociadores que se van a utilizar, asumiendo los estándares de las **Tablas 4 y 5**: distancia entre cada rociador y su respectiva área de cobertura. Así mismo, se debe respetar los estándares de la NFPA 13, referidos a la cantidad máxima de cabezas rociadoras a implementar según del diámetro del ramal y según el riesgo de incendio, como se indica en las **Tablas 6 y 7**.

Además, como se muestra en la **Figura 5**, se debe tener en cuenta que, según lo establecido en la NFPA 13, numeral 22.5.2.1.1, los ramales no podrán tener más de 08 rociadores. Cuando sean necesarios más de 08 rociadores sobre un ramal, se deberá permitir entre 9 y 10, haciendo los tramos finales de 1" y de 1¼" de diámetro, respectivamente, según la NFPA 13, numeral 22.5.2.1.2.

Tabla 6

Máxima cantidad de rociadores según diámetro de tubería, para riesgo ligero

	Acero	Cobre
1 pulg (25 mm)	2 rociadores	2 rociadores
1 ^{1/4} pulg (32 mm)	3 rociadores	3 rociadores
1 ^{1/2} pulg (40 mm)	5 rociadores	5 rociadores
2 pulg (50 mm)	10 rociadores	12 rociadores
2 ^{1/2} pulg (65 mm)	30 rociadores	40 rociadores
3 pulg (80 mm)	60 rociadores	65 rociadores
3 ^{1/2} pulg (90 mm)	100 rociadores	115 rociadores
4 pulg (100 mm)	Ver sección 4.5	Ver sección 4.5

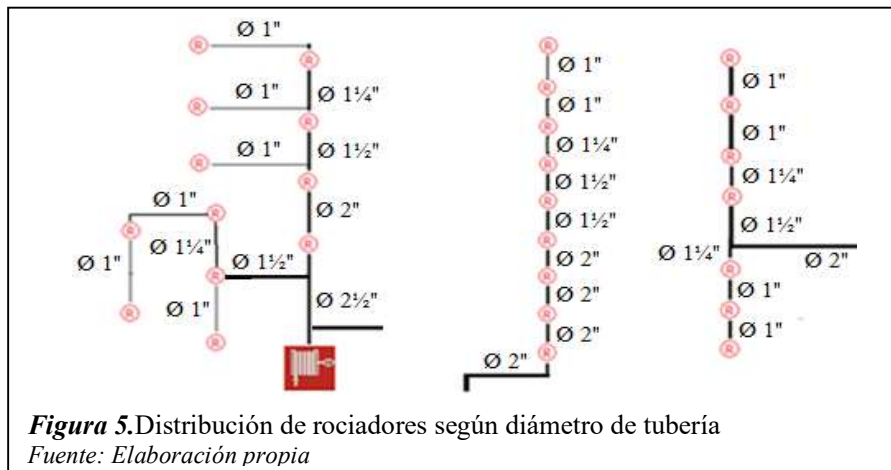
Fuente: Norma NFPA 13 Tabla 22.5.2.2.1

Tabla 7

Máxima cantidad de rociadores según diámetro de tubería y para riesgo ordinario

Acero		Cobre	
1 pulg	2 rociadores	1 pulg	2 rociadores
1 1/4 pulg	3 rociadores	1 1/4 pulg	3 rociadores
1 1/2 pulg	5 rociadores	1 1/2 pulg	5 rociadores
2 pulg	10 rociadores	2 pulg	12 rociadores
2 1/2 pulg	20 rociadores	2 1/2 pulg	25 rociadores
3 pulg	40 rociadores	3 pulg	45 rociadores
3 1/2 pulg	65 rociadores	3 1/2 pulg	75 rociadores
4 pulg	100 rociadores	4 pulg	115 rociadores
5 pulg	160 rociadores	5 pulg	180 rociadores
6 pulg	275 rociadores	6 pulg	300 rociadores
8 pulg	Ver Sección 8.2	8 pulg	Ver Sección 8.2

Fuente: Norma NFPA 13 Tabla 22.5.3.4



Cálculo de potencia de equipo de bombeo

Se debe asumir una hipótesis de incendio, lo más desfavorable posible, en cuanto a distancia y altura desde el equipo de bombeo, que se ubica en el primer piso del local; no se debe elegir el último piso, donde la muerte por asfixia de los ocupantes sería nula; por lo tanto, es mejor asumir como hipótesis, el penúltimo o antepenúltimo piso. Tal hipótesis implica el uso de un gabinete de manguera de diámetro 1½”, para uso de los brigadistas del edificio, más tres rociadores, que, al ser automáticos, inciden directamente sobre el fuego y, probablemente no se necesite más de dos.

El gabinete refuerza la acción de los rociadores, pero lo hace con el concurso del brigadista. Un gabinete de 1½”, bajo condición de presión de 65 Psi, arroja un flujo de 100 galones por minuto, y un rociador en las mismas condiciones de presión, arroja 18 galones por minuto. Referente a gabinetes, el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la norma A.130 Art. 128 c, indica que la presión mínima aceptable en el pitón de descarga de manguera es de 60 Psi. Además, para sistemas de mangueras de 1½”, el caudal debe ser 379 litros por minuto (100 gpm) en la conexión de manguera más remota, según lo establecido en la NFPA 14, numeral 7.10.2.2.1.

Caudal total asumido: $Q = 100 + n \cdot 18$ (en galones por minuto)

$Q = 100 + n \cdot 18 = 0.0063 + 0.001134 n$ (en metros cúbicos por segundo)

Siendo n: el número de rociadores a activarse en la emergencia; si hay un mantenimiento adecuado, bastarían dos o máximo tres rociadores para la extinción del incendio.

Las pérdidas en la red, están en relación con los diámetros de las tuberías, en el recorrido a considerar desde el sistema de bombeo hasta la zona de hipótesis de incendio. Según la NFPA 14, numeral 7.6.3, la tubería vertical para alimentar una red combinada de rociadores y mangueras, debe tener al menos un diámetro de 4”, tal como se ilustra en el siguiente ejemplo:

Diámetro de tubería montante = 4”

Longitud de tubería montante hacia zona de la hipótesis de incendio = X pies.

Diámetro de tubería de tubería colectora (une la montante con ramal de rociadores), por ej. = 2”

Longitud de tubería de la tubería colectora = Y pies.

Diámetro de ramal de rociadores, por ejemplo = 1½”

Longitud de ramal de rociadores = Z pies

Para determinar la pérdida de presión en tuberías, se utiliza la expresión de Hazen-Williams:

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

ΔP : caída de presión en la tubería en Psi/pie

Q: caudal indicado en galones por minuto

d: diámetro interno de la tubería en pulgadas

C: factor de rozamiento, que en caso de tubería de fierro negro cédula 40 es 120

Pérdidas en el montante, desde la estación de bombeo hasta la zona de hipótesis de incendio

$$\Delta P_1 = \frac{4.52 (100 + N \cdot 18)^{1.85}}{120^{1.85} (4)^{4.87}}$$

$\Delta P_1 = \alpha$ psi/pie

En X pies

$h_1 = \alpha \cdot X$ psi

En metros $h_1 = \alpha \cdot X / 1.42$ m.

Pérdidas en el recorrido de la tubería colectora de diámetro de 2''

$$\Delta P_2 = \frac{4.52 (N*18)^{1.85}}{120^{1.85} (2)^{4.87}}$$

$\Delta P_2 = \beta$ psi/pie En Y pies $h_2 = \beta * Y$ pies En metros $h_2 = \beta * Y / 1.42m$.

Pérdidas en el ramal de rociadores de diámetro de 1½''

$$\Delta P_3 = \frac{4.52 (N*18)^{1.85}}{120^{1.85} (1.5)^{4.87}}$$

$\Delta P_3 = \gamma$ psi/pie En Z pies $h_3 = \gamma * Z$ pies En metros $h_3 = \gamma * Z / 1.42m$.

Pérdida en accesorios como Té, codos y válvulas tipo compuerta en la montante, colector y ramales. Para ello se debe utilizar la **Tabla 8**.

Tabla 8

Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes de tubería

	1/2 in. (15 mm)	1/4 in. (20 mm)	1 in. (25mm)	1 1/4 in. (32 mm)	1 1/2 in. (40 mm)	2 in. (50 mm)	2 1/2 in. (65 mm)	3 in. (80 mm)	3 1/2 in. (90 mm)	4 in. (100 mm)	5 in. (125 mm)	6 in. (150 mm)	8 in. (200 mm)	10 in. (250 mm)	12 in. (300 mm)
Codo 45°	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
Codo estándar 90°	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo radio largo 90°	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Té o cruz (giro de 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa	-	-	-	-	-	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	-	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula de compuerta	-	-	-	-	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Interruptor de flujo tipo paleta			6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	-	30 (9.1)	-	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Válvula tipo charnela	-	-	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

Nota: La información de la tubería de 1/2 in. se incluye en esta tabla únicamente porque su uso se permite en las secciones 29.4 y 29.5

Debido a las variaciones en el diseño de válvulas tipo charnela, las logitudes equivalentes que se indican en esta tabla se consideran un promedio

Fuente: Norma NFPA 13 Tabla 22.4.3.1.1

04 Tee de 4'':	$h_4 = 4 * 20 = 80$ pies	$h_4 = 24.39$ m.
02 codos de 4'':	$h_5 = 2 * 10 = 20$ pies	$h_5 = 6.10$ m.
02 codos de 2'':	$h_6 = 2 * 5 = 10$ pies	$h_6 = 3.05$ m.
02 codos de 1½'':	$h_7 = 2 * 4 = 8$ pies	$h_7 = 2.44$ m.
N Tee de 1½'':	$h_8 = n * 8$ pies	$h_8 = 2.44$ n m.
01 válvula compuerta de 4'':	$h_9 = 2$ pies	$h_9 = 0.61$ m.
01 válvula compuerta de 2'':	$h_{10} = 1$ pie	$h_{10} = 0.31$ m.

Pérdida en el gabinete de mangueras

$P = 60$ psi

$h_{11} = 42.25$ m.

Pérdida en los rociadores

$$P = 60 \text{ psi} \cdot n$$

$$h_{12} = 42.25 \text{ n m.}$$

Pérdida total

$$h_t = \sum h_i = \alpha \cdot X / 1.42 + \beta \cdot Y / 1.42 + \gamma \cdot Z / 1.42 + 24.39 + 6.10 + 3.05 + 2.44 + 2.44n + 0.61 + 0.31 + 42.25 + 42.25n = 0.7042 (\alpha \cdot X + \beta \cdot Y + \gamma \cdot Z) + 79.15 + 44.69n$$

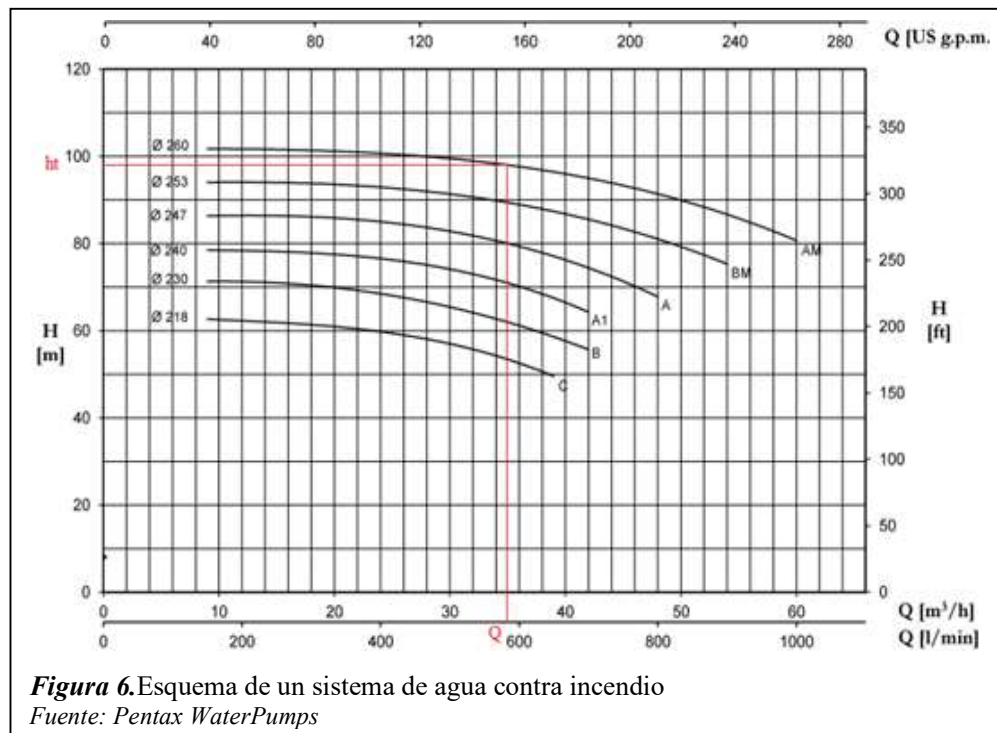
Potencia de la bomba principal

$$P = \rho \cdot g \cdot h_t \cdot Q$$

$$P = \rho \cdot g \cdot h_t \cdot Q = 1000 \cdot 9.8 \cdot [0.7143 (\alpha \cdot X + \beta \cdot Y + \gamma \cdot Z) + 79.09 + 44.63 n] \cdot (0.0063 + 0.001134 n) \text{ (en Watts)}$$

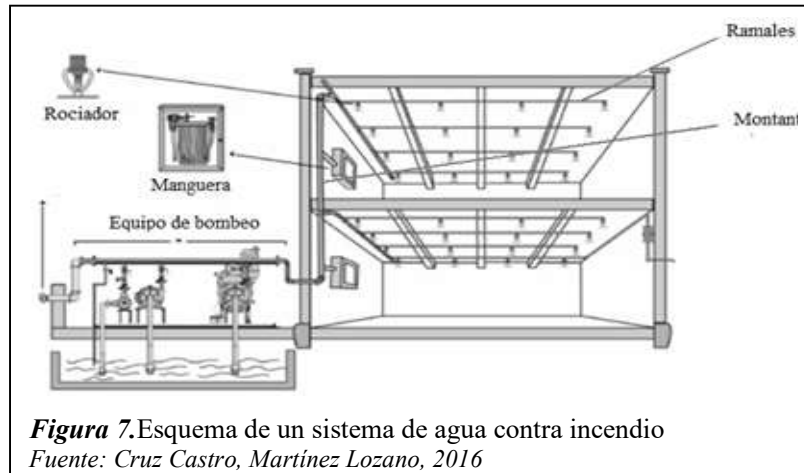
$$P = 13.1543 \cdot [0.7143 (\alpha \cdot X + \beta \cdot Y + \gamma \cdot Z) + 79.09 + 44.69 n] \cdot (0.0063 + 0.001134 n) \text{ (en HP)}$$

Según la gráfica de curvas H-Q, la curva que más se acerque con el punto donde coinciden las rectas de pérdida h_t y de caudal Q , será la bomba correcta, en este caso el modelo de bomba AM de la **Figura 6**.



Bomba jockey

Esta bomba tiene la función de mantener presurizado el sistema por pequeñas pérdidas de presión imperceptibles, por fugas de la red mientras no se usa el sistema, al tener menos potencia que la bomba principal, no va a complicar los cuadros eléctricos con su arranque. Según la NFPA 25, la bomba jockey debe tener un caudal de entre 1 y 5% y una presión de trabajo 10 Psi mayor, que la bomba principal.



4. Discusión

1. Esta investigación es coherente con el artículo de (Anchundia V., Nieto C., & Ocaña C., 2012), que propone el diseño para la ampliación de un sistema contra incendio para una planta envasadora de gas licuado de petróleo, que concluye que, para una correcta selección del equipo de bombeo, se debe determinar el caudal real necesario para abastecer todas las zonas que se encuentren en riesgo. En la presente investigación, también se ha calculado, pero con mayor detalle, las magnitudes de las bombas, a través de las pérdidas en la red, desde la zona de bombas hacia la zona de hipótesis de incendio.

2. La investigación de (Martínez Lozano & Barreto León, 2007), sobre el diseño de un sistema contra incendio para una empresa productora de cereales; basado en normas NFPA, resaltó la necesidad de estas normas, como complemento de los cálculos hidráulicos de la mecánica de fluidos. Esto también fue sumido en la presente investigación.

3. Se analizó también la investigación de Marcial Alexander Rodríguez Muñoz, que desarrolló una guía para el diseño de un sistema hidráulico de protección contra incendios; y propuso una metodología para los cálculos hidráulicos con los que se obtienen los requisitos de presión y caudal para el sistema, lo cual tiene concordancia con la presente investigación, que también se basó en la presión y caudal de los sistemas de rociadores y mangueras.

4. Para enfrentar incendios en instalaciones en caso la actividad económica es de alto riesgo, sería recomendable realizar investigaciones relacionadas con el uso de sistemas contra incendios que utilicen espuma, que a pesar de ser mucho más costosa que el agua, tiene un alto poder ignífugo.

5. Conclusiones

1. Se ha presentado la guía para la elaboración de la memoria de cálculo de sistemas de agua contra incendio, de fácil comprensión para los interesados, la cual se basa en la ingeniería hidráulica y los estándares de las normas NFPA 13 y 14.

2. Es primordial clasificar del nivel de riesgo de incendio de la instalación, según el tipo de actividad económica, para calcular el caudal de diseño y la reserva de agua de la cisterna, antes de la actuación de concurso del cuerpo de bomberos.

3. Para determinar las características de presión y potencia del equipo de bombeo, se calcula las pérdidas de presión debidas al rozamiento en la red de tuberías y accesorios, desde el punto de bombeo hasta la zona de hipótesis del incendio.

4. Finalmente, la elección del tipo de rociadores, definirá la arquitectura de la red, según sus características de cobertura y distanciamiento.

6. Referencias Bibliográficas

Anchundia V., F., Nieto C., A., & Ocaña C., E. (enero de 2012). Diseño de un Sistema de Protección Contra Incendio en una Planta Envasadora de Gas Licuado de Petróleo. 1-7. Guayaquil, Ecuador: Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado el 25 de octubre de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/50206919_Diseño_de_un_Sistema_de_Protección_Contra_Incendio_en_una_Planta_Envasadora_de_Gas_Licuado_de_Petroleo

Arce-Palomino, J. L. (marzo de 2008). Grandes incendios urbanos: Mesa Redonda, Lima 2001. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 118-124. Recuperado el 9 de noviembre de 2020, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n1/a14v25n1>

Asociación Dominicana de Mitigación de Desastres (ADMD). (2020). Asociación Dominicana de Mitigación de Desastres (ADMD). Recuperado el 15 de noviembre de 2020, de http://www.desastre.org/index.php?option=com_content&view=article&id=129:los-incendios&catid=39:gestion-de-riesgo

Baril, P. (2014). *Sistemas de Rociadores Automaticos para Museos*. 4. (A. y. Centro Nacional de Conservación y Restauración. Dirección de Bibliotecas, Ed.) Santiago, Chile. Recuperado el 29 de octubre de 2020, de https://www.cncr.gob.cl/611/articles-52331_recurso_8.pdf

Cabo Goikouria, E., García Larragán, J., & Barrenechea Azpiroz, K. (junio de 2011). *Manual del Bombero control y extinción de incendios*. 57. (A. d. Vasco, Ed.) Alava, España: ArkanteAkademia. Recuperado el 21 de noviembre de 2020, de [https://www.donostia.eus/app/info/OfertadeEmpleo.nsf/vListadoIdAnexo/8741041820A5A64BC125811E003C7443/\\$file/5.%20Principios%20de%20la%20lucha%20contra%20incendios%20c.pdf](https://www.donostia.eus/app/info/OfertadeEmpleo.nsf/vListadoIdAnexo/8741041820A5A64BC125811E003C7443/$file/5.%20Principios%20de%20la%20lucha%20contra%20incendios%20c.pdf)

Cárdenas Estrada, D. E. (2010). Propuesta de un modelo matemático para calcular el calentamiento de conductores eléctricos. *Tecnociencia*, 12(2), 71-88. Recuperado el 7 de noviembre de 2020, de <https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/2374>

Czajkowski, J. D., & Calisto Aguilar, M. (2013). *Incendios: prevención, extinción e instalaciones*. Instalaciones, 65-95. La Plata, Buenos Aires, Argentina: Arquinstal - Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado el 19 de noviembre de 2020, de http://www.arquinstal.com.ar/2016/n1_09_16_incendio.pdf

De Prada Pérez de Azpeitia, F. I. (11 de mayo de 2009). Química aplicada a la seguridad: agentes extintores de fuego. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 105, 3, 213-220. Madrid, España: Real Sociedad Española de Química. Recuperado el 19 de agosto de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3094252>

Martinez Lozano, E., & Barreto León, N. (12 de noviembre de 2007). *Diseño de un Sistema Contra Incendio para una Empresa Productora de Cereales*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior

Politécnica del Litoral. Recuperado el 25 de octubre de 2020, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2402/1/4742.pdf>

Ministerio de Energía y Minas, Perú. (21 de agosto de 2007). Decreto Supremo N° 043-2007-EM, Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos. Lima, Perú. Recuperado el 21 de octubre de 2020, de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Reglamento%20de%20Seguridad%20para%20las%20Actividades%20de%20Hidrocarburos%20y%20modificaci%C3%B3n%20de%20diversas%20disposiciones.pdf

Ministerio de Fomento, Perú. (1964). Decreto Supremo 42-Fomento Reglamento de Seguridad Industrial. Recuperado el 19 de setiembre de 2020, de http://gestop.pe/wp-content/uploads/2014/09/DS_42_F..pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Perú. (23 de mayo de 2006). Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de <https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

Montiel Molina, C. (2013). Presencia histórica del fuego en el territorio. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado el 30 de setiembre de 2020, de https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-36030/WEB_Presencia_historica_del_fuego_en_el_territorio.pdf

Rodríguez Muñoz, M. (2019). Desarrollo de una guía para el diseño de un Sistema hidráulico de protección contra incendios. Santiago de Cali, Colombia: Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle. Recuperado el 30 de octubre de 2020, de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/14226/CB0592853.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tonally Sistemas contra incendio. (2020). Tonally Sistemas contra incendio. Recuperado el 27 de agosto de 2020, de <https://tonallysistemas.com/red-hidraulica-de-distribucion-de-agua-contra-incendio.html>