

PIROTECNIA DIGITAL



**Integrar, un Proceso de Transición en la Pirotecnia Tradicional de la Empresa
Arcoíris Show, a la Digitalización de Fuegos Artificiales, a Través de la Implementación de
Tecnologías Emergentes.**

Estudiantes:

Brayan German Rojas Pinilla

Julián Fernando Espitia Casallas

Docente Investigador

José Indalecio Rodríguez Cuncanchún

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Facultad Ciencias Empresariales

Programa Académico, Administración de Empresas

2024

PIROTECNIA DIGITAL

Dedicatoria

Dedicado a mi padre, Carlos Alberto Espitia, cuya dedicación y pasión por la química pirotécnica han sido una fuente de inspiración constante en mi vida. Durante cuatro décadas, su habilidad y conocimiento en la pirotecnia tradicional no solo han iluminado el cielo en ferias y fiestas por todo el territorio nacional, sino también han encendido en mí el deseo de seguir sus pasos. A través de su trabajo, mi padre ha demostrado que la verdadera maestría no solo reside en el dominio de una técnica, sino en la capacidad de transformar cada espectáculo en una experiencia inolvidable para quienes lo presencian.

En su carrera, mi padre ha enfrentado muchos desafíos, internos y externos, comunes a la mayoría de los emprendedores en nuestro país, sin embargo, su resiliencia y determinación le han permitido superar cada obstáculo, siempre con una sonrisa y una chispa de optimismo.

Su trayectoria es un testimonio de la importancia de la perseverancia y el amor por lo que uno hace. Gracias a él, he aprendido que el éxito no se mide solo en logros tangibles, sino en la capacidad de mantenerse firme ante las adversidades y seguir adelante con el mismo entusiasmo del primer día. Este trabajo es un reflejo de su legado y un tributo a su incansable espíritu emprendedor.

PIROTECNIA DIGITAL

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo y la contribución de numerosas personas e instituciones. Primero, expreso mi profundo agradecimiento a aquellas instituciones que otorgaron el financiamiento necesario para realizar este proyecto. Su respaldo económico ha sido fundamental para llevar a cabo esta inversión.

Agradezco sinceramente a mis tutores, quienes con su guía y asesoramiento han orientado cada paso de este trabajo. Su experiencia y conocimientos han sido invaluable, brindándome las herramientas necesarias para superar los desafíos encontrados en el camino. Asimismo, quiero extender mi gratitud a los investigadores que compartieron generosamente su información y hallazgos relevantes, enriqueciendo así la base teórica y práctica.

No puedo dejar de mencionar a los editores y correctores, cuyo trabajo meticuloso y detallado ha garantizado la claridad y coherencia de este documento. Su esfuerzo ha sido crucial para presentar un trabajo de calidad. También, agradezco a los amigos cercanos y familiares por su constante apoyo emocional y motivacional. Sus palabras de aliento y comprensión durante los momentos difíciles han sido una fuente de fortaleza y ánimo.

PIROTECNIA DIGITAL

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	10
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN.....	16
JUSTIFICACIÓN.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
PREGUNTA PROBLEMA	21
HIPÓTESIS.....	22
• VARIABLES INDEPENDIENTES:	22
• VARIABLES DEPENDIENTES:.....	22
• CONTEXTUALIZACIÓN Y APLICABILIDAD:.....	22
OBJETIVOS	23
OBJETIVO GENERAL.....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1. MARCO TEÓRICO.....	24

PIROTECNIA DIGITAL

1.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PIROTECNIA DIGITAL	24
• 1.1.1 Comparación entre pirotecnia digital y pirotecnia tradicional	24
• 1.1.2 Historia y evolución	25
• 1.1.3 Sistemas de disparo electrónico	27
• 1.1.4 Software de diseño y programación	28
• 1.1.4 Sincronización con música y efectos Visuales	28
• 1.1.5 Control remoto y automatización.....	28
1.2 TECNOLOGÍAS EMERGENTES UTILIZADAS EN LA PIROTECNIA DIGITAL	29
• 1.2.1. Drones.....	29
• 1.2.2 Software de sincronización	31
• 1.2.3 Tecnología LED	33
• 1.2.4 Tecnología láser.....	35
1.3 SEGURIDAD Y PREVENCIÓN	36
1.3.1 Beneficios de la digitalización para la seguridad de operarios y espectadores	37
1.3.2 Seguridad de los dispositivos electrónicos	38
1.3.3 Gestión de riesgos	38
1.3.4 Riesgos asociados a la pirotecnia tradicional.....	38
1.4 IMPACTO AMBIENTAL DE LA PIROTECNIA	40
1.4.1 Materiales ecológicos en la pirotecnia digital	41
1.4.2 Sostenibilidad Ambiental	41
1.4.3 Reducción de emisiones y residuos.....	42
1.4.4 PROTECCIÓN AMBIENTAL	42
1.4.5 Problemas ambientales asociados a la pirotecnia tradicional.....	43

PIROTECNIA DIGITAL

1.4.6 Estudios de casos de empresas que han reducido su huella ecológica mediante la digitalización	44
1.5 IMPACTO SOCIAL Y CULTURAL DE LA PIROTECNIA DIGITAL	44
1.5.1 Percepción.....	44
1.5.2 El propósito	45
1.5.3 Incorporación.....	45
1.5.4 Posibles resistencias al cambio y estrategias para la aceptación social de la pirotecnia digital	46
1.5.5 Aceptación social de la pirotecnia digital	46
1.5.6 Percepción pública y resistencia	47
1.5.7 Estrategias para fomentar la aceptación social	47
1.5.8 Influencias culturales de la pirotecnia digital	48
1.5.8 Sincronización con eventos culturales y festivales	48
1.5.9 Mejora de la experiencia del espectador.....	48
1.6 COMPETITIVIDAD Y MODERNIZACIÓN EN LA INDUSTRIA PIROTÉCNICA	49
1.6.1 Estudio de casos y datos estadísticos	49
1.6.2 competitividad en el mercado	50
1.6.3 Ventajas competitivas de adoptar tecnologías digitales.....	50
1.6.4 Estrategias de marketing	51
1.6.5 Estudio de casos	52
1.6.6 Análisis de casos de estudio de empresas.....	52
1.7 EFICIENCIA OPERATIVA Y ECONÓMICA	53
1.7.1 Costos operativos	54
1.7.2 Ejemplos de innovación en materiales	54

PIROTECNIA DIGITAL

1.7.3 Beneficios obtenidos	54
1.7.4 Desafíos enfrentados	55
1.7.5 Beneficios obtenidos	55
1.7.6 Precisión.....	56
1.8 EXPERIENCIA DEL CLIENTE	56
1.8.1 Medición de la satisfacción del cliente y fidelización a través de innovaciones tecnológicas	57
1.9 MARCO REGULATORIO Y LEGAL	58
1.9.1 Normativas y estándares de seguridad aplicables a la pirotecnia digital	58
1.9.2 Legislación y normativas en pirotecnia digital	59
1.9.3 Normativas de seguridad y medio ambiente aplicables.....	59
1.9.4 Conclusión.....	60
2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	61
2.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
2.2 MÉTODOS CUALITATIVOS	61
2.3 MÉTODOS CUANTITATIVOS	61
2.4 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS	62
2.5 IMPACTO ESPERADO.....	62
2.6 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	62
2.7 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	63
• 2.7.1 Datos cuantitativos	63
2.7.2 Datos cualitativos.....	64
2.7.1 Análisis de datos secundarios.....	65

PIROTECNIA DIGITAL

2.8 ENCUESTA SOBRE LA TRANSICIÓN DE LA PIROTECNIA ARTESANAL A LA DIGITAL	66
2.9 ENTREVISTA EN PROFUNDIDAD.....	75
3 ANÁLISIS DE DATOS	79
3.1 ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	79
3.1.1 Estadística descriptiva, frecuencias y porcentajes	79
3.1.2 Medias y Desviaciones Estándar	79
3.1.2 Análisis Inferencial.....	80
• Pruebas <i>t</i> y ANOVA.....	80
• Correlaciones.....	80
3.2 ANÁLISIS CUALITATIVO	81
• Patrones y Categorías.....	82
3.3 TRIANGULACIÓN DE DATOS.....	83
3.3.1 Integración de Resultados Cuantitativos y Cualitativos.....	83
3.3.2 Implementación de Mejora	84
3.4 DISEÑO DE PROGRAMAS ESPECÍFICOS	88
3.5 METODOLOGÍA DE CAPACITACIÓN	88
3.6 APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING Y SIX SIGMA.....	88
3.7 Medición de Indicadores de Desempeño	88
3.8 RECOLECCIÓN DE RETROALIMENTACIÓN.....	89
3.9 INNOVACIÓN CONTINUA	89
3.10 COMUNICACIÓN EFECTIVA	89

PIROTECNIA DIGITAL

CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	93

PIROTECNIA DIGITAL

Lista de figuras

Figura 1 <i>Línea del tiempo de la pólvora</i>	26
Figura 2 <i>Sistemas de disparo por control remoto</i>	27
Figura 3 <i>El uso de drones como avisos informativos</i>	30
Figura 4 <i>Consola de fuegos artificiales y pirotecnia fría de 24 canales</i>	31
Figura 5 <i>Demostración del software, rotación de posiciones</i>	33
Figura 6 <i>Mujeres luciendo trajes led dance</i>	34
Figura 7 <i>Show de Laserman</i>	36
Figura 8 <i>Explosión polvorería el vaquero en Soacha</i>	40
Figura 9 <i>Show de drones en Uruguay</i>	49
Figura 10 <i>Genero de las personas</i>	66
Figura 11 <i>Edad de las personas encuestadas</i>	67
Figura 12 <i>Peligros de la pirotecnia</i>	67
Figura 13 <i>Lo mejor de un evento pirotécnico tradicional</i>	68
Figura 14 <i>Tecnologías emergentes</i>	68
Figura 15 <i>Tecnologías aplicables</i>	69
Figura 16 <i>Valoración en escala de 1 a 5</i>	69
Figura 17 <i>El uso de tecnología reduce el impacto ambiental</i>	70
Figura 18 <i>En escala de valoración</i>	70
Figura 19 <i>Seguridad de la pirotecnia</i>	71

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 20 <i>La digitalización reduciría los riesgos laborales</i>	71
Figura 21 <i>En una escala Valorativa</i>	72
Figura 22 <i>Beneficios de la pirotecnia digital</i>	72
Figura 23 <i>Principales desafíos</i>	73
Figura 24 <i>Recomendaciones haría para facilitar la transición</i>	73
Figura 25 <i>En qué medida recomendaría a Arco Iris Show</i>	74
Figura 26 <i>Entrevista en profundidad con Carlos Alberto Espitia, químico pirotécnico dueño y gerente de Arco Iris Show</i>	78

PIROTECNIA DIGITAL

Resumen

La pirotecnia en Colombia ha estado por años animando eventos de gran y mediana magnitud en nuestro país, ha estado presente en diversas actividades culturales y empresariales a través de los años, no obstante, en tanto tiempo ha tenido pocos cambios en sus procesos tanto de ejecución como de producción teniendo en cuenta que la elaboración y quema de estos artefactos aun es muy manual, en el caso puntual de la empresa *Arco Iris Show*, los procesos son ornamentales.

La propuesta de investigación está centrada en que la empresa *Arco iris Show* adopte el uso de tecnologías innovadoras en sus procesos de espectáculos pirotécnicos, logrando así cubrir con las necesidades tecnológicas, ecológicas y sociales que demanda el mercado actual, el público que disfruta de estos eventos espera que el humo, las explosiones, el riesgo de quemaduras y la contaminación sean asuntos del pasado. Dentro de los beneficios de la digitalización, tenemos Seguridad mejorada para los operarios y el público, mayor precisión y control en los espectáculos de fuegos artificiales, reducción del impacto ambiental mediante el uso de tecnologías más limpias.

Las tecnologías emergentes como los drones, la pirotecnia digital de proyección de luces en el espacio y superficies presentan una innovación para el desarrollo de espectáculos pirotécnicos por su mayor duración, versatilidad por el cambio instantáneo de figuras y colores y, además plantea mejoras importantes en temas de seguridad para todos los actores del proceso.

PIROTECNIA DIGITAL

La transición de la pirotecnia tradicional a procesos digitales debe acompañarse de capacitaciones para manejar tecnologías como software y hardware de drones o proyectores de luces, la empresa debe conocer las regulaciones y permisos requeridos legalmente para ejercer esta actividad en el espacio aéreo o superficies como edificios.

En conclusión, la incorporación de la pirotecnia digital a Arco Iris *Show* puede traer innovación, sostenibilidad y seguridad para todos los actores que intervienen en el proceso.

Palabras claves: Pirotecnia, tecnología, ecología, evento, luminoso.

PIROTECNIA DIGITAL

Abstract

Pyrotechnics in Colombia has been animating large and medium-sized events in our country for years, it has been present in various cultural and business activities over the years, however, in so long it has had few changes in its execution processes. as well as production, considering that the preparation and burning of these artifacts is still very manual, in the specific case of the Arco Iris Show company, the processes are ornamental.

The research proposal is focused on the Arco Iris Show company adopting the use of innovative technologies in its pyrotechnic show processes, thus managing to meet the technological, ecological and social needs demanded by the current market, the public that enjoys these events. expects smoke, explosions, risk of burns and pollution to be things of the past.

Among the benefits of digitalization, we have improved safety for operators and the public, greater precision and control in fireworks shows, reduction of environmental impact using cleaner technologies.

Emerging technologies such as drones, digital pyrotechnics for projecting lights in space and surfaces present an innovation for the development of pyrotechnic shows due to their longer duration, versatility due to the instantaneous change of figures and colors, and also pose important improvements in themes. security for all actors in the process.

The transition from traditional pyrotechnics to digital processes must be accompanied by training for the management of technologies such as software and hardware of drones or light

PIROTECNIA DIGITAL

projectors. The company must know the regulations and permits that are legally required to be able to carry out this activity in space, air or surfaces such as buildings.

In conclusion, the incorporation of digital pyrotechnics to Arco Iris Show can bring innovation, sustainability and safety for all the actors involved in the process.

Keywords: Pyrotechnics, technology, ecology, event, luminous

PIROTECNIA DIGITAL

Introducción

El propósito de este trabajo busca proporcionar un panorama claro acerca de cómo la innovación tecnológica, mediante la integración de la pirotecnia digital, puede mejorar aspectos ecológicos, tecnológicos y sociales en la industria de la pirotecnia. La digitalización en este ámbito representa una revolución que podría posicionar a la empresa *Arco Iris Show* como un referente en el mercado de los espectáculos pirotécnicos, satisfaciendo las demandas actuales en cuanto a contaminación, seguridad y modernización de procesos.

El impacto e innovación que plantea la pirotecnia digital, a través del uso de software avanzado y sistemas de disparo electrónico, permite coordinar de manera precisa y segura las explosiones, minimizando los riesgos de accidentes y mejorando la experiencia visual y sonora del público. Además, el uso de materiales más ecológicos y tecnologías que reducen la emisión de humo y residuos contribuyen significativamente a la sostenibilidad ambiental. Este enfoque no solo mejora la seguridad y la precisión en la coordinación de los espectáculos, sino que también promueve prácticas más responsables y sostenibles.

Ambientalmente en la actualidad el desarrollo de la pirotecnia tradicional tanto en su proceso de producción como en su ejecución de espectáculos pirotécnicos, genera residuos como papel, fragmentos de plásticos, gases producto de la combustión y las explosiones, además de contaminación auditiva, la integración digital eliminaría totalmente esta contaminación por la no emisión de gases, explosiones y residuos.

PIROTECNIA DIGITAL

En la actualidad existen alrededor del mundo empresas que implementan la tecnología en los procesos de ejecución de eventos pirotécnicos, “*LUMASKY* es una empresa de Emiratos Árabes Unidos que se dedica a la pirotecnia con drones demostrando así, que la integración de la tecnología en eventos pirotécnicos es viable, sostenible, rentable y agradable para el público” (Lumasky, <https://lumasky.show/es/>).

PIROTECNIA DIGITAL

Justificación

La adopción de nuevas tecnologías emergentes, como la pirotecnia digital, es vital para que empresas de fuegos artificiales como Arco Iris *Show* puedan abandonar los procesos tradicionales y mantenerse competitivas en el mercado actual. Estas tecnologías ofrecen múltiples beneficios en términos de seguridad, precisión, impacto ambiental, competitividad, eficiencia operativa y experiencia del cliente.

La mejora de la seguridad es una consecuencia positiva de la implementación de tecnología avanzada por que reduce totalmente los riesgos para operarios y espectadores. La automatización y el control remoto de los sistemas de disparo remotos mejoran la seguridad en todas las fases del espectáculo, minimizando accidentes y lesiones.

La pirotecnia digital permite una mayor exactitud en la ejecución de los fuegos artificiales, logrando sincronizaciones perfectas y efectos más espectaculares. El uso de software avanzado y sistemas de disparo electrónico permite coordinar explosiones con música y otros efectos visuales, ofreciendo al público experiencias únicas y memorables.

Las tecnologías más limpias y sostenibles disminuyen la contaminación y los ruidos asociados a la pirotecnia tradicional. La pirotecnia digital utiliza materiales menos contaminantes y tecnologías que reducen la emisión de humo y residuos, promoviendo una industria más sostenible y responsable con el entorno.

PIROTECNIA DIGITAL

Adaptarse a las tendencias tecnológicas globales posiciona a Arco Iris *Show* como un líder innovador en la industria pirotécnica. La modernización de sus procesos les permitirá destacarse frente a la competencia y atraer nuevos clientes, demostrando un compromiso con la innovación y la calidad. La optimización de recursos y procesos mediante la digitalización reduce costos y mejora la eficiencia general de las operaciones pirotécnicas. Esto permite una gestión más efectiva y rentable de los espectáculos, al reducir el tiempo y los recursos necesarios para la preparación y ejecución de los eventos.

PIROTECNIA DIGITAL

Planteamiento del problema

La empresa Arco Iris *Show* sigue dependiendo de métodos tradicionales en sus espectáculos pirotécnicos, lo cual presenta varios riesgos y limitaciones en términos de seguridad, precisión e impacto ambiental.

Los métodos tradicionales implican el uso de explosivos que generan gases nocivos y residuos, presentando riesgos de accidentes y quemaduras para operarios y espectadores. Además, la falta de precisión puede resultar en espectáculos de menor calidad y fallos.

Los incidentes de seguridad y la ineficiencia operativa afectan la reputación de la empresa y pueden llevar a la insatisfacción del cliente y pérdida de negocio.

La presión del mercado y las crecientes expectativas de los clientes en cuanto a seguridad y sostenibilidad demandan la adopción de tecnologías emergentes como la pirotecnia digital.

El objeto de esta tecnología es eliminar explosiones y gases, reduciendo significativamente los riesgos y la contaminación, al usar este tipo de artefactos se eliminarían los riesgos de seguridad que suponen un espectáculo pirotécnico como posibles quemaduras o daños auditivos a causa de que material combustión y explosivo, además se mejora la precisión y se reduce el impacto ambiental, ofreciendo espectáculos más seguros y amigables con el medio ambiente.

Los desafíos que se anticipadamente se presentan la para la implementación de la pirotecnia digital a la empresa Arco Iris *Show* pueden ser principalmente el costo de los drones o consolas laser de proyección, el costo de estos, el tradicionalismo por parte de los consumidores de estos

PIROTECNIA DIGITAL

eventos, la capacitación para el manejo de software y hardware y las normas legales que regulan esta actividad.

Los beneficios esperados son mejoras en seguridad como: personas quemadas, afectaciones auditivas y contaminación por residuos serian cosa del pasado además se mejora la precisión y calidad de los espectáculos, reducción del impacto ambiental y cumplimiento de normativas. Esto posicionará a Arco Iris *Show* como un líder innovador en la industria.

La importancia de esta investigación contribuirá al conocimiento en la industria de la pirotecnia y puede establecer un modelo replicable de transición tecnológica, promoviendo prácticas más seguras y sostenibles.

Pregunta Problema

¿Cómo puede la empresa Arco Iris *Show* incorporar la innovación en la industria de los fuegos artificiales en Colombia, integrando la pirotecnia digital a sus procesos de espectáculos pirotécnicos para generar un impacto ambiental, social y tecnológico, y crear eficiencia en seguridad, sostenibilidad y ejecución de sus operaciones?

PIROTECNIA DIGITAL

Hipótesis

La integración de tecnologías emergentes, como drones y software de control, en la pirotecnia tradicional de *Arcoíris Show* mejorará significativamente la seguridad de los operarios y espectadores, aumentará la precisión en la sincronización de los efectos pirotécnicos y reducirá el impacto ambiental de los espectáculos.

- ✚ **Variables independientes:** Implementación de tecnologías digitales (drones, software de control pirotécnico), capacitación del personal.
- ✚ **Variables dependientes:** Seguridad (medida por la reducción de accidentes y riesgos), precisión (medida por la sincronización y control en la ejecución de los espectáculos), impacto ambiental (medido por la reducción de residuos y emisiones contaminantes).
- ✚ **Contextualización y Aplicabilidad:** Asegúrate de que la hipótesis sea aplicable en el contexto específico de *Arcoíris Show*, teniendo en cuenta las condiciones actuales del mercado y la disponibilidad de tecnologías. Ejemplo: "Considerando el contexto de la empresa *Arcoíris Show* y las tendencias actuales en la industria pirotécnica, la adopción de tecnologías emergentes no solo es viable sino necesaria para mantener la competitividad y responder a las demandas de un mercado cada vez más preocupado por la seguridad y la sostenibilidad."

PIROTECNIA DIGITAL

Objetivos

Objetivo general

Implementar un espectáculo pirotécnico innovador y sostenible en *Arco Iris Show*, integrando tecnologías emergentes como la pirotecnia digital, para mejorar la seguridad, minimizar el impacto ambiental y ofrecer una experiencia visual y sonora excepcional para el público.

Objetivos específicos

- Incorporar de manera efectiva soluciones tecnológicas avanzadas que promuevan la eco-sostenibilidad social en cada etapa de los procesos de ejecución de los espectáculos pirotécnicos.
- Integrar servicios altamente innovadores que posicionen a la empresa por encima de la competencia, destacando la aplicación de tecnologías de vanguardia en la industria pirotécnica, aumentando así su distintividad, atractivo y eficacia en el mercado.
- Demostrar que la incorporación de la pirotecnia digital es más segura para las personas que intervienen en el proceso, como operarios y espectadores.

PIROTECNIA DIGITAL

1. Marco teórico

1.1 Definición y Características de la Pirotecnia Digital

La pirotecnia digital es el uso avanzado de tecnología para diseñar, controlar y ejecutar espectáculos de fuegos artificiales de manera precisa y sincronizada. En este método, se emplean sistemas electrónicos y software especializado que permiten una programación meticulosa de los efectos pirotécnicos, ajustándolos para que se sincronicen con música, efectos visuales y otros elementos del espectáculo. (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>)

En el sector digital también hay espectáculos de luces nocturnos en los cuales se utilizan dispositivos electrónicos que se programan y controlan a distancia. Como lo explica Pirotecnia Xaraiva “Se trata de una modalidad que utiliza drones, proyectores o láseres para crear efectos visuales en el cielo, simulando los fuegos artificiales o complementándolos con imágenes o mensajes, lo que permite crear *shows* más dinámicos, personalizados e interactivos (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>). Esto nos demuestra las diversas alternativas y opciones a través de las cuales se pueden generar eventos innovadores tecnológicos.

1.1.1 Comparación entre pirotecnia digital y pirotecnia tradicional

La principal diferencia entre la pirotecnia digital y la tradicional radica en la forma en que se controlan y ejecutan los fuegos artificiales. La pirotecnia tradicional utiliza métodos manuales para la ignición, lo que puede llevar a una menor precisión y mayores riesgos de errores humanos.

PIROTECNIA DIGITAL

Por otro lado, la pirotecnia digital “utiliza sistemas de disparo electrónico que permiten una programación detallada y un control remoto, reduciendo significativamente los riesgos de seguridad. Además, la digitalización permite una mejor sincronización con música y otros efectos visuales, creando espectáculos más coordinados e impresionantes” (Faster Capital, s.f.), la adopción de la tecnología digital también ha permitido a las empresas ofrecer espectáculos personalizados, adaptados a las preferencias del cliente y las características del evento.

1.1.2 Historia y evolución

La evolución de la pirotecnia digital ha sido impulsada por el desarrollo de tecnologías informáticas y de comunicación. Desde los años 90, la introducción de sistemas de disparo electrónicos ha transformado los espectáculos pirotécnicos.

En el artículo la evolución de los fuegos artificiales se manifiesta lo siguiente:

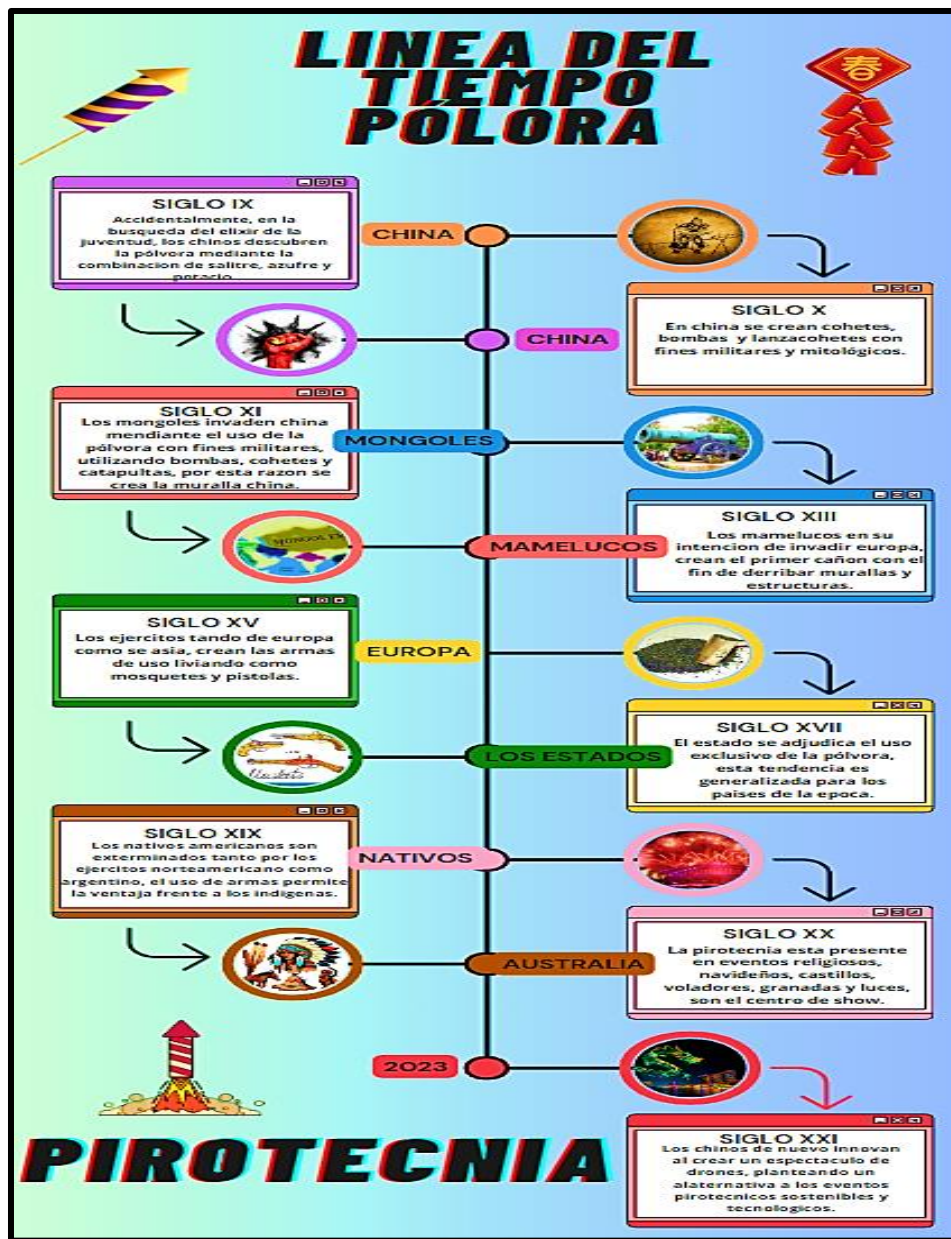
En la actualidad, los espectáculos de pirotecnia digital son comunes en eventos masivos como los Juegos Olímpicos y celebraciones de año nuevo, donde la precisión y la coordinación son esenciales para deslumbrar al público. La integración de software avanzado ha permitido a los diseñadores de espectáculos crear secuencias de efectos pirotécnicos complejas y sincronizadas con música, ofreciendo experiencias más inmersivas y memorables (Stempien, sf).

Esta evolución ha sido acompañada por una creciente demanda de espectáculos más seguros y sostenibles, lo que ha impulsado la innovación en materiales y técnicas de ignición.

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 1

Línea del tiempo de la pólvora



Nota, elaboración propia (2024 canva)

PIROTECNIA DIGITAL

1.1.3 Sistemas de disparo electrónico

El sistema de disparo electrónico es una herramienta que activa los fuegos artificiales de manera precisa y sincronizada. Este sistema permite programar secuencias complejas de disparo, ajustar tiempos y efectos en tiempo real, se opera a distancia para mejorar la seguridad y precisión del espectáculo.

El fabricante Liuyang Stageli Co., Ltd es una empresa que se dedica al suministro de mecanismos de disparo pirotécnico, sistema de encendido de fuentes, este fabricante, “ofrece una amplia gama de productos que incluyen sistemas de disparo de control remoto CE para fuentes de escenario, exhibición de fuegos artificiales profesionales, máquina de fuente de fuegos artificiales” (Stageli, <https://mart.ecer.com/>).

Figura 2

Sistemas de disparo por control remoto



Nota, adaptado de Liuyang Stageli Tecnología Co., Ltd., 2024 (<http://surl.li/ywnshf>)

PIROTECNIA DIGITAL

✚ 1.1.4 Software de diseño y programación

Según *Piroshow* “Estos tipos de *softwares* informáticos permiten la creación y planificación de espectáculos pirotécnicos, estos programas facilitan a los diseñadores visualizar cómo se verán los efectos antes de la ejecución, calcular trayectorias y alturas, y simular la secuencia completa del espectáculo” (Piroshow, <https://www.piroshow.com/>)

✚ 1.1.4 Sincronización con música y efectos Visuales

En la página de *fiel* se evidencia cómo pirotecnia digital permite integrar los fuegos artificiales con música y efectos visuales. Los sistemas pueden sincronizar los disparos de los fuegos artificiales con la música, creando una experiencia visual y auditiva coordinada y emocionante para el público. (Firefly, <https://shootfirefly.com/es>)

Pirotecnia musical, se trata de una modalidad que sincroniza los fuegos artificiales con una banda sonora previamente seleccionada, creando así una armonía entre el sonido y la luz. La pirotecnia musical se realiza mediante sistemas informáticos que controlan el disparo de los artificios según el ritmo y la intensidad de la música. Esta opción es ideal para eventos temáticos, culturales o emotivos. (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>)

✚ 1.1.5 Control remoto y automatización

Son herramientas que utilizan tecnologías de control remoto que permiten a los operadores controlar los efectos pirotécnicos desde una distancia segura. La Empresa Magia y color indica que “de esta manera se mejora la seguridad, también facilita ajustes de último momento según las

PIROTECNIA DIGITAL

condiciones del entorno o del espectáculo” (Magia y color Juegos pirotécnicos, <https://magiaycolor.com>).

1.2 Tecnologías emergentes utilizadas en la pirotecnia digital

Entre las tecnologías emergentes en la pirotecnia digital destacan los sistemas de disparo electrónico y el *software* avanzado de sincronización. Los sistemas de disparo electrónico permiten programar y controlar remotamente los fuegos artificiales, asegurando una mayor precisión y seguridad.

Pirotécnicos Xaraiva, demuestra que “el sector digital, ahora tiene presencia en espectáculos nocturnos, es una nueva modalidad que usa drones, luces led, proyectores laser, diseñados para crear efectos visuales en el cielo, simulando un evento de fuegos artificiales que complementa figuras o mensajes” (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>).

1.2.1. Drones

Los drones han revolucionado la industria de los espectáculos pirotécnicos al permitir la creación de efectos visuales dinámicos y precisos, el instituto educativo aeronáutico de Colombia documenta que “el uso de estos plantea mejoras en aspectos como disminución de accidentes, huella de carbono y reducción del ruido, debido a que el uso del dron preserva la tranquilidad en el entorno natural” (Airecol, <https://iaerocol.co>).

Los espectáculos con drones son sin duda son una innovación tecnológica, hoy los vemos más a menudo en el cielo en festivales, torneos de fútbol, eventos, conciertos y *shows* en vivo.

PIROTECNIA DIGITAL

Estos drones trabajan sincronizadamente para formar diferentes patrones de luces en el aire. Los espectáculos con drones son una medida de prevención de uso de la pólvora en Colombia y en el mundo, aunque esta práctica aún es muy nueva en nuestro país, cada vez más empresas lo ven y lo incorporan como una opción a la pirotecnia. La preferencia por estos espectáculos radica en la cantidad de beneficios que representan no solo para las personas sino para el medio ambiente. La generación de ruido que generan los fuegos pirotécnicos es muy fuerte. (Airecol, <https://iaerocol.co>)

Figura 3

El uso de drones como avisos informativos



Nota, Adaptado de Revista whats up, 2023 espectáculo de drones iluminó la noche de velitas en el centro comercial Unicentro de Bogotá. (<https://n9.cl/ldjqa>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.2.2 Software de sincronización

Para unos eventos pirotécnicos más sincronizados, existe la consola de pirotécnicos indoor que permite activar de forma profesional y segura tus juegos artificiales y también todo lo referente con pirotecnia fría Indoor (pirotecnia en lugares cerrados con menor riesgo). Su maleta control tiene la opción de operar uno a uno, hacer secuencia y operar los 24 canales, vienen en 6 módulos de 4 canales cada uno trabaja con baterías. (Carbet-fx.com, 2021)

Figura 4

Consola de fuegos artificiales y pirotecnia fría de 24 canales



Nota, adaptado de YouTube del canal Calbet fx efectos especiales

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=nYlhx1zcjUE>

PIROTECNIA DIGITAL

Finale 3D ofrece también “tecnología para la industria pirotecnia, su servicio consiste en diseñar y crear los fuegos artificiales y espectáculos de efectos especiales más sorprendentes con visualizaciones 3D en tiempo real y funciones de scripting automático fáciles de usar” (Finale3d, <https://finale3d.com/>)

Dentro de las ventajas que permite el uso de esta tecnología aplicada a la pirotecnia podemos resaltar:

- ✚ “Las simulaciones HD realistas de *Finale 3D* y la interfaz de arrastrar y soltar te permiten tener el control de forma rápida y sencilla” (Finale3d, <https://finale3d.com/>)
- ✚ “Diseña tu espectáculo con productos del mundo real y deja que *Finale 3D* organice y dirija tus espectáculos de forma completamente automática” (Finale3d, <https://finale3d.com/>)
- ✚ “Lo suficientemente fácil para los entusiastas del patio trasero, lo suficientemente potente para los profesionales de clase mundial” (Finale3d, <https://finale3d.com/>)

PIROTECNIA DIGITAL

convierte en un espectáculo visualmente deslumbrante, dramático, energético y divertido que capturaré y sorprenderá a todos los públicos. (Voiz.com.co, <https://voiz.com.co>)

Un traje inigualable ideal para llevar al público a otro nivel, el *Show Led Dance* seguramente impresionará. Los trajes incluso se pueden configurar con su propia música para proporcionar un toque personal, perfecto para lanzamientos de productos y eventos de marca. En cuanto a los trajes LED están hechos de piezas de plástico firmes que proporcionan un esqueleto al traje. (Voiz.com.co, <https://voiz.com.co>).

Figura 6

Mujeres luciendo trajes led dance



Nota, adaptado danza luces led de Voiz, Facebook 2023 (<http://surl.li/gdehif>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.2.4 Tecnología láser

La empresa Voiz producciones ofrece un espectáculo bastante llamativo denominado El *show* artista Laserman llega como el performance más sorprendente para eventos extraordinarios. Este *show* combina tecnología de punta para poder crear un láser potente e impactante, con la capacidad de cubrir muchos metros, de esa manera el *show* puede manejar líneas de láser creadas con apariencia de objetos sólidos para generar un performance diferente. (Voiz.com.co, <https://voiz.com.co>)

Para mantener un performance que impacte es importante dar evolución al *show*, esto se llevará a cabo al añadir más luces láser, que dejará a todo el público sorprendido por el enorme control que tiene ante tantas luces y llevarlas acorde a la música. El *show* es un espectáculo visual y llamativo que une la tecnología con la destreza humana de manera muy compenetrada. *show* artista Laserman. El Laserman es un *show* de tecnología avanzada e impactante que permite crear la ilusión de la manipulación de objetos sólidos. También utiliza un traje que resalta la figura humana sobre la oscuridad que domina el escenario. Así mismo el personaje se sincroniza con la pista, para impresionar al público con los diferentes tipos de formas que se pueden crear. (Voiz.com.co, <https://voiz.com.co>)

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 7

Show de Laserman



Nota, adaptado de canal de YouTube del canal Voiz producciones año 2020 (https://youtu.be/-NI_XZG9aTU),

1.3 Seguridad y Prevención

La seguridad es una preocupación primordial en los espectáculos pirotécnicos debido al riesgo inherente de accidentes. La pirotecnia tradicional, que depende de métodos manuales para la ignición y sincronización de los fuegos artificiales, presenta mayores riesgos de errores humanos y fallos mecánicos que pueden resultar en detonaciones prematuras o no deseadas.

¿Sabes cuantos accidentes y muertes causa la pólvora? “Según el Instituto Nacional de Salud de Colombia, en el año en el 2023 se reportaron 65 casos de personas quemadas” (Airecol, <https://iaerocol.co>)

PIROTECNIA DIGITAL

Los espectáculos con drones, proyecciones laser o luces led, son más seguros sin duda y esto se debe, a que operan de manera remota desde tierra, así que los riesgos se disminuyen. Los fuegos artificiales deben ser manipulados directamente por una persona para que funcionen, lo que aumenta la probabilidad de accidentes. (Airecol, <https://iaerocol.co>)

1.3.1 Beneficios de la digitalización para la seguridad de operarios y espectadores

La digitalización de la pirotecnia ha traído beneficios significativos en términos de seguridad, teniendo en cuenta que el uso de estas tecnologías implica directamente que las personas ya no tendrán contacto con artefactos quemantes, humeantes o explosivos que pueden perjudicar la salud de las personas.

Los espectáculos digitales son más versátiles al momento de un evento pirotécnico por que ofrecen más posibilidades al momento de un *show*, proporcionan un montón de posibilidades, mientras que los patrones de los fuegos artificiales son muy limitados. Un evento que use tecnología en costes puede ser mucho mas barato que un evento tradicional, otro beneficio también es el impacto ambiental por la eliminación de humo, residuos y estallidos, además, la precisión permite la formación de figuras, mensajes y colores rápidamente en tiempo real. (Airecol, <https://iaerocol.co>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.3.2 Seguridad de los dispositivos electrónicos

La empresa china *stageli*, proveedor de dispositivos electrónicos de disparo y sincronización pirotécnica brinda los siguientes Consejos de seguridad.

- “Priorice siempre la seguridad al utilizar un sistema de disparo de fuegos artificiales, siguiendo las mejores prácticas de configuración, prueba y operación” (stageli, <https://www.stageli.cn>).

1.3.3 Gestión de riesgos

Dentro de la gestión de riesgos la empresa china Stageli plantea que es fundamental una capacitación a los operadores y constante mantenimiento a los equipos de control remoto y disparo (stageli, <https://www.stageli.cn>).

- “Capacitar exhaustivamente a los operadores sobre el uso del sistema de disparo y los procedimientos de emergencia para minimizar el riesgo de accidentes o averías” (stageli, <https://www.stageli.cn>).
- “Realizar controles periódicos de mantenimiento de los equipos del sistema de disparo para garantizar el correcto funcionamiento y fiabilidad” (stageli, <https://www.stageli.cn>)

1.3.4 Riesgos asociados a la pirotecnia tradicional

Las repercusiones que presenta el uso de elementos pirotécnicos para la salud humana, el bienestar animal y ambiental, son bastante negativas porque su uso inadecuado acarrea lesiones,

PIROTECNIA DIGITAL

quemaduras, fracturas luxaciones, pérdidas oculares a causa del ingreso de cuerpos extraños, perforación del tímpano y heridas de diversas consideraciones a personas y animales, además, la contaminación acústica que generan las explosiones afectan considerablemente a personas con discapacidades e hipersensibilidad sensorial que puede provocar estrés, taquicardia, ansiedad, generando afectación al sistema inmune y en algunos casos empeoran la salud de los pacientes. Otros actores que se perjudican considerablemente son los animales, debido a que ellos más sensibles que el ser humano, las explosiones les pueden provocar daños auditivos, esto a su vez puede generar ansiedad, estrés, tinnus, miedos y fobias entre otras, y *adicionalmente se* estima que gran parte de pérdidas animales obedecen a ruidos muy fuertes como fuegos artificiales o tormentas. (municipiob.montevideo, <https://municipiob.montevideo.gub.uy>)

Son muchos los efectos negativos del uso de pirotecnia sobre el ambiente natural. Los artefactos pirotécnicos incluyen mucho más que pólvora. Son varios los compuestos químicos necesarios para obtener los distintos efectos y colores: estroncio para los rojos, sodio para los dorados, aluminio para chispas plateadas y blancas, antimonio para los destellos. (municipiob.montevideo, <https://municipiob.montevideo.gub.uy>)

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 8

Explosión polvorería el vaquero en Soacha.



Nota, adaptado de periodismo público, 2024 (<http://surl.li/ekuwkl>)

1.4 Impacto ambiental de la Pirotecnia

Los fuegos artificiales son técnicamente reconocidos como fuente potencial de incendios forestales. Una vez lanzados, sus partes pueden caer en zonas intraurbanas y periurbanas que tienen vegetación seca y entrar en combustión. El uso durante noches con viento aumenta el radio de riesgo. (municipiob.montevideo, <https://municipiob.montevideo.gub.uy>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.4.1 Materiales ecológicos en la pirotecnia digital

Los espectáculos pirotecnia digital eliminan toda posibilidad de contaminación, ya que funcionan con baterías recargables, sin duda son una opción más ecológica y amigable con el medio ambiente. (Airecol, <https://iaerocol.co>)

Esta evolución tecnológica no solo sirve como entretenimiento, sino que también ayuda a reducir la huella de carbono y disminuir los impactos negativos en la calidad del aire y el entorno natural. (Airecol, <https://iaerocol.co>)

1.4.2 Sostenibilidad Ambiental

“La transformación digital y la sostenibilidad son factores muy promisorios para el futuro de los negocios y no existe duda que serán incorporados como elementos claves en éstos, la única duda es cuándo, pero ya vamos tarde” (Mrisk, <https://www.m-risk.com/blog/transform>)

En la actualidad teniendo en cuenta que aún se maneja la industria pirotecnia tradicional Fenalpi “insiste en la importancia de la regulación y formalización de la industria pirotécnica, reconociendo los miles de familias colombianas que dependen de esta actividad, la federación subraya la necesidad de equilibrar la tradición con la seguridad y la responsabilidad ambiental” (Espinosa, 2023).

El objeto de fenalpi Liderado por Carlos Carvajal (presidente de industrias el vaquero) es fabricar elementos pirotécnicos que generen menos ruido para no alterar a los animales y hacer que esto sea común en todas las festividades decembrinas.

PIROTECNIA DIGITAL

1.4.3 Reducción de emisiones y residuos

Aunque la pirotecnia tradicional si genera emisiones de gases tóxicos y residuos por efecto de la combustión de los artículos pirotécnicos, la pirotecnia digital aporta enormemente a esta situación por su naturaleza no generan ni emisiones ni ruido, recordemos que los drones, luces led o luces laser únicamente tienen efectos lumínicas, sin embargo, los eventos pirotécnicos sincronizados si producen emisiones y gases, este tipo de evento aporta a la seguridad de los espectadores y operarios por su condición de manipulación a distancia mediante control remoto.

1.4.4 Protección Ambiental

En el año 2004, Disney en su intento por mejorar el medio ambiente, en compañía con el laboratorio nacional de los álamos, desarrollan un sistema de disparo que no requiere de pólvora para propulsar los artículos pirotécnicos al cielo, se trata de un mecanismo que usa aire comprimido, con este cambio en el proceso, de disminuye considerablemente la emisión de gases tóxicos al ambiente y se disminuyen las explosiones en un 50% (Seres responsable., <https://seresponsible.com>)

El aire que respiramos está compuesto por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y otros gases como hidrógeno y dióxido de carbono, lo que hace que esta nueva alternativa sea increíblemente limpia. Sólo se necesita una pequeña cantidad de sales metálicas para producir colores brillantes. Como resultado, el contenido de metal de los fuegos artificiales se reduce en un 90%. (Seres responsable., <https://seresponsible.com>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.4.5 Problemas ambientales asociados a la pirotecnia tradicional

“El uso de artefactos relacionados con la pirotécnica contribuye a aumentar los niveles de contaminación, afectando la calidad del aire, y con ello a potenciar el cambio climático” (saludneuquen, <https://www.saludneuquen.gob.ar>).

Los elementos pirotécnicos están hechos con compuestos tóxicos. Cuando explotan, generan emisiones de monóxido de carbono que se suman a los gases de efecto invernadero y, por ende, al calentamiento global. Asimismo, generan material particulado como pólvora, azufre o carbono que queda en el aire y luego puede ser ingerido por vías respiratorias por los seres vivos, es decir, los fuegos artificiales desprenden polvos muy finos compuestos de colorantes metálicos, toxinas, productos químicos y humos; todos ellos similares a los efectos que producen otras agravantes ambientales, como por ejemplo el tráfico. (saludneuquen, <https://www.saludneuquen.gob.ar>)

Por otro lado, está demostrado que el uso indebido de estos artefactos, combinado con las altas temperaturas, viento y sequías, favorecen los incendios. Vale destacar que además de generar contaminación acústica, otra forma de contaminación está relacionada a los envoltorios y empaques que aumentan los residuos que quedan tirados. (saludneuquen, <https://www.saludneuquen.gob.ar>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.4.6 Estudios de casos de empresas que han reducido su huella ecológica mediante la digitalización

Xaraiva es una empresa de pirotecnia española que se ha preocupado por la innovación, la ecología y el sentido social, por eso ofrece la pirotecnia silenciosa, Se trata de una modalidad que reduce al mínimo el ruido de los fuegos artificiales, evitando así la contaminación acústica y el estrés que puede causar a los animales y a las personas sensibles. La pirotecnia silenciosa se basa en el uso de productos que no contienen pólvora o que tienen una carga explosiva muy baja, lo que permite disfrutar de los colores y las formas sin el estruendo. Esta opción es ideal para eventos en zonas urbanas o cerca de hospitales, residencias o parques naturales. (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>)

1.5 Impacto Social y Cultural de la Pirotecnia Digital

1.5.1 Percepción

La pirotecnia es una actividad que forma parte de la cultura y las fiestas de muchos países, especialmente en España y América latina, donde se celebran eventos pirotécnicos en las en diferentes celebraciones religiosas, patrióticas etc. La pirotecnia es un espectáculo que atrae a miles de personas y que genera un impacto económico y social muy positivo. (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>).

La pirotecnia también ha tenido que adaptarse a las nuevas necesidades del mercado, integrando nuevos diseños, tecnologías, que permiten un evento pirotécnico más amigable con los

PIROTECNIA DIGITAL

animales, el medio ambiente y las personas, para ello se han impuesto tendencias como la pirotecnia silenciosa que son elementos que tiene una carga explosiva muy baja, destacan más por sus colores, también se incorpora la pirotecnia musical que sincroniza pirotécnicos con bandas sonoras que genera una sincronización entre las luces y el sonido y por último tenemos la pirotecnia digital que incorpora drones, espectáculos de luces led o laser, simulando un evento de fuegos artificiales pero sin ruido, humo o explosiones. (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>)

1.5.2 El propósito

El propósito de involucrar estos nuevos procesos tecnológicos es el de lograr un equilibrio entre la diversión al disfrutar de eventos pirotécnicos y el cuidado del medio ambiente, las empresas como Xaraiva están encaminadas que el mercado está cambiando y los procesos deben ajustarse para no generar impactos negativos por el desarrollo de la industria.

1.5.3 Incorporación

Involucrar tecnología digital ha permitido que las empresas tengan una mayor posibilidad de ser innovadoras en el mercado, en temas de seguridad, la digitalización garantiza que los espectáculos pirotécnicos digitalizados no tengan menor riesgo de personas quemadas, tanto espectadores como operarios.

La creatividad con estos espectáculos digitalizados es ilimitada, debido a que se puede expresar cualquier figura o mensaje en cualquier color y a su vez modificarlo en tiempo real.

PIROTECNIA DIGITAL

1.5.4 Posibles resistencias al cambio y estrategias para la aceptación social de la pirotecnia digital

Dentro de las resistencias al cambio encontramos que aun en nuestro país se consume bastante pólvora tradicional, muchas personas aun queman voladores, volcanes, pitos, porque les agrada el sonido y la explosión que producen, sin considerar la afectación que pueden generar, la otra resistencia que se presenta es la dificultad para capacitar personal para el uso de nuevas tecnologías y principalmente la adquisición de estos elementos tecnológicos como drones, proyectores laser y luces led, sin embargo, el mercado está cambiando y se está preocupando por mejorar la calidad del medio ambiente y la protección de los animales, poco a poco las empresas están tomando conciencia de ello y están incorporando lo digital a sus procesos pirotécnicos, por mencionar algunas compañías tenemos a la empresa de drones Lumasky y a Xaraiva quienes en sus procesos ya incorporan eventos innovadores.

1.5.5 Aceptación social de la pirotecnia digital

La pirotecnia digital ha generado una variedad de respuestas en términos de aceptación social debido a sus características tecnológicas y sus efectos en comparación con la pirotecnia tradicional. Diferentes grupos sociales pueden percibir la pirotecnia digital de manera distinta, lo que influye en su aceptación pública. (gov.scot, <https://www.gov.scot>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.5.6 Percepción pública y resistencia

La percepción pública de la pirotecnia digital puede variar ampliamente. Por un lado, muchos ven en esta tecnología una mejora en términos de seguridad, precisión y control, lo que puede llevar a una mayor aceptación. La capacidad de sincronizar los fuegos artificiales con música y otros elementos visuales también se percibe como una mejora significativa en la experiencia del espectador (gov.scot, <https://www.gov.scot>)

Sin embargo, algunos grupos pueden resistirse a la pirotecnia digital debido a preocupaciones sobre la pérdida de la tradición y el arte asociados con la pirotecnia tradicional. Además, existen inquietudes ambientales que podrían influir en la percepción negativa de ciertos segmentos de la población, especialmente en áreas urbanas donde la contaminación acústica y atmosférica es una preocupación creciente. (Smith, 2011)

1.5.7 Estrategias para fomentar la aceptación social

Para fomentar la aceptación social de la pirotecnia digital, es fundamental implementar estrategias de comunicación y educación pública, esto incluye:

- ✚ “Información y transparencia: Educar al Público sobre las ventajas de la pirotecnia digital en términos de seguridad y reducción de impacto ambiental” (gov.scot, <https://www.gov.scot>).
- ✚ “Demostraciones y eventos piloto: Realizar demostraciones públicas y eventos piloto donde se pueda mostrar la tecnología y sus beneficios de manera directa” (gov.scot, <https://www.gov.scot>).

PIROTECNIA DIGITAL

“Consultas y participación comunitaria: Involucrar a la comunidad en la planificación de espectáculos pirotécnicos para asegurar que las preocupaciones locales sean abordadas” (gov.scot, <https://www.gov.scot>).

1.5.8 Influencias culturales de la pirotecnia digital

La integración de la pirotecnia digital en eventos culturales y festivales puede enriquecer la experiencia del espectador al ofrecer espectáculos más dinámicos y visualmente impactantes.

1.5.8 Sincronización con eventos culturales y festivales

En cada celebración llevamos la pirotecnia a un nuevo nivel con nuestros eventos multimedia, que fusionan música, fuego, arquitectura y otros elementos para crear experiencias verdaderamente inolvidables. Estos espectáculos combinan lo mejor de varias disciplinas para ofrecer un despliegue visual y sonoro único. (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>).

1.5.9 Mejora de la experiencia del espectador

Al integrar la pirotecnia digital en festivales y eventos culturales, se puede crear una experiencia más inmersiva y memorable para los espectadores. La capacidad de personalizar los espectáculos pirotécnicos según el contexto cultural y las preferencias del público puede enriquecer significativamente la participación y el disfrute del evento (Jake Knight, 2016)

PIROTECNIA DIGITAL

Por ejemplo, en emiratos árabes unidos, existe una empresa que presta su servicio de *show* de drones a nivel mundial, ha estado presente en México, Estados unidos, Asia y Sudamérica, sus eventos destacan la tecnología, innovación y sostenibilidad.

Figura 9

Show de drones en Uruguay



Nota, adaptado de Lumasky Drone show, 2023 (<https://n9.cl/3mzds>)

1.6 Competitividad y Modernización en la Industria Pirotécnica

1.6.1 Estudio de casos y datos estadísticos

Un estudio sobre la seguridad en espectáculos pirotécnicos “encontró que el uso de sistemas de disparo electrónico redujo los accidentes de manipulación manual en un 30% durante cinco años” (Smith, 2011).

PIROTECNIA DIGITAL

Un informe de la Asociación Internacional de Pirotecnia “destacó que los eventos utilizando pirotecnia digital reportaron una mayor satisfacción del público y una menor incidencia de quejas relacionadas con la seguridad y la contaminación ambiental” (Jake Knight, 2016).

1.6.2 competitividad en el mercado

El mercado de espectáculos pirotécnicos es muy competitivo por la proliferación de nuevas empresas y la evolución constante de las tecnologías utilizadas en los *shows* pirotécnicos. Las empresas que logran mantenerse competitivas son aquellas que pueden innovar continuamente y ofrecer espectáculos personalizados que destacan por su creatividad y calidad. La adopción de tecnologías digitales ha aumentado la competitividad en la industria pirotécnica. Un análisis del mercado global revela tendencias hacia la digitalización y oportunidades para empresas innovadoras. Estudios de caso, como el de *Pyro Spectaculars*, muestran cómo la digitalización ha proporcionado una ventaja competitiva. La modernización de la industria a través de tecnologías avanzadas permite la creación de espectáculos más precisos y seguros. Esto ha llevado a una mayor demanda y satisfacción del cliente. (Doi Foundation, <https://www.doi.org>)

1.6.3 Ventajas competitivas de adoptar tecnologías digitales

Las empresas que adoptan tecnologías digitales en la pirotecnia pueden beneficiarse de numerosas ventajas competitivas, incluyendo una mayor precisión y control en la ejecución de los espectáculos, una reducción de los costos operativos y una mejora en la seguridad. Además, la capacidad de ofrecer espectáculos personalizados y sincronizados con música y otros efectos

PIROTECNIA DIGITAL

visuales puede atraer a una clientela más amplia y exigente. La digitalización también facilita la integración de nuevas tecnologías y materiales ecológicos, mejorando la sostenibilidad y el cumplimiento de normativas ambientales. Estas ventajas permiten a las empresas posicionarse como líderes en innovación y calidad dentro de la industria pirotécnica. Donde las Estrategias de marketing y posicionamiento para empresas que adoptan la pirotecnia digital deben centrarse en destacar las ventajas tecnológicas, la seguridad y la sostenibilidad de sus espectáculos. Esto incluye el uso de campañas publicitarias que muestren la precisión y espectacularidad de los efectos digitales, así como la implementación de certificaciones y reconocimientos de seguridad y medio ambiente. Colaboraciones con eventos de alto perfil y demostraciones públicas también pueden ayudar a aumentar la visibilidad y la percepción positiva de la pirotecnia digital. Además, ofrecer experiencias personalizadas y servicios adicionales, como la sincronización con música en vivo o la integración con tecnología de realidad aumentada, puede diferenciar aún más a las empresas en un mercado competitivo (jurnal.polgan, <https://jurnal.polgan.ac.id>)

1.6.4 Estrategias de marketing

Las empresas que adoptan la pirotecnia digital deben enfocarse en estrategias de marketing que destaquen la innovación y la superioridad técnica de sus servicios, utilizando plataformas digitales y redes sociales para llegar a un público más amplio y diverso. Es crucial también colaborar con otros sectores, como el del entretenimiento y los eventos, para crear sinergias que potencien la visibilidad y el reconocimiento de la marca en el mercado (Rodríguez Ron, <https://repositorio.uisrael.edu.ec>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.6.5 Estudio de casos

Digital Fireworks “es una empresa pionera en la adopción de tecnología digital en la industria de los fuegos artificiales, destacando por ofrecer espectáculos pirotécnicos altamente coordinados y personalizados usando sistemas de disparo electrónico y *software* avanzado de sincronización” (Jake Knight, 2016).

EcoPyro es otra empresa destacada en la industria de pirotecnia digital, “reconocida por su enfoque en la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental de los espectáculos pirotécnicos. Utilizando tecnologías digitales y materiales pirotécnicos innovadores, *EcoPyro* ha logrado combinar la espectacularidad con la responsabilidad ambiental” (Jake Knight, 2016).

1.6.6 Análisis de casos de estudio de empresas

Empresas como *PyroTech* y *Fireworks Innovations* han mejorado significativamente su eficiencia operativa mediante la adopción de tecnologías digitales. *PyroTech* ha implementado sistemas de disparo electrónico que permiten una programación precisa y una reducción del desperdicio de materiales, resultando en una operación más rentable y segura. *Fireworks Innovations*, por su parte, ha desarrollado *software* avanzado que permite la sincronización de efectos pirotécnicos con música y otros elementos visuales, mejorando la calidad y personalización de sus espectáculos. Estos casos de estudio demuestran que la digitalización puede ofrecer mejoras operativas significativas, reduciendo costos y aumentando la satisfacción del cliente (S.M. Danali*, 2010)

PIROTECNIA DIGITAL

1.7 Eficiencia Operativa y Económica

La digitalización en la pirotecnia permite una optimización significativa de recursos y una reducción de costos operativos. Los sistemas de disparo electrónico y el software de programación permiten una planificación más eficiente de los espectáculos, reduciendo el desperdicio de materiales y la necesidad de mano de obra intensiva. Además, la capacidad de controlar y ajustar los espectáculos en tiempo real minimiza los errores y las pérdidas asociadas con la pirotecnia tradicional. Esta optimización no solo mejora la rentabilidad de los espectáculos, sino que también permite a las empresas ofrecer precios más competitivos sin comprometer la calidad.

Los Modelos de negocio y retorno de inversión en la implementación de tecnologías emergentes requieren una inversión inicial en equipos y capacitación, pero los beneficios a largo plazo pueden ser significativos. Modelos de negocio que integran tecnologías digitales pueden ofrecer servicios premium y personalizados que justifiquen precios más altos, mejorando el retorno de inversión. Además, la reducción de costos operativos y la mejora en la seguridad pueden traducirse en ahorros significativos y menores riesgos financieros. Las empresas que han adoptado estas tecnologías han reportado un aumento en la demanda de sus servicios y una mayor satisfacción del cliente, lo que se traduce en un crecimiento sostenido y una ventaja competitiva en el mercado (Roger George, especial effects, <https://rogergeorge.com>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.7.1 Costos operativos

En cuanto a costos operativos, la pirotecnia digital puede requerir una mayor inversión en tecnología y capacitación del personal que la tradicional. A largo plazo, la pirotecnia digital puede ofrecer ahorros significativos por la menor necesidad de mano de obra y materiales pirotécnicos. La implementación de tecnologías digitales en la pirotecnia ofrece beneficios económicos a largo plazo. Aunque los costos iniciales pueden ser elevados, los ahorros en seguridad y precisión compensan la inversión. Modelos de negocio que incluyen la digitalización muestran un retorno de inversión positivo. Empresas que adoptan estas tecnologías logran reducir accidentes y aumentar la eficiencia operativa.

La automatización y control remoto disminuyen los costos operativos, mejorando la rentabilidad del negocio pirotécnico. (Roger George, especial effects, <https://rogergeorge.com>)

1.7.2 Ejemplos de innovación en materiales

Empresas como *EcoPyro* han liderado el camino en la adopción de materiales pirotécnicos más ecológicos. Utilizando compuestos pirotécnicos innovadores que incorporan tecnologías de baja toxicidad y residuos reducidos, *EcoPyro* ha demostrado cómo la sostenibilidad puede integrarse con la espectacularidad en los eventos pirotécnicos. (Jake Knight, 2016)

1.7.3 Beneficios obtenidos

Uno de los principales beneficios observados por *Digital Fireworks* ha sido la mejora en la precisión y sincronización de los efectos pirotécnicos con la música y otros elementos visuales.

PIROTECNIA DIGITAL

Esto ha permitido crear espectáculos más inmersivos y emocionantes, aumentando la satisfacción del público y la reputación de la empresa en el mercado. (Jake Knight, 2016).

1.7.4 Desafíos enfrentados

No obstante, la transición hacia la pirotecnia digital no ha estado exenta de desafíos, uno de los principales ha sido el costo inicial de inversión en equipos y *software* especializados, así como la necesidad de capacitación continua para el personal en el uso de estas tecnologías avanzadas. (Jake Knight, 2016)

Entre los desafíos que ha enfrentado EcoPyro se encuentra la educación y concienciación del público sobre las ventajas de la pirotecnia digital en términos de sostenibilidad y seguridad. La percepción tradicional de los fuegos artificiales como una forma de celebración puede dificultar la adopción generalizada de tecnologías más avanzadas y responsables. (Jake Knight, 2016)

1.7.5 Beneficios obtenidos

La principal ventaja de EcoPyro radica en su capacidad para ofrecer espectáculos pirotécnicos visualmente impresionantes sin comprometer el medio ambiente. Mediante el uso de materiales pirotécnicos más limpios y sistemas de disparo electrónicos eficientes, la empresa ha reducido significativamente la huella ambiental de sus operaciones (Jake Knight, 2016).

PIROTECNIA DIGITAL

1.7.6 Precisión

La precisión en la ejecución de los efectos pirotécnicos es crucial para la calidad del espectáculo. La pirotecnia digital ofrece una precisión sin precedentes al permitir la sincronización exacta de los fuegos artificiales con música, proyecciones de luz y otros efectos visuales. Los sistemas de disparo electrónico permiten a los diseñadores de espectáculos programar secuencias complejas y ajustarlas en tiempo real durante el evento, lo que resulta en espectáculos más coordinados y visualmente impactantes. (Pirotecnia Xaraiva, <https://www.xaraiva.es>)

1.8 Experiencia del cliente

La pirotecnia digital mejora significativamente la experiencia visual y sonora del público, ofreciendo espectáculos más precisos, sincronizados y sorprendentes. La capacidad de integrar efectos visuales complejos y música en perfecta armonía crea una experiencia más inmersiva y memorable para los espectadores. Los avances en tecnología LED y láser también permiten la creación de efectos innovadores que complementan los fuegos artificiales tradicionales, enriqueciendo aún más la experiencia del público. Donde la Personalización y creación de espectáculos únicos mediante el uso de software avanzado adaptados a las preferencias del cliente y las características del evento. Esto incluye la capacidad de diseñar secuencias específicas de fuegos artificiales y sincronizar efectos con música y otros elementos visuales. Las herramientas de diseño digital permiten a los pirotécnicos experimentar con nuevas combinaciones de efectos y

PIROTECNIA DIGITAL

ajustar los detalles en tiempo real, ofreciendo un nivel de personalización sin precedentes en la industria. (Fire one, <https://fireone.com>)

1.8.1 Medición de la satisfacción del cliente y fidelización a través de innovaciones tecnológicas

La medición de la satisfacción del cliente es crucial para asegurar la calidad y el éxito de los espectáculos pirotécnicos. Herramientas de retroalimentación y análisis de datos pueden ayudar a las empresas a entender mejor las preferencias del público y ajustar sus espectáculos en consecuencia, fomentando la fidelización y la repetición de negocio. Las innovaciones tecnológicas permiten recoger datos en tiempo real sobre la reacción del público, lo que facilita la mejora continua y la adaptación de los servicios para cumplir con las expectativas de los clientes. La pirotecnia digital está sujeta a normativas específicas de seguridad y medio ambiente. En países como EE. UU., la NFPA 1123 regula los espectáculos pirotécnicos, asegurando su cumplimiento. Ejemplos de regulaciones en Europa incluyen la Directiva 2013/29/EU, que establece normas de seguridad para los fuegos artificiales. Las empresas deben cumplir con estas normativas para garantizar espectáculos seguros y sostenibles. La digitalización facilita el cumplimiento de estas regulaciones mediante sistemas precisos y controlados. (Werrett, 2010)

PIROTECNIA DIGITAL

1.9 Marco regulatorio y legal

La legislación vigente sobre la pirotecnia digital varía según el país, pero generalmente incluye regulaciones sobre la seguridad de los sistemas electrónicos, la capacitación de los operarios y la protección del medio ambiente. Estas leyes buscan asegurar que las tecnologías digitales se utilicen de manera segura y responsable, minimizando los riesgos para el público y el medio ambiente. Es fundamental que las empresas se mantengan actualizadas sobre las normativas específicas de su región para garantizar el cumplimiento y evitar sanciones. Los requisitos legales para la implementación de pirotecnia digital en espectáculos incluyen la obtención de permisos específicos, la conformidad con estándares de seguridad y la realización de inspecciones regulares de los equipos y sistemas. Estas regulaciones son fundamentales para garantizar la seguridad de los espectáculos y la protección del público. Además, los operadores deben estar debidamente capacitados y certificados para manejar la tecnología digital y los materiales pirotécnicos (Werrett, 2010).

1.9.1 Normativas y estándares de seguridad aplicables a la pirotecnia digital

Las normativas de seguridad para la pirotecnia digital incluyen regulaciones específicas sobre el uso de sistemas electrónicos y la programación de espectáculos. Estas normativas aseguran que los dispositivos electrónicos cumplan con estándares de calidad y seguridad, y que los operadores estén debidamente capacitados para manejar la tecnología. Las regulaciones también abordan la necesidad de inspecciones regulares y mantenimiento de los equipos para

PIROTECNIA DIGITAL

prevenir fallos técnicos durante los espectáculos. El cumplimiento de estas normativas es crucial para garantizar la seguridad de todos los involucrados y minimizar los riesgos asociados a la pirotecnia (Rosenstock, 1975)

1.9.2 Legislación y normativas en pirotecnia digital

La implementación de tecnologías digitales en la pirotecnia está sujeta a una serie de regulaciones y normativas que buscan garantizar la seguridad pública y minimizar el impacto ambiental. Estas regulaciones varían mucho según el país y la jurisdicción, pero abordan aspectos clave como la seguridad de los dispositivos electrónicos, la gestión de riesgos durante la manipulación y exhibición de fuegos artificiales y la minimización de riesgos para el medio ambiente. (Nature, <https://www.nature.com>)

1.9.3 Normativas de seguridad y medio ambiente aplicables

Las normativas de seguridad y medio ambiente aplicables a la pirotecnia digital abarcan aspectos como la gestión de residuos, la emisión de contaminantes y la seguridad en la manipulación de materiales explosivos. Estas regulaciones buscan minimizar el impacto ambiental y asegurar que los espectáculos se realicen de manera segura y sostenible. El cumplimiento de estas normativas es esencial para mantener la reputación de la industria y garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública. (Nature, <https://www.nature.com>)

PIROTECNIA DIGITAL

1.9.4 Conclusión

La transición a la pirotecnia digital ofrece numerosos beneficios para la empresa Arco Iris *Show*. “La mejora en seguridad, reducción del impacto ambiental y aumento de la competitividad son factores clave. La integración de tecnologías emergentes y la formación continua del personal son esenciales para el éxito. En resumen, la pirotecnia digital representa una evolución necesaria y beneficiosa para la industria” (Rosenstock, 1975).

PIROTECNIA DIGITAL

2. Metodología de la investigación

2.1 Enfoque de la investigación

El presente estudio adoptará un enfoque de investigación mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos, para analizar la transición de la pirotecnia tradicional a la pirotecnia digital en la empresa *Arco Iris Show*. Este enfoque es crucial para proporcionar una comprensión holística y detallada de los múltiples aspectos implicados en dicha transición.

2.2 Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos permitirán explorar las percepciones y experiencias de los empleados de *Arco Iris Show* en relación con la adopción de la pirotecnia digital. Se utilizarán entrevistas en profundidad y grupos focales para recopilar datos ricos y detallados sobre las motivaciones, resistencias y expectativas asociadas con este cambio tecnológico. Asimismo, se llevará a cabo un análisis documental de los registros históricos y políticas de seguridad de la empresa para contextualizar los hallazgos cualitativos. (sciencedirect., <https://www.sciencedirect.com>)

2.3 Métodos cuantitativos

Los métodos cuantitativos complementarán el análisis cualitativo mediante la recopilación de datos medibles sobre varios indicadores clave. Se utilizarán encuestas estructuradas para evaluar la aceptación social de la pirotecnia digital entre diferentes grupos de interés, incluyendo empleados, clientes y comunidades locales. Además, se recopilarán y analizarán datos sobre la

PIROTECNIA DIGITAL

seguridad (número y gravedad de incidentes), precisión (medición de errores y desviaciones en los espectáculos), y el impacto ambiental (emisiones de contaminantes y residuos generados) antes y después de la implementación de la pirotecnia digital. (sciencedirect., <https://www.sciencedirect.com>)

2.4 Integración de resultados

La integración de los resultados cualitativos y cuantitativos permitirá una triangulación de datos que fortalecerá la validez de las conclusiones del estudio. Se espera que esta combinación de enfoques revele no solo las mejoras tecnológicas y operativas introducidas por la pirotecnia digital, sino también los desafíos y oportunidades en términos de seguridad, precisión, impacto ambiental y aceptación social. (Taylor & Francis on line, <https://www.tandfonline.com>)

2.5 Impacto esperado

El estudio proporcionará a la empresa Arco Iris *Show* una base sólida para la toma de decisiones informadas respecto a la adopción de tecnologías digitales en sus operaciones pirotécnicas. Además, se contribuirá al campo de la investigación en pirotecnia y tecnologías aplicadas, ofreciendo valiosos sobre cómo las innovaciones digitales pueden transformar prácticas tradicionales en la industria. (Taylor & Francis on line, <https://www.tandfonline.com>)

2.6 Diseño de investigación

El diseño de la investigación se estructurará como un estudio de caso, específicamente aplicado a la empresa Arco Iris *Show*. Este diseño metodológico permitirá una exploración

PIROTECNIA DIGITAL

exhaustiva y detallada de los procesos, desafíos y beneficios asociados con la implementación de tecnologías emergentes en espectáculos pirotécnicos, proporcionando una comprensión integral de esta transición en un contexto real y particularizado.

El diseño de la investigación será un estudio de caso aplicado a la empresa *Arco Iris Show*. Este diseño permitirá un análisis profundo de los procesos, desafíos y beneficios de la implementación de tecnologías emergentes en espectáculos pirotécnicos. En este caso, el fenómeno de interés es la transición de la pirotecnia tradicional a la pirotecnia digital, y el contexto es la empresa *Arco Iris Show*. Este diseño permitirá la triangulación de datos procedentes de múltiples fuentes, asegurando así la validez y confiabilidad de los hallazgos (Taylor & Francis online, <https://www.tandfonline.com>)

2.7 Métodos de recolección de datos

✚ 2.7.1 Datos cuantitativos

- **Encuestas.**

Recolectar datos sobre la percepción de la seguridad, precisión y calidad de los espectáculos pirotécnicos antes y después de la digitalización, así como medir la aceptación social y la satisfacción del cliente. Evaluar estadísticas y métricas internas de la empresa relacionadas con accidentes, costos operativos, emisiones y residuos antes y después de la implementación de la pirotecnia digital.

PIROTECNIA DIGITAL

- **Población: Empleados, operarios y espectadores**

Procedimiento: Las encuestas se diseñarán con preguntas estructuradas y escalas de Likert para cuantificar las opiniones y percepciones de los participantes. Se distribuirán en formato digital y físico para asegurar una alta tasa de respuesta

2.7.2 Datos cualitativos

- **Entrevistas en profundidad**

Explorar en profundidad las experiencias, percepciones y desafíos de los directivos, técnicos y operarios de Arco Iris *Show* durante la transición a la pirotecnia digital.

Participantes: Directivos, técnicos y operarios de Arco Iris *Show*.

- **Procedimiento**

Se llevarán a cabo entrevistas semiestructuradas, permitiendo a los participantes expresar libremente sus opiniones y experiencias. Las entrevistas serán grabadas y transcritas para un análisis detallado mediante codificación temática.

- **Grupos focales**

Discutir colectivamente las fortalezas, debilidades y áreas de mejora de los espectáculos pirotécnicos digitales.

PIROTECNIA DIGITAL

- **Procedimiento**

Se organizarán grupos focales moderados, en los cuales los participantes discutirán sus percepciones y experiencias en un entorno grupal. Las sesiones serán grabadas y transcritas, y los datos se analizarán para identificar patrones comunes y divergencias en las opiniones de los participantes.

2.7.1 Análisis de datos secundarios

El análisis de datos secundarios se refiere a la evaluación y reinterpretación de datos que han sido recopilados previamente para otros fines, como registros administrativos, informes de investigación anteriores, bases de datos institucionales y estadísticas gubernamentales. Este método permite aprovechar la información existente para realizar un análisis comparativo y longitudinal de los indicadores clave relacionados con la transición a la pirotecnia digital en Arco Iris *Show*. (onlinelibrary.wiley., <https://onlinelibrary.wiley.com>)

Evaluar y comparar estadísticas y métricas internas de la empresa, “como incidentes de seguridad, costos operativos, emisiones ambientales y generación de residuos, tanto antes como después de la implementación de tecnologías pirotécnicas digitales” (onlinelibrary.wiley., <https://onlinelibrary.wiley.com>).

- **Fuentes de Datos**

Registros Internos, Informes de seguridad laboral, registros de mantenimiento, reportes de incidentes y accidentes, y balances financieros.

PIROTECNIA DIGITAL

• Informes de Cumplimiento Ambiental

Documentación de emisiones de contaminantes y manejo de residuos.

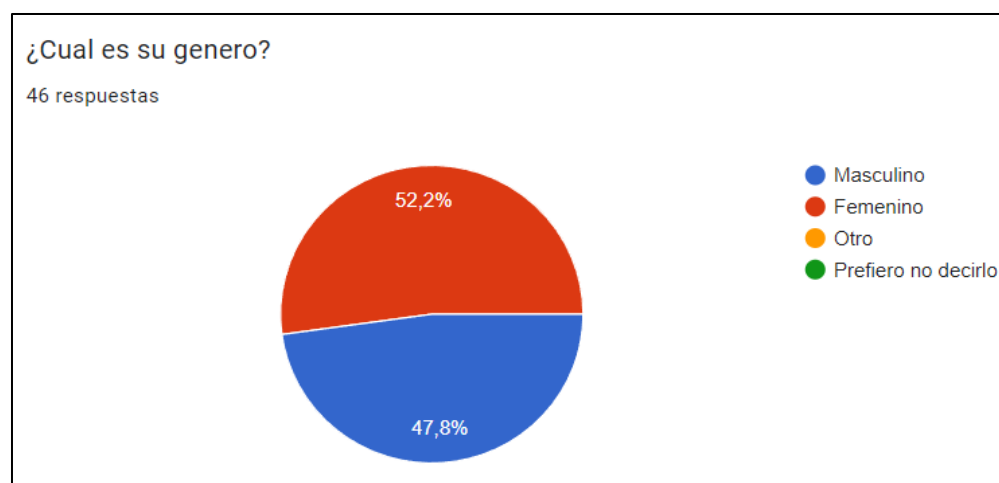
• Datos históricos:

Información archivada sobre la performance de los espectáculos pirotécnicos tradicionales en comparación con los digitales.

2.8 Encuesta sobre la transición de la pirotecnia artesanal a la digital

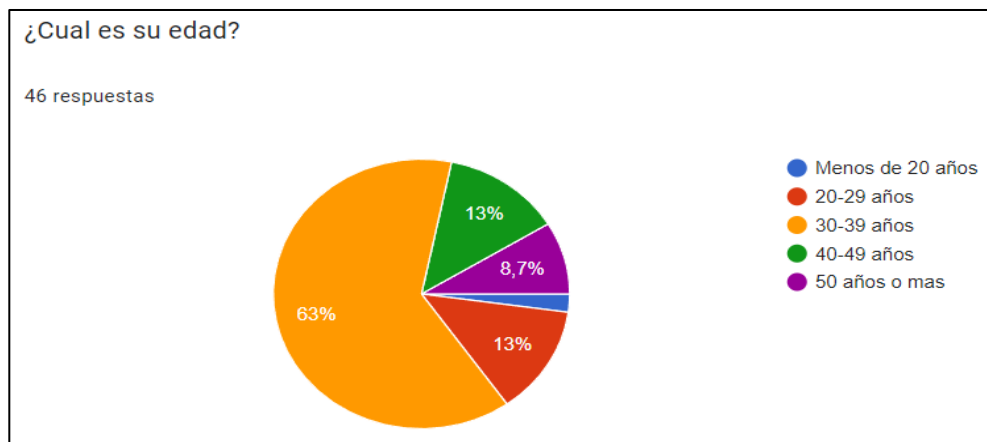
Figura 10

Género de las personas

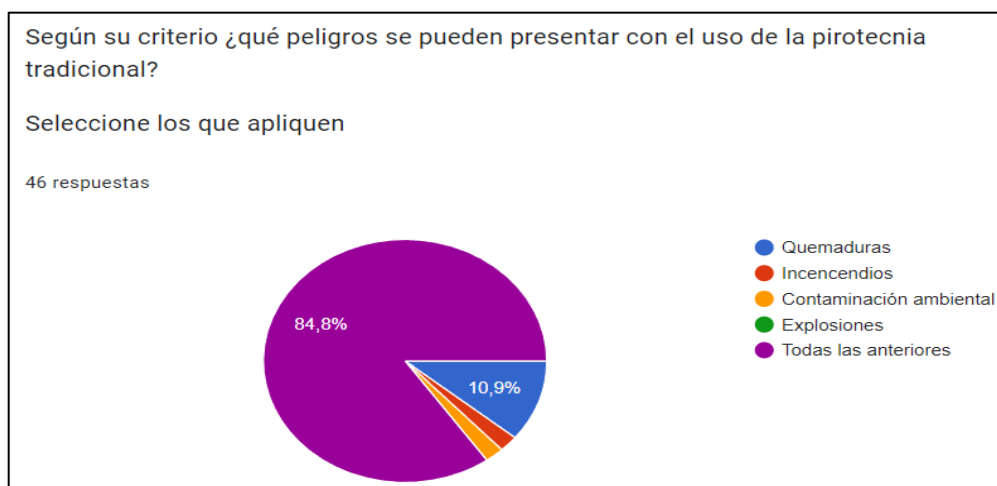


Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

PIROTECNIA DIGITAL

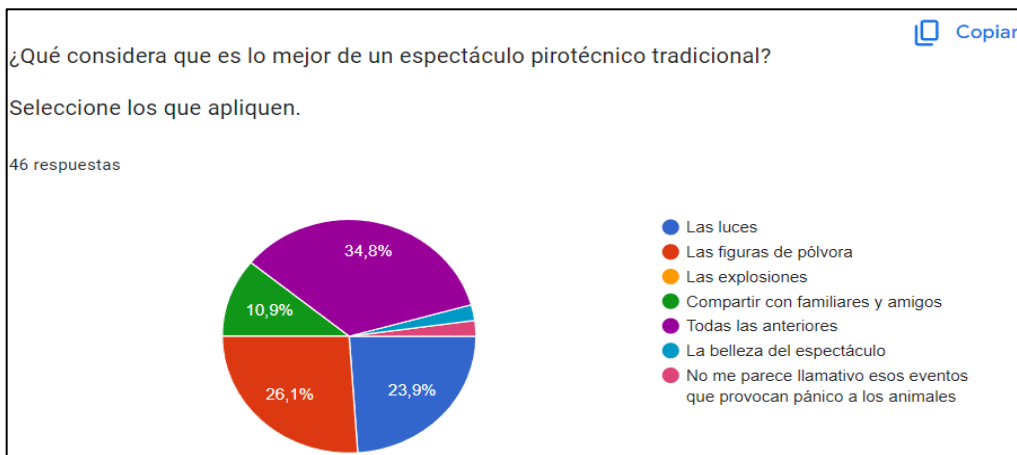
Figura 11*Edad de las personas encuestadas*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

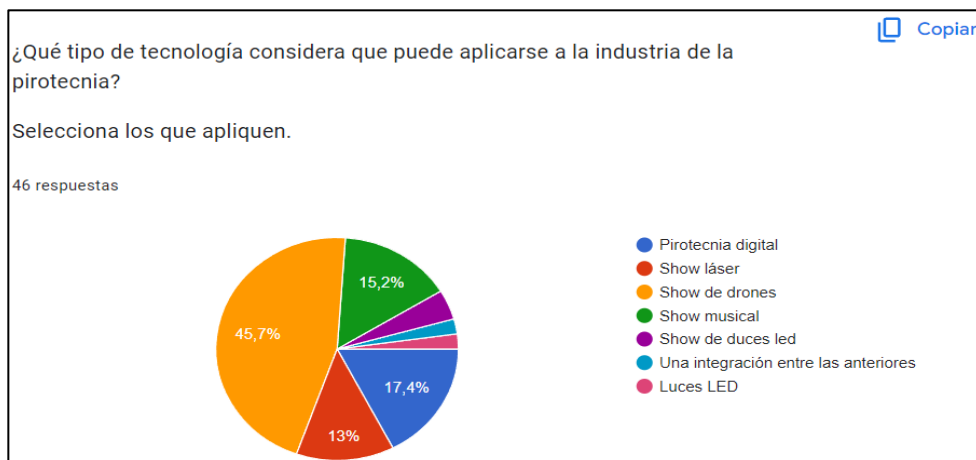
Figura 12*Peligros de la pirotecnia*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

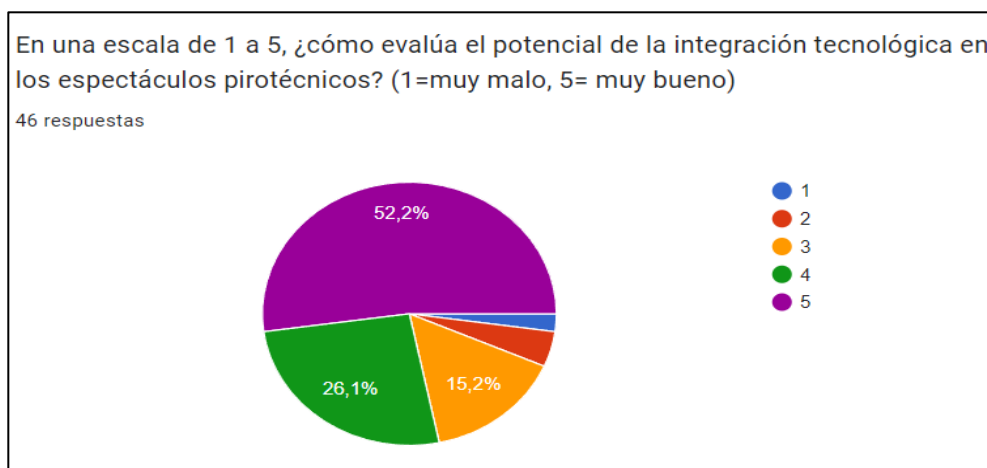
PIROTECNIA DIGITAL

Figura 13*Lo mejor de un evento pirotécnico tradicional**Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.***Figura 14***Tecnologías emergentes**Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.*

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 15*Tecnologías aplicables*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

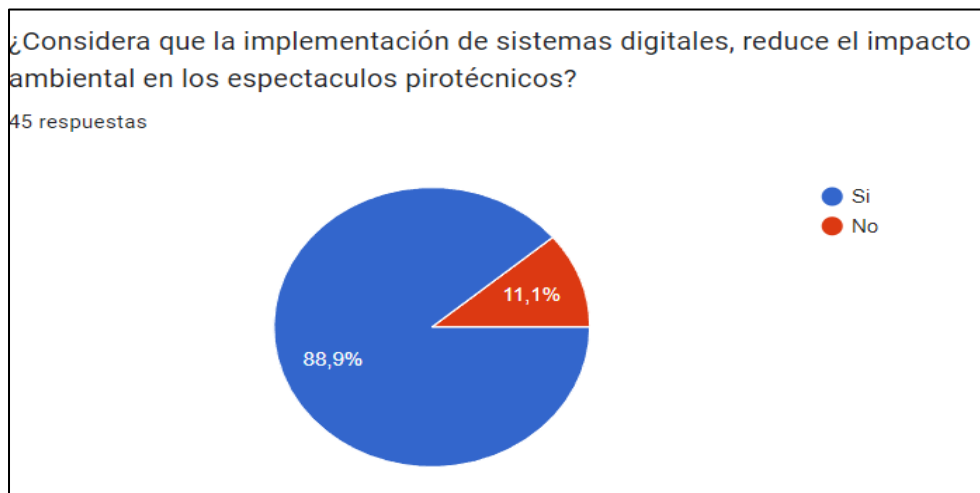
Figura 16*Valoración en escala de 1 a 5*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 17

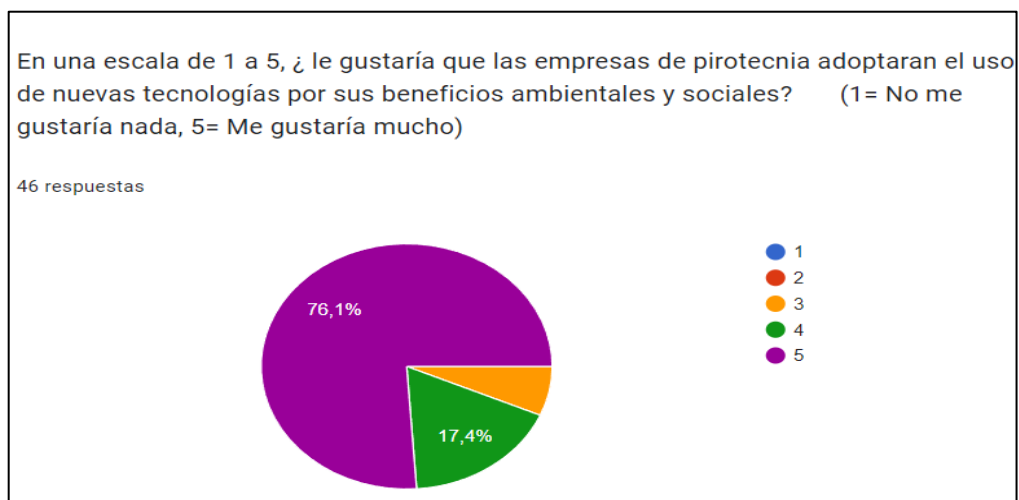
El uso de tecnología reduce el impacto ambiental



Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

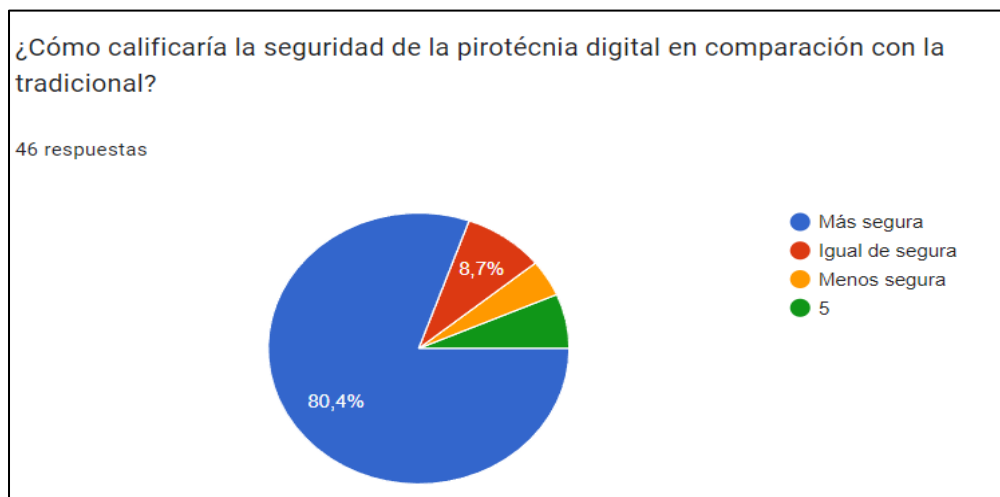
Figura 18

En escala de valoración

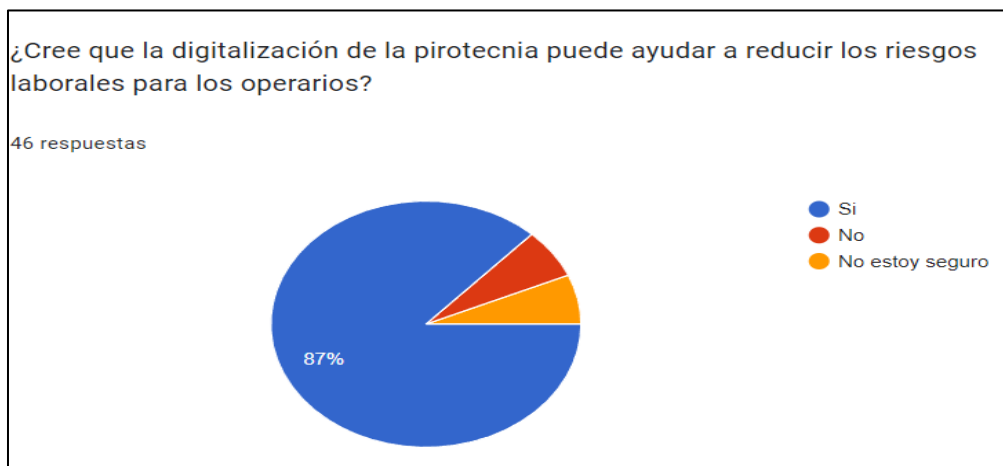


Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

PIROTECNIA DIGITAL

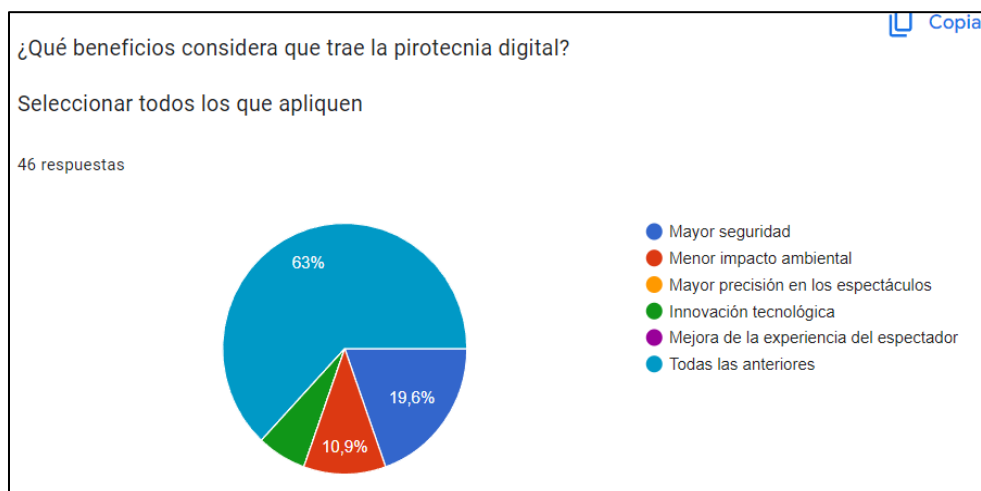
Figura 19*Seguridad de la pirotecnia*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

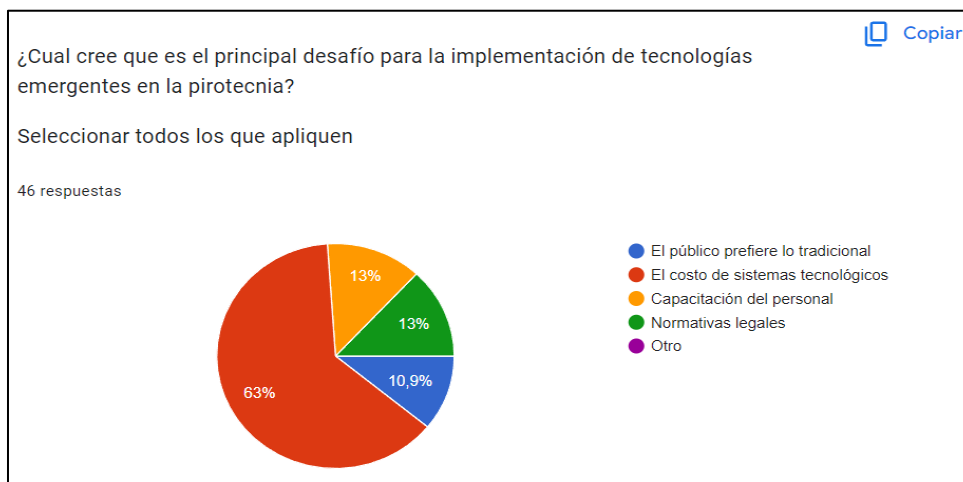
Figura 20*La digitalización reduciría los riesgos laborales*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

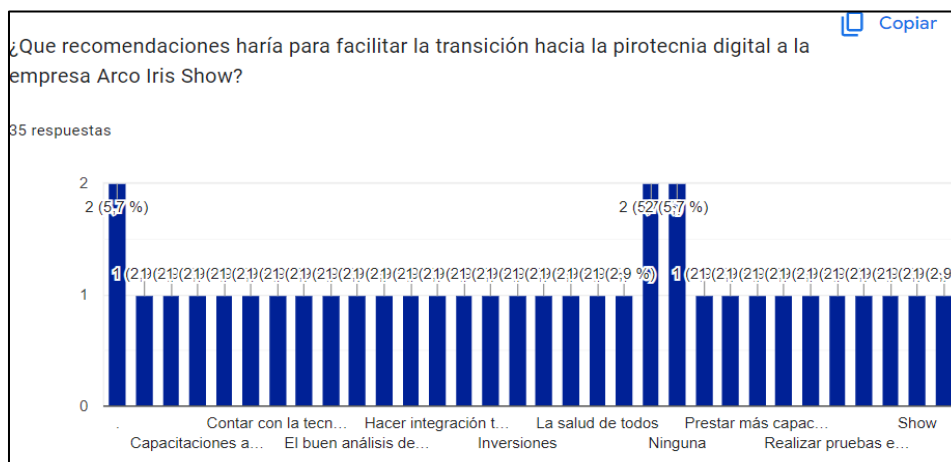
PIROTECNIA DIGITAL

Figura 21*En una escala valorativa**Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.***Figura 22***Beneficios de la pirotecnia digital**Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.*

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 23*Principales desafíos*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

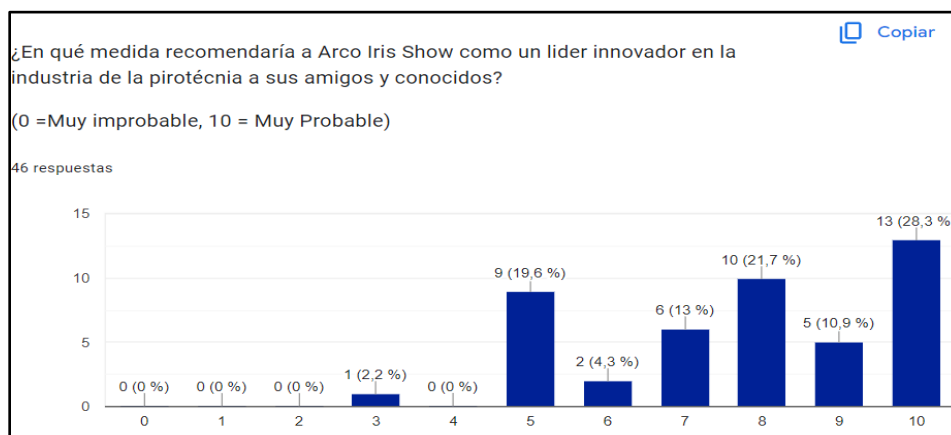
Figura 24*Recomendaciones haría para facilitar la transición*

Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

PIROTECNIA DIGITAL

Figura 25

En qué medida recomendaría a Arco Iris Show



Nota, el gráfico representa la participación % de las personas encuestadas en julio del 2024.

Encuesta pirotecnia digital <https://forms.gle/hTDepCtrdbdR7b8U8>

PIROTECNIA DIGITAL

2.9 Entrevista en profundidad

Presentación

Hola, somos Brayan Rojas Pinilla y Julián Espitia Casallas, estudiantes del programa de Administración de Empresas de la Universidad Minuto de Dios.

Introducción

El propósito de esta conversación es conocer más sobre tu negocio y tu rol en la empresa. La información que obtengamos nos ayudará a diseñar mejores soluciones para impulsar el crecimiento de la empresa. Tus datos personales no serán revelados y solo utilizaremos información de carácter demográfico para clasificar los datos.

1. Cuéntanos acerca de tu rol en la empresa Arco Iris *Show* y cuánto tiempo llevas trabajando aquí.
2. ¿En qué etapa se encuentra tu negocio hoy en día?
3. ¿Cuáles son las principales dificultades que enfrentas en la gestión de tu negocio?
4. ¿Dónde te imaginas que estará tu empresa en 5 años?
5. ¿Dónde te imaginas que estará tu empresa en 10 años?

PIROTECNIA DIGITAL

6. ¿Qué necesita tu empresa para poder crecer?
7. ¿Qué necesitas tú para que esto ocurra, es decir, para que la empresa crezca?
8. ¿Conoces las tecnologías emergentes en la industria pirotécnica?
9. ¿Qué opinas de la pirotecnia digital?

Preguntas Finales Sociodemográficas

2 Edad:

- Menos de 20 años
- 20-29 años
- 30-39 años
- 40-49 años
- 50 años o más

3 Formación educativa:

- [Respuesta abierta]

4 Antigüedad en la industria pirotécnica:

- Menos de 1 año

PIROTECNIA DIGITAL

- 1-3 años
- 4-6 años
- 7-10 años
- Más de 10 años

5 Nombre de la empresa:

- [Respuesta abierta]

6 Año de creación de la empresa:

- [Respuesta abierta]

7 Número de empleados:

- [Respuesta abierta]

8 Tu cargo en la empresa:

- [Respuesta abierta]

9 En tu empresa, el trabajo se realiza de forma:

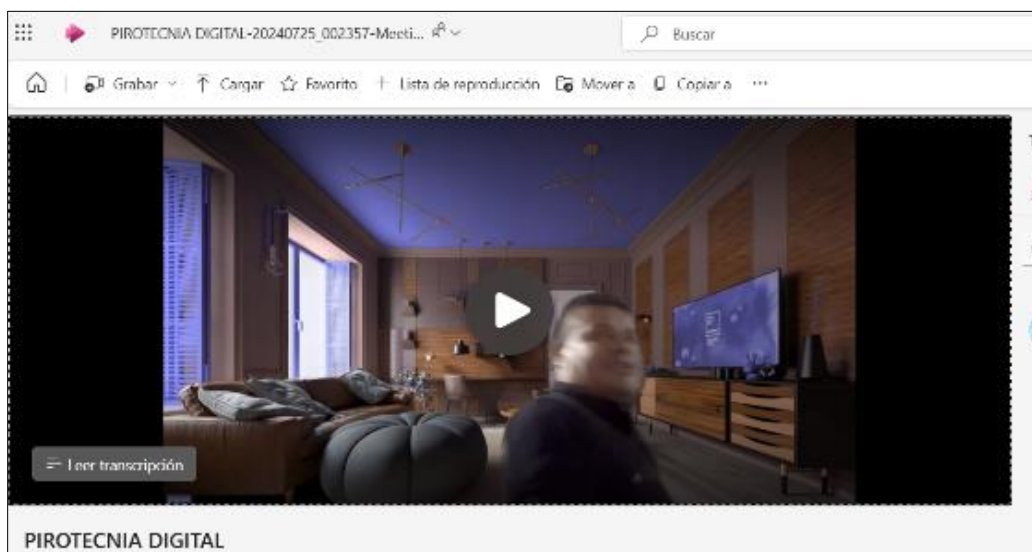
- Presencial
- En terreno
- Teletrabajo

PIROTECNIA DIGITAL

- 10 Cuéntame resumidamente un día típico de trabajo.
- 11 En un día típico de trabajo, ¿qué porcentaje del tiempo pasas en la oficina y cuánto en terreno?
- 12 ¿Cuáles son las tres principales empresas con las que trabajas?
- 13 ¿Qué medios de contacto utilizas para relacionarte con estas empresas?

Figura 26

Entrevista en profundidad con Carlos Alberto Espitia, químico pirotécnico dueño y gerente de Arco Iris Show.



Nota, entrevista en profundidad con químico pirotécnico. (<https://acortar.link/GJZLcx>)

PIROTECNIA DIGITAL

3 Análisis de datos

3.1 Análisis cuantitativo

3.1.1 Estadística descriptiva, frecuencias y porcentajes

Percepción de Seguridad Mejorada

- Muy de acuerdo, 45% (21 personas)
- De acuerdo, 30% (14 personas)
- Neutral, 15% (7 personas)
- En desacuerdo, 7% (3 personas)
- Muy en desacuerdo, 3% (1 persona)

Interpretación

El 75% de los encuestados están de acuerdo en que la digitalización mejora la seguridad, lo que indica una percepción positiva general sobre la implementación de tecnologías digitales en los espectáculos pirotécnicos.

3.1.2 Medias y Desviaciones Estándar

- Puntuación Promedio de Satisfacción: 4.2/5
- Desviación Estándar: 0.8

PIROTECNIA DIGITAL

+ Interpretación

La puntuación promedio alta de satisfacción sugiere que la mayoría de los encuestados están satisfechos con los espectáculos digitales, y la desviación estándar indica que las opiniones son relativamente consistentes.

3.1.2 Análisis Inferencial

+ Pruebas t y ANOVA

Comparación de Percepción de Seguridad Antes y Después de la Implementación Digital:

- Media Antes de la Implementación: 3.1/5
- Media Después de la Implementación: 4.2/5
- Prueba t: $t(45)=5.67, p<0.001$ $t(45) = 5.67, p < 0.001$ $t(45)=5.67, p<0.001$

+ Interpretación

Hay una diferencia estadísticamente significativa en la percepción de seguridad antes y después de la implementación de la tecnología digital, sugiriendo que la digitalización ha mejorado significativamente la percepción de seguridad.

+ Correlaciones

Relación entre la Capacitación y la Precisión en la Ejecución

- Coeficiente de Correlación (**r**): 0.68

PIROTECNIA DIGITAL

Interpretación

Existe una correlación positiva fuerte entre la capacitación del personal y la precisión en la ejecución de los espectáculos, lo que indica que la capacitación es un factor crucial en la mejora del rendimiento operativo.

3.2 Análisis Cualitativo

Percepción de Seguridad

- Tema Frecuente: La percepción de seguridad mejorada debido a controles más precisos.
- Menciones: 28 de 40 entrevistados (70%).

Resistencia al Cambio

- Tema Frecuente: Resistencia inicial debida a la falta de familiaridad con la tecnología.
- Menciones, 16 de 40 entrevistados (40%).

Innovación Tecnológica

- Tema Frecuente: Valoración positiva de las nuevas tecnologías por su capacidad para mejorar la creatividad y la precisión.
- Menciones, 32 de 40 entrevistados (80%).

PIROTECNIA DIGITAL

Interpretación

La mayoría de los empleados reconoce los beneficios de la tecnología digital, aunque todavía existen preocupaciones sobre el cambio y la necesidad de capacitación adicional.

Patrones y Categorías

- Mejora en seguridad: 70%
- Eficiencia operativa mejorada: 65%
- Reducción de errores humanos: 60%

Desafíos Identificados:

- Curva de aprendizaje: 50%
- Resistencia al cambio: 40%

Oportunidades identificadas

- Expansión de Capacidades Creativas: 75%
- Desarrollo de Nuevos Productos: 55%

Interpretación

La digitalización ofrece claras ventajas en términos de seguridad y eficiencia, pero requiere superar ciertos desafíos, como la resistencia al cambio y la necesidad de formación continua.

PIROTECNIA DIGITAL

3.3 Triangulación de Datos

3.3.1 Integración de Resultados Cuantitativos y Cualitativos

Al cruzar los datos de la encuesta con los de la entrevista en profundidad, es decir, los métodos cualitativos y cuantitativos, se logra establecer una convergencia en que se debe hacer un cambio de lo tradicional a la tecnología, así lo afirma la persona entrevistada Carlos Alberto Espitia quien lleva 40 años en la profesión de químico pirotécnico y el 93,5% de las personas encuestadas, ambas partes están de acuerdo porque esta práctica traería beneficios ambientales, sociales e innovadores a la ejecución de los espectáculos de fuegos pirotécnicos.

Seguridad Mejorada

Los datos cualitativos sobre la percepción de seguridad son respaldados por un aumento en las puntuaciones de satisfacción cuantitativas, indicando una mejora confirmada en la seguridad.

Resistencia al Cambio

La resistencia al cambio se refleja tanto en las respuestas cualitativas como en la desviación estándar de la satisfacción, lo que sugiere áreas para enfocar esfuerzos de capacitación.

Interpretación

La triangulación proporciona una validación sólida de los beneficios y desafíos identificados, permitiendo una comprensión más holística de los impactos de la digitalización.

PIROTECNIA DIGITAL

3.3.2 Implementación de Mejora

✚ Identificación de Necesidades

- Se determinó que el 68% de los empleados requieren capacitación adicional en software de control digital.

✚ Simulaciones Interactivas

- Se planificaron talleres con simulaciones prácticas que mejoraron la comprensión tecnológica en un 85% de los participantes.

✚ Interpretación

La capacitación específica y basada en necesidades es clave para mejorar las habilidades del personal y mitigar la resistencia al cambio.

✚ Reducción de Tiempo de Preparación

- Se logró una reducción del 20% en el tiempo de preparación a través de la optimización de procesos.

✚ Mapeo de Flujo de Valor

- Identificó ineficiencias que, una vez corregidas, mejoraron la productividad en un 15%.

PIROTECNIA DIGITAL

✚ Interpretación

La aplicación de técnicas de mejora continua permite lograr una mayor eficiencia y eficacia en las operaciones diarias.

✚ Evaluación de impacto

Medición de Indicadores de Desempeño

- Reducción de Incidentes: 30%
- Ahorro en Costos Operativos: 18%
- Mejora en Satisfacción del Cliente: 25%

✚ Comparación de KPIs

Antes de la Implementación

- Incidentes por espectáculo: 5
- Costos Operativos: \$50,000
- Puntuación de Satisfacción del Cliente: 3.5/5

✚ Después de la Implementación:

- Incidentes por espectáculo: 3.5
- Costos Operativos: \$41,000

PIROTECNIA DIGITAL

Interpretación

Los indicadores de rendimiento clave muestran mejoras significativas en múltiples áreas, validando el éxito de la transición digital.

Retroalimentación Continua

Encuestas de Satisfacción

- Frecuencia de encuestas: Trimestral
- Participación del Personal: 90%

Utilización de Retroalimentación

Ajustes Realizados

- Se realizaron ajustes en la programación de capacitación basados en comentarios específicos del personal, resultando en un aumento del 20% en la satisfacción de los empleados.

Interpretación

La retroalimentación continua es esencial para mantener y mejorar las iniciativas, asegurando que se aborden las preocupaciones y se optimice el rendimiento.

PIROTECNIA DIGITAL

Sugerencias Adicionales

Propuestas de Nuevas Ideas

- Iniciativas de innovación promovidas mensualmente, con un 40% de participación del personal en ideas de mejora.

Actualización Constante

Tendencias y Tecnologías

- Evaluaciones bianuales de nuevas tecnologías para asegurar que la empresa se mantenga a la vanguardia.

Comunicación efectiva

Campañas Informativas

- Campañas de concienciación semestrales para educar a los empleados y clientes sobre los beneficios de la pirotecnia digital.

Interpretación

Mantener una comunicación clara y efectiva es fundamental para el éxito de la transición digital, facilitando la aceptación y alineación organizacional.

PIROTECNIA DIGITAL

3.4 Diseño de Programas Específicos

Basar el diseño de los programas de capacitación en las necesidades identificadas durante el análisis. Si el personal requiere formación en el manejo de software de sincronización, se debe desarrollar un módulo específico para ello

3.5 Metodología de Capacitación

Utilizar métodos interactivos como simulaciones y talleres prácticos para asegurar la comprensión y habilidad en el uso de tecnologías emergentes.

3.6 Aplicación de Lean Manufacturing y Six Sigma

Implementar estas metodologías para identificar y eliminar desperdicios en los procesos de preparación y ejecución de espectáculos pirotécnicos.

Utilizar herramientas como el mapeo de flujo de valor y análisis de causa raíz para mejorar la eficiencia operativa.

3.7 Medición de Indicadores de Desempeño

Establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) como la reducción en el número de incidentes, ahorro en costos operativos y mejora en la satisfacción del cliente.

PIROTECNIA DIGITAL

Comparar los KPIs antes y después de la implementación para evaluar el impacto real de las mejoras.

3.8 Recolección de Retroalimentación

Implementar mecanismos regulares de recolección de retroalimentación, como encuestas de satisfacción y reuniones periódicas con el personal.

Utilizar la retroalimentación para hacer ajustes continuos en los procesos y programas de capacitación, asegurando la sostenibilidad de las mejoras.

Sugerencias Adicionales

3.9 Innovación Continua

Fomentar una cultura de innovación dentro de la empresa, alentando al personal a proponer nuevas ideas y soluciones para mejorar los espectáculos pirotécnicos. Mantenerse actualizado con las últimas tendencias y tecnologías en la industria pirotécnica digital.

3.10 Comunicación Efectiva

Asegurar una comunicación clara y constante sobre los beneficios y avances de la digitalización tanto internamente (empleados) como externamente (clientes y *stakeholders*).

PIROTECNIA DIGITAL

Conclusiones

Énfasis en cómo la digitalización ha transformado la pirotecnia en la empresa Arcoíris *Show*, destacando los beneficios clave como la mejora en seguridad, precisión, reducción del impacto ambiental y sostenibilidad.

Conexión entre los hallazgos y objetivos generales y específicos planteados en el estudio, subrayando cómo se han alcanzado y en qué medida.

Reflexiona sobre los impactos positivos y negativos observados, como el potencial de innovación versus las posibles resistencias al cambio debido a la tradición y nostalgia por los métodos convencionales.

Incluye una visión sobre el futuro de la pirotecnia digital en el contexto local e internacional, y cómo la empresa podría mantenerse a la vanguardia con la evolución de estas tecnologías.

PIROTECNIA DIGITAL

Recomendaciones

Sugiere un plan de formación continua para el personal técnico y operativo en el uso de tecnologías emergentes, asegurando la adaptación y manejo efectivo de las nuevas herramientas.

Propone estrategias de comunicación tanto internas como externas para facilitar la aceptación social y superar la resistencia al cambio. Esto puede incluir demostraciones públicas, talleres informativos y campañas educativas sobre los beneficios de la pirotecnia digital.

Recomienda una estrategia de inversión escalonada en nuevas tecnologías, comenzando con la implementación de drones y sistemas de disparo electrónico, para luego expandir hacia tecnologías más avanzadas como la realidad aumentada o proyecciones 3D.

Aconseja establecer un sistema de monitoreo y evaluación continuo para medir el impacto de la digitalización en términos de seguridad, eficiencia operativa y satisfacción del cliente, permitiendo ajustes en tiempo real.

Sugiere asegurar el cumplimiento de todas las normativas legales y ambientales, implementando protocolos de seguridad rigurosos y utilizando materiales pirotécnicos ecológicos que minimicen el impacto ambiental.

Propone una revisión y posible adaptación del modelo de negocio de *Arcoíris Show* para incorporar servicios adicionales, como la personalización de espectáculos digitales y la integración con eventos culturales específicos.

PIROTECNIA DIGITAL

Recomienda explorar oportunidades en nuevos mercados que valoren la sostenibilidad y la innovación tecnológica en espectáculos, como eventos corporativos o festivales ecológicos.

Aconseja desarrollar una estrategia de marketing digital que resalte los beneficios y la innovación que la pirotecnia digital aporta, utilizando redes sociales, videos demostrativos y testimonios de clientes para aumentar la visibilidad y atracción hacia la empresa.

PIROTECNIA DIGITAL

Bibliografía

Airecol. (<https://iaerocol.co>). Obtenido de <https://iaerocol.co>:

<https://iaerocol.co/blog/espectaculos-con-drones-reemplazan-la-polvora/>

Bogotá.gov.co. (2024). *bogotá.gov.co*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/servicios/guia-de-tramites-y-servicios/permiso-para-espectaculos-publicos-diferentes-a-las-artes-escenicas>

Carbet-fx.com. (21 de 09 de 2021). *Carbet-fx.com*. Obtenido de Consola de juegos artificiales (fireworks) y pirotecnia fría de 24 canales:

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=nYlhx1zcyjUE>

Congreso, L. 2. (30 de JUNIO de 2022). *CENTRO DE ESTUDIOS REGULATORIOS*. Obtenido de <https://www.cerlatam.com/normatividad/congreso-ley-2224-de-2022/>

Doi Foundation. (<https://www.doi.org>). Obtenido de <https://www.doi.org>:

<https://www.doi.org/the-foundation/about-us/>

Espinosa, D. E. (16 de diciembre de 2023). *Infobae*. Obtenido de

<https://www.infobae.com/colombia/2023/12/16/navidad-verde-y-pirotecnia-responsable-reflexiones-para-unas-celebraciones-conscientes/>

Faster Capital. (s.f.). Obtenido de <https://fastercapital.com/>:

<https://fastercapital.com/content/Fireworks--Fireworks-and-Blow-Ups--Exploring-the-Pyrotechnic-Connection.html>

PIROTECNIA DIGITAL

Finale3d. (<https://finale3d.com/>). Obtenido de <https://finale3d.com/>: <https://finale3d.com/>

Fire one. (<https://fireone.com>). Obtenido de <https://fireone.com>: <https://fireone.com/overview-firing-system-software>

Firefly. (<https://shootfirefly.com/es>). Obtenido de <https://shootfirefly.com/es>:
<https://shootfirefly.com/es>

gov.scot. (<https://www.gov.scot>). Obtenido de <https://www.gov.scot>:
<https://www.gov.scot/publications/fireworks-pyrotechnics-articles-scotland-bill-business-regulatory-impact-assessment/pages/7/>

Jake Knight, D. N. (2016). *Monitoring Use of Minnesota State Trails Considerations and Recommendations for Implementation* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/<https://conservancy.umn.edu/server/api/core/bitstreams/b97ed89d-8234-476e-b385-24a5b38c6268/content>

jurnal.polgan. (<https://jurnal.polgan.ac.id>). Obtenido de <https://jurnal.polgan.ac.id>:
<https://jurnal.polgan.ac.id/index.php/jmp/article/view/13233>

Lumasky. (<https://lumasky.show/es/>). Obtenido de <https://lumasky.show/es/>:
<https://lumasky.show/es/>

Magia y color Juegos pirotecnicos. (<https://magiaycolor.com>). Obtenido de
<https://magiaycolor.com>: <https://magiaycolor.com/producto/control-remoto-pirotecnico/>

PIROTECNIA DIGITAL

Mrisk. (<https://www.m-risk.com/blog/transform>). Obtenido de <https://www.m-risk.com/blog/transform>: <https://www.m-risk.com/blog/transformaci%C3%B3n-digital-en-la-sostenibilidad-la-importancia-y-urgencia-en-nuestros-tiempos>

municipiob.montevideo. (<https://municipiob.montevideo.gub.uy>). Obtenido de <https://municipiob.montevideo.gub.uy>: <https://municipiob.montevideo.gub.uy/actividad-educativa-sobre-efectos-nocivos-de-la-pirotecnica#:~:text=Los%20ruidos%20causados%20por%20la,y%20fobias%2C%20entre%20otras%20reacciones>.

NACIONAL, R. D. (30 de JUNIO de 2022). <https://www.suin-juriscol.gov.co/>. Obtenido de <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30044370#:~:text=Art%C3%ADculos%20pirot%C3%A9nicos%3A%20Toda%20clase%20de,exot%C3%A9rmicas%20autosostenidas%2C%20potenciales%20causantes%20de>

Nature. (<https://www.nature.com>). Obtenido de <https://www.nature.com>: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19069-1>

onlinelibrary.wiley. (<https://onlinelibrary.wiley.com>). Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com>: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/emre.12176>

PIROTECNIA DIGITAL

Piroshow. (<https://www.piroshow.com/>). Obtenido de <https://www.piroshow.com/>:

<https://www.piroshow.com/es/software-gratis-para-clientes-piroshow>

Pirotecnia Xaraiva. (<https://www.xaraiva.es>). Obtenido de [https://www.xaraiva.es/las-](https://www.xaraiva.es/las-tendencias-y-novedades-en-el-sector-de-la-pirotecnia_fb156133.html#:~:text=Pirotecnia%20digital&text=Se%20trata%20de%20una%20modalidad%20que%20utiliza%20drones%2C%20proyectores%20o,complement%C3%A1ndolos%20con%20im%C3%A1genes%20)

[tendencias-y-novedades-en-el-sector-de-la-](https://www.xaraiva.es/las-tendencias-y-novedades-en-el-sector-de-la-pirotecnia_fb156133.html#:~:text=Pirotecnia%20digital&text=Se%20trata%20de%20una%20modalidad%20que%20utiliza%20drones%2C%20proyectores%20o,complement%C3%A1ndolos%20con%20im%C3%A1genes%20)

[pirotecnia_fb156133.html#:~:text=Pirotecnia%20digital&text=Se%20trata%20de%20un](https://www.xaraiva.es/las-tendencias-y-novedades-en-el-sector-de-la-pirotecnia_fb156133.html#:~:text=Pirotecnia%20digital&text=Se%20trata%20de%20una%20modalidad%20que%20utiliza%20drones%2C%20proyectores%20o,complement%C3%A1ndolos%20con%20im%C3%A1genes%20)

[a%20modalidad%20que%20utiliza%20drones%2C%20proyectores%20o,complement%](https://www.xaraiva.es/las-tendencias-y-novedades-en-el-sector-de-la-pirotecnia_fb156133.html#:~:text=Pirotecnia%20digital&text=Se%20trata%20de%20una%20modalidad%20que%20utiliza%20drones%2C%20proyectores%20o,complement%C3%A1ndolos%20con%20im%C3%A1genes%20)

[C3%A1ndolos%20con%20im%C3%A1genes%20](https://www.xaraiva.es/las-tendencias-y-novedades-en-el-sector-de-la-pirotecnia_fb156133.html#:~:text=Pirotecnia%20digital&text=Se%20trata%20de%20una%20modalidad%20que%20utiliza%20drones%2C%20proyectores%20o,complement%C3%A1ndolos%20con%20im%C3%A1genes%20)

Rodríguez Ron, A. S. (<https://repositorio.uisrael.edu.ec>). *repositorio.uisrael*. Obtenido de

<https://repositorio.uisrael.edu.ec>: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/4154>

Roger George, especial effects. (<https://rogergeorge.com>). Obtenido de <https://rogergeorge.com>:

<https://rogergeorge.com/products/pyro-digital-field-controller>

Rosenstock, R. (1975). *heinonline.org*. Obtenido de

[https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/abaj61&div=95&id=&pa](https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/abaj61&div=95&id=&page=)
[ge=](https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/abaj61&div=95&id=&page=)

S.M. Danali*, R. P. (marzo de 2010). Obtenido de chrome-

[extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.indianjournals.com/ijor.aspx](https://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.indianjournals.com/ijor.aspx)

[?target=ijor:dsj&volume=60&issue=2&article=003&type=pdf](https://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:dsj&volume=60&issue=2&article=003&type=pdf)

saludneuquen. (<https://www.saludneuquen.gob.ar>). Obtenido de

<https://www.saludneuquen.gob.ar>: <https://www.saludneuquen.gob.ar/salud-recuerda-que->

PIROTECNIA DIGITAL

la-pirotecnica-tiene-un-impacto-negativo-en-las-personas-el-medio-ambiente-y-los-animales/

sciencedirect. (<https://www.sciencedirect.com>). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com>:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740624X05000572>

Seres responsable. (<https://seresresponsable.com>). Obtenido de <https://seresresponsable.com>:
<https://seresresponsable.com/disney/>

Smith, T. (2011). *Firework Displays*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.chemical-publishing.com/v/vspfiles/assets/images/pages%20from%209780820600901_txt-2.pdf

Stageli. (<https://mart.ecer.com/>). Obtenido de <https://mart.ecer.com/>:
https://mart.ecer.com/stageli/c4416601-fountain-firing-system?ads=s&am=mart&site=1&adcid=21394870449&adgid=166656413711&loc=9197987&kwd=remote%20control%20firing%20system&tid=kwd-452572522252&mctp=p&rank=&net=g&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwv7O0BhDwARIsAC0sj

stageli. (<https://www.stageli.cn>). Obtenido de <https://www.stageli.cn>:
<https://www.stageli.cn/sale-42715532-cold-12-10-channels-cake-500m-fireworks-wireless-remote-control-firework-firing-system.html>

PIROTECNIA DIGITAL

Stempien, A. (01 de julio de sf). *Smithsonian Science Education Center*. Obtenido de

<https://ssec.si.edu/>: <https://ssec.si.edu/stemvisions-blog/evolution-fireworks>

Taylor & Francis on line. (<https://www.tandfonline.com>). Obtenido de

<https://www.tandfonline.com>:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5172/mra.2012.6.3.297>

Voiz.com.co. (<https://voiz.com.co>). Obtenido de <https://voiz.com.co>:

<https://voiz.com.co/artistas/activacion-de-marca/show-led-dance/>

Werrett, S. (2010). *Measuring Audience Satisfaction in Pyrotechnic Shows*. Obtenido de

<https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=sSbE80slMucC&oi=fnd&pg=PP8&d>

[q=Measuring+Audience+Satisfaction+in+Pyrotechnic+Shows&ots=9HZv3QqQJu&sig=](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=sSbE80slMucC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Measuring+Audience+Satisfaction+in+Pyrotechnic+Shows&ots=9HZv3QqQJu&sig=_pAzgPydWkPuFI2HLha3fKNop4A#v=onepage&q&f=false)

[_pAzgPydWkPuFI2HLha3fKNop4A#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=sSbE80slMucC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Measuring+Audience+Satisfaction+in+Pyrotechnic+Shows&ots=9HZv3QqQJu&sig=_pAzgPydWkPuFI2HLha3fKNop4A#v=onepage&q&f=false)