



Universidad
Tecnológica
del Perú

Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Seguridad Industrial y Minera

Tesis:

**“Determinación de la Efectividad de Extinción de Conato
de Incendio entre la Bola de Extinción de Fuego y el
Extintor de PQS para la Prevención de Incendios”**

JONATHAN EDWIN COLLADO MUÑOZ

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Seguridad Industrial y Minera

Asesora:

Ing. Ana Cecilia Urday Gonzales

Arequipa – Perú

2022

“Determinación de la Efectividad de Extinción de Conato de Incendio entre la Bola de Extinción de Fuego y el Extintor de PQS para la Prevención de Incendios”

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	2%
2	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%
6	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	bvirtual.indecopi.gob.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi madre Pastora Muñoz y a mi padre José Collado que me guiaron en mis pasos personales, laborales y académicos, a mis hermanas Daneyva y Anjaly por continuar unidos como una familia y apoyándonos entre nosotros.

A mi familia materna y paterna por sus buenos consejos que los supe aprovechar estaré eternamente agradecido.

Para ti Alexandra, para continuar con nuestras metas y sueños.

AGRADECIMIENTO

Expresar mi agradecimiento a todos los profesores de la carrera de Ingeniera de Seguridad Industrial y Minera por sus enseñanzas compartidas en mi formación profesional.
A la Ing. Ana Cecilia por su asesoramiento, ayuda y comprensión durante la realización del trabajo de investigación.

RESUMEN

Los equipos de extinción de incendios son utilizados desde hace muchos años como sistemas de prevención, es por ello que es necesario determinar la efectividad de equipos de extinción de incendios tradicionales con equipos innovadores. El objetivo de la investigación fue determinar la efectividad de extinción de conato de incendio entre la bola de extinción de fuego y el extintor de PQS en la prevención de incendios. El método utilizado fue experimental, porque se realizó pruebas de simulación de conatos de incendio. El enfoque de la investigación fue mixto porque se tomó en cuenta cualidades de la bola de extinción de incendios y del extintor portátil de PQS antes, durante y después de las pruebas en conatos de incendio y obtener datos cuantitativos para determinar cuál de los equipos tiene mayor eficacia, eficiencia y efectividad.

El extintor portátil de PQS en la Prueba N° 1 obtuvo una eficacia de 54% con una calificación de “Ineficaz”, en la Prueba N° 2 se obtuvo la mayor eficacia con un valor de 92% y una calificación de “Muy Eficaz” en la lucha y prevención de incendios, en la bola de extinción de incendios la Prueba N.º 3 y la Prueba N° 4 obtuvo una eficacia de 38% con una calificación “Ineficaz”, la diferencia de eficacia entre los dos equipos de extinción de incendio se debe principalmente a la extinción de conato de incendio que solo fue alcanzado por el extintor portátil de PQS en la Prueba N.º 2.

La eficiencia del extintor portátil de PQS fue de 92% con una calificación de “Moderadamente Eficiente”, la bola de extinción de incendios alcanzo una eficiencia de

21% con una calificación de “Ineficiente”, la diferencia de eficiencia se debe a que en el cálculo se ve influenciado por eficacia y el alto costo de adquisición y capacitación en lucha de prevención y amago de incendios.

Se determinó que el extintor de PQS es un equipo moderadamente efectivo a comparación de la bola de extinción de incendios, que es un equipo inefectivo con un resultado de efectividad de 80% y 20% respectivamente. Se concluyó que la efectividad del extintor de PQS supera en un 60% a la efectividad de la bola de extinción de incendios, a pesar de que la bola de extinción de incendios es un equipo nuevo e innovador, no cumple con sus objetivos de diseño frente a la lucha y prevención contra incendios.

Palabras Clave: Incendio, equipos contra incendios, prevención, extintor de PQS, bola de extinción de incendio.

ABSTRACT

Firefighting equipment has been used for many years as prevention systems, which is why it is necessary to determine the effectiveness of traditional firefighting equipment with innovative equipment. The objective of the research was to determine the effectiveness of fire extinction between the fire extinguishing ball and the PQS extinguisher in fire prevention. The method used was experimental because simulation tests of fire outbreaks were carried out. The research approach was mixed because the qualities of the fire extinguishing ball and the PQS portable fire extinguisher were taken into account before, during and after the tests on fire outbreaks and quantitative data was obtained to determine which of the equipment has the highest efficacy, efficiency, and effectiveness.

The PQS portable fire extinguisher in Test No. 1 obtained an efficiency of 54% with a rating of "Ineffective", in Test N° 2 the highest efficiency was obtained with a value of 92% and a rating of "Very Effective" in firefighting and prevention, in the firefighting ball, Test N° 3 and Test N° 4 obtained an efficiency of 38% with a rating of "Ineffective", the difference in effectiveness between the two firefighting equipment The fire is mainly due to the extinguishment of an outbreak of fire that was only achieved by the PQS portable fire extinguisher in Test N° 2.

The efficiency of the PQS portable fire extinguisher was 92% with a rating of "Moderately Efficient", the fire extinguishing ball reached an efficiency of 21% with a rating of "Inefficient", the difference in efficiency is due to the fact that in the Calculation is influenced

by efficiency and the high cost of acquisition and training in fire prevention and threat fighting.

It was determined that the PQS fire extinguisher is a moderately effective equipment compared to the fire extinguishing ball, which is an ineffective equipment, with an effectiveness result of 80% and 20%, respectively. It was concluded that the effectiveness of the PQS extinguisher exceeds the effectiveness of the fire extinguishing ball by 60%, despite the fact that the fire extinguishing ball is a new and innovative piece of equipment, it does not meet its design objectives compared to fire fighting and prevention.

Keywords: Fire, firefighting equipment, prevention, PQS extinguisher, firefighting ball.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	v
INDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.1 Pregunta principal de investigación.....	2
1.1.2 Preguntas secundarias de investigación	2
1.2 Objetivos de la investigación	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.5 Alcances y limitaciones.....	4
1.5.1 Alcance	4
1.5.2 Limitaciones	4
CAPITULO 2.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Fuego	5
2.1.1 Comportamiento del fuego	5
2.2 Química del Fuego	5
2.2.1 Reacciones químicas exotérmicas	5

2.2.2 Factores.....	6
2.2.3 Comburente.....	6
2.2.4 Focos de ignición.....	7
2.3 Triángulo del Fuego.....	8
2.4 Tetraedro del Fuego.....	8
2.5 Clases de Fuego.....	9
2.5.1 Clase A.....	9
2.5.2 Clase B.....	9
2.5.3 Clase C.....	10
2.5.4 Clase D.....	10
2.5.5 Clase K.....	11
2.6 Fases de un incendio.....	11
2.6.1 Con oxígeno libre disponible.....	11
2.6.2 Sin oxígeno libre disponible.....	15
2.7 Incendios según magnitud.....	18
2.7.1 Conato de incendio.....	18
2.7.2 Incendio parcial.....	18
2.7.3 Incendio total.....	18
2.8 Métodos de Extinción.....	18
2.8.1 Método de eliminación del combustible.....	18
2.8.2 Sofocación.....	19
2.8.3 Enfriamiento.....	19
2.8.4 Inhibición de la reacción en cadena.....	19
2.9 Agentes extintores.....	19
2.9.1 Polvos Químicos Secos.....	20
2.9.2 Funcionamiento de los PQS.....	21
2.9.3 Propiedades de los PQS.....	22
2.9.4 Ventajas de la utilización de los PQS.....	23
2.9.5 Desventajas de la utilización de PQS.....	23
2.10 Extintor de PQS.....	24
2.10.1 Partes de un extintor.....	24
2.10.2 Especificaciones técnicas.....	25
2.11 Bola de Extinción de incendios.....	25

2.11.1	Partes de la bola de extinción de incendios	25
2.11.2	Especificaciones técnicas	27
2.12	Eficacia	28
2.13	Eficiencia	28
2.14	Efectividad	28
CAPITULO 3	.....	31
ESTADO DEL ARTE	.....	31
3.1	A nivel internacional.....	31
3.2	A nivel latinoamericano.....	36
3.3	A nivel Nacional.....	41
CAPITULO 4	.....	44
METODOLOGÍA	.....	44
4.1	Tipo de investigación	44
4.1.1	Según su enfoque	44
4.1.2	Según intervención del investigador.....	44
4.1.3	Según su planificación	44
4.1.4	Nivel de investigación.....	49
4.1.5	Diseño de investigación	50
4.2	Descripción de la investigación.....	50
4.2.1	Estudio de caso.....	50
4.2.2	Unidad de análisis.....	50
4.3	Operacionalización de variables	51
CAPITULO 5	.....	52
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	.....	52
5.1	Procedimiento para Eficacia	52
5.2	Procedimiento para Eficiencia	53
5.3	Procedimiento para Efectividad	53
5.4	Establecer la eficacia del extintor de PQS	54
5.4.1	Prueba N°1	54
5.4.2	Prueba N° 2	63

5.5	Establecer la eficiencia del extintor de PQS.....	71
5.6	Eficacia de la bola de extinción de incendio.....	76
5.6.1	Prueba N° 3	76
5.6.2	Prueba N° 4	84
5.7	Eficiencia de la Bola de Extinción de Fuego	92
5.8	Efectividad del Extintor de PQS y Bola de extinción de incendios.....	96
5.8.1	Efectividad del Extintor de PQS	96
5.8.2	Efectividad de la Bola de Extinción de Incendios.....	98
CAPITULO 6.....		99
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		99
6.1	Descripción de la propuesta del investigador.....	99
6.1.1	Prueba N° 1 Eficacia del extintor de PQS.....	99
6.1.2	Prueba N° 2 de eficacia de Extintor de PQS	100
6.1.3	Comparación de eficacia entre pruebas de Extintor Portátil de PQS	101
6.2	Establecer la eficiencia del extintor de PQS.....	101
6.3	Establecer la Eficacia de la Bola de Extinción de Fuego.....	102
6.3.1	Prueba N° 3 de Bola de extinción de Incendios.....	102
6.3.2	Prueba N° 4 de Bola de Extinción de Incendios	103
6.3.3	Comparación de eficacia entre pruebas de Bola de Extinción de Incendios	105
6.4	Eficiencia de la Bola de Extinción de Incendios	106
6.5	Efectividad del extintor de PQS y la Bola de extinción de incendios	107
6.5.1	Valores del Extintor portátil de PQS	107
6.5.2	Valores de la Bola de extinción de incendios.	107
6.5.3	Valores de equipos de extinción de incendios.....	108
6.5.4	Efectividad de equipos de extinción de incendios.....	109
CONCLUSIONES		112
RECOMENDACIONES		114
ANEXOS.....		115
BIBLIOGRAFIA.....		119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Triangulo de Fuego.....	8
Figura 2: Tetraedro del Fuego	9
Figura 3: Fuego de Clase A	9
Figura 4: Fuego de Clase B	10
Figura 5: Fuego de Clase C	10
Figura 6: Fuego de Clase D.....	11
Figura 7: Fuego de Clase K.....	11
Figura 8: Fase Inicial.....	12
Figura 9: Fase de aumento de Temperatura	13
Figura 10: Fase de Libre Combustión	13
Figura 11: Fase de decadencia.....	14
Figura 12: Fases de un incendio.....	14
Figura 13: Fase Inicial.....	15
Figura 14: Fase de aumento de Temperatura.....	16
Figura 15: Fase latente	16
Figura 16: Fase de libre combustión	17
Figura 17: Fase de decadencia.....	17
Figura 18: Partes de un extintor.....	24
Figura 19: Raiting	25
Figura 20: Corte Transversal de bola.....	27
Figura 21: Cartucho Pirotécnico.....	27
Figura 22: Castillo de madera	52
Figura 23: Castillo de madera Prueba N°1.....	55
Figura 24: Encendido de castillo de madera Prueba N°1	55
Figura 25: Verificaciønd de fuego Prueba N°1	56
Figura 26: Listones de madera quemados Prueba N°1.....	56
Figura 27: Previa a la utilización del extintor Prueba N°1	57
Figura 28: Durante la extinción del extintor Prueba N°1	57
Figura 29: Posterior a la descarga del extintor Prueba N°1.....	58
Figura 30: Castillo de madera Prueba N°2.....	64
Figura 31: Inicio de fuego de castillo de madera Prueba N°2.....	64
Figura 32: Encendido de castillo en Prueba N°2.....	65
Figura 33: Verificación de listones de madera quemados Prueba N°2.....	65
Figura 34: Extinción de incendio con extintor de PQS en Prueba N°2	66
Figura 35: Finalización de Prueba N°2.....	66
Figura 36: Castillo de madera Prueba N°3.....	76
Figura 37: Inicio de Fuego Prueba N°3.....	77
Figura 38: Quemado y desprendimiento de brasas Prueba N° 3	77
Figura 39: Colocación de Bola de Extinción de Incendios Prueba N°3.....	78
Figura 40: Activación de la Prueba N°3	78
Figura 41: Post activación de Bola de Extinción de Incendios.....	79
Figura 42: Castillo de Madera Prueba 4.....	85
Figura 43: Quemado de Prueba 4.....	85
Figura 44: Desprendimiento de Brasas Prueba 4.....	86

Figura 45: Colocación de Bola de Extinción de Incendio Prueba N° 4	86
Figura 46: Explosión de Bola de Extinción de Incendios Prueba N° 4.....	87
Figura 47: Post Activación de la Bola de la Extinción de Incendios.....	87
Figura 48: Puntaje de eficacia Prueba N°1	99
Figura 49: Puntaje de eficacia Prueba N°2	100
Figura 50: Eficacia del extintor portátil de PQS	101
Figura 51: Eficiencia del extintor portátil de PQS	102
Figura 52: Puntaje de eficacia Prueba N°3	103
Figura 53: Puntaje de eficacia Prueba N°4	104
Figura 54: Comparación de eficacia de Prueba N°3 y N°4.....	105
Figura 55: Eficiencia de la bola de extinción de incendios	106
Figura 56: Valores de eficacia y eficiencia del extintor portátil de PQS	107
Figura 57: Valores de eficacia y eficiencia de la bola de extinción de incendios	108
Figura 58: Comparación de valores de equipos de extinción de incendio	109
Figura 59: Efectividad de equipos de extinción de incendio	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría PQS.....	23
Tabla 2: Formulas de indicadores.....	30
Tabla 3: Formula de Eficacia.....	45
Tabla 4:Formula de Eficiencia.....	46
Tabla 5: Formula de Efectividad.....	49
Tabla 6: Operacionalización de Variables.....	51
Tabla 7: Indicador 1 de Prueba N°1.....	58
Tabla 8: Indicador 2 de Prueba N°1.....	59
Tabla 9: Indicador 3 de Prueba N°1.....	59
Tabla 10: Indicador 4 de Prueba N°1.....	59
Tabla 11: Indicador 5 de Prueba N°1.....	59
Tabla 12: Indicador 6 de Prueba N°1.....	60
Tabla 13: Indicador 7 de Prueba N°1.....	60
Tabla 14: Indicador 8 de Prueba N°1.....	60
Tabla 15: Indicador 9 de Prueba N°1.....	61
Tabla 16: Indicador 10 de Prueba N°1.....	61
Tabla 17: Indicador 11 de Prueba N°1.....	61
Tabla 18: Lista de verificación de Prueba N° 1.....	62
Tabla 19: Eficacia Prueba N°1.....	63
Tabla 20: Indicador 1 de Prueba N°2.....	67
Tabla 21: Indicador 2 de Prueba N°2.....	67
Tabla 22: Indicador 3 de Prueba N°2.....	67
Tabla 23: Indicador 4 de Prueba N°2.....	67
Tabla 24: Indicador 5 de Prueba N°2.....	68
Tabla 25: Indicador 6 de Prueba N°2.....	68
Tabla 26: Indicador 7 de Prueba N°2.....	68
Tabla 27: Indicador 8 de Prueba N°2.....	69
Tabla 28: Indicador 9 de Prueba N°2.....	69
Tabla 29: Indicador 10 de Prueba N°2.....	69
Tabla 30: Indicador 11 de Prueba N°2.....	70
Tabla 31: Lista de verificación Prueba N°2.....	70
Tabla 32: Resultado de eficacia Prueba N°2.....	71
Tabla 33: Tiempo de acción de extintor de PQS.....	71
Tabla 34: Tiempo de extinción de incendio de extintor de PQS.....	72
Tabla 35: Tiempo de exposición con extintor.....	72
Tabla 36: Número de Mantenimientos.....	72
Tabla 37: Costo de Instalación de Equipo Extintor.....	73
Tabla 38: Costo de Adquisición de Equipo.....	73
Tabla 39: Costo de mantenimiento extintor en 5 años.....	73
Tabla 40: Costo de Capacitación.....	74
Tabla 41: Lista de verificación de eficiencia del Extintor portátil de PQS.....	75
Tabla 42: Resultados esperados en extintor portátil.....	75
Tabla 43: Resultados alcanzados del extintor portátil de PQS.....	76
Tabla 44: Resultado de eficiencia del extintor portátil de PQS.....	76

Tabla 45: Indicador 1 Prueba N°3.....	79
Tabla 46: Indicador 2 Prueba N°3.....	79
Tabla 47: Indicador 3 Prueba N°3.....	80
Tabla 48: Indicador 4 Prueba N°3.....	80
Tabla 49: Indicador 5 Prueba N°3.....	80
Tabla 50: Indicador 6 Prueba N°3.....	81
Tabla 51: Indicador 7 Prueba N°3.....	81
Tabla 52: Indicador 8 Prueba N°3.....	81
Tabla 53: Indicador 9 Prueba N°3.....	82
Tabla 54: Indicador 10 Prueba N°3.....	82
Tabla 55: Indicador 11 Prueba N°3.....	82
Tabla 56: Lista de verificación de Prueba N°3.....	83
Tabla 57: Resultado eficacia de Prueba N°3.....	84
Tabla 58: Indicador 1 de Prueba N°4.....	88
Tabla 59: Indicador 2 de Prueba N°4.....	88
Tabla 60: Indicador 3 de Prueba N°4.....	88
Tabla 61: Indicador 4 de Prueba N°4.....	88
Tabla 62: Indicador 5 de Prueba N°4.....	89
Tabla 63: Indicador 6 de Prueba N°4.....	89
Tabla 64: Indicador 7 de Prueba N°4.....	89
Tabla 65: Indicador 8 de Prueba N°4.....	90
Tabla 66: Indicador 9 de Prueba N°4.....	90
Tabla 67: Indicador 10 de Prueba N°4.....	90
Tabla 68: Indicador 11 de Prueba N°4.....	91
Tabla 69: Lista de verificación de Prueba N°4.....	91
Tabla 70: Resultado de eficacia prueba N°3.....	92
Tabla 71: Tiempo de acción de extintor.....	92
Tabla 72: Tiempo de extinción de incendio.....	93
Tabla 73: Tiempo de exposición con extintor.....	93
Tabla 74: Número de Manteamientos.....	93
Tabla 75: Costo de Instalación de Equipo Extintor.....	94
Tabla 76: Costo de Adquisición de Equipo.....	94
Tabla 77: Costo de mantenimiento extintor en 5 años.....	94
Tabla 78: Costo de Capacitación.....	95
Tabla 79: Lista de Verificación de Eficiencia de bola de extinción de incendios.....	95
Tabla 80: Resultados esperados para la bola de extinción de incendio.....	96
Tabla 81: Resultados obtenidos en la bola de extinción de incendios.....	96
Tabla 82: Eficiencia de la bola de extinción de incendios.....	96
Tabla 83: Valores para resulta eficacia.....	97
Tabla 84: Valores par resultados de eficiencia.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Lista de Verificación de Eficacia	115
ANEXO 2: Lista de Verificación de Eficiencia	116
ANEXO 3: Lista de Verificación de Efectividad	116
ANEXO 4: Patente Bola de extinción de incendios	117
ANEXO 5: Boleta de adquisición de bola de extinción de incendio	118

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación determina la efectividad de extinción de conato de incendio entre la bola de extinción de fuego y el extintor de PQS para la prevención de incendios, en el capítulo 1 da a conocer la problemática del trabajo de investigación, objetivo principal y específicos, la hipótesis, justificación de la investigación, alcance y limitaciones.

En el capítulo 2 está contemplado el marco teórico donde se conceptualiza características del fuego, triángulo y tetraedro del fuego, fases del incendio, magnitud del incendio, agentes extintores, características del extintor portátil de PQS y de la bola de extinción de incendio; en el capítulo 3 incluye el estado del arte con antecedentes de ámbito a nivel internacional, a nivel latinoamericano y a nivel nacional; seguidamente en el capítulo 4 se encuentra la metodología que incluye el tipo de investigación, según su enfoque, planificación, diseño y nivel de investigación, se encuentra la descripción de la investigación y la operacionalización de variables.

En desarrollo de la investigación está incluido en el capítulo 5, donde se detalla el cálculo y procedimiento para establecer la eficacia, eficiencia y efectividad del extintor portátil de PQS y de la bola de extinción de incendios.

En el capítulo 6 y último de la investigación se detalla el análisis e interpretación de resultados de eficacia, eficiencia y efectividad de la bola de extinción de incendio y del extintor portátil de PQS, para concluir y compartir las recomendaciones.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

Un incendio se propaga de forma no controlada en el tiempo y el espacio, en el año 2016 de 39 países con una población 1.200 millones de personas (15 % de la población mundial aproximadamente) se registraron 3 millones de intervenciones de bomberos relacionadas con incendios, de las cuales más de 18 000 personas perdieron la vida y otras 58 000 resultaron lesionadas [1].

En el periodo 2003 - 2019 se produjo en el Perú, 21842 incendios urbanos - industriales, en Arequipa en el mismo periodo se contabilizaron 225 emergencias por incendio [2], dando como resultado personas gravemente heridas o fallecidas, además de la incalculable pérdida económica. Lastimosamente, estos incendios se pudieron evitar, ya que se originaron en actividades inseguras y negligentes. En muchos casos donde se registró un incendio, estos tenían un sistema contra incendio, pero el cual no estaba operativo, por qué no se daba un mantenimiento óptimo [3].

Para que un incendio no se convierta en una verdadera tragedia se debe combatir cuando los incendios son pequeños o más conocidos como conatos de incendio. Cada cierto tiempo llama la atención, productos o servicios que se integran y perfeccionan la función de prevenir lesiones o promueven la seguridad de las personas, esto no es ajeno para nuevos sistemas de extinción de conatos de incendios como por ejemplo

la bola de extinción de incendios ante sistemas tradicionales como los extintores portátiles de PQS.

Por lo mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación ayudará a determinar la efectividad de extinción de conato de incendio entre la “Bola extinción de Fuego” y el “Extintor de portátil de PQS” para la prevención de incendios en su fase inicial.

1.1.1 Pregunta principal de investigación

¿En qué medida la efectividad de extinción de conato de incendio es mejor entre la bola de extinción de fuego y el extintor de PQS para la prevención de incendios?

1.1.2 Preguntas secundarias de investigación

- ¿Cuál es la eficacia del extintor de PQS?
- ¿Cuál es la eficiencia del extintor de PQS?
- ¿Cuál es la eficacia de la bola de extinción de fuego?
- ¿Cuál es la eficiencia de la bola de extinción de fuego?
- ¿Cuál es la relación en efectividad entre la bola de extinción de fuego y el extintor de PQS?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar la efectividad de extinción de conato de incendio entre la Bola de Extinción de Fuego y el Extintor de PQS en la prevención de incendios.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer la eficacia del extintor de PQS.
- Establecer la eficiencia del extintor de PQS.
- Establecer la eficacia de la bola de extinción de fuego.
- Establecer la eficiencia de la bola de extinción de fuego.

- Establecer la relación de la efectividad de la bola de extinción de incendios y del extintor de PQS.

1.3 Hipótesis

Es probable que mediante la determinación de efectividad entre la bola de extinción de fuego y el extintor portátil de PQS se pueda determinar cuál de los sistemas contra incendios es más efectivo para la utilización en conatos de incendio.

1.4 Justificación de la investigación

Dado que existe una gran cantidad de incendios a nivel mundial y esto ocasiona pérdidas humanas y económicas, estos incendios pueden ser extinguidos en fase inicial denominado conato de incendio, es por ello que el presente trabajo de investigación se establece para determinar la efectividad de extinción de un conato de incendio entre la bola extinción de fuego y el extintor portátil de PQS, con la finalidad de prevenir incendios y extinguirlos en la fase inicial teniendo un impacto positivo en el ámbito social, económico, ambiental y tecnológico.

a) Social

En el ámbito social, la presente investigación ayudará a identificar la efectividad de dos equipos contra incendios en la extinción de conatos de incendios y así evitar lesiones o pérdidas humanas causadas por los incendios.

b) Económico

Ayudará a minimizar pérdidas económicas al extinguir el incendio en su fase inicial y no permitiendo que este se desarrolle, evitando así daños a materiales y herramientas.

c) Ambiental

La disminución de incendios generará un impacto positivo al medio ambiente, ya que no se producirán elementos contaminantes producidos por los incendios.

d) Tecnológico

La bola de extinción de fuego es un equipo innovador en la lucha de conatos de incendios para prevenir y minimizar pérdidas económicas, humanas y medio ambientales.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcance

En la presente investigación se realizará una evaluación para determinar la efectividad de extinción de conato de incendio de fuego clase A entre la Bola de Extinción de Fuego y el Extintor de portátil de PQS en la prevención y extinción de conatos de incendios.

1.5.2 Limitaciones

Debido a la pandemia de la Covid-19 la comercialización y envío a provincia de la bola de extinción de incendios está limitada.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Fuego

El fuego se determina como reacción química exotérmica de tres elementos que son el combustible, comburente y energía de activación [4, p. 159], que es una quema vivaz que es perceptible y se manifiesta por medio de llamas, desprendimiento de energía y emisión de gases o humos [5, p. 17].

2.1.1 Comportamiento del fuego

El comportamiento del fuego es complejo e incierto, puede atrapar y quemar todo en un instante o tan solo causar un insignificante daño, todo depende que disponga de espacio y materiales para expandirse [5, p. 18].

2.2 Química del Fuego

El desarrollo básico en el proceso de un incendio son las transformaciones químicas, de esta manera se tiene el inicio, mantiene y expande un incendio, en un determinado tiempo y espacio, pero esto no sería posible por cuatro factores determinantes para que exista un incendio, los cuales son combustible, comburente, energía de activación y una reacción en cadena [6, p. 3].

2.2.1 Reacciones químicas exotérmicas

En una reacción exotérmica se producen unas sub-sustancias con menos potencial energético que los que tienen los materiales que están reaccionando en ese momento.

No obstante, la energía se puede representar de muchas maneras, por lo general en una reacción química se gana o se pierde energía en forma de calor [7, p. 4].

En la Reacción térmica se tiene:



2.2.2 Factores

Los tres factores para determinar que puede existir un incendio son: Combustible, comburente y energía. Hay un cuarto factor que es la reacción en cadena, que configura el fenómeno de reacción [8, p. 211].

2.2.2.1 Combustible

Es toda aquella sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso con la capacidad de arder bajo determinadas condiciones [4, p. 160], se puede deducir que cualquier material que en su composición que contenga carbón o hidrogeno, puede pasar por un proceso de oxidación.

La gran parte de materias orgánicas contienen altos índices de carbono e hidrogeno ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso [9, p. 13].

Visto bajo un punto de vista de ignición, depende de las siguientes variables

- Concentración exacta entre combustible – aire.
- La temperatura mínima en que el combustible emite los vapores suficientes para alcanzar una concentración específica.
- La energía de activación para que inicie y se desarrolle en cadena [10, p. 2].

2.2.3 Comburente

El comburente más conocido y que encontramos en una atmosfera que nos rodea es el oxígeno (21%), gas no inflamable y elemento básico para la vida, la cantidad mínima de oxígeno que se necesita para una combustión es del 16% y en la atmosfera lo encontramos a un 21%, el oxígeno no se quema, solamente mantiene la combustión [8, p. 212].

En conclusión, se considera comburente a toda aquella mezcla de gases, en el cual el oxígeno se encuentra en proporción suficiente para que se inicie o desarrolle una combustión [11].

2.2.3.1 Energía de Activación

Es la energía mínima o necesaria que requiere la mezcla del combustible y el comburente para que el fuego se inicie. Esta energía es dada por los denominados focos de ignición.

La energía de activación depende mucho de la composición del combustible y de las condiciones de este. Los sólidos combustibles como por ejemplo la madera necesitan una energía elevada para poder arder. A diferencia, los gases o vapores inflamables arden simplemente con insignificantes cantidades de energía, como por ejemplo una chispa eléctrica que se genera al conectar o desconectar un equipo eléctrico del tomacorriente [8, p. 212].

Energía aproximada para la activación de algunos combustibles.

- Gases y vapores inflamables: Energía entre 0.1-0.5 MJ, se genera con un mínimo foco de ignición a alta temperatura.
- Polvos combustibles: Energía entre 10-100 MJ, se genera con un mínimo foco de ignición a alta temperatura.
- Sólidos Combustibles: Energía entre 100-300 MJ, focos de ignición grandes como brasas o llamas [12, p. 11].

2.2.4 Focos de ignición

Los focos de ignición se organizan según su origen:

Focos térmicos

- Rayos de sol.
- Cigarrillos encendidos o usar fósforos, velas, etc.
- Generadores de calor (calderas, hornos).
- Soldadura.

- Vehículos a motor y maquinarias.

Focos eléctricos

- Chispas generadas por luces e interruptores.
- Cortocircuito o descarga atmosférica.

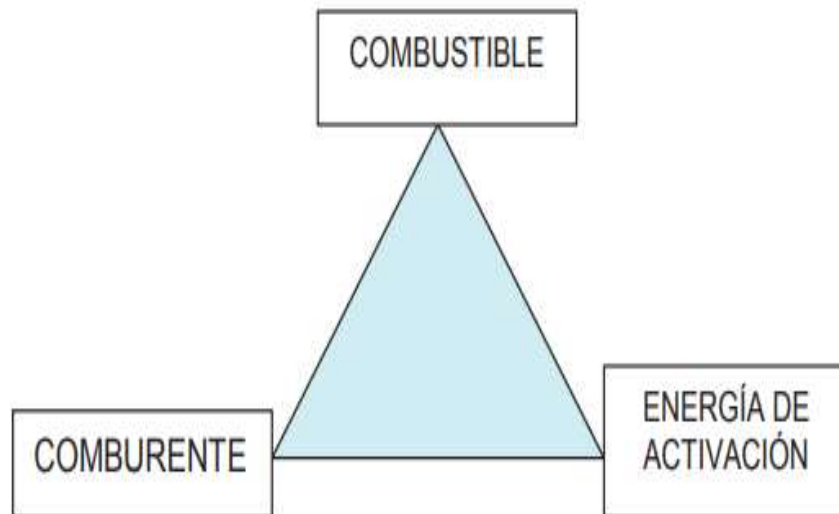
Focos químicos

- Reacciones exotérmicas.
- Materiales reactivos.
- Agentes de oxidación rápida o agentes de oxidación automática [13, pp. 1-33].

2.3 Triángulo del Fuego

Se necesitan los factores para que el fuego se inicie o nazca, y estos deben coexistir entre sí, el combustible, comburente, y la energía de activación [9, p. 12] lo que ha sido representado gráficamente como un triángulo del fuego. Figura 1.

Figura 1: Triangulo de Fuego

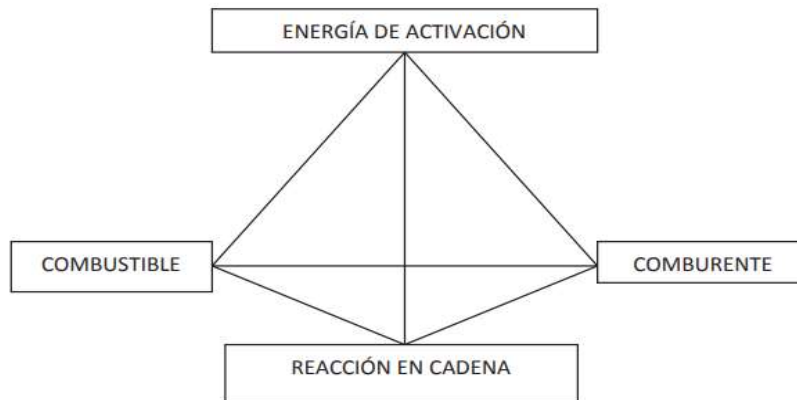


Fuente: Manual de extinción de incendios

2.4 Tetraedro del Fuego

Una vez iniciado el fuego y para que este fuego se mantenga, se necesita una reacción en cadena. Esta condición se introdujo como un factor más, dando lugar al denominado Tetraedro del Fuego [9, p. 12], como se representa en la Figura 2.

Figura 2: Tetraedro del Fuego



Fuente: Manual de extinción de incendios

2.5 Clases de Fuego

La tipificación de las distintas clases de fuego se basa en la forma de combustión y están agrupados de la siguiente manera:

2.5.1 Clase A

Se produce por la quema de un material sólido como: cartón, madera, papel, telas o tejidos. El pictograma que se utiliza para identificarlo es un triángulo de fondo verde, que en el interior está la letra "A" de un color blanco [12, p. 11] [10, p. 3], como se presenta en la Figura 3.

Figura 3: Fuego de Clase A



Fuente: NTP 350.021

2.5.2 Clase B

Es generado por líquidos inflamables como por ejemplo el petróleo y derivados del mismo, tales como gasolina, diésel, gas, etc. El pictograma que utiliza este tipo de fuego es un cuadrado de color rojo, que en su interior está la letra “B” de color blanco [12, p. 11] [10, p. 3], como se presenta en la Figura 4.

Figura 4: Fuego de Clase B



Fuente: NTP 350.021

2.5.3 Clase C

Este tipo de fuego es producido por equipos eléctricos energizados como, por ejemplo: cajas de palancas o fusibles, transformadores, instalaciones eléctricas, etc. Cabe precisar que una vez cortada la energía eléctrica de estos equipos se convierten en tipos de fuego “A” o “B”. Su pictografía es un círculo de color azul, que en su interior está la letra “C” de color blanco [12, p. 12] [14, p. 3], como se presenta en la Figura 5.

Figura 5: Fuego de Clase C



Fuente: NTP 350.021

2.5.4 Clase D

Los fuegos de clase D son producidos por la quema de metales como, por ejemplo: circonio, titanio, magnesio. Debido a su reacción violenta en este tipo de fuego no se debe utilizar agua. Su pictograma es una estrella de 5 puntas color amarilla, que en su

interior está la letra “D” de color blanco [12, p. 12] [14, p. 3], como se presenta en la Figura 6.

Figura 6: Fuego de Clase D

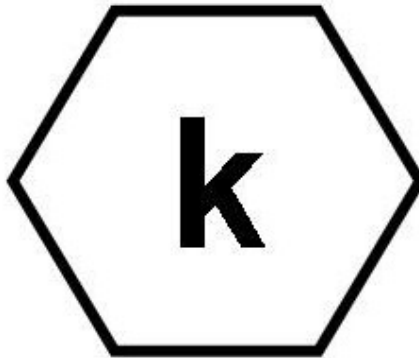


Fuente: NTP 350.021

2.5.5 Clase K

Los fuegos de clase K son producidos por grasas y aceites de origen animal o vegetal que mayormente se encuentran en cocinas. Su pictograma es un hexágono blanco que si interior tiene la letra “K” de color negro como se representa en la Figura 7 [14, p. 3].

Figura 7: Fuego de Clase K



Fuente: NTP 350.021

2.6 Fases de un incendio

Se puede decir que incendio es el fuego no controlado, con una velocidad de propagación importante y se produce una gran cantidad de energía [15, p. 74].

2.6.1 Con oxígeno libre disponible

2.6.1.1 Encendido o fase inicial

En esta primera etapa, uno o varios productos de combustión se ponen en contacto con una fuente de energía, la energía debe ser lo suficientemente fuerte como para desencadenar una reacción química o combustión, y aparecen los primeros signos de llama, generalmente muy débiles.

Durante este periodo se registran temperaturas por debajo de los 300 °C y se produce gases por combustión de productos combustibles y la reacción química incompleta [16, p. 21].

Figura 8: Fase Inicial



Fuente: El Fuego y los Incendios

2.6.1.2 Fase de incremento de temperatura

Durante esta etapa la temperatura sube muy rápidamente, su temperatura puede variar de 300 a 700 °C, los materiales y elementos cercanos a la combustión elevan su temperatura por medio del mecanismo de transferencia de calor. En la presente fase la energía que se genera es mucho mayor a la energía que se disipa, por lo que los materiales cercanos entran en combustión y también se ve afectada la estructura cercana al incendio y estas comienzas a debilitarse, esto dependerá mucho de acuerdo con el tipo de material que tenga la edificación [16, p. 21].

Figura 9: Fase de aumento de Temperatura



Fuente: El Fuego y los Incendios

2.6.1.3 Fase de libre combustión

En esta etapa de libre combustión comienza con el Flashover o también conocido como inflamación súbita generalizada y puede llegar a alcanzar temperaturas superiores a los 800 °C con una gran presencia de lenguas de llamas muy pronunciadas.

Igual que en la fase de aumento de temperatura, la cantidad de energía liberada es mucho mayor que la energía disipada, la estructura se está debilitando continuamente desde la fase anterior, puede ocasionar colapsos de techos o paredes, esto dependerá de acuerdo con el material que está construido la edificación. [16, p. 22].

Figura 10: Fase de Libre Combustión



Fuente: El Fuego y los Incendios

2.6.1.4 Fase de decadencia

En la fase de decadencia el material combustible está casi consumido y la velocidad de combustión baja, también se puede demostrar que la energía disipada es mayor que la energía liberada. No se presencia lenguas de llamas, pero si se originan humos altamente venenosos.

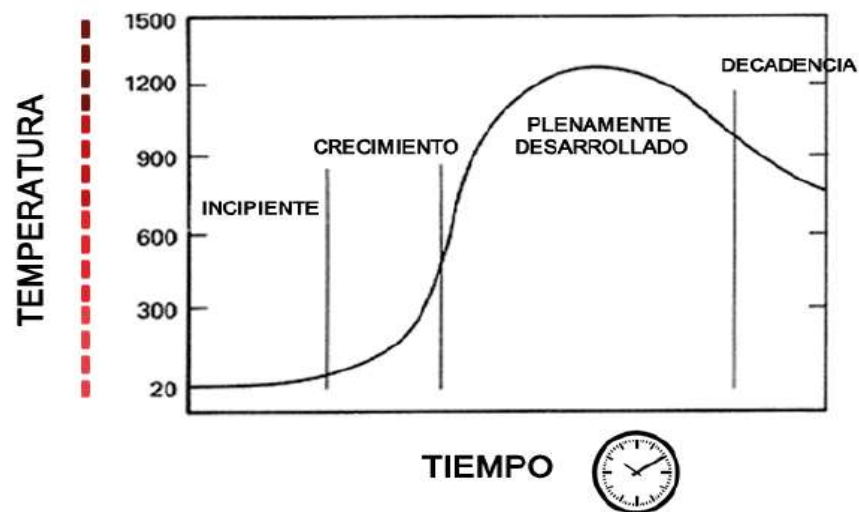
En la presente fase la estructura está completamente dañada, los techos y las paredes ya colapsaron o están a punto de colapsar [16].

Figura 11: Fase de decadencia



Fuente: El Fuego y los incendios

Figura 12: Fases de un incendio



Fuente: Instalación de protección contra incendios

2.6.2 Sin oxígeno libre disponible

2.6.2.1 Encendido o Fase inicial

En esta fase inicial se pone en contacto uno o varios productos combustibles con un suministro de energía, este suministro debe ser ampliamente potente como para empezar una reacción química, más conocida como combustión y aparezcan las primeras llamas primitivas que generalmente son muy pequeñas.

En esta fase se registran temperaturas por debajo de los 300 °C y existe una generación de humos por mala combustión por una reacción química incompleta [16, p. 21].

Figura 13: Fase Inicial



Fuente: El Fuego y los Incendios

2.6.2.2 Fase de aumento de temperatura

Es esta fase la temperatura aumenta de forma muy acelerada, puede variar entre los 300 y 700 °C, los materiales y elementos cercanos al área donde se realiza la combustión elevan su temperatura debido a los mecanismos de transmisión de calor. Durante esta etapa, la energía generada es mucho mayor a la energía que se disipa, por lo que los materiales cercanos entran en combustión y las estructuras cercanas a la llama también se ven afectadas y comienzan a debilitarse. [16, p. 21].

Figura 14: Fase de aumento de Temperatura



Fuente: El Fuego y los Incendios

2.6.2.3 Fase Latente

La fase latente de un incendio sin libre disposición de oxígeno es porque, existe poco o nulo flujo de este, en este ambiente se acumula gran cantidad de calor, humo y gases de pirolisis. Si se abre alguna apertura, se puede producir un evento explosivo o más conocido como Backdraft, resultante de la rápida reintroducción de oxígeno a la combustión en un ambiente agotado del mismo. [16, p. 22].

Figura 15: Fase latente



Fuente: El fuego y los Incendios

2.6.2.4 Fase de libre combustión

La fase latente comienza en el momento de la explosión debido a la rápida introducción de oxígeno en el medio envolvente, generando temperaturas superiores a los 800 °C en presencia de formaciones de lenguas flamígeras muy pronunciadas. La cantidad

de energía producida en la fase de libre combustión es mucho mayor que la energía disipada [16, p. 22].

Figura 16: Fase de libre combustión



Fuente: El Fuego y los Incendios

2.6.2.5 Fase decreciente

En la fase de decadencia el material combustible está casi agotado y la velocidad de combustión baja, también se puede evidenciar que la energía disipada es mayor que la energía liberada. No se presencia lenguas de llamas, pero si se generan humos altamente tóxicos.

En la presente fase la estructura está completamente dañada, los techos y las paredes ya colapsaron o están a punto de colapsar [16].

Figura 17: Fase de decadencia



Fuente: El Fuego y los incendios

2.7 Incendios según magnitud

2.7.1 Conato de incendio

Es un incendio de dimensiones menores o pequeño que puede ser apagado con un extintor portátil estándar, siempre y cuando el personal que lo va a utilizar es una persona capacitada y entrenada en el control y prevención de incendios [17, p. 43].

2.7.2 Incendio parcial

La magnitud de un incendio parcial es cuando abarcan un amplio espacio, este incendio es muy peligroso porque ya no puede ser apagado con extintores portátiles debido al tiempo transcurrido desde que se visualizaron las primeras lenguas de llamas o humos, que incluso podría expandirse a nuevos ambientes adyacentes al fuego. Estos fuegos serán controlados y apagados por equipos de emergencia especializada [17, p. 43].

2.7.3 Incendio total

Este incendio es totalmente descontrolado y abarca una gran área, donde es imposible combatirlo y tan solo se trabajará en ambientes o lugares adyacentes para evitar que el fuego se siga expandiendo.

2.8 Métodos de Extinción

Para que un incendio siga desarrollándose se necesita de todos los elementos o factores del tetraedro del fuego unidos en sus vértices, si uno de los factores de la combustión desaparece automáticamente el incendio se extingue [9, p. 50].

2.8.1 Método de eliminación del combustible

Este método se enfoca en la eliminación o separación del combustible, es limitado a ciertos tipos de fuego.

En los incendios de clase B, suele ser el método más utilizado siempre y cuando se pueda cortar el flujo de la cañería o contenedor por donde escapa el combustible [9, p. 50].

2.8.2 Sofocación

El método de sofocación consiste en la separación del comburente del combustible para que termine el proceso de combustión, esto se consigue colocando una tapa, manta o cualquier elemento que impida que el comburente, que mayormente es el aire, no tenga contacto con el combustible. No es necesario eliminar completamente el aire, sino tan solo que el comburente sea lo bastante pobre como para que no suceda el proceso de combustión [9, p. 50].

Este método es muy eficaz, pero no se utiliza para fuegos grandes en los que exista llamas muy pronunciadas.

2.8.3 Enfriamiento

El método de extinción por enfriamiento es el más utilizado para los diferentes tipos de fuego, ya que para que se inicie y mantenga un incendio se necesita calor, al eliminar la fuente de calor o bajar la temperatura será suficiente para controlar un incendio y extinguirlo [9, p. 50].

2.8.4 Inhibición de la reacción en cadena

Las reacciones químicas que se dan en una combustión se pueden interrumpir si se actúa con un producto químico catalizador opuesto de las mismas. Este método es muy eficaz, para fuegos grandes o de brasas carentes de llamas.

El éxito de la extinción de un incendio depende excepcionalmente de que se actúe en la fase inicial de un incendio y de que se utilice el agente extintor adecuado para cada tipo de fuego [9, p. 51].

2.9 Agentes extintores

El agente extintor es un producto que, al ser aplicado sobre el fuego, hace que este se apague o extinga al actuar sobre uno o varios factores del tetraedro del fuego.

El extintor es más que un envase donde en su interior contiene el agente extintor, que debe de ser utilizado de manera correcta, ya que hay muchos factores que influyen

para apagar un incendio, no todos los extintores pueden ser utilizados para las diferentes clases de fuego [17, p. 33].

2.9.1 Polvos Químicos Secos

Los polvos químicos secos o más conocidos por sus abreviaturas PQS ofrecen una alternativa muy efectiva para enfrentar los distintos tipos de incendio. Mayormente, son a base de fosfato monoamónico que tiene un agente expulsor que es un gas inerte, en muchos casos el nitrógeno, a este tipo de PQS se lo llama “polivalente” por qué combaten fuegos de clase ABC.

Existen otros tipos de PQS como los que están hechos a base de bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio y borato de sodio. Estas partículas de polvo tienen unas dimensiones entre 10 y 75 micras revestidas de siliconas para evitar que se hagan masas. Las dimensiones de las partículas es un factor clave para la extinción del fuego, a menor dimensión de granulometría más rápido se vaporiza en la llama reprimiendo el incendio.

Los PQS actúan sobre la reacción en cadena interrumpiéndola, aunque también se pudo comprobar que actúan en la no liberación de energía radiante [18, p. 42].

El fosfato monoamónico tiene un caso muy particular que al ser utilizado contra fuegos de clase A, su forma de extinción del incendio también incluye el método de sofocación, debido a que al contacto con la brasa típica de los fuegos clase A se genera un recubrimiento vidrioso sobre la superficie de estos haciendo que no se reinicie el incendio [18, pp. 42-43].

2.9.1.1 Tipos de polvos químicos secos

2.9.1.1.1 Polvos químicos ABC

También denominados polivalentes o polvos multipropósito, están hechos principalmente a base de fosfato monoamónico y sus concentraciones en diferentes extintores varían desde 55% al 90 %, esto es directamente proporcional con la

extinción de incendio, quiere decir a que, a mayor porcentaje de concentración, mejor será su efectividad de extinción [18, p. 51].

2.9.1.1.2 Polvos químicos BC

Estos polvos son muy efectivos para fuegos tipo BC, son distintos agentes existentes como, por ejemplo

- **Bicarbonato de potasio:** Es un polvo color púrpura.
- **Bicarbonato de sodio:** Es un polvo color rojizo.
- **Bicarbonato de potasio y urea:** Este tipo de polvo especial se utiliza para fuegos de grandes dimensiones. Su gran desarrollo en la extinción de incendios se basa en la rotura de partículas debido a las altas temperaturas, apagando un incendio BC que abarcan grandes superficies [18, p. 51].

2.9.1.1.3 Polvos químicos D

Están hechos a base de borato de sodio y también son incluidos en los compuestos especiales [18, p. 52].

Se tiene que tomar en cuenta que mientras más polvo o viruta presentan, el compuesto químico puede ser más dañino para seres vivos.

2.9.2 Funcionamiento de los PQS

Para la sofocación de un incendio, el Polvo Químico Seco interfiere directamente en uno o varios factores del tetraedro del fuego, lo que permite la ruptura de la reacción en cadena, impidiendo que el fuego continúe encendido [18, p. 52].

Rotura de la reacción en cadena: Esta es la manera más común como actúan los diferentes tipos de polvos químicos, en un tetraedro del fuego se presenta una combustión plena de sus factores, a través de una reacción en cadena, al descargar este polvo sobre las llamas impide que otros factores de la combustión reaccionen y por ende la extinción del incendio [18, p. 52].

Acción aislante: Cuando se utiliza un polvo polivalente específicamente en fuegos de clase A, el fosfato monoamónico entra en reacción con el fuego, convirtiéndose en un

residuo pegajoso (ácido metafosfórico) sobre las brasas del material combustible, en consecuencia, se aísla el material incandescente del comburente, extinguiéndose el fuego y evitando que se reinicie [18, p. 52].

2.9.3 Propiedades de los PQS

Los polvos químicos son una mezcla con diferentes aditivos como agentes repulsores de agua hechos a base de siliconas, para así mejorar sus propiedades de almacenamiento y fluencia.

Estabilidad: Los PQS son completamente estables ya sea con condiciones normales o expuestas a altas temperaturas.

Toxicidad: Los compuestos que tienen los PQS no son tóxicos, pero en grandes cantidades se puede generar molestias o irritaciones en vía respiratoria y ojos.

Dimensiones de las partículas: las dimensiones de las partículas tienen un impacto sobre eficacia de extinción del incendio, se requiere un control minucioso para que no excedan las medidas mínimas o máximas en su campo de eficacia [18, p. 54].

Tabla 1: Granulometría PQS

REQUISITO	POLVO QUÍMICO SECO					
	Fosfato monoamónico dihidrógeno y fosfatos de amonio		BICARBONATO DE SODIO		BICARBONATO DE POTASIO	
CLASE DE FUEGO	ABC		BC		BC	
Granulometría %	Min.	máx.	Min.	máx.	Min.	máx.
Malla 40 (425 μm)	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
Malla 100 (149 μm)	2.0	15.0	0.0	5.0	-	2.5
Malla 200 (74 μm)	15.0	32.0	0.0	10.0	-	8.0
Malla 40 (44 μm)	15.0	22.0	5.0	20.0	10.0	20.0
Pan de fondo	31.0	68.0	75.0	95.0	74.0	88.0

Fuente: NTP 350.034

2.9.4 Ventajas de la utilización de los PQS

- Velocidad y poder de extinción alto.
- No conductores de la electricidad, también se emplean contra fuegos clase B que están en contacto con equipos energizados.
- De utilización fácil.
- Económicos como agente extintor
- No reaccionan fácilmente con otros materiales.
- Tiene una baja toxicidad [18, p. 54].

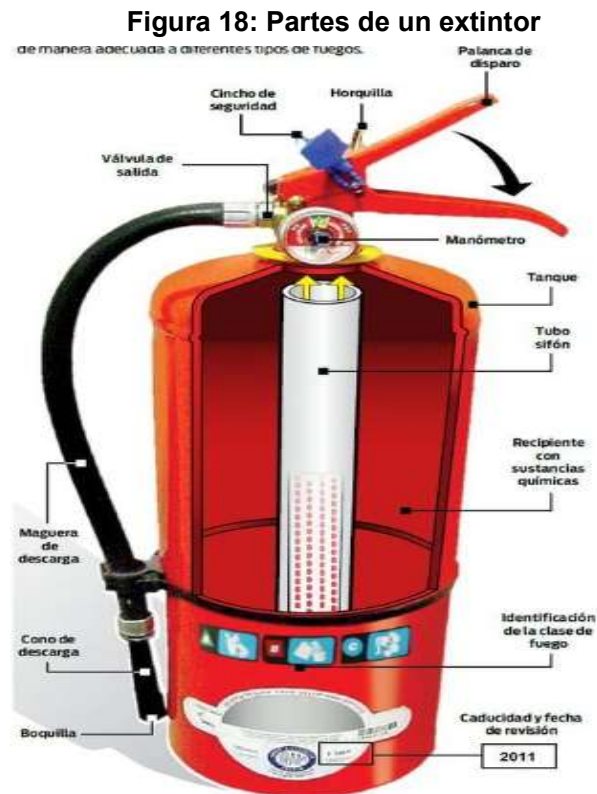
2.9.5 Desventajas de la utilización de PQS

- No tienen una extinción permanente por encima de superficies de líquidos inflamables, existe una probabilidad de que el fuego se reinicie de la misma manera en superficies metálicas calientes o brasas incandescentes.

- Son corrosivos para equipos eléctricos, puede dañar permanentemente al equipo y demanda una limpieza especializada.
- Son llamados agentes extintores sucios debido a que dejan residuo después de su utilización.
- No tienen una presión propia, por ende, necesitan de un agente expulsor para poder verter el PQS sobre el incendio.
- Existe dificultad en la utilización en áreas abiertas debido a la influencia del viento, este puede desviar el agente extintor y no lograr el objetivo de apagar el incendio [18, pp. 54-55].
- Los agentes expulsores como el nitrógeno son contaminantes al medio ambiente.

2.10 Extintor de PQS

2.10.1 Partes de un extintor



Fuente: Manual de adiestramiento para manejo de extintores

2.10.2 Especificaciones técnicas

Raiting o capacidad de extinción: es la clasificación de acuerdo con su capacidad de extinción que expresa el potencial de efectividad del extintor, teniendo en cuenta la cantidad y tipo de agente extintor [19, p. 11].

La identificación de la capacidad de extinción de un extintor portátil de PQS se da con una notación específica que está compuesta por un número y está seguido a una letra. El número significa la capacidad de extinción de fuego relativa y la letra identifica la clase de fuego [20, p. 6].

Figura 19: Raiting



Fuente: Cálculo de la Necesidad de Extintores Portátiles

2.11 Bola de Extinción de incendios

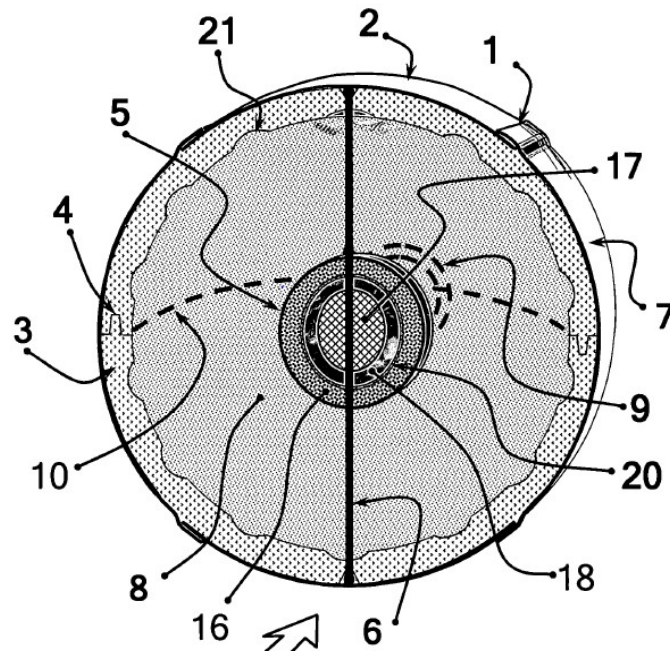
Dispositivo explosivo de extinción de conatos de incendios, consta de tres componentes básicos, los cuales son: una carcasa frangible, agente químico de extinción (el agente extintor puede ser fosfato monoamónico o carbonato de sodio) de incendios y un dispositivo detonador con bajo rendimiento explosivo [21, p. 1].

2.11.1 Partes de la bola de extinción de incendios

- 1) Región de soplamiento entre las capas de película plástica.
- 2) Capa de película plástica retractilada unida verticalmente.
- 3) Carcasa frangible.
- 4) Articulación de lengüeta y ranura fundida en el borde de los hemisferios.
- 5) Detonador recubierto.

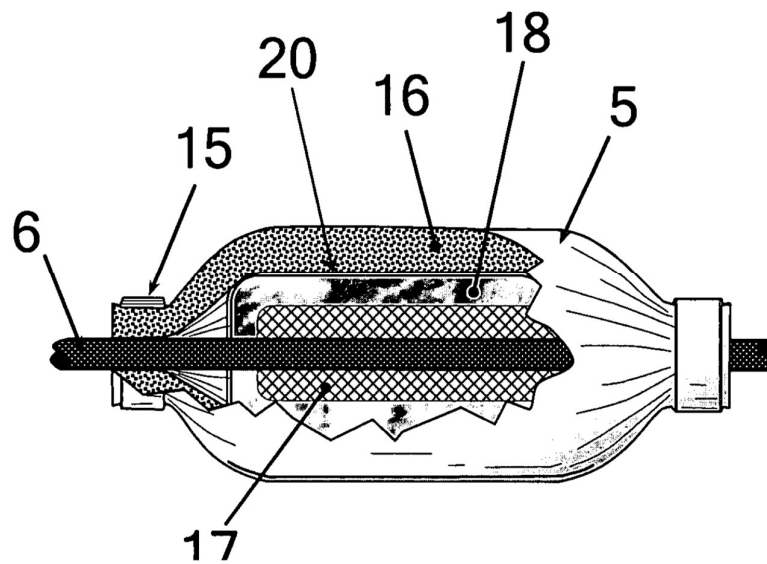
- 6) Mecha.
- 7) Capa de película horizontal.
- 8) Agente químico extintor.
- 9) Agujero de llenado.
- 10) Costura entre mitades de carcasas hemisféricas.
- 11) Relleno químico secundario.
- 12) Anillo espaciador entre las carcasas interior y exterior.
- 13) Nodos de localización para moldear.
- 14) Carcasa exterior.
- 15) Encuadernación.
- 16) Superficie externa de la carcasa del detonador.
- 17) Relleno pirotécnico.
- 18) Capa de guata de algodón.
- 19) Borde de la banda de envoltura retráctil.
- 20) Capa de envoltura de plástico.
- 21) Hendiduras internas.
- 22) Borde de banda de envoltura retráctil [21, pp. 6-23].

Figura 20: Corte Transversal de bola



Fuente: Patente "Bola de Extinción de Fuego"

Figura 21: Cartucho Pirotécnico



Fuente: Patente "Bola de Extinción de Fuego"

2.11.2 Especificaciones técnicas

- Peso de polvo extintor: 1.3+/-0.2 Kg.
- Peso total de bola extinción de incendios: 1.5+/-0.2 Kg.
- Cartucho pirotécnico de 4.0 g.

- Diámetro de 152 mm o 15.2 cm.
- Sonido de explosión entre 120-140 db.
- Temperaturas de almacenamiento entre -40 y 85 °C [21, pp. 4-5].

2.12 Eficacia

Es el cumplimiento de objetivos o metas planteadas, es decir, cuáles o cuanto de los resultados esperados se alcanzó. La eficacia depende de lograr total o parcialmente un objetivo formulado o planteado como una meta [22, p. 2] representada por la fórmula según Tabla 2.

La eficacia también se puede interpretar como el nivel alcanzado de las metas u objetivos propuestos, consiste en enfocarse en el objetivo final, producto o resultado final sin tomar en cuenta el tiempo o costo que demandaría el logro del objetivo [23, p. 16].

2.13 Eficiencia

Es el éxito de los objetivos, pero con un menor tiempo de lo esperado. En este caso se busca un uso óptimo de recursos que se encuentran disponibles para alcanzar los objetivos deseados [22, p. 2] el cual está representado en la Tabla 2, la eficiencia está relacionado con el tiempo invertido en cada una de las actividades o trabajos para alcanzar el objetivo [23, p. 15].

2.14 Efectividad

La efectividad involucra e integra la eficiencia y eficacia, es decir, el logro alcanzado programado en el tiempo y recursos utilizados más razonables posibles. Es la realización correcta para lograr objetivos con gran exactitud y sin derrochar tiempo y dinero [22, p. 2] representado en la Tabla 2.

La efectividad es indicador preciso y completo, ya que pone en evidencia el estado detallado de cómo van los objetivos propuestos inicialmente, con el fin de evaluar diferentes comportamientos de los indicadores y generar soluciones o mejoras [23, p. 16] al proceso o productos.

Tabla 2: Fórmulas de indicadores

Eficacia			Eficiencia			Efectividad	Calificación Efectividad	
$\frac{RA}{RE}$			$\frac{(RA/CA*TA)}{(RE/CE*TE)}$			$\frac{\{(Puntaje\ eficacia + Puntaje\ de\ Eficiencia)\}}{Máximo\ Puntaje}$		
Rangos	Calificación	Puntos	Rangos	Calificación	Puntos		Rangos	Calificación
0 - 20%	Ineficaz	0	0< - <80%	Ineficiente	1	La efectividad se expresa en porcentaje (%)	0< - <80%	Inefectivo
21 - 40%		1						
41 - 60%		2						
61 - 80%	3	80< - <100%	Moderadamente Eficiente	3	80< - <100%		Moderadamente Efectivo	
81 - 90%	Moderadamente Ineficaz							4
>91%	Muy Eficaz							5	100%	Muy Eficiente	5	100%	Muy Efectivo

Donde R= Resultado, E= Esperado, C= Costo, A= Alcanzado, T= Tiempo

Fuente: Planning Consultores Gerenciales

CAPITULO 3

ESTADO DEL ARTE

3.1 A nivel internacional

En el año 2016 se hizo una investigación sobre un sistema innovador llamado “Nub-e” creado por la empresa PYRO FIRE EXTINCTION, este equipo fue creado para enfrentarse a mega fuegos. Se plantearon como objetivo evaluar la eficacia del sistema Nub-e frente a métodos tradicionales, como autobombas o medios aéreos, a pesar de existir pocos estudios que evalúen la eficacia del cortafuego, se utilizó una metodología basada en un trabajo desarrollado por Vega en el 2007 y para la eficacia de productos retardantes se utilizó la de Montiel y Kraus, llegando a la conclusión que es posible inferir que el modo de aplicación, ángulo de salida y velocidad de salida, es muy importante para la eficacia de los productos, ya que con una misma cantidad de agente extintor se puede tener muchas más zonas tratadas o extinguidas [24].

En España se realizó una investigación comparativa de los sistemas fijos de extinción de incendios por rociadores en buques y fábricas, en la investigación se menciona que los incendios son un gran enemigo de las embarcaciones en general, a pesar de que estos se encuentran rodeados de agua también pueden sufrir daños ocasionados por incendios e incluso su auxilio puede tardar mucho más en comparación a un incendio en tierra. El desarrollo de la investigación se realizó en tres fases, en la fase uno se enfoca en la diferencia de los rociadores, en la fase dos se realiza una comparativa entre normativas de ámbito marino y normativas de régimen terrestre en la prevención

de incendios y en la fase tres está enfocada en los medios que se tiene que tomar para garantizar el buen funcionamiento de un sistema contra incendios. La investigación concluye que en la fase dos existe mayor diferencia, ya que la normativa marítima es muy general con respecto a la normativa terrestre, siendo esta última mucho más estricta, pues detalla características mínimas de cada componente en la lucha contra incendios [25].

En el 2017 fue publicado un artículo de investigación que trata sobre el desarrollo de nuevas tecnologías para detectar y monitorear las rutas del fuego en incendios forestales utilizando sensores térmicos móviles de despliegue rápido, el proyecto de investigación fue planteado como una solución a tiempo real las 24 horas del día, que facilite y optimice las actividades de extinción y prevención de incendios. El método de la detección de incendios está basado en cámaras térmicas que son capaces de dar información de las temperaturas en determinadas áreas, de esta manera se fija un umbral de temperatura el cual podría ser considerado suficientemente alto para que en ese punto se esté produciendo un incendio, el problema de esto es la geolocalización del incendio, para tener la ubicación exacta se utilizó la orientación en un plano 3D digitalizado del área investigada. En la investigación se concluyó que la solución propuesta permite y asegura desplegar rápida y oportunamente la información sobre posibles puntos de incendio, esto a partir de las pruebas de incendio controladas en Gran Canaria y el Parque Nacional de Garajonoy [26].

En una investigación sobre la seguridad contra incendios y la arquitectura, para los investigadores la prevención contra incendios es una materia de conocimientos interdisciplinario y transversal, por esta razón se planteó 3 objetivos para la investigación, seguridad de personas, protección de bienes y continuidad. Según la investigación, que para una buena protección contra incendios no solo es necesario la instalación de buenos equipos de extinción de incendios, sino que una buena seguridad, parte del diseño de protección pasiva de las instalaciones es esencial. La

investigación concluyo que la primera meta y la principal es reducir los riesgos a las personas en lo más mínimo, contrariamente a lo que se cree, nunca puede existir un edificio a prueba de fuego, pues un incendio lo que hace es destapar fallas en la convivencia, fallas en la construcción y errores de concepto de lucha contra incendios [27].

En el 2014 en China, se publicó un trabajo de investigación sobre la evaluación de la capacidad de supresión de incendios para polvos químicos secos de los extintores de incendio del mercado, hechos a base de dihidrógeno fosfato de amonio o sulfato de amonio. La investigación tiene como objetivo la utilización de la calorimetría diferencial de barrido para documentar las propiedades del calor en la descomposición del polvo químico seco. El método utilizado durante la investigación fue experimental, se realizaron pruebas de descomposición térmica para después ser analizadas en estadísticas descriptivas, se obtuvo como resultado de la prueba número 1 una descomposición a 200 °C (Dihidrógeno fosfato de amonio), en la prueba número 2 existe una descomposición térmica en 320 °C y en 450 °C (Sulfato de amonio), en la prueba número 3 muestra una descomposición en 200 °C, 320 °C y 450 °C (Dihidrógeno fosfato de amonio + Sulfato de amonio). La investigación tuvo como resultado que las curvas de variación del dihidrógeno fosfato de amonio y el sulfato de amonio tienen sus particularidades durante la exposición a altas temperaturas y estos no se ven perturbados entre sí [28].

En el 2019 se publicó un artículo en China sobre la eficiencia de extinción de incendios de polvos superfinos bajo diferentes presiones de inyección, en la investigación indica que el fosfato de amonio es uno de los mejores sustitutos del halón, para la investigación se realizó el método experimental en el que se utilizó polvo ultrafino de 11 µm, simulando la salida a diferentes presiones y recopilando datos sobre el tiempo de extinción de incendios, los resultados de las pruebas fueron que a diferentes presiones de 0,1 MPa, 0,2 MPa, 0,4 MPa, 0,6 MPa y 0,8 MPa tuvieron un tiempo de

extinción de incendio en 35 s, 18 s, 10 s, 8 s y 6 s respectivamente; con los datos recopilados de la investigación se llegó a la conclusión que el tiempo requerido para extinguir el fuego disminuye a medida que aumenta la presión de inyección del fosfato de amonio ultrafino [29].

En el 2021 en China se realizó una investigación con el objetivo de mejorar la seguridad contra incendios en la producción de madera, para el cual se desarrolló un polvo químico superfino utilizando como aditivo hidróxido de magnesio, la investigación fue de tipo experimental para tipos de fuego clase A, la investigación se midió bajo tres parámetros y fueron extinción del incendio, tiempo de extinción de incendio y caída de temperatura del área del incendio; los resultados obtenidos de la investigación fueron que el polvo ultrafino y el polvo químico seco común tienen un mayor consumo de agente extintor, el tiempo de extinción del incendio es mucho mayor y una capacidad de caída de temperatura menor a diferencia del $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4/\text{Mg}(\text{OH})_2$, es por ello que la investigación concluyo que el compuesto $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4/\text{Mg}(\text{OH})_2$ puede garantizar la seguridad con respecto a fuegos de tipo clase A por los mejores resultados obtenidos ante las simulaciones de incendios realizadas [30].

En el 2021 en Serbia se presentó un artículo de investigación sobre la optimización de la molienda de un componente activo del agente extintor, la investigación se realizó con el fosfato monoamónico como polvo químico de extinción de incendios, la investigación detalla que la eficiencia de la extinción de un incendio requiere de una granulometría óptima debido a que si las partículas de polvo son muy grandes, estos caerán rápidamente al suelo y si las partículas de polvo son muy pequeñas estas quedarán en el aire creando una nube y no lograran apagar el fuego es por ello que durante las pruebas experimentales se demostró que la granulometría más óptima para la extinción de un incendio va entre 10 y 75 μm . Se llegó a la conclusión que para obtener las fracciones menores a las 100 μm se puede lograr en un molino de bolas en 33 minutos, pero este tiempo puede ser acortado si primero se realiza la molienda

en un vibro molino para luego pasar a un molino de bolas por un tiempo de 10 y 19 minutos respectivamente [31].

En el 2019 en Francia se publicó un artículo de investigación de las propiedades fisicoquímicas del agente extintor en el rendimiento de extinción de incendios de sodio hechos a base de carbonato, ya que después de un almacenamiento a largo plazo no se conoce si este agente extintor aún sigue vigente y cumple con sus características de diseño. Se presume que la composición del agente extintor cambia sus propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento prolongado, por tal motivo se cuestiona sobre la capacidad de extinción de incendios, en la investigación se realizaron experimentos de extinción de conatos de incendio de sodio a diferentes composiciones, se planteó 2 posibles mecanismos para la extinción de incendios de sodio y son la formación de hidróxido de sodio líquido y la fusión de la mezcla de carbonato en composición eutéctica, la investigación tuvo conclusión que el hidróxido tiene un comportamiento de capa protectora que aísla la superficie del sodio del contacto con el oxígeno lo cual proporciona una rápida disminución de temperatura a diferencia del eutéctico que forma una capa protectora porosa debido a su mayor viscosidad, por tal motivo las propiedades fisicoquímicas del agente extintor no se vieron modificadas por el almacenamiento a largo plazo [32].

En el 2022 se publicó un artículo de investigación en China sobre la medición de capacidad de extinción de nuevos agentes químicos secos ultrafinos cargados con óxido de hidróxido de hierro, la investigación tiene como objetivo desarrollar agentes extintores de alta eficiencia que no contengan en su composición halógenos ni fósforos, se utilizó clinoptilolita (CP) natural para absorber hierro y se preparó clinoptilolita funcional cargada de hierro (ICP), el método de investigación fue experimental y los resultados obtenidos en la supresión que involucra fuegos de piscina y su rendimiento de extinción del ICP es mejor que el CP y agentes químicos secos comerciales; la investigación tuvo como conclusión que el rendimiento de

extinción de incendios del ICP fue porque los iones de hierro cargado se transforman en átomos de hierro activo durante la combustión a altas temperaturas y estos tienen participación en la reacción catalítica de capturar radicales de combustión [33].

3.2 A nivel latinoamericano

En el 2015 Eric Cabrera y Alejandro Aloma realizaron una investigación de sistemas contra incendios para la industria petrolera de Cuba, el mismo que tiene alta probabilidad ocurrencia de incendio, es por ello que la ciencia y las técnicas han estado encaminadas a crear sistemas cada vez más seguros. Para la investigación se utilizó un modelo matemático, que se realizó con el levantamiento topográfico de la red y del sistema contra incendio, los datos fueron procesados y simulados bajo el Software EPANET. Llegando a la conclusión que el “Modelo detallado de red” pretende especificar toda la distribución de la red del Sistema contra incendio, simulando la hidrodinámica en las tuberías, de tal manera que permite evaluar escenarios complejos, la toma decisiones económicas, de distribución de SCI, presión necesaria ante una eventualidad y hasta correcciones o mejoras al Sistema Contra Incendios [34].

En el 2015 se realizó una investigación sobre el cumplimiento de normas de prevención de incendios en las PYMES en Guayaquil, la recopilación de datos para la investigación se realizó a través del método cuantitativo, la muestra fue de 80 establecimientos donde se aplicó la encuesta. Con la investigación se pudo evidenciar que la mayoría de los establecimientos cuentan con extintor contra incendios portátil y no cuentan con alarma contra incendios, se pudo concluir que tan solo el 40 % de los establecimientos reúnen las condiciones mínimas de prevención contra incendios y un 41% de PYMES con un área mayor a 500 m² cuenta con un sistema hidráulico lo cual es un requisito indispensable para la normativa ecuatoriana [35].

Para el diseño de un sistema contra incendio, climatización y seguridad, nace con el intento de mantener a buen recaudo la integridad de bienes de un determinado lugar y ante una eventualidad de incendio este pueda ser extinguido automáticamente y de manera oportuna. Durante la investigación se realizó una comparación de sus ventajas y desventajas entre los diferentes agentes extintores que se comercializan en el mercado, se llegó a la conclusión que el mejor agente extintor para los laboratorios de la facultad del bloque 16 es el FM 200 debido a que el agente no presenta riesgo alguno para las personas, equipos eléctricos o electrónicos energizados y bajo impacto al medio ambiente, también recalca que para que haya un éxito del agente extintor del FM 200 se debe de tener un buen sistema de detección de incendios y que pueda alertar de forma oportuna a las personas que estén dentro o fuera del laboratorio [36].

Para Daniel Becerra, la evaluación del transporte aéreo en Colombia ha identificado que es necesario mejorar la seguridad en las operaciones áreas con respecto al Sistema de extinción de incendios, por tal motivo se plantea la siguiente pregunta “¿Qué parámetros administrativos se deben de incluir en el modelo de gestión de emergencias aeroportuarias liderado por el servicio de Sistema de Extinción de Incendios?”. Del análisis realizado se llegó a la conclusión que es necesario redireccionar las estrategias administrativas del Sistema de Extinción de Incendios, buscando cambiar el servicio de emergencia preventivo con los más altos estándares de seguridad, con una capacidad de participación integral de todo el personal del área de operaciones aéreas y del personal administrativo [37].

En el 2015 se realizó una investigación para el Diseño, Construcción e implementación del sistema de extinción de incendios de una nueva planta en Ecuador con estándares NFPA, la investigación sirve como orientación y referencia para la instalación del sistema hidráulico de un sistema de lucha contra incendios. En la investigación se realizó un análisis de riesgo de incendio, se determinó las zonas industriales que tienen mayor probabilidad de riesgo de incendio, a partir de ello se realizó la determinación

de qué áreas necesitan la mayor cantidad de agua, se realizó el diseño del Sistema de Extinción de Incendios basándose en la NFPA y se determinó la cantidad mínima de todos los componentes necesarios para su implementación, la investigación tuvo como conclusión que para un buen funcionamiento se requiere de 680 gpm, el hidrante más cercano con una bomba instalada tiene que tener 117 psi, las pruebas realizadas con referencia a toda la investigación fueron exitosas [38].

Para el diseño de un sistema de protección contra incendios en una planta envasadora de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en Ecuador, parte de la necesidad de la ampliación de dicha planta de GLP, por tal motivo la investigación pretende servir como antecedente a las personas que deseen o necesitan tener una visión general sobre del proceso de lucha contra incendios para la ampliación de la envasadora GLP en cumplimiento con las normativas aplicables, el análisis de la investigación se presenta ante un sistema de bombeo certificado por NFPA y uno ensamblado localmente que cumplan con los estándares de certificación internacional. La investigación tuvo como conclusión que la bomba necesaria para el funcionamiento del Sistema Contra Incendios es una bomba centrífuga de carcasa partida de encendido eléctrico, según el estudio de viabilidad se determinó que el equipo ensamblado localmente reduce el costo notablemente, a diferencia del equipo NFPA certificado, pero la decisión final de que equipo se deba utilizar recae completamente en el usuario final [39].

En una investigación en el 2018 se realizó el diseño y construcción de una máquina semiautomático portátil para la recarga de extintores de Polvo Químico Seco (PQS) en un rango de 1 kg hasta los 45 kg, la necesidad de diseñar el equipo nace a partir de las empresas del área, ayudando al campo de la seguridad industrial. Se planteó como objetivo el diseño, elementos y/o componentes mecánicos, pruebas en inversión de construcción. La investigación fue tipo cuantitativo, los datos se recopilaron a partir de las pruebas experimentales del funcionamiento del prototipo número 2 que durante el diseño mostró mejores cálculos matemáticos de distribución. Se concluyó que durante

las pruebas realizadas a la máquina semiautomática portátil de PQS se pudieron recopilar datos como el esfuerzo de la tolva de 35.7 MPa el cual cumple con el AISI 1008, la presión de la manguera instalada fue de 200 psi que durante las pruebas la revisión de salida fue de 50 psi, lo cual demuestra que el equipo trabaja en los parámetros esperados sin presentar ninguna anomalía durante su funcionamiento [40].

Según Luis Morales, en el 2017 se realizó un trabajo de investigación sobre el comportamiento de compra de extintores portátiles de PQS en los hogares del centro Guayaquil- Ecuador, la investigación buscaba conocer los factores que inciden en la decisión de compra de un extintor para la prevención y amago de incendios, que muchas veces no pueden ser controlados en una fase inicial, pues llega lamentablemente a pérdidas materiales y en muchos casos en pérdidas humanas. La investigación se realizó mediante encuesta a grupos familiares que posteriormente se desarrolló en un análisis descriptivo, de la investigación se concluyó que la mayor parte de los hogares considera importante la prevención de lucha contra incendios valorado como "Muy Importante" un 74.6% y como "Importante" un 22.2%, también se evidenció que un 10.2% de los hogares encuestados tuvo en algún momento un amago de incendio frente a un 89.8% que nunca tuvo uno; de las familias encuestadas que tuvo un amago de incendio el 51.4% lo extinguió con agua y el 37.1% con un extintor, se calculó que solo un 19% de los hogares encuestados cuenta con un extintor de lucha contra incendios lo que demuestra que no se está preparado frente a un posible amago o lucha contra incendios [41].

En el 2018 se realizó un trabajo de investigación que consistía en la comparación de técnicas de extinción de incendios entre rociadores convencionales y sistemas de agua nebulizada, la investigación tuvo como objetivo demostrar la efectividad que se logra en la supresión del fuego al interior de una área o estructura, se realizó la diferenciación de los dos equipos de extinción de incendios en simulaciones de incendio controlado, el funcionamiento de los equipos de extinción de incendios está

plasmado bajo normas aplicables en Colombia. Se llegó a la conclusión de que el sistema nebulizador excede en efectividad en gran medida con respecto a los rociadores convencionales, debido a que en las pruebas de simulación de incendio tuvieron el siguiente resultado, la extinción de las llamas en un corto tiempo, disminución de la temperatura en el área y la utilización de un mínimo porcentaje de agua requerido por el equipo de rociadores convencionales [42].

En el 2021 se realizó una investigación por Jessica Sunta para la simulación de sistema contra incendios (CFAST) con la utilización de una solución ignífuga inorgánica diluida en una pasteurizadora, la investigación se planteó basándose en la necesidad de métodos de extinción modernos para la prevención de pérdidas materiales, humanas y de producción, por tal motivo se planteó como objetivo la simulación de sistema contra incendio utilizando la herramienta CFAST, el cual permitió evaluar el comportamiento del fuego durante el incendio e identificar la efectividad de la nueva solución con respecto a la utilización de agua. La investigación tuvo como conclusión que la solución de hidróxido de aluminio al 9% mejora el tiempo de enfriamiento del área de incendio en un 40% con respecto a que solo se utilice agua [43].

En el 2020 se realizó una investigación de eficacia de ignífugos inorgánicos en base de hidróxido de aluminio al 3%/5%/9% e hidróxido de magnesio al 3%/ 6%/ 9%, la investigación fue de tipo descriptivo con pruebas de campo experimental, la muestra fue de 5 réplicas por cada combinación ignífuga inorgánica que en total fueron 30 pruebas. La investigación tuvo como conclusión que durante los ensayos de prueba del hidróxido de aluminio en todas sus concentraciones se retrase la combustión del producto, en cambio el hidróxido de magnesio solo mostró pruebas de reducción de la combustión en su concentración del 9%. Por lo tanto, el hidróxido de aluminio en sus diferentes concentraciones puede servir como un sistema contra incendios inorgánico [44].

Según Enrrique y Orlando (2015), realiza una investigación sobre diferentes sistemas para evaluar el riesgo de incendio, el cual propone una orientación para la selección de este, a partir de la selección practica de estos métodos, en un edificio de 5 pisos con una azotea y una cochera en el sótano en el país de Chile. Se utilizó tres métodos de evaluación de riesgo de incendio denominados MESSERI, FRAME Y GREENER; El resultado obtenido durante la investigación para el método Messeri fue de 4.51 con una valoración de “malo”, para método de Frame el 88% de los resultados superaron el valor de uno lo que indica que las medidas de seguridad son insuficientes y para el método de Greener el 83% de los resultados son inferiores a uno lo que indica que los elementos de seguridad son insuficientes, el cual nos llevó a una conclusión consistente y similar, que el riesgo del edificio no está lo suficientemente protegido frente al riesgo de incendio, de la misma manera se pudo evidenciar que el método MESERI es el más fácil de evaluar, por lo contrario, el método FRAME era más difícil de evaluar, pero con resultados más consistentes [45].

3.3 A nivel Nacional

En el 2020 se realizó una investigación que tenía como objetivo principal estudiar la cultura preventiva frente a incendios urbanos en comerciantes del Mercado Anexo I de Piura. El diseño de la investigación fue cuantitativo y se tomó una muestra de 20 socios del centro de abasto, se utilizó la técnica de entrevista a través de un cuestionario de preguntas, para la interpretación de los resultados se utilizó la teoría de 5 niveles de cultura preventiva, propuesta por Parker, teniendo como base las estadísticas del cuerpo General de Bomberos y los resultados de la encuesta realizada en el mercado Anexo I de Piura, se concluyó que existe una carencia de cultura preventiva, en tal sentido los socios del centro de abastos antes del incendio tenían una cultura preventiva de nivel patológico y después del siniestro se encuentra en un nivel reactivo [46].

En la investigación de Edinson Cruz García contempla diseñar un sistema contra incendios para salas eléctricas, el cual requiere verificar y estudiar nuevos sistemas y equipos innovadores tecnológicos en desarrollo, para así poder minimizar daños materiales, personales y medio ambientales. El diseño de la investigación es no experimental, recolectando datos y haciendo uso de estadística descriptiva para determinar y aplicar las variables de estudio. La investigación pudo concluir el diagnóstico situacional de la protección de la sala eléctrica, se determinó parámetros de diseño conforme a lo estipulado en las normativas de sistemas contra incendios, se dimensionó y se distribuyó los detectores de humo y agente extintor. La cantidad del costo de instalación es muy inferior con respecto ante una eventualidad de incendio, debido a que se estaría perdiendo aproximadamente cien veces el costo de instalación [47].

Roberto Díaz realizó un diseño de sistema centralizado inalámbrico para la detección y alarma contra incendios implementando la tecnología Zigbee, las alarmas del sistema contra incendios están desarrolladas para que de manera oportuna se comunique la presencia de un incendio en determinadas áreas que no cuentan con vigilancia constante, estos sistemas se caracterizan por transmisión de información por cables de 2 a 4 hilos. El trabajo de investigación se plantea un diseño de una red inalámbrica de alarmas contra incendio entre los dispositivos de anunciación a través del modelo de comunicación Zigbee, para la investigación se realizó pruebas de eficiencia con resultados exitosos y se llegó a la conclusión de que la red Zigbee puede ser una alternativa económica poco compleja en distribución ya que elimina conexiones cableadas que generan un riesgo y costo en mantenimiento y operatividad de los sistemas contra incendios convencionales [48].

En el 2020 se realizó una investigación sobre la evaluación de la funcionalidad de red de agua contra incendios de tubería HDPE en reemplazo de la tubería Cédula 40, la investigación tuvo como objetivo principal el análisis a la funcionalidad de la tubería

HDPE en comparación de las de Cédula 40 en el Centro de Abastos de Chancay, la metodología de investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo de diseño no experimental y de nivel correlacional – causal. La investigación concluyo que las tuberías HDPE mejoró notablemente la funcionalidad de la red de agua contra incendios, ya que se tiene un porcentaje de rendimiento de que va entre 40% al 50% mientras que la tubería Cedula 40 su rendimiento va entre 25% al 37.5%, con respecto a los costos se ven reducidos en un 50% aproximadamente y el tiempo de mantenimiento programado de las tuberías HDPE es de 36.5 años mientras que en las de cedula 40 su mantenimiento programado es de 13.5 años [49].

CAPITULO 4

METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

4.1.1 Según su enfoque

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque mixto porque se toma en cuenta cualidades de la bola de extinción de fuego y del extintor de PQS antes, durante y después de la extinción de conatos de incendio para poder reemplazar en las fórmulas de eficacia, eficiencia y efectividad. Así obtener resultados cuantitativos y determinar cuál es el mejor.

4.1.2 Según intervención del investigador

Según la intervención del investigador, el presente trabajo de investigación será experimental porque se identificará los variables a partir de una simulación de conato de incendio.

4.1.3 Según su planificación

El presente trabajo de investigación según su planificación es prospectivo porque se recopilarán datos a partir de la experimentación de conatos de incendio y extinguidos con la “Bola de Extinción de Fuego” y el “Extintor de PQS”.

4.1.3.1 Objetivo específico N° 1

➤ Establecer la eficacia del Extintor de PQS.

Fórmula para hallar la eficacia del Extintor portátil de PQS según Tabla 3.

Tabla 3: Fórmula de Eficacia

Eficacia = $\frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado esperado}}$		
Rangos	Calificación	Puntos
0 - 20%	Ineficaz	0
21 - 40%		1
41 - 60%		2
61 - 80%		3
81 - 90%	Moderadamente Ineficaz	4
>91%	Muy Eficaz	5

Fuente: Planning Consultores Gerenciales

4.1.3.1.1 Parámetros

1. Logró apagar el fuego.
2. Se registró brasas de incendio después de la extinción del fuego.
3. Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor.
4. El equipo extintor es de activación automática
5. Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor.
6. Peso de equipo en Kg.
7. Maniobrabilidad del equipo.
8. Área abarcada con la utilización.
9. Peso de agente extintor.
10. Agente extintor polivalente.
11. Porcentaje de agente extintor polivalente.

4.1.3.1.2 Técnica

- Observación.

4.1.3.1.3 Instrumentos

➤ Lista de Verificación de Eficacia ver Anexo 1 en donde se calificará de acuerdo con los parámetros establecidos, para así poder remplazar en la fórmula de eficacia y obtener un valor cualitativo.

4.1.3.2 Objetivo específico N.º 2

➤ Establecer la eficiencia del Extintor Portátil de PQS.

Fórmula para hallar la eficiencia del Extintor Portátil de PQS según Tabla 4.

Tabla 4:Fórmula de Eficiencia

Eficiencia		
$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{RA}/\text{CA} * \text{TA})}{(\text{RE}/\text{CE} * \text{TE})}$		
Rangos	Calificación	Puntos
0 < - <80%	Ineficiente	1
80 < - <100%	Moderadamente Eficiente	3
100%	Muy Eficiente	5

Fuente: Planning Consultores Gerenciales

4.1.3.2.1 Parámetros

1. Tiempo para accionar el equipo contra incendio.
2. Tiempo de extinción del incendio.
3. Tiempo de exposición para extinción de incendio.
4. Número de mantenimiento en un periodo de 5 años.
5. Costo de instalación.
6. Costo de adquisición.

7. Costo de mantenimiento por 5 años.

8. Costo de capacitación.

4.1.3.2.2 Técnica

➤ Observación.

4.1.3.2.3 Instrumentos

➤ Lista de Verificación de Eficiencia ver Anexo 2 en donde se calificará de acuerdo con los parámetros establecidos, para así poder remplazar en la fórmula de eficiencia y obtener un valor cualitativo.

4.1.3.3 Objetivo específico N°3

➤ Establecer la eficacia de la Bola de Extinción de Fuego.

Fórmula para hallar la eficacia en la bola de extinción de incendio según Tabla 3.

4.1.3.3.1 Parámetros

1. Logró apagar el fuego.
2. Se registró brasas de incendio después de la extinción del fuego.
3. Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor.
4. El equipo extintor es de activación automática.
5. Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor.
6. Peso de equipo en Kg.
7. Maniobrabilidad del equipo.
8. Área abarcada con la utilización.
9. Peso de agente extintor.
10. Agente extintor polivalente.
11. Porcentaje de agente extintor polivalente.

4.1.3.3.2 Técnica

➤ Observación.

4.1.3.3 Instrumentos

- Lista de Verificación de Eficacia ver Anexo 1 en donde se calificará de acuerdo con los parámetros establecidos, para así poder remplazar en la fórmula de eficacia y obtener un valor cualitativo.

4.1.3.4 Objetivo específico N° 4

- Establecer la eficiencia de la Bola de Extinción de Fuego.

Fórmula para hallar la eficiencia de la Bola de Extinción de Fuego según Tabla 4.

4.1.3.4.1 Parámetros

1. Tiempo para accionar el equipo contra incendio.
2. Tiempo de extinción del incendio.
3. Tiempo de exposición para extinción de incendio.
4. Numero de mantenimiento en un periodo de 5 años.
5. Costo de instalación.
6. Costo de adquisición.
7. Costo de mantenimiento por 5 años.
8. Costo de capacitación.

4.1.3.4.2 Técnica

- Observación

4.1.3.4.3 Instrumentos

- Lista de Verificación de Eficiencia ver Anexo 2 en donde se calificará de acuerdo con los parámetros establecidos, para así poder remplazar en la fórmula de eficiencia y obtener un valor cualitativo.

4.1.3.5 Objetivo Específico N° 5

- Establecer la relación de la efectividad de la Bola de Extinción de Fuego y el Extintor Portátil de PQS.

Fórmula para hallar la efectividad de la Bola de Extinción de Fuego y el Extintor Portátil de PQS según Tabla 5.

Tabla 5: Fórmula de Efectividad

Efectividad	Calificación Efectividad	
Efectividad = $\left\{ \frac{\text{Puntaje eficacia} + \text{Puntaje de Eficiencia}}{\text{Máximo Puntaje}} \right\}$		
	Rangos	Calificación
La efectividad se expresa en porcentaje (%)	0 < - <80%	Inefectivo
	80 < - <100%	Moderadamente Efectivo
	100%	Muy Efectivo

Fuente: Planning Consultores Gerenciales

4.1.3.5.1 Parámetros

1. Eficacia del Extintor Portátil de PQS
2. Eficiencia del Extintor Portátil de PQS.
3. Eficacia de la Bola de Extinción de Fuego.
4. Eficiencia de la Bola de Extinción de Fuego.

4.1.3.5.2 Técnica

- Recopilación y análisis documental.

4.1.3.5.3 Instrumentos

- Lista de verificación de efectividad según Anexo 3 en donde se recopilará la información obtenida de eficacia y eficiencia y así poder reemplazar en la formula y obtener el resultado de efectividad de la bola de extinción de fuego y del extintor portátil de PQS.

4.1.4 Nivel de investigación

Según el nivel de investigación, es explicativo de tipo experimental porque se realizará simulaciones de prueba para poder conocer cuál de los dos equipos contra incendio tiene una mayor eficacia, eficiencia y efectividad en la lucha contra incendios.

4.1.5 Diseño de investigación

Según el diseño de investigación es experimental, porque se tomará en cuenta dos grupos de extintores de conatos de incendio y se correlacionaran los resultados obtenidos para determinar cuál de los dos equipos tiene mayor efectividad.

4.2 Descripción de la investigación

4.2.1 Estudio de caso

Este estudio del caso se realizará en un campo abierto con un área de 200 m cuadrados y con una plataforma de cemento de 1 m x1 m ubicada en el distrito de Cerro Colorado- Provincia de Arequipa.

La prueba se realizará para fuegos de clase A.

Área: Organización y mejora de procesos industriales.

Campo: Gestión de Riesgos.

Línea: Gestión para la prevención de incendios.

4.2.2 Unidad de análisis

En la presente investigación se realizará 2 pruebas de la bola de extinción de fuego y 2 pruebas del extintor de PQS en un conato de incendio para determinar la efectividad de ambos equipos contra incendios.

4.3 Operacionalización de variables

Tabla 6: Operacionalización de Variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Instrumento	
Efectividad	Eficacia	Capacidad de extinción	Logro apagar el fuego.	Lista de verificación de Eficacia	
			Se registró brasas de incendio después de la extinción del incendio.		
			Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor		
			El equipo extintor es de activación automática		
			Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor		
			Peso del Equipo en Kg.		
			Maniobrabilidad del equipo.		
			Área abarcada con la utilización.		
			Peso del agente extintor.		
			Agente extintor polivalente.		
	Porcentaje de agente extintor polivalente.				
	Eficiencia	Tiempo		Tiempo para accionar el equipo de extinción de incendio	Lista de verificación de Eficiencia
				Tiempo de extinción de incendio	
				Tiempo de exposición para extinción de incendio	
Número de mantenimientos en 5 años					
Costo			Costo de instalación		
			Costo de adquisición		
	Costo de mantenimiento por 5 años				
		Costo de capacitación			
Incendio	Conato de incendio	Equipos de lucha contra incendio	Extintor Portátil de PQS	Cuadro estadístico de comparación de efectividad	
			Bola de extinción de incendios.		

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 5

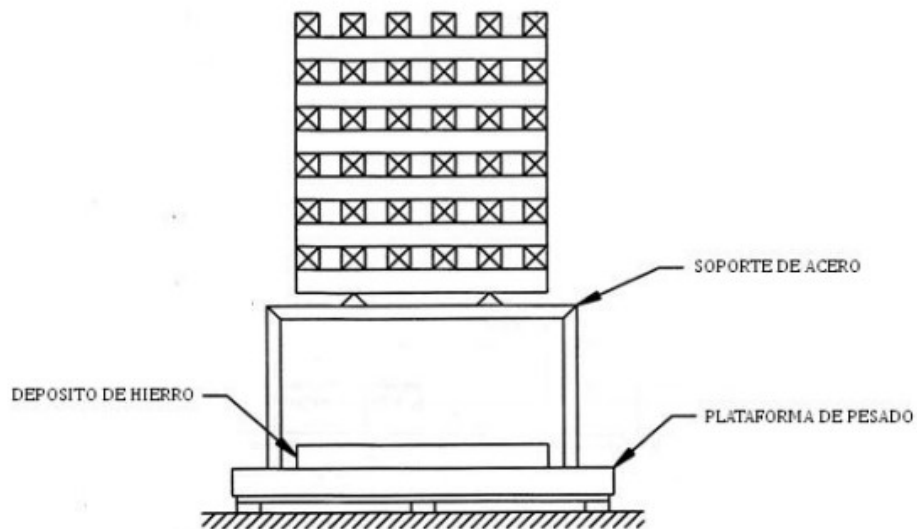
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Procedimiento para Eficacia

El procedimiento experimental para poder obtener la prueba de eficacia en los equipos de extinción de incendio.

1. Preparar castillo de madera según Figura 22: Castillo de Madera.

Figura 22: Castillo de madera



Fuente: NTP 350.062-1

2. Colocar el depósito de fierro simétricamente bajo el eje vertical del castillo.
3. Llenar de combustible (gasolina de 84 octanos) y encenderlo cuidadosamente.
4. Esperar a que se quemé un 55% +/- 1% del castillo aproximadamente para empezar con la prueba de extinción.

- Para el extintor portátil de PQS se comenzará retirando el precinto de seguridad, realizar un pequeño accionamiento para verificar las condiciones del extintor y dirección del viento, posteriormente se procederá a la extinción del fuego direccionando el agente extintor a los listones de madera.
 - Para la bola de extinción de incendios, apoyarse con un brazo metálico de 2 metros de largo aproximadamente y con precaución posicionar el equipo extintor en el centro de la capa superior de los listones de madera y esperar su accionamiento.
5. Registrar Datos de acuerdo con el Anexo 1.
 6. Limpiar el lugar de cualquier residuo producido por la prueba.
 7. Realizar cálculos de eficacia del extintor de PQS.

Los pasos antes mencionados se realizarán cada vez que se realizara una prueba de eficacia a un extintor de lucha contra incendios.

5.2 Procedimiento para Eficiencia

El procedimiento de eficiencia para el extintor portátil de PQS y la bola de extinción de incendios se realizará bajo los siguientes pasos.

- 1) Realizar cuadro de costos en un periodo de 5 años.
 - a. Adquisición
 - b. Mantenimiento
 - c. Costo de capacitación
- 2) Valorar y registrar datos de acuerdo con Anexo 2.
- 3) Realizar cálculo de eficiencia.

5.3 Procedimiento para Efectividad

1. Llenar cuadro de resultados según Anexo 3.
2. Realizar el cálculo de efectividad para los equipos de extinción de incendios.
3. Calificar el equipo de extinción de incendio

5.4 Establecer la eficacia del extintor de PQS

Se llevó a cabo dos pruebas para establecer la eficacia del extintor de PQS en la Asociación de Vivienda Villa Magisterial, distrito de Cerro Colorado, como medida de prevención se mostró el lugar libre de materiales inflamables ni combustibles de la misma manera si las pruebas fallan se tuvo un cilindro de 50 galones con agua listos para apagar el fuego.

Ubicación:

1. Sur: 16°19'23.8"
2. Norte: 71°34'20.8"

5.4.1 Prueba N°1

- a. Se preparó el lugar de la simulación de conato de incendio, en el cual se buscó un área nivelada, libre de combustibles como papeles, maderas, plásticos, etc.
- b. Se colocó una base metálica para poner los listones de madera y que sirva como soporte para el castillo de madera no tengan contacto con el suelo.
- c. Se procedió al armado del castillo de madera de 6 listones por 12 capas, tomando como referencia la Figura 22: Castillo de Madera.

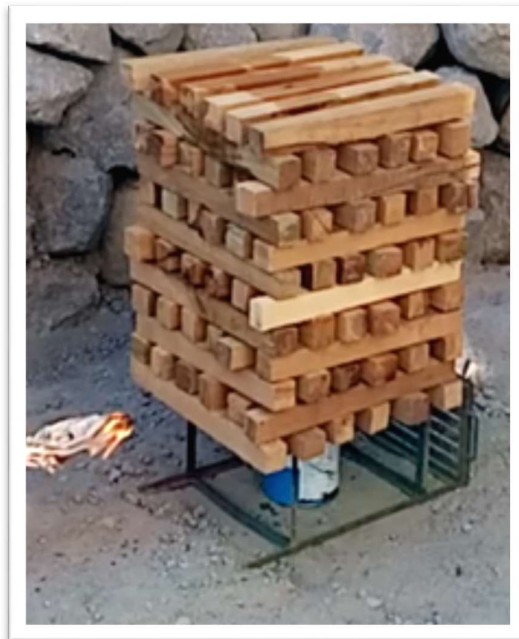
Figura 23: Castillo de madera Prueba N°1



Fuente: Elaboración propia

d. Se procedió a iniciar el fuego con todas las medidas de seguridad establecidas, en la base de castillo de madera se colocó una lata con gasolina de 84 octanos y con mucha precaución se procedió a iniciar el fuego como se muestra en la Figura 24.

Figura 24: Encendido de castillo de madera Prueba N°1



Fuente: Elaboración propia

e. Se verifica que el castillo de madera empiece a encenderse y posteriormente a quemarse de acuerdo con la Figura 25 y Figura 26.

Figura 25: Verificación de fuego Prueba N°1



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Listones de madera quemados Prueba N°1



Fuente: Elaboración propia

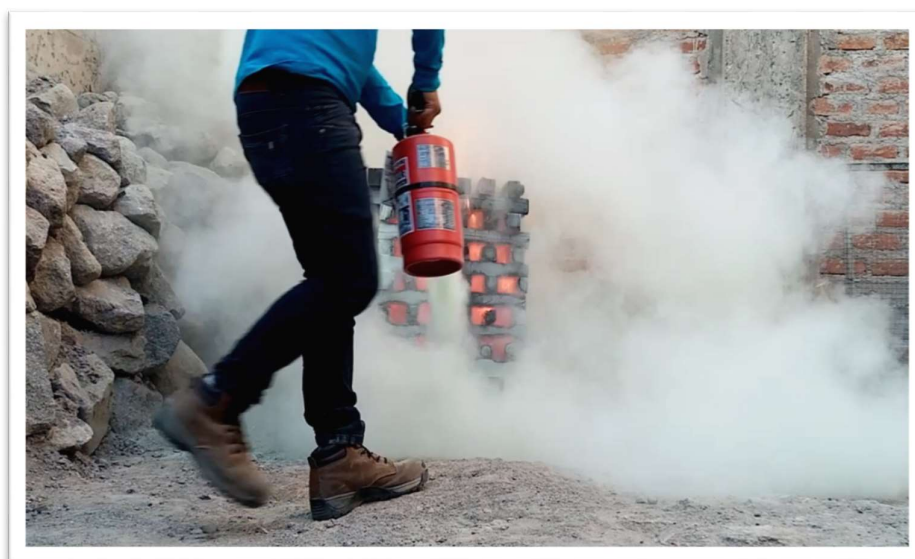
f. Una vez que todos los listones de madera ardían y presentaban brasas, se procedió a la realización de la Prueba N°1 de Extintor de PQS que tiene una capacidad de 4 kg, tal como se muestra en la Figura 27, Figura 28 y Figura 29.

Figura 27: Previa a la utilización del extintor Prueba N°1



Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Durante la extinción del extintor Prueba N°1



Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Posterior a la descarga del extintor Prueba N°1



Fuente: Elaboración propia

g. Se interpretó los siguientes valores cualitativos y se les dio un valor de acuerdo con las siguientes tablas.

- La prueba N°1 no logro apagar el fuego, de acuerdo con la tabla de valores correspondería un valor de cero.

Tabla 7: Indicador 1 de Prueba N°1

Logro apagar el fuego	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración propia

- Como no se logró apagar el fuego, aun se visualizaban brasas es por ello que la pregunta 2 se le da un valor de cero.

Tabla 8: Indicador 2 de Prueba N°1

Se registró brasas después del incendio	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración propia

- Como el fuego no se logró apagar en la prueba N° 1 de eficacia, entonces la respuesta en el indicador 4 se toma como Si, el cual tiene un valor de cero.

Tabla 9: Indicador 3 de Prueba N°1

Se volvió a encender el fuego después de 15 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración propia

- El extintor de PQS no es un equipo de extinción de activación automática, entonces tiene un valor de cero.

Tabla 10: Indicador 4 de Prueba N°1

El equipo extintor es de activación automática	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración propia

- Como el castillo de madera aún estaba encendido pasado 30 min, la respuesta a esta interrogante es un Si, el cual tendría un valor de cero.

Tabla 11: Indicador 5 de Prueba N°1

Se volvió a encender el fuego después de 30 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración propia

- El peso bruto del extintor para la prueba N° 1 fue de 6 Kg, el cual de acuerdo la tabla tiene un valor de uno.

Tabla 12: Indicador 6 de Prueba N°1

Peso del extintor en KG	
Indicador	Valor
de 1 a 3.99 KG	2
de 4 a más KG	1

Fuente: Elaboración propia

- Una vez utilizado el equipo se tomó en cuenta la maniobrabilidad, donde para la prueba N° 1 tiene una maniobrabilidad de Media el cual está representado por un valor de uno.

Tabla 13: Indicador 7 de Prueba N°1

Maniobrabilidad del equipo	
Indicador	Valor
Alta	2
Media	1
Baja	0

Fuente: Elaboración propia

- Cuando se realizó la descarga total del extintor en la Prueba N° 1 se logró visualizar un área afectada por el polvo de PQS el cual tenía un aproximado de 2 m² y está representado por el valor de uno.

Tabla 14: Indicador 8 de Prueba N°1

Área abarcada con la utilización	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 m ²	0
de 2 a 3.99 m ²	1
de 4 a 8 m ²	2

Fuente: Elaboración propia

- El peso del polvo químico seco es de aproximadamente 4 kg, entonces le corresponde un valor de dos.

Tabla 15: Indicador 9 de Prueba N°1

Cantidad de agente extintor en kg	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 kg	0
de 2 a 3.99 kg	1
de 4 a 8 kg	2

Fuente: Elaboración propia

- El extintor de PQS según su ficha informativa indica que puede apagar fuegos de clase ABC, entonces es un agente extintor polivalente y tiene un valor de 1.

Tabla 16: Indicador 10 de Prueba N°1

Agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración propia

- Se tomó en cuenta el porcentaje de agente extintor polivalente utilizado; en la Prueba N° 1 es de 60% el cual tiene un valor de uno.

Tabla 17: Indicador 11 de Prueba N°1

Porcentaje de agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
de 10 a 50 %	0
de 51 a 90 %	1
de 91 a 100 %	2

Fuente: Elaboración propia

h. Se procedió al llenado de la de la lista de verificación de acuerdo con los resultados de la Prueba N° 1.

Tabla 18: Lista de verificación de Prueba N° 1

N°	Lista de Verificación de Eficacia	Si	No
1	Logro apagar el fuego.		X
2	Se registró brasas de incendio después de la extinción del fuego.	X	
3	Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor.	X	
4	El equipo extintor es de activación automática.		X
5	Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor.	X	
6	Peso de equipo en Kg.	6 kg	
7	Maniobrabilidad del equipo.	Media	
8	Área abarcada con la utilización.	2 m ²	
9	Peso de agente extintor.	4 kg	
10	Agente extintor polivalente.	X	
11	Porcentaje de agente extintor polivalente.	60%	

Fuente: Elaboración propia

i. Realizar el cálculo de eficacia en la prueba N° 1 con la fórmula Eficacia según la Tabla 3 donde:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{RA}}{\text{RE}}$$

RA = Resultado Alcanzado

RE = Resultado Esperado

Tabla 19: Eficacia Prueba N°1

Resultado esperado	13
Resultado alcanzado	7
EFICACIA	54%

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Prueba N° 2

- a. Se limpió los residuos de la prueba N° 1 como maderas, restos de carbón, se volvió a llenar el cilindro de 50 galones con agua como medida de prevención ante cualquier situación adversa o la prueba falle.
- b. Se colocó la base metálica para volver a armar el castillo de madera y realizar la segunda prueba de extinción de conato de incendio.
- c. Se armó el castillo de madera de 12 capas de 6 listones, tomando como referencia la Figura 22.

Figura 30: Castillo de madera Prueba N°2



Fuente: Elaboración propia

d. Se colocó por debajo del castillo de madera la lata con gasolina de 84 octanos, seguidamente se procedió al inicio del fuego desde la lata.

Figura 31: Inicio de fuego de castillo de madera Prueba N°2



Fuente: Elaboración propia

e. Esperamos a que el castillo de madera comience a encenderse de manera correcta, a pesar de que existe viento en la zona el fuego está teniendo una evolución perfecta para realizar la segunda prueba de extinción.

Figura 32: Encendido de castillo en Prueba N°2



Fuente: Elaboración propia

f. Una vez que empezamos a visualizar que ya se ha quemado un 55 % aproximadamente y también se puede visualizar que se están desprendiendo brasas por la parte inferior del castillo de madera, tal como muestra la Figura 33. Se procederá a realizar la Prueba N° 2 de Eficacia con el extintor portátil de PQS de 4 kg como se muestra en la Figura 34 y 35.

Figura 33: Verificación de listones de madera quemados Prueba N°2



Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Extinción de incendio con extintor de PQS en Prueba N°2



Fuente: Elaboración propia

Figura 35: Finalización de Prueba N°2



Fuente: Elaboración propia

g. Se procederá a llenar el cuestionario de acuerdo al Anexo 1 y se pondrá los valores correspondientes, de acuerdo a la siguiente información recolectada.

- La Prueba N° 2 si logro apagar el fuego, de acuerdo con nuestra tabla de valores, correspondería un valor de uno.

Tabla 20: Indicador 1 de Prueba N°2

Logro apagar el fuego	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración propia

- Durante la inspección se verificó que no había brasas después de apagado el incendio, es por ello que el indicador 1 se le da un valor de uno.

Tabla 21: Indicador 2 de Prueba N°2

Se registró brasas después del incendio	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración propia

- Una vez apagado el incendio se esperó un promedio de 15 min y se observó que el fuego no se volvió a encender, por tal motivo tiene un valor de uno.

Tabla 22: Indicador 3 de Prueba N°2

Se volvió a encender el fuego después de 15 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración propia

- El extintor de PQS no es un equipo de extinción de activación automática, entonces tiene un valor de cero.

Tabla 23: Indicador 4 de Prueba N°2

El equipo extintor es de activación automática	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración propia

- En la última verificación del castillo de madera a los 30 min no se evidenció brasas ni fuego, por tal motivo el este indicador tiene un valor de uno.

Tabla 24: Indicador 5 de Prueba N°2

Se volvió a encender el fuego después de 30 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración propia

- El peso bruto del extintor contra incendios para la prueba N° 2 fue de 6 Kg, el cual de acuerdo la tabla tiene un valor de uno.

Tabla 25: Indicador 6 de Prueba N°2

Peso del extintor en KG	
Indicador	Valor
de 1 a 3.99 KG	2
de 4 a más KG	1

Fuente: Elaboración propia

- Una vez utilizado el equipo se tomó en cuenta la maniobrabilidad, dándonos un indicar de Media con un valor de uno para la prueba N° 2.

Tabla 26: Indicador 7 de Prueba N°2

Maniobrabilidad del equipo	
Indicador	Valor
Alta	2
Media	1
Baja	0

Fuente: Elaboración propia

- Cuando se realizó la descarga total del extintor en la Prueba N° 2 se logró visualizar un área afectada por el polvo de PQS el cual tenía un aproximado de 4 m² y está representado por el valor dos.

Tabla 27: Indicador 8 de Prueba N°2

Área abarcada con la utilización	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 m ²	0
de 2 a 3.99 m ²	1
de 4 a 8 m ²	2

Fuente: Elaboración propia

- El peso del polvo químico seco es de aproximadamente 4 kg, entonces le corresponde un valor de dos.

Tabla 28: Indicador 9 de Prueba N°2

Cantidad de agente extintor en kg	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 kg	0
de 2 a 3.99 kg	1
de 4 a 8 kg	2

Fuente: Elaboración propia

- El extintor de PQS según su ficha informativa indica que puede apagar fuegos de clase ABC, entonces es un agente extintor polivalente y tiene un valor de uno.

Tabla 29: Indicador 10 de Prueba N°2

Agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración propia

- Se tomó en cuenta cuál es el porcentaje de agente extintor polivalente utilizado en la Prueba N° 2 es de 80% el cual tiene un valor de uno.

Tabla 30: Indicador 11 de Prueba N°2

Porcentaje de agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
de 10 a 50 %	0
de 51 a 90 %	1
de 91 a 100 %	2

Fuente: Elaboración propia

h. Se procedió al llenado de la de la lista de verificación de acuerdo con los resultados de la Prueba N° 2.

Tabla 31: Lista de verificación Prueba N°2

N°	Lista de Verificación de Eficacia	Si	No
1	Logro apagar el fuego.	X	
2	Se registró brasas de incendio después de la extinción del fuego.		X
3	Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor.		X
4	El equipo extintor es de activación automática.		X
5	Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor.		X
6	Peso de equipo en Kg.	6 kg	
7	Maniobrabilidad del equipo.	Media	
8	Área abarcada con la utilización.	4 m ²	
9	Peso de agente extintor.	4 kg	
10	Agente extintor polivalente.	X	
11	Porcentaje de agente extintor polivalente.	80 %	

Fuente: Elaboración propia

i. Realizar el cálculo de eficacia en la Prueba N° 2 con la formula Eficacia según la Tabla 2 donde

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{RA}}{\text{RE}}$$

RA = Resultado Alcanzado

RE = Resultado Esperado

Tabla 32: Resultado de eficacia Prueba N°2

Resultado esperado	13
Resultado alcanzado	12
EFICACIA	92%

Fuente: Elaboración propia

5.5 Establecer la eficiencia del extintor de PQS

Para determinar la eficiencia del extintor de incendios se tomará como referencia la Prueba N° 2.

a. Tiempo para accionar el equipo contra incendio, tuvo un valor de tres porque el tiempo de accionar demoro 5 s.

Tabla 33: Tiempo de acción de extintor de PQS

Tiempo para accionar el equipo contra incendios	
Indicador	Valor
De 11 a 20 s	1
De 6 a 10 s	2
De 1 a 5 s	3

Fuente: Elaboración Propia

b. Para el tiempo de extinción de incendio tiene un valor de uno porque se logró extinción del conato de incendio simulado en aproximadamente 30 segundos.

Tabla 34: Tiempo de extinción de incendio de extintor de PQS

Tiempo de extinción del incendio	
Indicador	Valor
No se logró apagar el incendio simulado	0
De 11 s a mas	1
De 6 a 10 s	2
De 1 a 5 s	3

Fuente: Elaboración Propia

c. Para el tiempo de exposición al momento de realizar la descarga del agente extintor fue de 17 segundos teniendo como resultado un valor de uno.

Tabla 35: Tiempo de exposición con extintor

Tiempo de exposición para extinción de incendio	
Indicador	Valor
De 11 a 20 s	1
De 6 a 10 s	2
De 1 a 5 s	3

Fuente: Elaboración Propia

d. Para el número de mantenimientos se tomó como referencia un periodo de 5 años, donde un extintor de PQS necesita un mantenimiento anual el cual da como resultado 5 mantenimientos en un periodo de 5 años y obtuvo un valor de uno.

Tabla 36: Número de Mantenimientos

N° de mantenimientos en 5 años	
Indicador	Valor
Menos a un mantenimiento	5
2 mantenimientos	4
3 mantenimientos	3
4 mantenimientos	2
5 mantenimientos	1

Fuente: Elaboración Propia

e. El costo de instalación de un extintor de PQS de 4 kg es de S/.30 y tiene un valor de dos.

Tabla 37: Costo de Instalación de Equipo Extintor

Costo de instalación de equipo extintor	
Indicador	Valor
entre S/.40 y S/.50	1
Entre S/.30 y S/.39.9	2
Entre S/.20 y S/.29.9	3

Fuente: Elaboración Propia

f. El costo del extintor de PQS es de S/.59.99 en una empresa de venta al por mayor y menor de elementos de construcción y seguridad, de acuerdo con el presente costo se tuvo un valor de tres.

Tabla 38: Costo de Adquisición de Equipo

Costo de adquisición del extintor de PQS de 4 kg	
Indicador	Valor
entre S/.100 y S/.150	1
Entre S/.70 y S/.99.99	2
Entre S/.40 y S/.69.99	3
Entre S/.0 y S/.39.99	4

Fuente: Elaboración Propia

g. El costo de mantenimiento por un periodo de 5 años y teniendo en cuenta que la recarga anual del extintor de PQS es de S/.80, dando un valor de dos.

Tabla 39: Costo de mantenimiento extintor en 5 años

Costo de mantenimiento por un periodo de 5 años	
Indicador	Valor
Entre S/.100 y S/.150	1
Entre S/.70 y S/.99.99	2
Entre S/.40 y S/.69.99	3
Entre S/.10 y S/.39.99	4

Fuente: Elaboración Propia

h. El costo de capacitación por trabajador en materia de prevención y control de incendios tiene un costo aproximado de S/. 200 soles anuales en un periodo de 5 años, teniendo en cuenta ese costo tenemos un valor de uno.

Tabla 40: Costo de Capacitación

Costo de capacitación	
Indicador	Valor
Mayor a S/.100	1
Entre S/.70 y S/.99.99	2
Entre S/.40 y S/.69.99	3
Entre S/.0 y S/.39.99	4

Fuente: Elaboración Propia

i. Tomando como referencia las tablas anteriores para eficiencia, se procede a llenar la lista de verificación para hallar la eficiencia del extintor portátil de PQS, tener en cuenta la referencia de la Tabla N° 14.

Tabla 41: Lista de verificación de eficiencia del Extintor portátil de PQS

N°	LISTA DE VERIFICACIÓN DE EFICIENCIA		RESPUESTA
1	Tiempo	Tiempo para accionar el equipo de extinción de incendio.	5 s
2		Tiempo de extinción de incendio.	30 s
3		Tiempo de exposición para extinción de incendio.	17 s
4	Costo	Número de mantenimiento en 5 años.	5
5		Costo de instalación.	S/. 30.00
6		Costo de adquisición.	S/. 59.90
7		Costo de mantenimiento por 5 años.	S/. 80.00
8		Costo de capacitación.	S/. 200.00

Fuente: Elaboración propia

j. Se realizó el cálculo para la obtención de eficiencia.

$$\text{Eficiencia} = \frac{(RA/CA \cdot TA)}{(RE/CE \cdot TE)}$$

Tabla 42: Resultados esperados en extintor portátil

Resultado esperado (RE)	13
Costo Esperado (CE)	18
Tiempo esperado (TE)	10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43: Resultados alcanzados del extintor portátil de PQS

Resultado alcanzado (RA)	12
Costo alcanzado (CA)	9
Tiempo alcanzado (TA)	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Resultado de eficiencia del extintor portátil de PQS

	Total
Eficiencia = $\frac{(12/9) * 5}{(13/18) * 10}$	92%

Fuente: Elaboración propia

5.6 Eficacia de la bola de extinción de incendio

5.6.1 Prueba N° 3

- Se inició la limpieza de la zona de trabajo de residuos de madera y carbón que dejaron la Prueba N° 2, como medida de prevención se llenó un cilindro de 50 galones con agua para cualquier inconveniente que pueda suceder.
- Se colocó la base metal donde se realizará el armado del castillo de madera y así realizar la Prueba N° 3.

Figura 36: Castillo de madera Prueba N°3



Fuente: Elaboración Propia

c. Se colocó la lata con la gasolina de 84 octanos en el centro de nuestro castillo de madera por la parte inferior, con mucho cuidado se procedió a iniciar el fuego y esperar que este comience a quemar.

Figura 37: Inicio de Fuego Prueba N°3



Fuente: Elaboración Propia

d. Esperamos a que el castillo de madera se prendiera por completo y se esté quemando aproximadamente un 55 %, de la misma manera esperamos que por la parte de la base se esté desprendiendo algunas brasas.

Figura 38: Quemado y desprendimiento de brasas Prueba N° 3



Fuente: Elaboración Propia

e. Con ayuda de un brazo metálico colocamos la bola de extinción de incendios junto con su soporte en parte superior del castillo de madera, como muestra la Figura 39.

Figura 39: Colocación de Bola de Extinción de Incendios Prueba N°3



Fuente: Elaboración Propia

f. Esperamos a que la bola de extinción se active según Figura 40.

Figura 40: Activación de la Prueba N°3



Fuente: Elaboración Propia

g. Después de la explosión de la bola de extinción de incendio se pudo visualizar que aún hay fuego y brasas, según la Figura 41.

Figura 41: Post activación de Bola de Extinción de Incendios



Fuente: Elaboración Propia

- h. Se procedió al llenado de datos según el Anexo N° 1 y a su valoración de acuerdo con los resultados obtenidos en la Prueba N° 3 con la bola de extinción de incendio.
- La Prueba N° 3 con la bola de extinción de incendios, no logro apagar el fuego del castillo de madera y le correspondería un valor de cero.

Tabla 45: Indicador 1 Prueba N°3

Logro apagar el fuego	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez terminada la Prueba N°3, el fuego y las brasas aún estaban encendidas, por lo que le correspondería un valor de cero.

Tabla 46: Indicador 2 Prueba N°3

Se registró brasas después del incendio	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración Propia

- Como no se logró apagar el castillo de madera en la Prueba N° 3 de la bola de extinción de fuego, se visualizo que 15 min después de la prueba, el fuego aun ha estado encendido y le corresponderia un valor de cero.

Tabla 47: Indicador 3 Prueba N°3

Se volvió a encender el fuego después de 15 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración Propia

- La bola de extinción de incendios es de activación automática, por lo cual le corresponde un valor de uno.

Tabla 48: Indicador 4 Prueba N°3

El equipo extintor es de activación automática	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración Propia

- Como no se logró apagar el fuego del castillo de madera en la Prueba N° 3 de la bola de extinción de fuego, se demuestra que después de 30 min de ser utilizado el equipo extintor, el fuego aun continúa; por tal motivo le corresponde un valor de cero.

Tabla 49: Indicador 5 Prueba N°3

Se volvió a encender el fuego después de 30 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración Propia

- El peso total de la bola de extinción de incendios es de 1.3 kg, le corresponde un valor de dos.

Tabla 50: Indicador 6 Prueba N°3

Peso del extintor en KG	
Indicador	Valor
de 1 a 3.99 KG	2
de 4 a mas	1

Fuente: Elaboración Propia

- De acuerdo con la prueba y al ser un equipo que no se mueve durante su utilización, tiene una maniobrabilidad baja con un valor de cero.

Tabla 51: Indicador 7 Prueba N°3

Maniobrabilidad del equipo	
Indicador	Valor
Alta	2
Media	1
Baja	0

Fuente: Elaboración Propia

- El área abarcada después de la explosión de la bola de extinción de incendios fue menor a 1 m², y le corresponde un valor de cero.

Tabla 52: Indicador 8 Prueba N°3

Área abarcada con la utilización	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 m ²	0
de 2 a 3.99 m ²	1
de 4 a 8 m ²	2

Fuente: Elaboración Propia

- En el interior de la bola de extinción de incendios el peso del agente extintor es de 1 kg y le correspondería un valor de cero.

Tabla 53: Indicador 9 Prueba N°3

Peso de agente extintor	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 kg	0
de 2 a 3.99 kg	1
de 4 a 8 kg	2

Fuente: Elaboración Propia

- El agente extintor, de acuerdo con las características técnicas, es un agente extintor polivalente que puede apagar fuegos clase ABC, por lo que le corresponde un valor de uno.

Tabla 54: Indicador 10 Prueba N°3

Agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración Propia

- El porcentaje de agente extintor polivalente es del 90 % según su ficha técnica y tiene un valor de uno.

Tabla 55: Indicador 11 Prueba N°3

Porcentaje de agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
de 10 a 50 %	0
de 51 a 90 %	1
de 91 a 100 %	2

Fuente: Elaboración Propia

- i. Una vez identificado el valor para cada indicador se procedió a llenar la lista de verificación de eficacia para la Prueba N° 3.

Tabla 56: Lista de verificación de Prueba N°3

N°	Lista de Verificación de Eficacia	Si	No
1	Logro apagar el fuego.		X
2	Se registró brasas de incendio después de la extinción del fuego.	X	
3	Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor.	X	
4	El equipo extintor es de activación automática.	X	
5	Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor.	X	
6	Peso de equipo en Kg.	1.3 Kg	
7	Maniobrabilidad del equipo.	Baja	
8	Área abarcada con la utilización.	Menos de 1 m ²	
9	Peso de agente extintor.	1 kg	
10	Agente extintor polivalente.	X	
11	Porcentaje de agente extintor polivalente.	90%	

Fuente: Elaboración Propia

j. Se procedió al cálculo de eficacia con la fórmula de la Tabla 3 para la Prueba N° 3.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{RA}}{\text{RE}}$$

RA = Resultado Alcanzado

RE = Resultado Esperado

Tabla 57: Resultado eficacia de Prueba N°3

Resultado esperado	13
Resultado alcanzado	5
EFICACIA	38%

Fuente: Elaboración Propia

5.6.2 Prueba N° 4

a) Se procedió a la limpieza de la zona de trabajo de residuos de madera y carbón que dejaron la Prueba N° 3, como medida de prevención se llenó un cilindro de 50 galones con agua para cualquier inconveniente que pueda suceder.

b) Se colocó la base de metal donde se realizó el armado del castillo de madera para realizar la Prueba N° 4.

Figura 42: Castillo de Madera Prueba 4



Fuente: Elaboración Propia

c) Se procedió al inicio del incendio y esperar el quemado del castillo de madera para hallar la eficacia de la Prueba N° 4.

Figura 43: Quemado de Prueba 4



Fuente: Elaboración Propia

d) Una vez que se quemó el castillo un 55% aproximadamente y se visualiza desprendimiento de brasas en la base, se comienza con la preparación de las actividades para la prueba de la bola de extinción de incendios.

Figura 44: Desprendimiento de Brasas Prueba 4



Fuente: Elaboración Propia

e) Con ayuda de un brazo metálico se procedió a colocar la bola de extinción de incendio en la parte superior del castillo de madera.

Figura 45: Colocación de Bola de Extinción de Incendio Prueba N° 4



Fuente: Elaboración Propia

f) Esperamos que la bola de extinción de fuego se active según la Figura 46.

Figura 46: Explosión de Bola de Extinción de Incendios Prueba N° 4



Fuente: Elaboración Propia

g) Una vez que la bola de extinción de incendios se activó, aún se visualizó fuego y brasas en el castillo de madera, según la Figura 47.

Figura 47: Post Activación de la Bola de la Extinción de Incendios



Fuente: Elaboración Propia

h) Se procedió al llenado del cuestionario de Eficacia de acuerdo con el Anexo 1 y a su valoración de acuerdo con los datos obtenidos en la Prueba N° 4 con la bola de extinción de incendios.

- La prueba N°4 con la bola de extinción de incendios, no logro apagar el fuego en la simulación del castillo de madera y le correspondería un valor de cero.

Tabla 58: Indicador 1 de Prueba N°4

Logro apagar el fuego	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez terminada la prueba el fuego y las brasas aún estaban encendidas, le correspondería un valor de cero.

Tabla 59: Indicador 2 de Prueba N°4

Se registró brasas después del incendio	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración Propia

- Como no se logro apagar el castillo de madera en la prueba N°4 de la bola de extincion de incendios se demostro que 15 min despues de la prueba, el fuego aun estaba encendido y le corresponderia un valor de cero.

Tabla 60: Indicador 3 de Prueba N°4

Se volvió a encender el fuego después de 15 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración Propia

- La bola de extinción de incendios es de activación automática, por lo cual le corresponde un valor de uno.

Tabla 61: Indicador 4 de Prueba N°4

El equipo extintor es de activación automática	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración Propia

- Como no se logro apagar el fuego en el castillo de madera en la Prueba N° 4 de la bola de extincion de fuego y se demuestra que despues de 30 min el fuego continua, por tal motivo le corresponde un valor de cero.

Tabla 62: Indicador 5 de Prueba N°4

Se volvió a encender el fuego después de 30 min	
Indicador	Valor
Si	0
No	1

Fuente: Elaboración Propia

- El peso total de la bola de extinción de incendios es de 1.3 kg, le corresponde un valor de dos.

Tabla 63: Indicador 6 de Prueba N°4

Peso del extintor en KG	
Indicador	Valor
de 1 a 3.99 KG	2
de 4 a mas	1

Fuente: Elaboración Propia

- De acuerdo con la prueba y al ser un equipo que no se mueve durante su utilización tiene una maniobrabilidad baja con un valor de cero.

Tabla 64: Indicador 7 de Prueba N°4

Maniobrabilidad del equipo	
Indicador	Valor
Alta	2
Media	1
Baja	0

Fuente: Elaboración Propia

- El área abarcada después de la explosión de la bola de extinción de incendios fue menor a 1 m², y le corresponde un valor de cero.

Tabla 65: Indicador 8 de Prueba N°4

Área abarcada con la utilización	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 m ²	0
de 2 a 3.99 m ²	1
de 4 a 8 m ²	2

Fuente: Elaboración Propia

- En el interior de la bola de extinción de incendios el peso del agente extintor es de 1 kg y le correspondería un valor de cero.

Tabla 66: Indicador 9 de Prueba N°4

Peso de agente extintor	
Indicador	Valor
de 0 a 1.99 kg	0
de 2 a 3.99 kg	1
de 4 a 8 kg	2

Fuente: Elaboración Propia

- El agente extintor de acuerdo con las características técnicas es un agente extintor polivalente que puede apagar fuegos clase ABC, entonces es un agente extintor polivalente el cual tiene un valor de uno.

Tabla 67: Indicador 10 de Prueba N°4

Agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
Si	1
No	0

Fuente: Elaboración Propia

- El porcentaje de agente extintor polivalente es del 90 % según su ficha técnica y tiene un valor de uno.

Tabla 68: Indicador 11 de Prueba N°4

Porcentaje de agente extintor polivalente	
Indicador	Valor
de 10 a 50 %	0
de 51 a 90 %	1
de 91 a 100 %	2

Fuente: Elaboración Propia

- i) Se procedió al cálculo de eficacia con la fórmula de la Tabla N° 2 para la Prueba N° 4.

Tabla 69: Lista de verificación de Prueba N°4

N°	Lista de Verificación de Eficacia	Si	No
1	Logro apagar el fuego.		X
2	Se registró brasas de incendio después de la extinción del fuego.	X	
3	Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor.	X	
4	El equipo extintor es de activación automática.	X	
5	Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor.	X	
6	Peso de equipo en Kg.	1.3 Kg	
7	Maniobrabilidad del equipo.	Baja	
8	Área abarcada con la utilización.	1 m ²	
9	Peso de agente extintor.	1 kg.	
10	Agente extintor polivalente.	X	
11	Porcentaje de agente extintor polivalente.	90%	

Fuente: Elaboración Propia

j) Se procedió al cálculo de eficacia con la fórmula de la Tabla 3 para la Prueba N° 4.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{RA}}{\text{RE}}$$

RA = Resultado Alcanzado

RE = Resultado Esperado

Tabla 70: Resultado de eficacia prueba N°3

Resultado esperado	13
Resultado alcanzado	5
EFICACIA	38%

Fuente: Elaboración Propia

5.7 Eficiencia de la Bola de Extinción de Fuego

a) El tiempo que se demora para accionarse la bola de extinción de incendios fue de 10 segundos y le corresponde un valor de dos.

Tabla 71: Tiempo de acción de extintor

Tiempo para accionar el equipo contra incendios	
Indicador	Valor
De 11 a 20 s	1
De 6 a 10 s	2
De 1 a 5 s	3

Fuente: Elaboración Propia

b) Para el tiempo de extinción de incendio tiene un valor de cero porque no se logró extinguir el conato de incendio simulado.

Tabla 72: Tiempo de extinción de incendio

Tiempo de extinción del incendio	
Indicador	Valor
No se apagó el incendio	0
De 11 s a mas	1
De 6 a 10 s	2
De 1 a 5 s	3

Fuente: Elaboración Propia

c) El tiempo de exposición al incendio durante la prueba fue de 11 segundos para poder ubicar la bola de extinción de incendios en su posición de accionamiento, es por ello que le corresponde un valor de uno.

Tabla 73: Tiempo de exposición con extintor

Tiempo de exposición para extinción de incendio	
Indicador	Valor
De 11 a 20 s	1
De 6 a 10 s	2
De 1 a 5 s	3

Fuente: Elaboración Propia

d) Es un equipo que no requiere mantenimiento extra por un periodo de 5 años que después este también se debe eliminar según su ficha técnica, le corresponde un valor de cinco.

Tabla 74: Número de Manteamientos

N° de mantenimientos en 5 años	
Indicador	Valor
Menos a un mantenimiento	5
2 mantenimientos	4
3 mantenimientos	3
4 mantenimientos	2
5 mantenimientos	1

Fuente: Elaboración Propia

e) Costo de instalación de la bola de extinción de incendios es de S/. 30.00 por ende, le corresponde un valor de dos.

Tabla 75: Costo de Instalación de Equipo Extintor

Costo de instalación de equipo extintor	
Indicador	Valor
entre S/.40 y S/.50	1
Entre S/.30 y S/.39.9	2
Entre S/.20 y S/.29.9	3

Fuente: Elaboración Propia

f) El equipo tiene un costo de S/ 140.00 por unidad, de acuerdo con ventas en Perú, y le corresponde un valor de uno.

Tabla 76: Costo de Adquisición de Equipo

Costo de adquisición del extintor de PQS de 4 kg	
Indicador	Valor
entre S/.100 y S/.150	1
Entre S/.70 y S/.99.99	2
Entre S/.40 y S/.69.99	3
Entre S/.10 y S/.39.99	4

Fuente: Elaboración Propia

g) No tiene costo de mantenimiento en un periodo de 5 años, según la ficha técnica del equipo, le corresponde un valor de cuatro.

Tabla 77: Costo de mantenimiento extintor en 5 años

Costo de mantenimiento por un periodo de 5 años	
Indicador	Valor
Entre S/.100 y S/.150	1
Entre S/.70 y S/.99.99	2
Entre S/.40 y S/.69.99	3
Entre S/.0 y S/.39.99	4

Fuente: Elaboración Propia

h) Tiene un costo de capacitación es de S/ 500.00 en un periodo de 5 años, el cual le corresponde un valor de uno.

Tabla 78: Costo de Capacitación

Costo de capacitación	
Indicador	Valor
Mayor a S/. 100	1
Entre S/.70 y S/.99.99	2
Entre S/.40 y S/.69.99	3
Entre S/.0 y S/.39.99	4

Fuente: Elaboración Propia

i) Una vez identificado los valores correspondientes de los indicadores de eficiencia para la bola de extinción de incendio, se procede a llenar el Anexo N°2.

Tabla 79: Lista de Verificación de Eficiencia de bola de extinción de incendios

N°	LISTA DE VERIFICACIÓN DE EFICIENCIA	RESPUESTA
1	Tiempo	Tiempo para accionar el equipo de extinción de incendio.
2		Tiempo de extinción de incendio.
3		Tiempo de exposición para extinción de incendio.
4	Costo	Número de mantenimiento en 5 años.
5		Costo de instalación.
6		Costo de adquisición.
7		Costo de mantenimiento por 5 años.
8		Costo de capacitación.

Fuente: Elaboración Propia

j) Se realizó el cálculo para la obtención de eficiencia de la bola de extinción de incendios.

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{RA/CA} \cdot \text{TA})}{(\text{RE/CE} \cdot \text{TE})}$$

Tabla 80: Resultados esperados para la bola de extinción de incendio

Resultado esperado (RE)	13
Costo Esperado (CE)	18
Tiempo esperado (TE)	10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81: Resultados obtenidos en la bola de extinción de incendios

Resultado alcanzado (RA)	5
Costo alcanzado (CA)	13
Tiempo alcanzado (TA)	4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82: Eficiencia de la bola de extinción de incendios

	Total
$\text{Eficiencia} = \frac{(5/13) \cdot 4}{(13/18) \cdot 10}$	21%

Fuente: Elaboración Propia

5.8 Efectividad del Extintor de PQS y Bola de extinción de incendios

5.8.1 Efectividad del Extintor de PQS

a) Para realizar el cálculo de efectividad se deberá tener en cuenta la siguiente fórmula.

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Puntaje de eficacia} + \text{Puntaje de eficiencia}}{2} \div \text{Máximo puntaje}$$

b) El extintor portátil de PQS en la primera prueba obtuvo una eficacia de 54% y en su segunda prueba alcanzo del 92%, teniendo un puntaje de 2 y 5 respectivamente, para los cálculos de efectividad se utilizará el valor mayor.

Tabla 83: Valores para resulta eficacia

Rangos	Calificación	Puntos
0 - 20%	Ineficaz	0
21 - 40%		1
41 - 60%		2
61 - 80%		3
81 - 90%	Moderadamente Ineficaz	4
>91%	Muy Eficaz	5

Fuente: Elaboración Propia

c) Para la eficiencia del Extintor Portátil de PQS tuvo un porcentaje de 92%, el cual tiene una calificación de Moderadamente Eficiente y su valor de 3 puntos.

Tabla 84: Valores par resultados de eficiencia.

Rangos	Calificación	Puntos
0< - <80%	Ineficiente	1
80< - <100%	Moderadamente Eficiente	3
100%	Muy Eficiente	5

Fuente: Elaboración Propia

d) Reemplazando en las fórmulas tenemos que:

- Puntaje de Eficacia= 5
- Puntaje de eficiencia= 3
- Máximo Puntaje= 5

$$\text{Efectividad} = \frac{\frac{5+3}{2}}{5}$$

Efectividad= 80%

5.8.2 Efectividad de la Bola de Extinción de Incendios

a) Para realizar el cálculo de efectividad de la Bola de extinción de Incendios se deberá de tener en cuenta la siguiente fórmula.

$$\text{Efectividad} = \frac{\frac{\text{Puntaje de eficacia} + \text{Puntaje de eficiencia}}{2}}{\text{Máximo puntaje}}$$

b) La Bola de Extinción de Incendios logro una eficacia del 38% en ambas pruebas, tomando como referencia la Tabla 83 se puede determinar que las bolas de extinción de incendios son ineficaces y tienen un puntaje de 1.

c) Para la eficiencia de la bola de extinción de incendios tuvo un porcentaje del 21%, el cual tiene una calificación según la Tabla 84 de Ineficaz y un valor de 1.

- Puntaje de Eficacia= 1
- Puntaje de eficiencia= 1
- Máximo Puntaje= 5

$$\text{Efectividad} = \frac{\frac{1+1}{2}}{5}$$

Efectividad = 20%

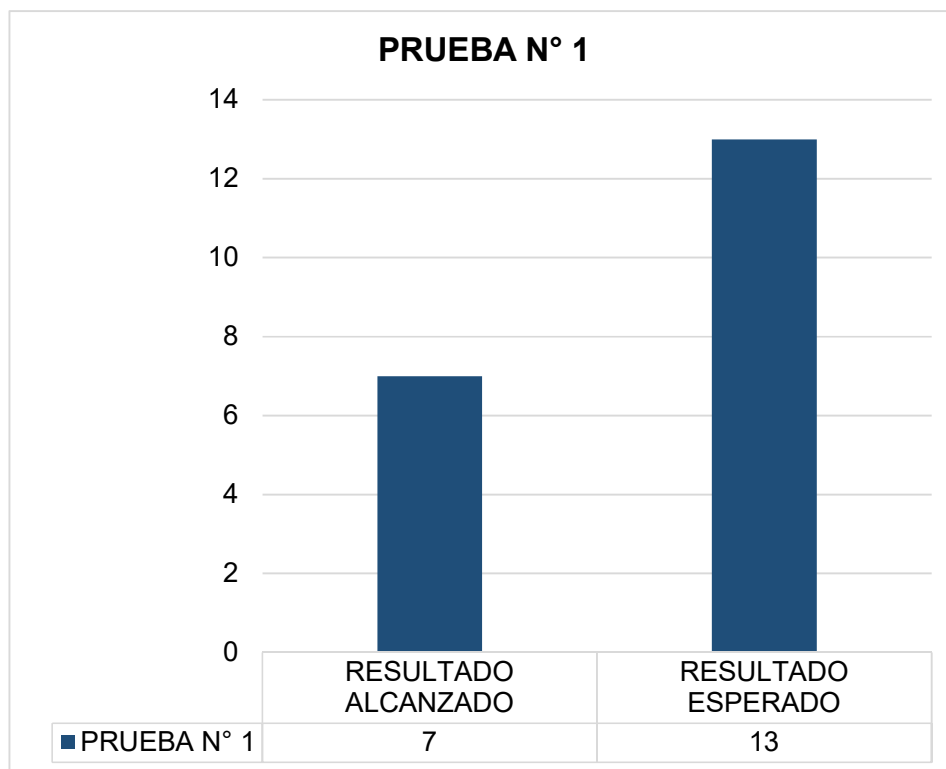
CAPITULO 6

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1 Descripción de la propuesta del investigador

6.1.1 Prueba N° 1 Eficacia del extintor de PQS

Figura 48: Puntaje de eficacia Prueba N°1



Fuente: Elaboración Propia

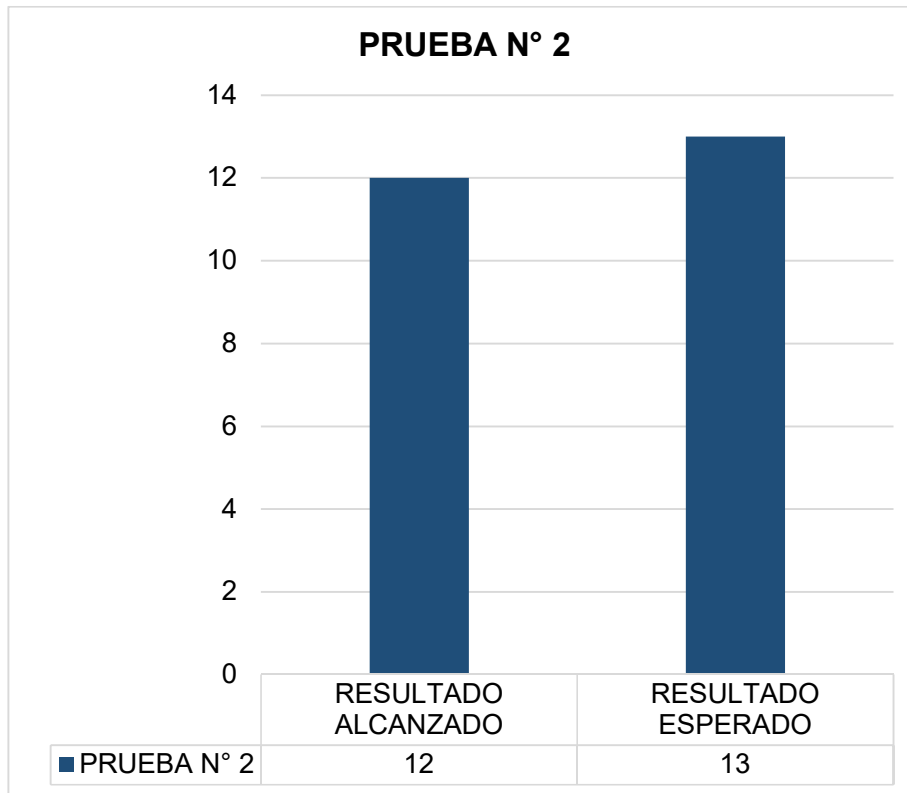
Interpretación: La Figura 48 muestra los resultados de la Prueba N° 1 de Eficacia del extintor de PQS el cual se esperaba un resultado de 13 que tenía como definición muy eficaz. La prueba realizada fallo dando con resultado un puntaje de 7 debido a que no

se lograron las expectativas tenidas como lograr apagar el fuego y otros indicadores que tuvieron un valor de cero en la lista de verificación de eficacia.

El porcentaje de eficacia para la prueba N°1 fue de un 54%, dando como conclusión para la Prueba N° 1 “Ineficaz” en la prevención y amago de incendios.

6.1.2 Prueba N° 2 de eficacia de Extintor de PQS

Figura 49: Puntaje de eficacia Prueba N°2



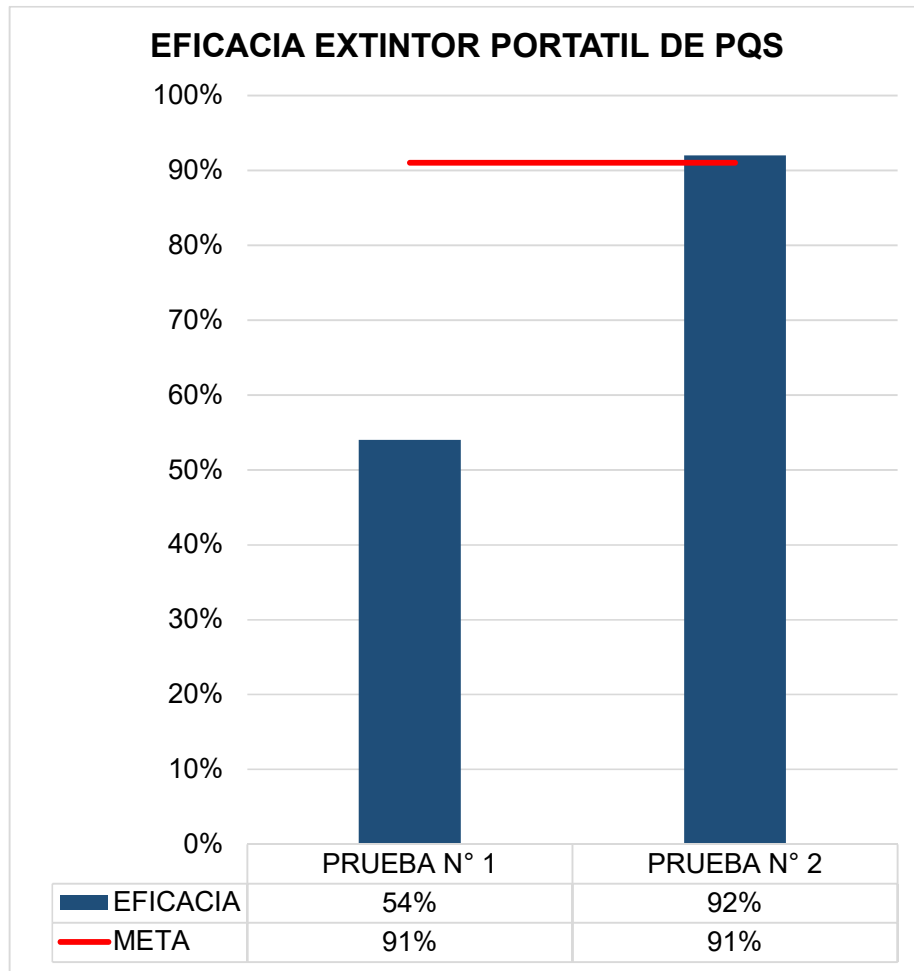
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: La Figura 49 muestra los resultados de la Prueba N° 2 de Eficacia del extintor de PQS el cual se esperaba un resultado de 13 que tenía como definición muy eficaz. La prueba realizada tuvo buenos resultados alcanzo un resultado de 12 puntos. A diferencia con la prueba N°1 que tuvo un mayor puntaje debido a que logro apagar el fuego y también se visualizó una costra en los listones de madera propias de agentes extintores polivalentes.

El porcentaje de eficacia para la Prueba N° 2 fue de un 92 %, dando como conclusión para la Prueba N° 2 es “Muy Eficaz” en la prevención y amago de incendios.

6.1.3 Comparación de eficacia entre pruebas de Extintor Portátil de PQS

Figura 50: Eficacia del extintor portátil de PQS

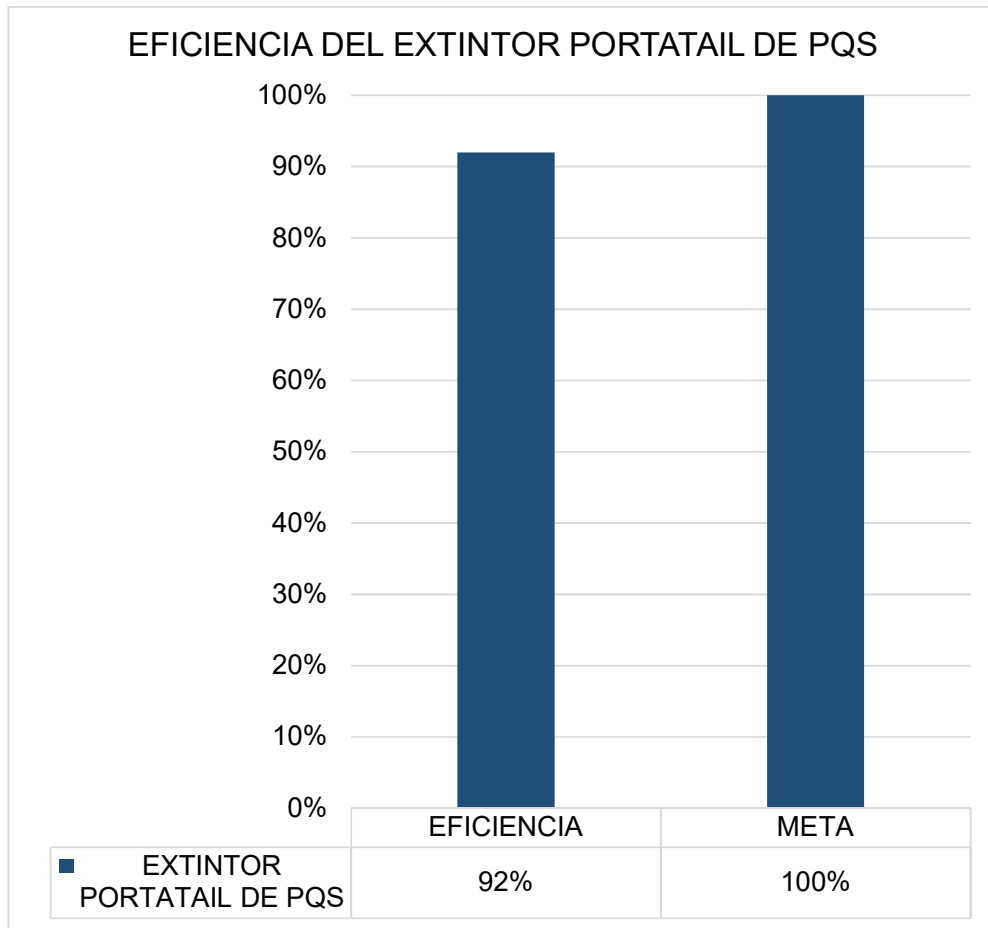


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la Figura 50 se observa el porcentaje de eficacia de la Prueba N° 1 del 54% y para la Prueba N° 2 del 92%, también se puede evidenciar una meta del 91% para la eficacia del extintor de PQS. La meta ha sido alcanzada y superada solo por la Prueba N° 2.

6.2 Establecer la eficiencia del extintor de PQS

Figura 51: Eficiencia del extintor portátil de PQS



Fuente: Elaboración Propia

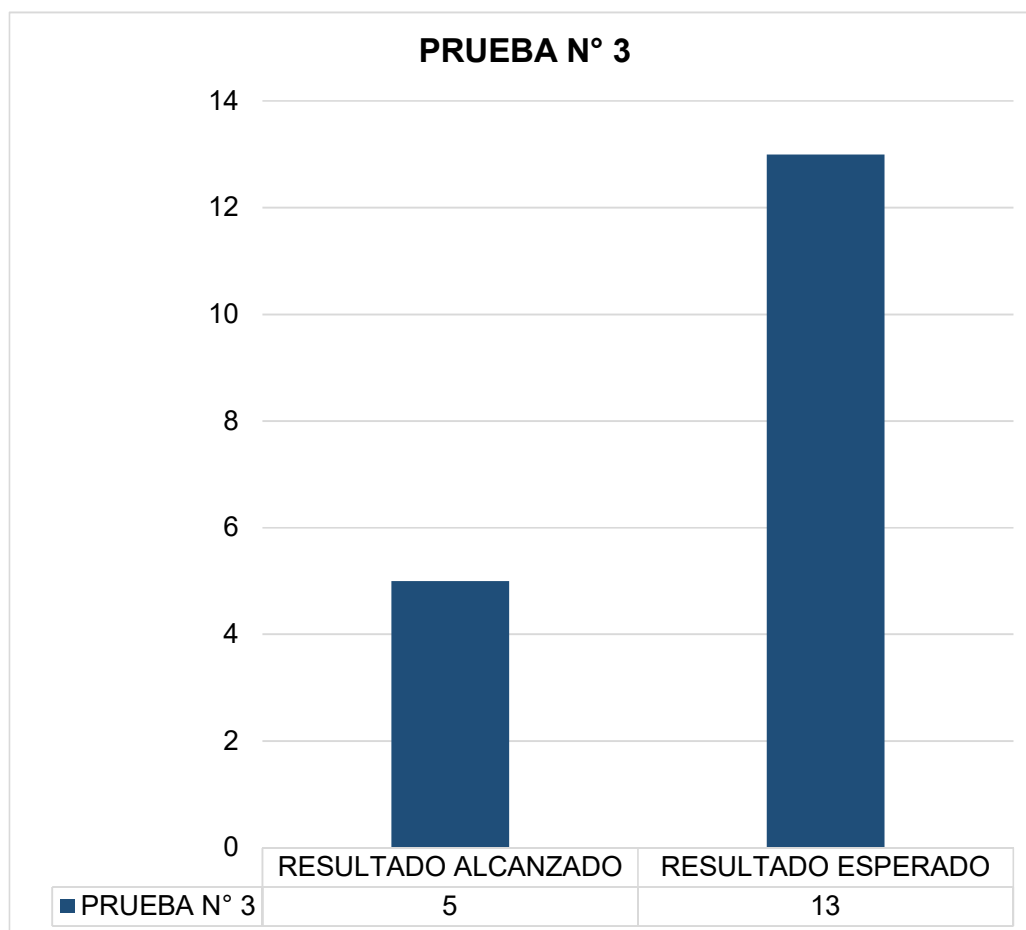
Interpretación: La Figura 51 muestra la eficiencia esperada y la eficiencia alcanzada para el extintor portátil de PQS, se tomó como referencia la Prueba N° 2 del extintor portátil de PQS debido a que este tiene mejores resultados e indicadores.

La eficiencia alcanzada por el extintor de PQS fue de 92% este debido a que no cumplió con expectativas de costo y tiempo establecidas en el cuestionario. Dando como conclusión que el extintor de PQS es un equipo “Moderadamente Eficiente” para la extinción de amago de incendios.

6.3 Establecer la Eficacia de la Bola de Extinción de Fuego

6.3.1 Prueba N° 3 de Bola de extinción de Incendios

Figura 52: Puntaje de eficacia Prueba N°3



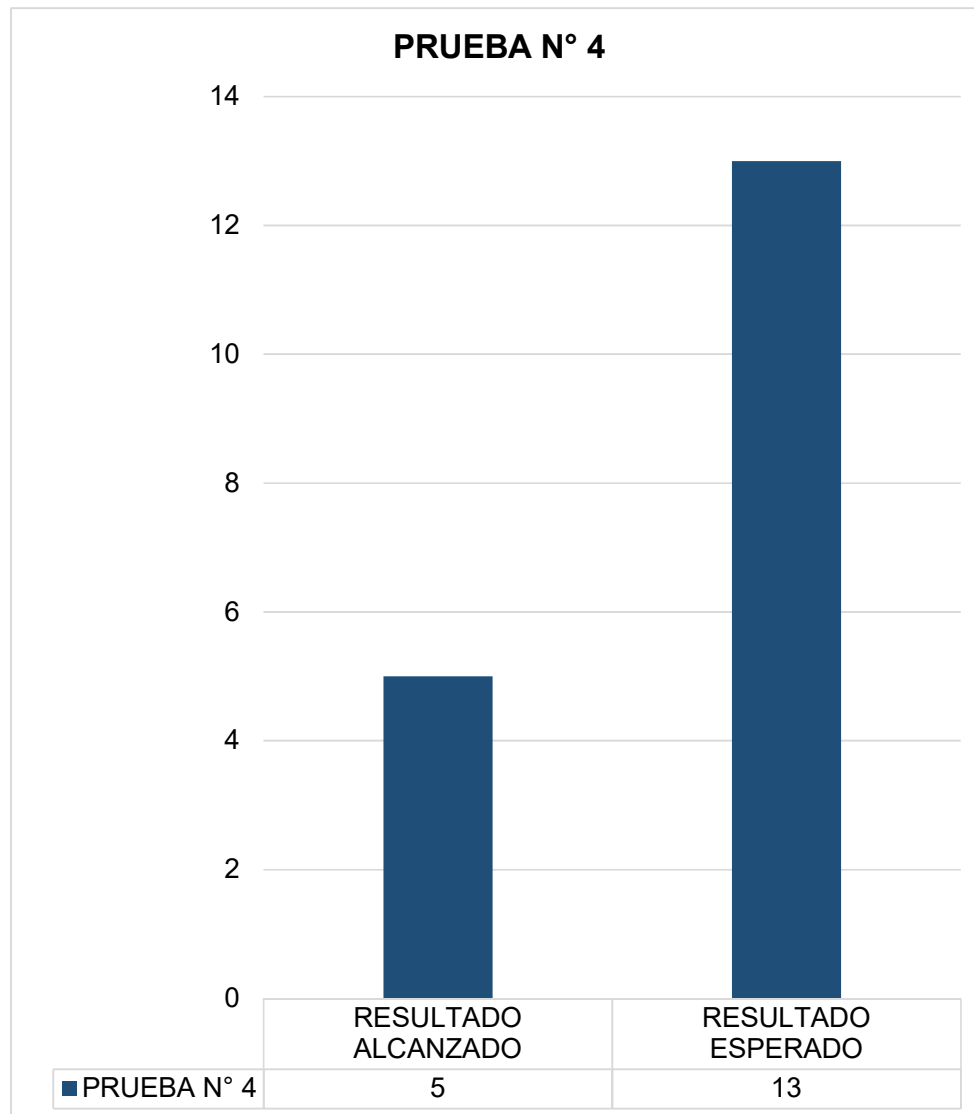
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: La Figura 52 muestra los resultados de la prueba N° 3 de Eficacia de la bola de extinción de incendios, el cual se esperaba un resultado de 13. La prueba realizada fallo dando como resultado un puntaje de 5 debido a que no se lograron las expectativas tenidas, como por ejemplo no se logró apagar el fuego y otras que tuvieron un valor de cero en la lista de verificación N° 1.

El porcentaje de eficacia para la prueba N° 3 fue de un 38%, dando como conclusión la prueba N°3 "Muy Ineficaz" para la prevención y amago de incendios.

6.3.2 Prueba N° 4 de Bola de Extinción de Incendios

Figura 53: Puntaje de eficacia Prueba N°4



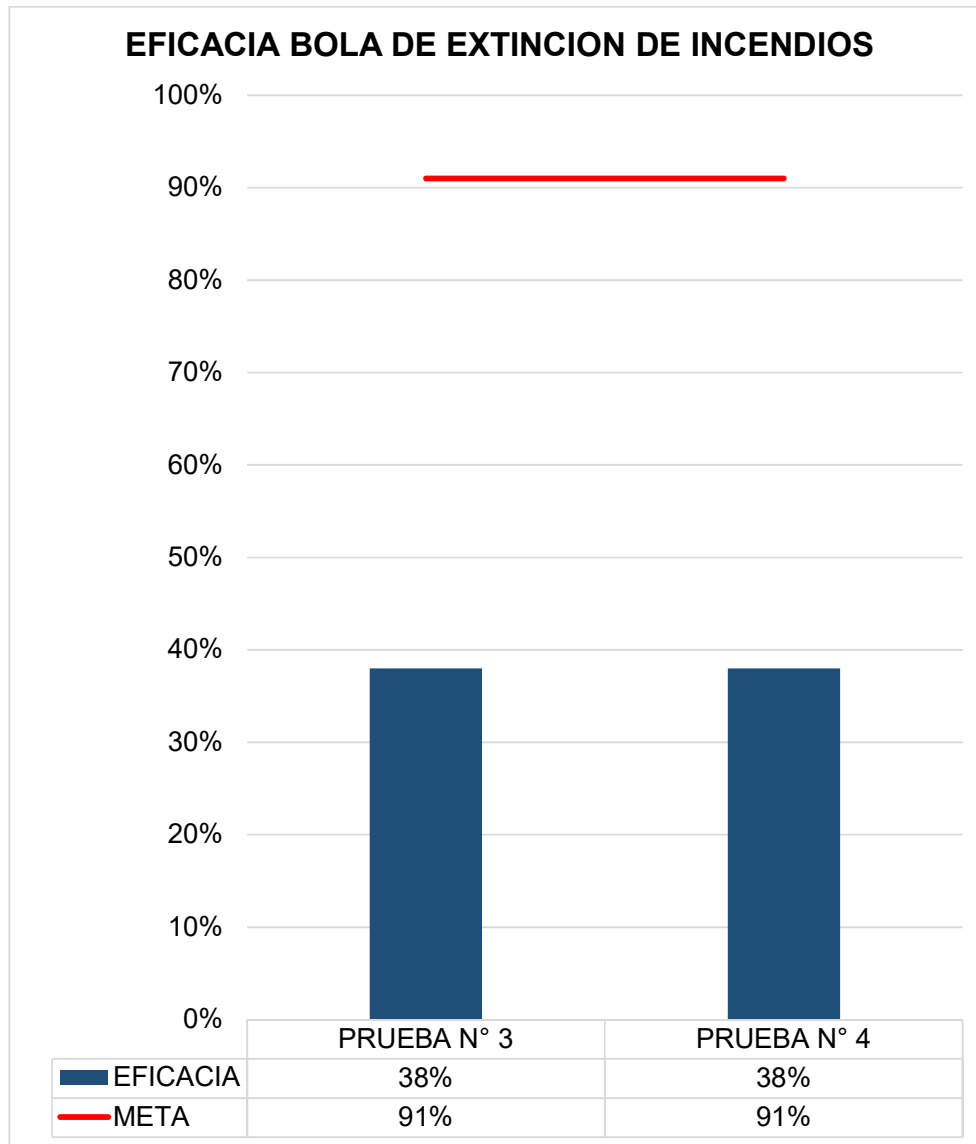
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: La Grafica 6 muestra los resultados de la prueba N° 4 de Eficacia de la bola de extinción de incendio, el cual se esperaba un resultado de 13. La prueba realizada fallo dando con resultado un puntaje de 5 debido a que no se lograron las expectativas tenidas como por ejemplo no se logró apagar el fuego y otras que tuvieron un valor de cero en la Lista de Verificación de eficacia.

El porcentaje de eficacia para la prueba N° 3 fue de un 38%, dando como conclusión la prueba N° 3 "Muy Ineficaz" para la prevención y amago de incendios.

6.3.3 Comparación de eficacia entre pruebas de Bola de Extinción de Incendios

Figura 54: Comparación de eficacia de Prueba N°3 y N°4

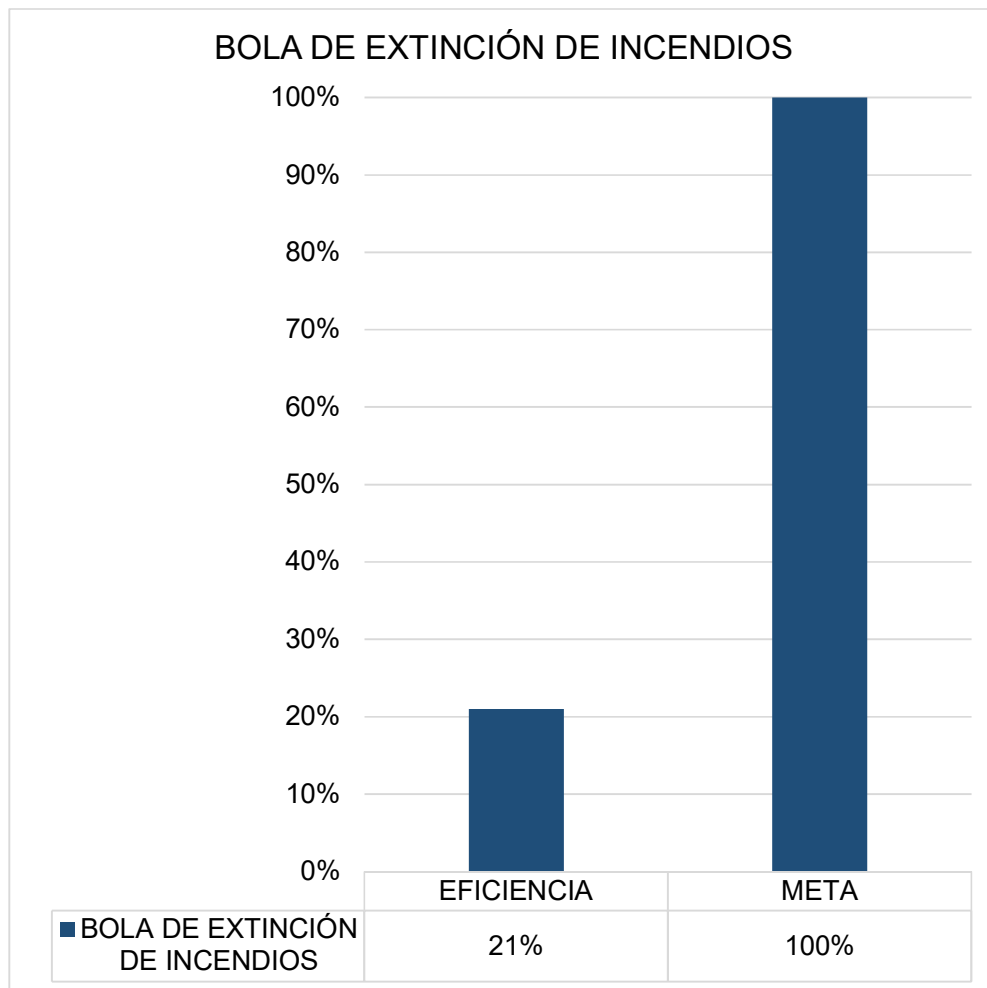


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la Figura 54 se observa el porcentaje de eficacia de la Prueba N° 3 del 38% y para la Prueba N° 4 del 38%, también se puede evidenciar una meta del 91% para la Bola de Extinción de Incendios. La meta no ha sido alcanzada por ninguna de las dos pruebas, se evidenció un comportamiento igual durante las pruebas de la bola extinción de incendios, motivo por el cual ambas lograron una eficacia del 38%.

6.4 Eficiencia de la Bola de Extinción de Incendios

Figura 55: Eficiencia de la bola de extinción de incendios



Fuente: Elaboración Propia

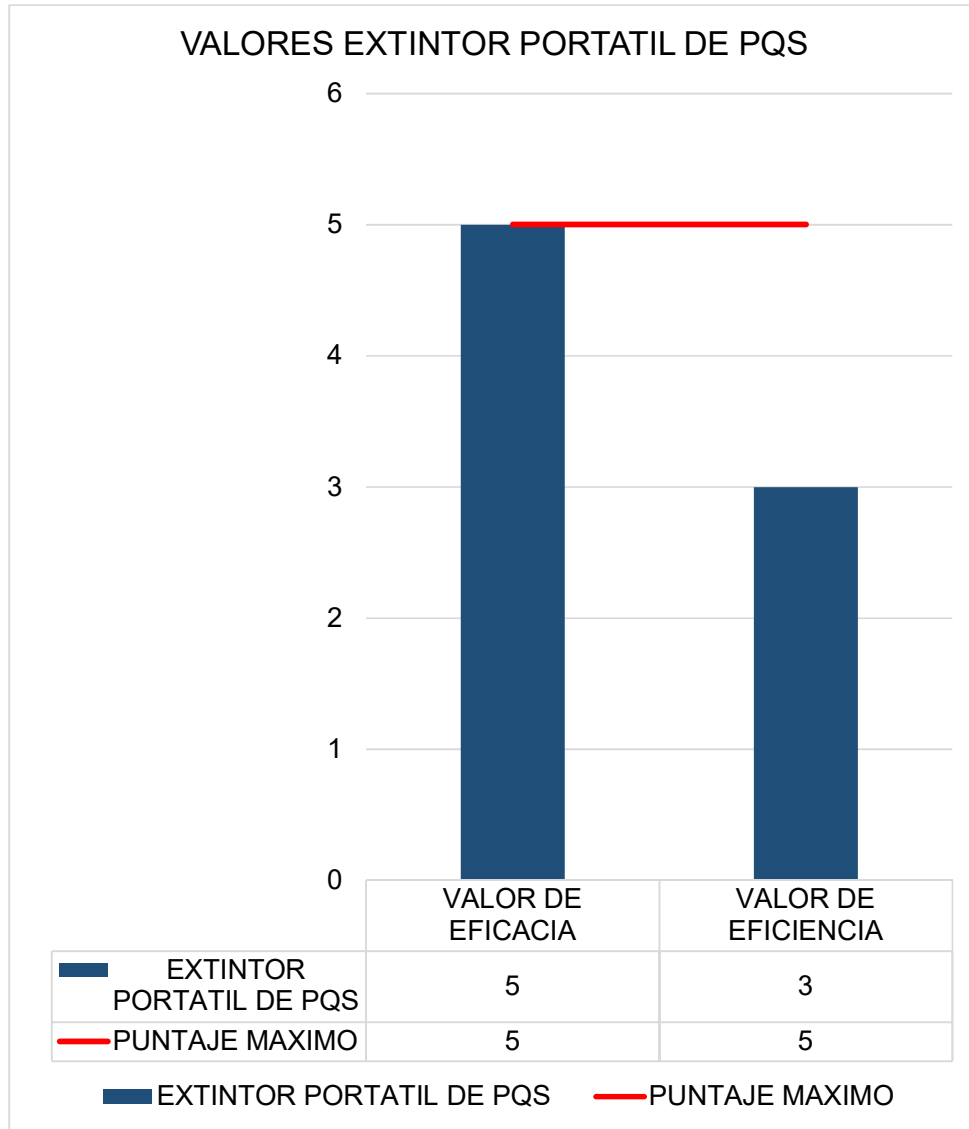
Interpretación: La Figura 55 muestra la eficiencia esperada y la eficiencia alcanzada para la Bola de Extinción de Fuego.

La eficiencia alcanzada por la bola de extinción de fuego fue de 21% este debido a que no cumplió con expectativas de costo y tiempo establecidas en el cuestionario. Dando como conclusión que la Bola de Extinción de Incendios es un equipo “Ineficiente” para la extinción de amago de incendios. En ambas pruebas de la bola de extinción se obtuvo resultados iguales, por tal motivo para hallar la eficiencia de la Bola de Extinción de Incendios se utilizó como referencia la Prueba N° 3.

6.5 Efectividad del extintor de PQS y la Bola de extinción de incendios

6.5.1 Valores del Extintor portátil de PQS

Figura 56: Valores de eficacia y eficiencia del extintor portátil de PQS

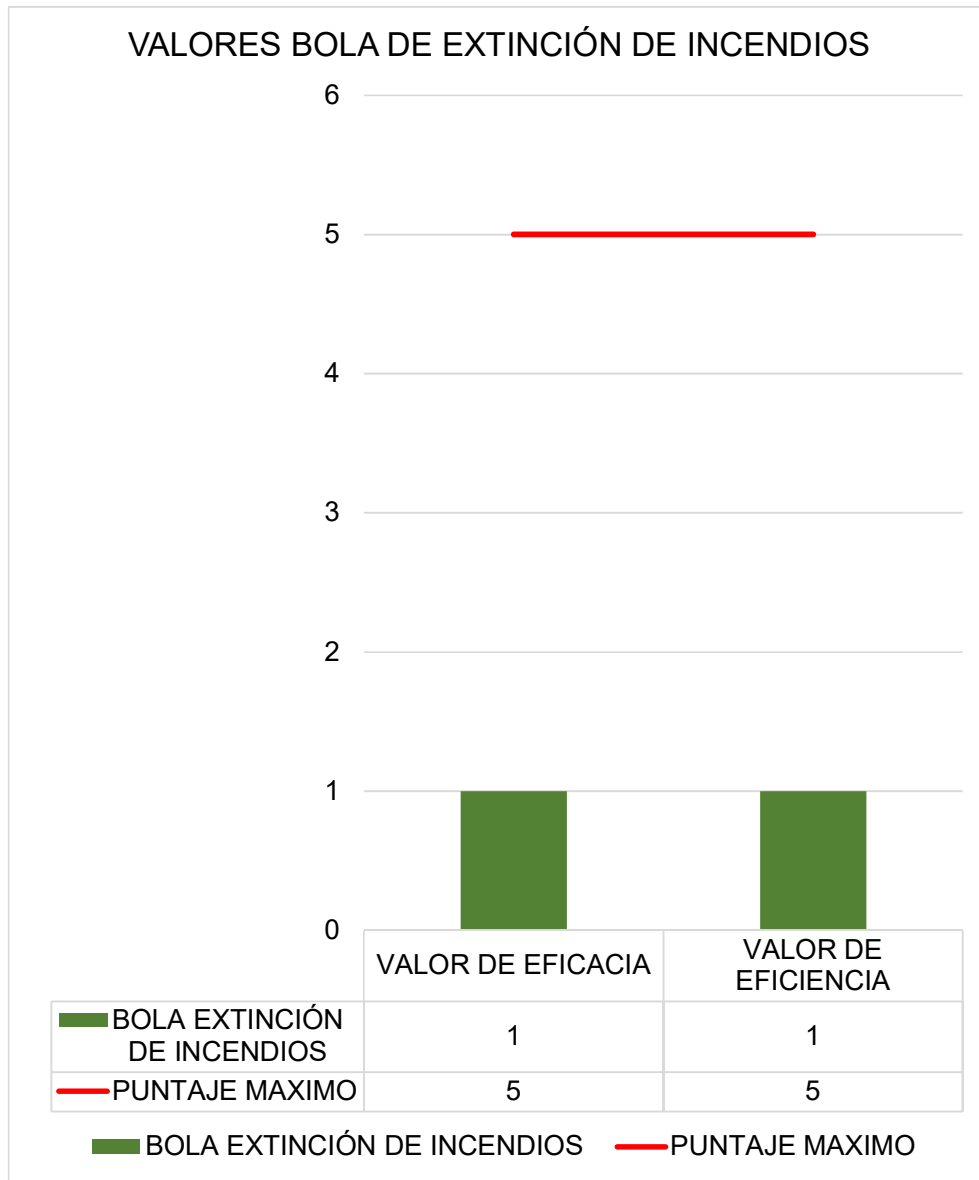


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: La Figura 56 muestra los valores obtenidos para en eficacia y eficiencia del extintor portátil de PQS que les corresponde 3 y 5 respectivamente, también se evidencia el puntaje máximo de 5 que pueden tener estos valores.

6.5.2 Valores de la Bola de extinción de incendios.

Figura 57: Valores de eficacia y eficiencia de la bola de extinción de incendios

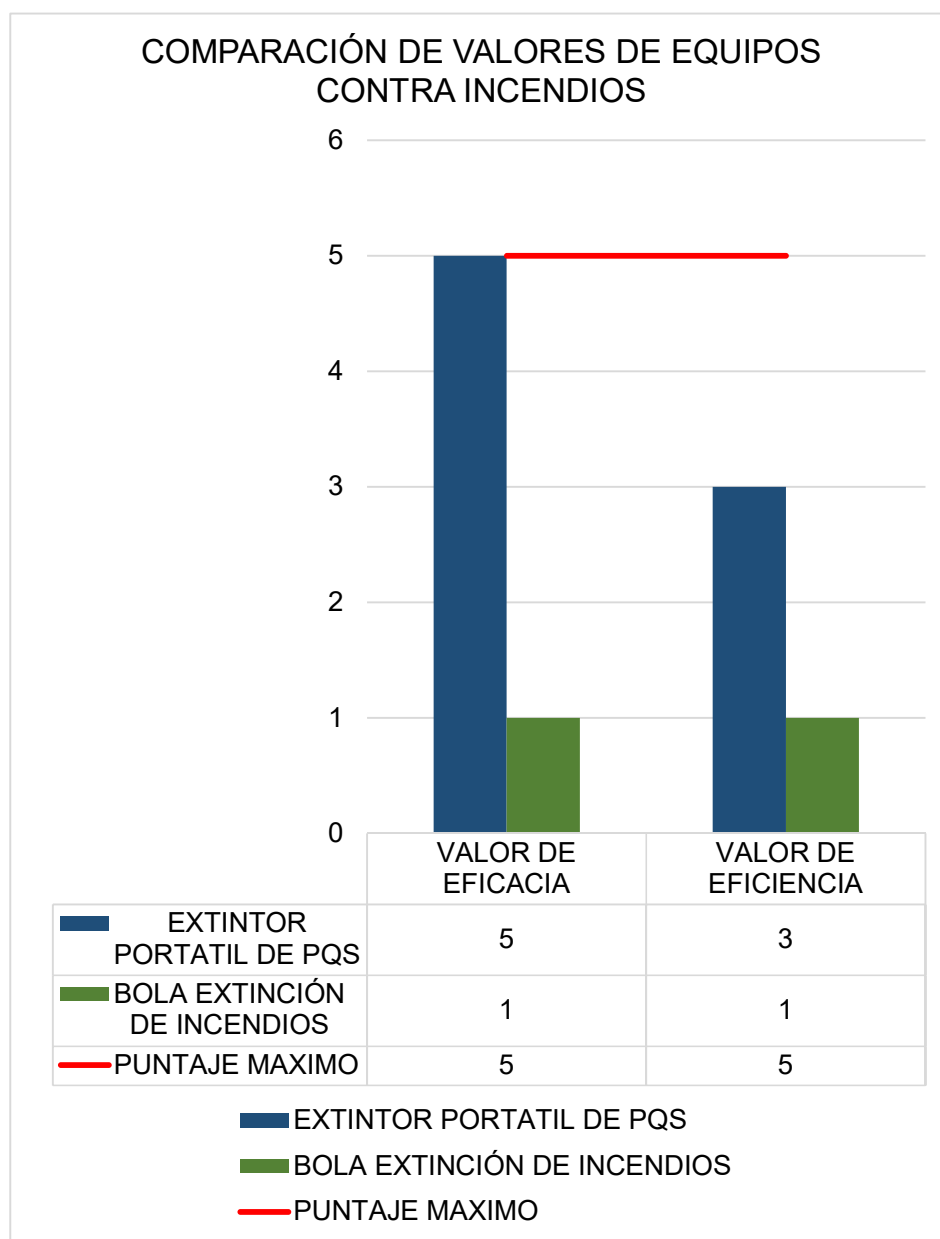


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: La Figura 57 muestra el valor obtenido para en eficacia igual a 1, para eficiencia también se obtuvo un valor igual a 1; la bola de extinción de incendios pudo haber obtenido un puntaje máximo de 5 si todos sus indicadores medidos hubieran sido positivos.

6.5.3 Valores de equipos de extinción de incendios

Figura 58: Comparación de valores de equipos de extinción de incendio

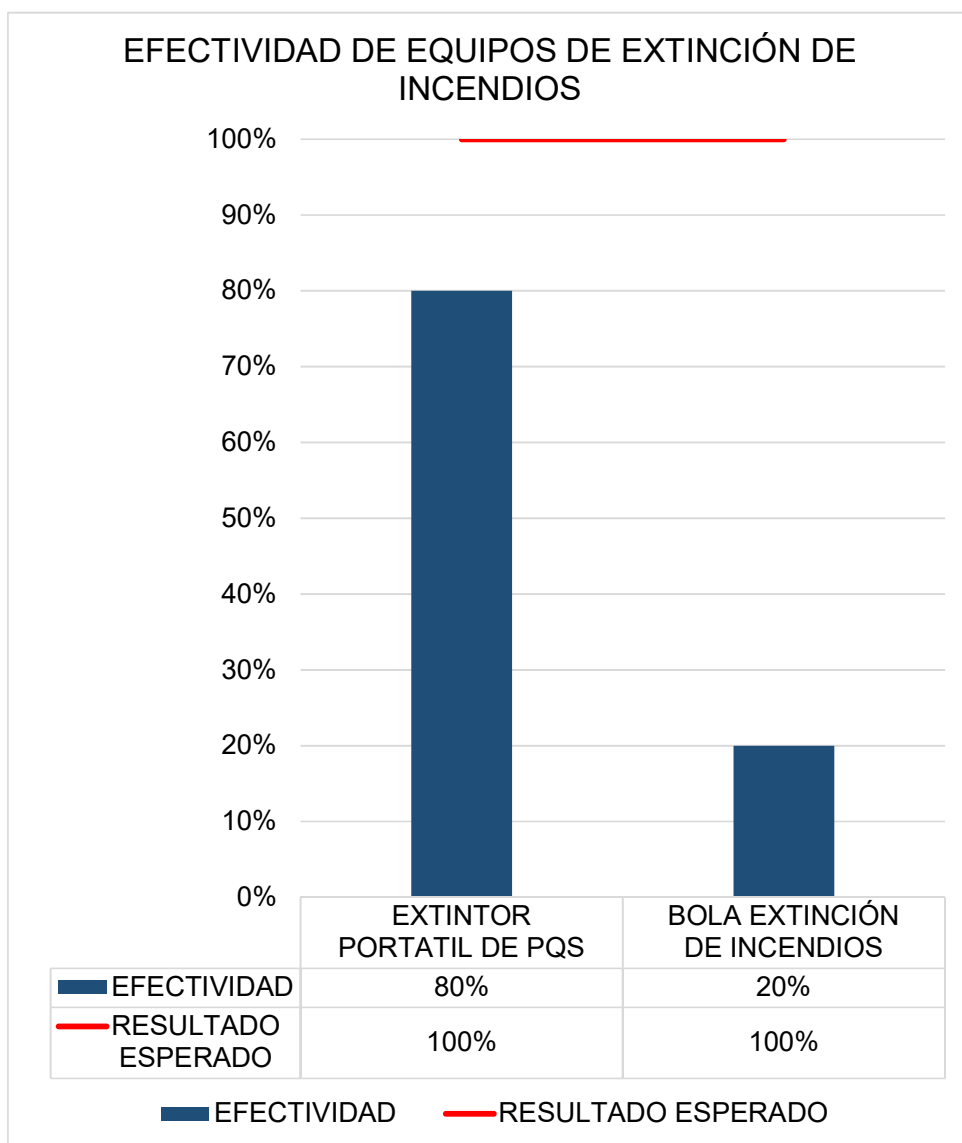


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: La Figura 58 muestra la diferencia de valores en eficacia y eficiencia entre el extintor portátil de PQS y la bola de extinción de incendios; se evidencia que el extintor portátil de PQS supera en ambos indicadores a la bola de extinción de incendios.

6.5.4 Efectividad de equipos de extinción de incendios.

Figura 59: Efectividad de equipos de extinción de incendio



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la Figura 59 podemos observar la efectividad obtenida por el extintor portátil de PQS y de la bola de extinción de incendios con 80% y 20% respectivamente, se evidencia que el extintor portátil tiene un porcentaje de efectividad más alto debido a que logro cumplir con los indicares establecidos en eficacia y eficiencia en la Prueba N° 2, siendo los más importantes la extinción del conato de incendio simulado y la no reactivación del mismo en un periodo de 15 y 30 minutos, la bola de extinción de

incendios no logro cumplir con su objetivo de apagar el conato de incendio motivo por el cual sus indicadores de eficacia, eficiencia y efectividad son muy bajos.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el extintor de PQS es un equipo moderadamente efectivo a comparación de la bola de extinción de incendios, que es un equipo inefectivo, con un resultado de efectividad de 80% y 20% respectivamente. Se concluyó que la efectividad del extintor de PQS supera en un 60% a la efectividad de la bola de extinción de incendios, a pesar de que la bola de extinción de incendios es un equipo nuevo e innovador, no cumple con sus objetivos de diseño frente a la lucha y prevención contra incendios.
2. Se estableció la eficacia para el extintor portátil de PQS donde se tuvo como resultado de la Prueba N°1 un valor de 7 y en la Prueba N° 2 un valor de 12, de un puntaje máximo de 13, demostrando que hubo una eficacia de 54% con una calificación de “Ineficaz” y 92% con una calificación de “Muy Eficaz” en la lucha y prevención contra incendios. Se tiene en consideración que la Prueba N° 2 logro una eficacia más alta con respecto a la Prueba N° 1 debido al cumplimiento con los indicadores más importantes como apagar el castillo de madera y la no reactivación del mismo en un periodo de 15 y 30 minutos después de terminada la descarga del extintor.
3. Se estableció la eficiencia del extintor portátil de PQS donde se usó como referencia la prueba N° 2, con un resultado esperado de eficacia de 13 puntos, costo esperado de 18 puntos y tiempo esperado de 10 puntos, a partir de las pruebas y del llenado de listas de verificación se alcanzó un resultado de 12, 9 y 5 puntos respectivamente; por lo tanto,

la eficiencia del extintor portátil de PQS fue del 92% con una calificación de “Moderadamente Eficiente” en la lucha y prevención contra incendios.

4. Se estableció la eficacia para la bola de extinción de incendios que obtuvo en la Prueba N°3 y la Prueba N° 4 un resultado alcanzado de 5 puntos, de un puntaje esperado de 13, por lo tanto, la eficacia de la bola de extinción de incendios es de 38% con una calificación de “Ineficaz” en la lucha y prevención contra incendios.
5. Se estableció la eficiencia de la bola de extinción de incendio, utilizando como referencia la Prueba N° 3, con un resultado esperado de eficacia de 13 puntos, costo esperado de 18 puntos y tiempo esperado de 10 puntos, a partir de las pruebas y del llenado de listas de verificación se alcanzó un resultado de 5, 13 y 4 puntos respectivamente; por lo tanto, la eficiencia del extintor portátil de PQS fue del 21% con una calificación de “Ineficiente” en la lucha y prevención contra incendios.
6. Se estableció la efectividad del extintor portátil de PQS con un resultado de 80%, teniendo una calificación de “Moderadamente Efectivo” y la efectividad de la bola de extinción de incendio es del 20% con una calificación de “Inefectivo”. No se encuentra relación entre los dos equipos de extinción contra incendios debido a la diferencia de resultados obtenidos en eficacia, eficiencia y efectividad.

RECOMENDACIONES

- No se recomienda la implementación de la bola de extinción de incendios debido a que no cumple con su objetivo de diseño, que es la extinción de conatos de incendio con respecto a fuegos de clase A.
- Es posible que la bola de extinción de incendios tenga mejor efectividad en fuegos clase B o C, por tal motivo se recomienda la investigación en diferentes clases de fuego para poder determinar si se puede implementar en materia de prevención y lucha contra incendios.
- Se recomienda la verificación constante y determinación de efectividad de equipos de extinción de incendios tradicionales frente a equipos nuevos e innovadores que se ofertan en el mercado.
- Se recomienda el estudio de la certificación de los equipos de extinción de incendios, con el fin de corroborar si los polvos químicos secos cumplen con sus características mínimas de comercialización.

ANEXOS

ANEXO 1: Lista de Verificación de Eficacia

N°	Lista de Verificación de Eficacia	Si	No
1	Logro apagar el fuego.		
2	Se registró brasas de incendio después de la extinción del fuego.		
3	Se volvió a encender el fuego después de 15 min que se descargó completamente el agente extintor.		
4	El equipo extintor es de activación automática.		
5	Se volvió a encender el fuego después de 30 min que se descargó completamente el agente extintor.		
6	Peso de equipo en Kg.		
7	Maniobrabilidad del equipo.		
8	Área abarcada con la utilización.		
9	Peso de agente extintor.		
10	Agente extintor polivalente.		
11	Porcentaje de agente extintor polivalente.		

ANEXO 2: Lista de Verificación de Eficiencia

N°	LISTA DE VERIFICACIÓN DE EFICIENCIA		RESPUESTA
1	Tiempo	Tiempo para accionar el equipo de extinción de incendio.	
2		Tiempo de extinción de incendio.	
3		Tiempo de exposición para extinción de incendio.	
4	Costo	Número de mantenimiento en 5 años.	
5		Costo de instalación.	
6		Costo de adquisición.	
7		Costo de mantenimiento por 5 años.	
8		Costo de capacitación.	

ANEXO 3: Lista de Verificación de Efectividad

LISTA DE VERIFICACIÓN DE EFECTIVIDAD	Respuesta	Valor
Eficacia del extintor portátil de PQS		
Eficacia de la bola de extinción de incendios		
Eficiencia del extintor portátil de PQS		
Eficiencia de la bola de extinción de incendios		

ANEXO 4: Patente Bola de extinción de incendios

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
11 December 2008 (11.12.2008)

(10) International Publication Number
WO 2008/150265 A1

(51) International Patent Classification:
A62C 28/02 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2007/013509

(22) International Filing Date: 11 June 2007 (11.06.2007)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Date: 25 May 2007 (25.05.2007) US
11,802,793

(71) Applicant (for all designated States except US): SHELL
L.L.P., Bushyfield (US/TH), 19075 Red California Estates,
Burgess Hill Rd., Norg, Mt. Dune, Mustang, Chertwin,
20800 (TH)

(72) Inventor: KAJIMARY, Phanawattan (TH/TH), 109-9
M-1 Kasornrakon, A, Banglamung, Chonburi, 20150 (TH)

(74) Agent: MURTAGH, John, P., Poirer & Gordon LLP,
180 East 9th Street, Suite 1200, Cleveland, OH 44114,
5188 (US)

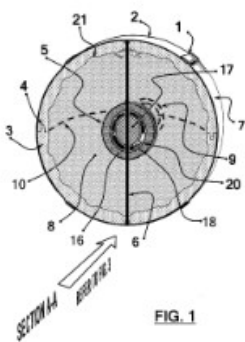
(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AI, AM,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG,
PH, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SN, SY,
TD, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW

(86) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SE, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

[Continued on next page]

(54) Title: FIRE EXTINGUISHING BALL 2

WO 2008/150265 A1



(57) Abstract: A fire extinguishing device of the explosive type is disclosed for use in interior or localized exterior configurations, wherein the force of detonation is minimized through the use of low-density, low-mass components. The present invention is an improvement of U.S. Patent 6,796,382 by the same inventor, wherein the pyrotechnic detonator is advanced upon to attenuate the sound of the previous invention, and improve upon the axial-directional dispersal of the fire-retardant agent. The exterior ball is composed of a lightweight casing of rigid plastic foam or other suitable lightweight material, with an abrasion-resistant, thin plastic, protective, exterior sheathing. Within the internal cavity of the device, the above-mentioned low-yield pyrotechnic detonator is located inside and is actuated by time cords secured at or near the exterior surface. The interior volume of the hollow casing is charged with fire-retardant chemical agents.

WO 2008/150265 A1



Declarations under Rule 4.17:
 — as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(a))
 — with international search report (Rule 4.17(b))
 — of inventorship (Rule 4.17(c))

ANEXO 5: Boleta de adquisición de bola de extinción de incendio

ARGOS DISTRIBUCION Y PROYECTOS S.A.C. AV. BOLIVIA 180 CERCADO DE LIMA SEGUNDO NIVEL, TIENDA 229 CC WILSON PLAZA LIMA - LIMA - LIMA				BOLETA DE VENTA ELECTRONICA. RUC: 20602956793 EBD1-88		
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 02/07/2020 Señor(es) : JONATHAN EDWIN COLLADO MUÑOZ DNI : 72156130 Tipo de Moneda : SOLES Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Código	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)
2.00	UNIDAD	AFOFB00	ESFERA CONTRA INCENDIO AFO FIRE BALL	118.644	0.00	280.00
				Op. Gravada :		S/ 237.29
(*) Sin impuestos.				Op. Exonerada :		S/ 0.00
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.				Op. Inafecta :		S/ 0.00
				ISC :		S/ 0.00
				IGV :		S/ 42.71
SON: DOSCIENTOS OCHENTA Y 00/100 SOLES				Otros Cargos :		S/ 0.00
				Otros Tributos :		S/ 0.00
				Importe Total :		S/ 280.00
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.						

BIBLIOGRAFIA

- [1] N. N. Brushlinsky, M. Ahrens, S. V. Sokolov y P. Wagner, «World Fire Statistics,» *CTIF*, nº 23, pp. 2-58, 2018.
- [2] Intendencia Nacional de Bomberos del Perú, «Emergencias INDECI visculadas al servicio público de bomberos - Periodo del 2003 al 2019,» Intendencia nacional de Bomberos del Perú, Lima, 2020.
- [3] Organismo Oficial del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú, «Prevención de incendios en la empresa ¿Invertir o Gastar?,» *Revista de Bomberos Voluntarios del Perú*, vol. Onceavo, nº 39, pp. 36-37, 2006.
- [4] M. Casals, N. Forcada y X. Roca, Diseño de complejos industriales. Fundamentos, Barcelona: Edicions UPC, 2008.
- [5] R. Bayon, La protección contra incendios en la construcción, Barcelona: editores técnicos asociados, 1978.
- [6] Normas Europeas, Norma UNE-EN-2: Clasificación de los Fuegos, Tercera ed., Madrid: AENOR, 2008.
- [7] R. Perry, Chemical Engineers Handbook, Sexta ed., New York: Mc. Graw Hill Book Company, 1984.
- [8] F. Menéndez, F. Fernández, F. Llameza, I. Vázquez, J. Rodríguez y M. Espeso, Formación Superior en la Prevención de Riesgos Laborales, Valladolid: Lex Nova, 2008.
- [9] J. Boulandier, F. Esparza, J. Garayoa, C. Orta y P. Anitua, Manual de Extinción de Incendios, Pamplona: Bomberos de Navarra Nafarroko Suhiltzaileak, 2001.

- [10] Peru.Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, NTP 350.021:Clasificación de los Fuegos y su Representación Gráfica, Tercera ed., Lima: Diario Oficial El Peruano, 2012.
- [11] R. Martinez, Manual Contra el Fuego, Segunda ed., Madrid: Editorial Tragsa, 2011.
- [12] G. Aguilera, Manual de Combate y Prevención de Incendios Básico, Madrid: Editorial Revista, 2013.
- [13] NFPA, Manual de Protección Contra Incendios, Madrid: Editorial MAPFRE, 2012.
- [14] Peru. Comisión de Normalizacion y Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, NTP 350.021: Clasificación de los Fuegos y su Representación Gráfica, Tercera ed., Lima: Diario Oficial El Peruano, 2012.
- [15] J. Neira, Instalaciones de Proteccion contra incendios, Madrid: Editorial Fundación Confemetal, 2008.
- [16] S. Albornoz, J. Chereau y S. Araya, Guía de Autoinstruccion N°1: El Fuego y los Incendios, Santiago: Academia Nacional de Bomberos de Chile, 2016.
- [17] P. Hitado, Teoría del Fuego, Guadalajara: Griker Ormeger, 2015.
- [18] demsa, Seguridad Contra Incendios, Cuarta ed., Buenos Aires: demsa, 2017.
- [19] Perú.Comisión de Reglamentos Técnicos y Comeciales, NTP 350.026: Extintores Portátiles Manuales de Polvo Químico Seco, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2007.
- [20] N. A. Botta, Cálculo de la Necesidad de Extintores Portátiles, Primera ed., Rosario: Red Proteger, 2010.
- [21] P. Kaimart, «Fire Extinguishing Ball 2». California Estates Patente US Patent 6,796,382, 25 Mayo 2007.
- [22] C. Mejía Cañas , «Indicadores de Efectividad y Eficacia,» *Planning Consultores Gerenciales*, nº 9810, pp. 1-4.
- [23] J. Montero Vega, C. Diaz Rangel, F. Guevara Trujillo, A. Cepeda Rugeles y J. Barrera Herrera, «Modelo para Medición de Eficiencia Real en Producción y Administración Integrada de Información en Planta de Beneficio,» *Cenpalma*, vol. I, nº 13, p. 16, 2013.
- [24] J. Graña, J. Catala, A. Escrig y M. Molina, «Eficacia y Usos del Nuevo Sistema de Prevención y Extinción de Incendios,» *Simposio Nacional Sobre Incendios*, pp. 1-22, 2016.

- [25] D. Caballero, «Comparativa de los Sistemas Fijos de Extinción de Incendios por Rociadores en Buques y en Fábricas,» Facultad Nautica de Barcelona, Barcelona, 2011.
- [26] V. Araña Pulido, F. Cabrera Almeida, J. Perez Mato, F. Grillo Delgado, P. Dorta Naranjo, P. Quitana Morales, E. Jiménez Yguácel, I. Pérez Alvarez y A. Mendieta Otero, «Desarrollo de Nuevas Técnicas para Detección y Seguimiento de Líneas de Fuego en Incendios Forestales Basado en sensores Térmicos Móviles de Despliegue Rápido,» *Proyectos de Investigación de Parques Nacionales*, pp. 339-358, 2017.
- [27] C. Martí Gómez y N. Manbrilla Herrero, «La Seguridad Contra Incendios y la Arquitectura,» *Tectónica*, nº 41, pp. 4-19, 2013.
- [28] C.-H. SU, C.-C. CHEN, H.-J. LIAW y S.-C. Wang, «The assessment of fire suppression capability for the ammonium dihydrogen phosphate dry powder of commercial fire extinguishers,» *Procedia Engineering*, nº 84, pp. 485-490, 2014.
- [29] Z. Guomin, X. Guangji, J. Shuang, Z. Qingsong y L. Zhongxian, «Fire-Extinguishing Efficiency of Superfine Powders under Different Injection Pressures,» *International Journal of Chemical Engineering*, vol. 2019, p. 7 pages, 2019.
- [30] H. Li, X. She, X. Guo, S. Li, H. Zhang, C. Zhang, M. Hua y X. Pan, «High efficiency of the $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4/\text{Mg}(\text{OH})_2$ composite for guaranteeing safety of wood production,» *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 69, nº 104364, 2021.
- [31] S. Mihajlović, N. Đorđević, M. Jovanović, M. Vlahović, L. Savić, A. Patarić y M. Blagojević, «Optimization of the active component grinding process and hydrophobization of the obtained powder fire extinguisher,» *Hemijska industrija*, vol. 75, nº 2, pp. 65-75, 2021.
- [32] N. Kusumanindyah, L. Brissonneau, T. Gilardi, C. Gatumel y H. Berthiaux, «The role of powder physicochemical properties on the extinction performance of an extinguishing powder for sodium fires,» *Nuclear Engineering and Design*, vol. 346, pp. 24-34, 2019.
- [33] J. Haoran, J. Yong y F. Rujia, «Extinguishing capability of novel ultra-fine dry chemical agents loaded with iron hydroxide oxide,» *Fire Safety Journal*, vol. 130, p. 103578, 2022.
- [34] E. Cabrera y A. Alamó, «Sistemas contra incendios para industria petrolera Parte3. Modelo detallado de red,» *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 36, nº 3, pp. 33-47, 2015.
- [35] F. Murrieta, «Estudio sobre el Cumplimiento de las Normas de Prevención de Incendios en las PYMES en la Ciudad de Guayaquil,» Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Guayaquil, 2015.

- [36] J. Bonilla, V. García y A. Manzur, «Diseño de un Sistema Contra Incendio, Climatización y Seguridad,» *Revista Tecnológica - RTE*, 2009.
- [37] D. Becerra Aguilera, «DISEÑO DE UN MODELO EN LA GESTIÓN DE EMERGENCIAS AEROPORTUARIAS. SERVICIO DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS (SEI) COLOMBIA,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2014.
- [38] O. Páez Ponguillo, «Diseño, Contrucción e Implementación del Sistema de Extinción Contra Incendios de la Nueva Planta Imptek-Chova del Ecuador S.A. Bajo Normativa NFPA,» Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolqui, 2015.
- [39] F. Anchundia, A. Nieto y E. Ocoña, «Diseño de un Sistema de Protección Contra Incendio de una Planta Envasadora de Gas Licuado de Petróleo,» Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2012.
- [40] V. Ayala y C. Loachamin, «Diseño y Contrucción de una Máquina Semiautomática Portátil para Recargar Extintores de PQS (Polvo Quimico Seco) desde 1Kg hasta 45Kg.,» Repositorio Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Quito, 2018.
- [41] L. Morales, «Análisis del comportamiento de compra de extinrores PQS en los hogares del centro de Guayaquil,» Univesidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2017.
- [42] J. Navia Ortiz, «Comparación técnica en redes de protección contra incendio por medio de sistema convencional de rociadores y sistema de agua nebulizada,» Univerisidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2018.
- [43] J. F. Sunta Gordillo, «Simulación de un sistema contra incendios (CFAST),utilizando una solución ignifuga inorgánica diluida, en el área de producción de pasteurizado El Ranchito,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [44] D. S. Pozo Álvarez, «Eficacia de ignífugos inorgánicos (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en la velocidad de combustion de calamagrostis intermedia de páramos de Ecuador,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [45] J. Enrique Astete y R. Orlando Cárcamo, «Estudio comparativo de evaluación de riesgo de incendio aplicado a un edificio habitacional,» *ORP journal*, nº 3, pp. 5-28, 2015.
- [46] M. Velasco Pasapera, J. Moscol Seminario, L. Celi Zapata y S. Cornejo Medina, «Análisis de la Cultura Preventiva Frente a los Incendios Urbanos en los Comerciantes del Mercado ANEXO I de Piura,» *Sapientía*, vol. 12, nº 24, pp. 36-45, 2020.
- [47] E. D. Cruz García, «Diseño de un sistema de detección, alarma y extinción de incendios para optimizar la proteccion de equipamiento dentro de la sala electrica - planta cal - Yanacocha - 2019,» Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2020.

- [48] R. Rios Pacheco, «DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO INÁLAMBRICO PARA DETECCIÓN Y ALARMA CONTRA INCENDIO UTILIANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2009.
- [49] J. Ocoña Lactahuaman, «Evaluación de funcionalidad de redes de agua contra incendio con tubería HDPE en reemplazo de tubería Cedula 40 con Revit Mep Mercado de Chancay, 2019,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020.