



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES (EMPRESAS E  
INSTITUCIONES DE PRODUCCION Y DE SERVICIOS).  
CALIDAD EN EL MANEJO SEGURO DE EXPLOSIVOS CON  
FINES PIROTECNICOS”.

TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
HUMBERTO RAFAEL ROJAS VILLEGAS

ASESOR: ING. JUAN RAFAEL GARIBAY BERMUDEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2005

m.340494



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

"Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones de Producción y de Servicios). Calidad en el Manejo Seguro de Explosivos con Fines Pirotécnicos".

que presenta el pasante: Humberto Rafael Rojas Villegas,  
con número de cuenta: 9452120-9 para obtener el Título de:  
Ingeniero Químico.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 06 de Marzo de 2001

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
IV	Ing. Juan de la Cruz Hernandez Zamudio	
II	Ing. Juan Rafael Caribay Bermúdez	
III	Dr. Armando Aguilar Márquez	

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS

POR HABERME GUIADO POR ESTE CAMINO Y PERMITIRME ALCANZAR UNA META MÁS.

A MIS PADRES

POR BRINDARME SU APOYO, PREOCUPARSE POR MÍ Y DAR SU MEJOR ESFUERZO PARA DARME TODO LO QUE ESTA EN ELLOS.

A LA UNAM

POR DARME LA OPORTUNIDAD DE FORMAR PARTE DE ELLA, POR TODO LO QUE APRENDÍ ESTANDO EN ELLA. ORGULLOSAMENTE PORTARE LA CAMISETA "PUMA".

A MARISOL

POR SU APOYO INCONDICIONAL Y MOTIVACIÓN PARA SEGUIR ADELANTE.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

POR COMPARTIR MOMENTOS INOLVIDABLES DURANTE LA CARRERA.  
EN ESPECIAL:

SOFÍA, LADY RUBÍ, MIGUEL ÁNGEL, PAULINO RAFAEL Y DANIEL ENRIQUE.

A LA PIROTECNIA

YA QUE ESTA ACTIVIDAD ME HA PERMITIDO ALCANZAR UNA  
SUPERACIÓN PERSONAL.



GRACIAS



# ÍNDICE

PAGINA

OBJETIVOS-----	1
INTRODUCCIÓN-----	2
1. HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS (POLVORA)	
1.1 Historia en el mundo-----	4
1.2 Historia en México-----	11
2. MANUFACTURA DE LOS PRODUCTOS PIROTECNICOS	
2.1 Clasificación-----	13
2.1.1 Castillos	
2.1.2 Juguetería	
2.2 Ingredientes-----	15
2.2.1 Oxidantes	
2.2.2 Combustibles	
2.2.3 Reforzadores de color	
2.2.4 Retardadores	
2.2.5 Aglutinantes	
2.2.6 Impermeabilizantes	
2.3 Operaciones de elaboración-----	17
2.3.1 Hechura de tubo	
2.3.2 Pintado	
2.3.3 Cortado	
2.3.4 Molido	
2.3.5 Pesado	
2.3.6 Mezclado	
2.3.7 Mojado	
2.3.8 Cargado	
2.3.9 Empolvorado	
2.3.10 Punteado	
2.3.11 Taqueado	
2.3.12 Amarrado	
2.3.13 Clavado	
2.3.14 Bañado	
2.3.15 Empapelado	
2.3.16 Hechura de mecha	
2.3.17 Enmechado	
2.3.18 Menudeado	
2.3.19 Hechura de pastas	
2.3.20 Llenado	
2.3.21 Trazado de figuras	
2.3.22 Armado de figuras	
2.3.23 Armado de castillos	
2.3.24 Empacado	

<b>3. EXPLOSIVOS</b>	
3.1 Definición-----	28
3.2 Clasificación-----	28
3.3 Teoría de las detonaciones-----	30
3.4 Iniciación y mecanismo de las detonaciones-----	31
3.5 Inflamabilidad relativa-----	34
3.6 Efecto de la concentración-----	35
3.7 Efecto del tamaño de partícula-----	35
3.8 Ensayos de los explosivos-----	36
3.8.1 Sensibilidad	
3.8.2 Potencia rompedora	
3.8.3 Estabilidad	
3.9 Elementos para el manejo de riesgos-----	38
3.10 Riesgos comunes de incendio-----	38
3.10.1 Fósforos y fumar	
3.10.2 Llamas descubiertas	
3.10.3 Alambres y aparatos eléctricos	
3.10.4 Electricidad estática	
3.10.5 Rayos	
3.10.6 Rozamiento	
3.11 Materiales peligrosos-----	40
3.11.1 Sustancias químicas	
3.11.2 Nitratos	
3.11.3 Metales	
3.11.4 Elementos no metálicos	
3.11.5 Cloratos	
3.11.6 Polvo	
3.11.7 Materiales susceptibles de calentamiento espontáneo	
3.12 Posibles riesgos causados por los materiales-----	43
3.13 Sistema de clasificación de seguridad para sustancias químicas-----	46
3.14 Toxicidad de algunos materiales-----	48
 <b>4. NORMAS OFICIALES EN EL MANEJO DE EXPLOSIVOS</b>	
4.1 Disposiciones generales-----	50
4.2 De la fabricación-----	50
4.3 De la compraventa-----	52
4.4 Del transporte-----	54
4.5 Del almacenamiento-----	55
4.6 Del control y vigilancia-----	57



5. PROPUESTAS DE MEJORA	
5.1 Para la seguridad-----	60
5.1.1 De la construcción	
5.1.2 De la información	
5.1.3 De la organización	
5.1.4 De la producción	
5.1.5 De las maquinas y herramientas	
5.1.6 De la indumentaria	
5.1.7 Otras	
5.2 Para la calidad-----	68
CONCLUSIONES-----	70
ANEXOS-----	73
Tabla 1. Seguridad por compatibilidad de materiales empacados o envasados	
Tabla 2. Seguridad por distancia cantidad. (Materiales debidamente empacados o envasados)	
BIBLIOGRAFÍA-----	75

## OBJETIVOS

- Elaborar un documento de consulta, que contribuya a aumentar la seguridad de las personas que producen artículos pirotécnicos, y elevar la calidad de los productos.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- Obtener el título de Ingeniero Químico por medio del presente trabajo de Seminario: “Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones de Producción y de Servicios). Calidad en el Manejo Seguro de Explosivos con Fines Pirotécnicos”.

## INTRODUCCION

El invento de la pólvora se atribuye a los chinos desde hace muchos siglos, sin embargo, se tienen referencias escritas por los griegos del uso de esta, de donde proviene la palabra pirotecnia, la cual en griego significa el arte del fuego.

La pólvora tuvo gran desarrollo a partir de las revoluciones y guerras, ya que esta fue usada como propulsora de armas y las composiciones pirotécnicas como parte fundamental para definir las estrategias de ataque.

Posteriormente fue desplazada por explosivos de alto impacto para fines industriales encaminados a demoliciones, sin embargo, los fuegos artificiales se modificaron con la adición de clorato de potasio, polvo de aluminio y otros ingredientes para dar efectos coloridos. Hoy en día, se ha convertido en una tradición, la cual se ha acrecentado y a la fecha los productos pirotécnicos se queman en toda la República Mexicana y en muchos países del mundo.

En México la elaboración es manual en la mayoría de los casos, aunque ya se han desarrollado algunas máquinas que ayudan en la producción de artículos pirotécnicos. En otros países se ha logrado un mayor desarrollo, donde las operaciones en su mayoría se realizan en máquinas, ya que se cuentan con industrias dedicadas a la manufactura de productos pirotécnicos, haciendo uso de la tecnología de punta, para el diseño, encendido por corto circuito y control por computadora.

Los explosivos manejados en pirotecnia están dentro del grupo de bajo poder, pero han ocurrido accidentes que han causado muertes y pérdidas materiales muy considerables, por lo que su manejo requiere mucha precaución.

Aun cuando se cumple con el Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos expedido por la Secretaría de la Defensa Nacional, la seguridad de los pirotécnicos depende de otros factores, los cuales se mencionan tratando de disminuir el riesgo de incendios y explosiones.

De ahí se tienen las propuestas de mejora, esperando que con estas se tenga un manejo seguro de los explosivos pirotécnicos y al mismo tiempo un aumento en la calidad de los artículos, siempre y cuando se lleven a cabo y que las personas tomen una actitud positiva, ya que esto es en beneficio de la pirotecnia a nivel mundial.

Muchos Químicos e Ingenieros Químicos tienden a enfocar el tema de los explosivos y los propulsores partiendo de la observación de los efectos causados por su empleo final, que con frecuencia son espectaculares y dramáticos. La manufactura de los productos pirotécnicos es un campo creciente y en constante cambio que necesita mucho de profesionales innovadores.

## 1. HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS (POLVORA)

### 1.1 Historia en el mundo

La pólvora es la mezcla que se hace por lo común de salitre, azufre y carbón, que a cierto grado de calor se inflama, desprendiendo bruscamente gran cantidad de gases. Se emplea casi siempre en granos, y es el principal agente de la pirotecnia.

La pólvora también podría definirse como una mezcla explosiva cuyos componentes son inertes, aunque esta definición sólo sería válida para la tradicional pólvora negra.

La tendencia del hombre por dominar el fuego, es asunto prehistórico y su uso en actos rituales y en diversiones, también es práctica antigua.

El fuego griego, mezcla de azufre, carbón, resina, alcanfor, y otras sustancias combustibles, fundidas con nitrato potásico, fue un producto pirotécnico utilizado en el siglo VII como agente incendiario. Durante 400 años los griegos guardaron celosamente el secreto de su preparación.

Esta tradicional mezcla de carbón, azufre y nitrato de potasio o salitre, en proporción 1-1-6 (12.5%, 12.5%, 75%), que durante casi seiscientos años dominó en los campos de batalla.

Su origen sigue siendo desconocido, aunque parece haber sido invención de los chinos, los cuales la usaban en sus ritos y celebraciones, en tiempos coincidentes con la baja Edad Media europea, e introducida en Occidente como arma de guerra, por los árabes.

Estos la utilizaron posiblemente en el sitio de Castilla a Niebla, de la provincia de Huelva en Andalucía (1257); aunque parece que fueron los moros los que la introdujeron en la península, en los reinos andaluces y en los de Murcia y Valencia, en donde hicieron renacer los fuegos artificiales en todas las fiestas, pero es en el de Algeciras, en 1342, cuando consta documentalmente su uso por las huestes de Alfonso XI. Carlos I hizo que se redactará una ordenanza que regulaba la pirotecnia como arte y oficio distinto al de los artilleros, que por cerca de tres siglos habían mantenido su control. En este siglo afirma George Foster la quema de los fuegos artificiales es una práctica como otras actividades seculares que forma parte de las fiestas religiosas. La pirotecnia española ha ganado tres veces en la competencia celebrada en Cannes, Francia.

Diversos manuscritos de Marco Greco, Alberto Magno, Roger Bacon y otros, hablan ya de la pólvora con diversas proporciones de sus componentes, lo que permite creer que la propiedad explosiva de la mixtura era un conocimiento muy difundido, aunque hasta el siglo XIII no se materializasen las primeras armas de fuego.

En el mundo secular no sujeto a Roma, las celebraciones con pirotecnia se ligaron a los fastos nacionales, a las conmemoraciones y al espectáculo.

En ellas, algunas veces, el intelecto dio su aportación, como para la fastuosa celebración de Paz de Aquisgrán, Alemania, que tuvo como escenario el río Támesis, para lo que compuso Handel su suite de fondo para los fuegos artificiales.

Hasta el final del siglo XVI se usó en forma de un polvo fino; pero debido a las dificultades con que se tropezaba para cargar por la boca la pólvora de esta forma, se resolvió granularla en pequeños granos que corrieran fácilmente y que permitieran, hasta cierto punto, regular la velocidad de combustión.

Un poco más tarde, se introduce como manifestación de júbilo al ejecutar grandes quemas de pólvora al finalizar algún conflicto bélico. Desde entonces la pirotecnia ocupa un lugar en la vida de los hombres en toda sociedad, el de homenajear ocasiones especiales.

En Europa, se reconocen hacia principios del siglo XVII dos escuelas en este campo. La primera de ellas, al norte del continente, cuyo centro de desarrollo se localiza en la ciudad de Nüremberg; la otra en Italia, representada por los hermanos Ruggieri, que en Bologna, tienen sus actividades. Aunque la primera participa activamente en los progresos de la pirotecnia en Europa, los hermanos boloñeses muestran marcadas ventajas sobre aquella, ya que su creatividad y efectos artísticos producen mayor impacto visual sobre el público.

En este siglo quedaron registradas grandiosas festividades en las que el complemento fue la exhibición de figuras movidas por fuego, así como el uso de luces de colores, después en muchas ciudades se usó con motivo de coronaciones, bodas reales, visitas de reyes y celebraciones de paz.

En el siglo XVIII, el cuerpo de artillería de Francia, adquirió gran destreza en la manufactura de productos pirotécnicos. Una festividad famosa fue la boda de Napoleón con María Luisa.

A partir de la fundación del Service de Poudres et Salpêtres, por Napoleón, la tecnología de la pólvora se perfeccionó y se obtuvieron productos convenientemente normalizados.

El muy conocido verso de la Star Spangled Banner “y el rojo resplandor de los cohetes”, hace referencia al empleo de los cohetes en la guerra de 1812.

En los Estados Unidos, informes fechados en 1849 describen instrumentos pirotécnicos de varias clases que entraban en los pertrechos generales de guerra. Aparece en el ejército el rango de pirotécnico de Infantería, cuya función es la de proveer cohetes para señales y compuestos incendiarios.

Los cohetes de guerra, que contenían composiciones pirotécnicas, fueron empleados por los ingleses durante la guerra revolucionaria contra las tropas americanas y por los cipayos contra los ingleses en la rebelión de 1857-1858.

El primer perfeccionamiento notable en las cualidades de la pólvora negra ocurrió en 1860, cuando el general Rodman, del ejército de los Estados Unidos, descubrió el principio de que podría regularse la rapidez con que se liberaba la energía dando forma y densidad convenientes al grano de la pólvora.

Para él, la pólvora finamente dividida fue comprimida en granos con forma geométrica definida. Haciendo un grano con un agujero en el centro, el general Rodman pudo contrarrestar el curso regresivo de la combustión de un grano macizo.



Este adelanto en el arte de la fabricación de la pólvora tuvo considerable importancia, ya que permitió el uso de armas más ligeras por la posibilidad de que el fabricante proporcionara pólvoras que dieran presiones bajas durante tiempos largos en lugar de presiones elevadas en corto tiempo.

Aunque la pólvora negra fue el único propulsor durante varios siglos, su uso dejaba mucho que desear, ya que las armas de esa época ensuciaban mucho la pieza, suciedad que iba acompañada por una corrosión excesiva. Esto hacía necesario limpiar con frecuencia el arma y reemplazarla por completo al cabo de cierto tiempo.

La pólvora negra es muy higroscópica y exige un cuidado extraordinario en su manejo para mantenerla seca y utilizable.

La pirotecnia alcanzó extraordinaria importancia durante la primera Guerra Mundial, cuando la presencia de los ejércitos enemigos en trincheras separadas por cortas distancias intensificaron la necesidad de protección contra los ataques por sorpresa por métodos de iluminación que pudieran emplearse en esas condiciones.

También el fuego de barrera requería medios rápidos para señalar los cambios de alcance y los puntos de concentración, lo que se conseguía con economía y seguridad por medio de señales pirotécnicas.

Mientras que en la primera Guerra Mundial combatían fuerzas opuestas atrincheradas durante largo tiempo en posiciones preparadas, las divisiones mecanizadas de la segunda Guerra Mundial favorecieron los rápidos movimientos de los frentes.

A fin de coordinar todas estas fuerzas y de establecer comunicación visual entre el aeroplano y el tanque, el tanque y la artillería, la infantería y la aviación, tanto de día como de noche, era absolutamente esencial disponer de composiciones pirotécnicas para diversos fines.

El empleo creciente de los aviones para el bombardeo y la observación exigió luces resplandecientes que pudieran soltarse desde un aeroplano para iluminar por la noche el territorio enemigo, observar y localizar los blancos para el bombardeo. Se necesitaban iluminar fuertemente los campos de aterrizaje por la noche, a pesar de la lluvia o de la niebla.

Los maestros artesanos fabricaban sus mezclas con arreglo o fórmulas empíricas. Disminuyendo ligeramente la cantidad de azufre a favor de los otros elementos, obtenían pólvoras de rápida combustión utilizadas para las armas de caza.

En cambio, para las minas buscaban un gran volumen de gases mediante la reducción del nitrato potásico hasta un 62% y aumento casi por igual el del carbón (20%) y el azufre (18%).

Entre los usos para ceremonias religiosas figuran las festividades de día de santos. El morador de un junco chino comienza el día disparando un manojo de triquitraques para advertir a los demonios que está alerta y va a ponerse a la tarea, y que lo mejor que puede hacer es mantenerse alejado.

Estos triquitraques deben hacerse, o por lo menos recubrirse, con papel rojo, porque los demonios odian o temen mortalmente el color rojo.

Estos artificios se disparan en potes metálicos cubiertos para impedir que se prenda el junco. Los triquitraques chinos se cargaban antes con mezclas del tipo de pólvora negra y eran, pirotecnias de sonido.

Sin embargo, a principios del siglo XX se convirtieron en fuegos de luz y sonido mediante la adición de clorato potásico y polvo de aluminio. Aquí es cuando prácticamente se abre el panorama del progreso de la pirotecnia, pues la Química aporta compuestos, que mezclados con la pólvora permiten separar figuras y textos con diferentes tonalidades en un mismo panel o castillo.

Entre las aplicaciones industriales de la pirotecnia comercial figuran los torpedos de señales para ferrocarriles y señales de niebla, antorchas o mechas de larga duración para trenes detenidos en la vía o para señales de tráfico en carretera; espantapájaros para la protección de semillas y cosechas; fósforos para la destrucción de nidos de avispas, luces que se echan al agua para la iluminación automática de boyas salvavidas y luces para barcos. Estas no solo se emplean como señales de peligro, sino también, en ausencia de radiocomunicación, como señales de identificación.

La pirotecnia ha estado desde sus inicios, arraigada en todas las culturas en que se ha hecho presente. Todo evento popular viene acompañado de fuegos artificiales, momentos de fiesta y regocijo, manifestaciones de fe que hacen que los cohetones acompañen en su paseo a la imagen santificada.

Eventos deportivos de participación mundial se ven iniciados y clausurados con fuegos artificiales y efectos luminosos de todo tipo; y existe el gozo y la unión de pueblos y gentes que a un tiempo contemplan el espectáculo.

Los productos pirotécnicos comerciales tienen carácter de festejo en aniversarios políticos, como el 15 de Septiembre en México; en las fiestas de Navidad y Año Nuevo, en celebraciones de nacimientos, bodas y eventos especiales.

## 1.2 Historia en México

No cabe duda que la pirotecnia pasó a la Nueva España desde la metrópoli, hay quienes opinan que se estableció inmediatamente a la conquista cortesiana y hasta se afirma que pronto los indígenas la usaron ampliamente. Se dice que en San José de los Naturales se usó para una ceremonia en 1535 y que Pedro de Gante lo testimonia. Además, que este arte pirotécnico tan prontamente introducido y difundido se enriqueció con aportaciones de la pirotecnia China, venida por la ruta de Manila.

La primera festividad religiosa en que hubo cohetería, es la que tuvo lugar en la Ciudad de México, el 5 de febrero de 1629, para celebrar la beatificación de San Felipe de Jesús, hecha dos años antes. García Cubas es quien proporciona la información, sus fuentes fueron el Acta de Cabildo y un grabado del siglo XVIII que reproduce la procesión e incluye un castillo colocado en la Plaza, enfrente de la desembocadura de Plateros, de varios cuerpos y muchas ruedas. El evento, con una pirotecnia tan formalizada indica una práctica no tan reciente.

En 1718 hubo reglamentaciones aprobadas por el virrey Marqués de Valero y confirmadas por Real Cédula en mayo de 1724, ordenando que los coheteros tuvieran sus tiendas en los arrabales, para evitar accidentes.

Llegó el siglo XX y con él 1910 y sus fiestas del Centenario. El 16 de septiembre los castillos que se prendieron en el Zócalo reprodujeron las imágenes de Hidalgo con el lema "Héroe Inmortal" y de Morelos con cártel de "Estratega Sagaz", los fuegos y la serenata despertaron entusiasmo rayado en delirio, más todavía en el momento en que se hizo un nutrido disparo de cohetes de colores, desde el atrio de la Catedral, que se lanzaban al espacio a hacer competencia con las luces a los iris de los astros.

Los indígenas de Chamula festejan carnavales quemando bombas de gran estruendo, fabricadas por ellos mismos.

En Tultepec, la pirotecnia inicia hace más de dos siglos, cuando la pólvora se fabricaba de carbón de jara y tequesquite, que se extraía del lago de Texcoco y de los volcanes.

Aquí, tiene su inicio en una forma incipiente, primero se rellena el carrizo, luego la piel y por último el papel.

En la mayoría de los carnavales pueblerinos los cohetes forman parte de la celebración y en algunos hay castillos como final de fiesta.

## 2. MANUFACTURA DE LOS PRODUCTOS PIROTECNICOS

### 2.1 Clasificación

Las composiciones pirotécnicas son mezclas físicas de elementos y de compuestos finamente pulverizados que, por combustión, experimentan fácilmente reacciones químicas que desprenden gran cantidad de calor y luz en un tiempo relativamente corto.

Los productos pirotécnicos comerciales se clasifican en cuatro grupos de acuerdo a su efecto producido, estos son: de sonido, de color, mecánicos y de combinación; algunas de estas clases pueden compartir ciertos caracteres de las otras.

La clasificación más común, es de acuerdo al tamaño, donde hay dos grandes ramas que son: castillos y juguetería

#### 2.1.1 Castillos

Aquí hay dos tipos, los castillos de morillo y los de torre. Los primeros como su nombre lo indica van montados en un morillo o tubo largo y los otros van montados en bancos de madera, los cuales simulan una torre.

En esta clasificación encontramos también a las voladoras, toritos, mojigangas, bombas y cohetones.

Un castillo puede estar compuesto de varios cuerpos, cada uno de estos consta de dos ruedas o más en la parte posterior, llamadas "paseos", dos ruedas laterales o más que pueden medir hasta 1.50 metros de alto, una frontal llamada frontera, que es la que va a contener la figura; la "portada" que es donde se ubica la imagen y la "corona" que es la parte superior, la cual puede llevar una o varias canastillas o voladoras.

El encendido generalmente es manual, aunque se puede hacer por medio de una computadora, pero el costo de este mecanismo es elevado.

Las voladoras llevan un armazón de carrizo de 60 cms. de diámetro aproximadamente, constan de cuatro o más cartuchos de pólvora negra que la impulsan, dos cartuchos que la hacen girar sobre su eje y varios cartuchos de luz. Se montan sobre una varilla de metal lisa a modo de guía, para ser propulsadas, pueden colocarse en forma vertical u horizontal, las de forma horizontal se montan en el riel y modifican su trayectoria en 90 grados cuando son encendidas.

El torito es una figura de cartón que dispara buscapiés y persigue a los curiosos, consta de un armazón de carrizo e hilo, se forra con papel periódico y después con papel china de colores, lleva ruedas de luces y buscapiés que lanza a su paso.

Las mojigangas son grandes muñecas de cartón que bailan de manera burlona irradiando luces, se arman de la misma manera que el torito, pero a diferencia de este, lleva menos ruedas de luces y un arco al frente sujetado por sus manos.

Las bombas pueden ser de varios tamaños, de 4 a 12 pulgadas, de acuerdo a su efecto hay de estrobo, de petardo, de cracker, de crisaterno, de abanico, chupacabras, paracaídas, japonesas y combinaciones de estas.

Los cohetones son chicos, medianos, grandes y bombas, los cuales pueden ser de luz, trueno, o una combinación del tipo de las bombas.

### 2.1.2 Juguetería

Son todos los productos pirotécnicos que pueden ser prendidos por los niños, aunque algunos de estos requieren de la supervisión de un adulto. Aquí encontramos una gran variedad de formas, tamaños y efectos. De los cuales se pueden mencionar los siguientes: cohetes (blanco, rojo, morado), buscapié, palomas, cañones, cometas, silbatos (sencillo, de bara, especial), escupidores, ollas, subidores o baras (luz y trueno), torbellinos, conos, volcanes, luces de bengala, pirinilas, bolas de humo, mecha voladora, estallin, trompo, cerillo, flash, mosaico, lluvia de estrellas, brujas, pino, misiles, bombas de una pulgada, abejas, aviones, trompo y algunos otros.

## 2.2 Ingredientes

Los ingredientes generalmente empleados en las composiciones pirotécnicas son de varias clases: agentes oxidantes, combustibles, reforzadores de color, retardadores, aglutinantes, agentes impermeabilizantes y otros. A continuación se dan los ingredientes típicos de diferentes clases.

### 2.2.1 Oxidantes

Los oxidantes suministran el oxígeno para quemar los combustibles a las altas temperaturas de sus reacciones. Los más usados son el clorato de potasio, nitratos de potasio, sodio, bario y estroncio; peróxidos de bario y estroncio, y percloratos de potasio y amonio.



### 2.2.2 Combustibles

Las sustancias utilizadas como combustibles son: magnesio, aluminio, titanio, silicio, fósforo, carbón vegetal y azufre. Los cuales en estado de fina división se oxidan fácilmente con formación de los correspondientes óxidos y emisión de energía radiante.

### 2.2.3 Reforzadores de color

Se emplean con este carácter el aluminio, antimonio, magnesio, clorato de bario; carbonato, oxalato o sulfato de calcio; oxalato de sodio, carbonato de estroncio; óxido de cobre, sulfato de cobre; nitrato de bario, estroncio; limaduras de fierro y otros.

### 2.2.4 Retardadores

Se emplean como retardadores las siguientes sustancias: carbonatos, oxalatos, azufre, aceite de linaza y ricino.

Estas sustancias sirven principalmente para retardar las reacciones entre los agentes oxidantes y el metal pulverizado a fin de obtener composiciones de combustión lenta. Algunos de estos productos son diluyentes inertes; otros participan en la reacción, pero con mucha más lentitud que los componentes principales.

### 2.2.5 Aglutinantes

Las siguientes sustancias se usan como aglutinantes: almidón, gelatina, cola, lacas, gomas, dextrina, harina, resinas, cloruro de polivinilo, ceras y aceites.

Se agregan estas a las composiciones pirotécnicas para impedir su disgregación y obtener productos más uniformes.

Además, sirven para que las partículas finamente divididas se adhieran entre sí cuando se comprimen y así contribuyen a la obtención de la máxima densidad y eficiencia en la combustión. Estas sustancias arden muy lentamente con los oxidantes mencionados y, por lo tanto, producen composiciones de combustión lenta. También sirven para desensibilizar las mezclas, pues sin ellos serían relativamente sensibles al choque y al rozamiento.

#### 2.2.5 Impermeabilizantes

Se utilizan como cubierta protectora, para reducir la reacción de los elementos y compuestos a la humedad de la atmósfera, se emplean resinosos metálicos, ceras, aceites, resinas naturales y sintéticas.

En muchos casos, una sola sustancia llena más de un cometido, por ejemplo los carbonatos, o el nitrato de estroncio que no sólo se conduce como oxidante, sino que también como intensificador de color.

En la combustión de las composiciones pirotécnicas influye fuertemente la limitación del espacio en que se verifica y el estado físico de la carga, que puede variar desde un polvo suelto a una masa compacta.

#### 2.3 Operaciones de elaboración

Enseguida se describen las actividades realizadas en la manufactura de productos pirotécnicos, las cuales en su mayoría se desarrollan en el taller o módulo de elaboración.

Cabe mencionar que la mayoría de estas actividades se desarrollan manualmente y solo algunas con la ayuda de una máquina accionada manualmente o con motor.

### 2.3.1 Hechura de tubo

Consiste en enrollar un pedazo de papel o cartón en una varilla de metal, humedeciendo este con algún pegamento como harina de trigo, dextrina de maíz o cola, ya enrollado se saca de la varilla y se seca.

El diámetro del tubo puede variar de acuerdo con el diámetro de la varilla, el largo del tubo esta determinado por el tamaño del papel o cartón y el grosor por la cantidad del mismo.

### 2.3.2 Pintado

Es el hecho de impregnar algún colorante sobre un objeto, una forma de aplicar color es sumergiendo el objeto deseado en un recipiente que contenga una solución colorida, también se puede aplicar color por medio de una brocha, o una pistola sobre la parte requerida, otra forma es agregar en una bolsa grande el objeto a pintar, el colorante y algún pegamento en solución, revolviendo estos hasta alcanzar una buena consistencia.

### 2.3.3 Cortado

Es la división en partes de un objeto, ya sean iguales o diferentes, lo cual se aplica a madera, papel, tubo, hilo, lazo, mecha, carrizo, etc.

Después de cortar el tubo se acostumbra colocarlo en un cuadro de madera el cual ya lleno se llama gavera y posteriormente se aprieta esta con más tubos para evitar que se afloje y se caiga.

#### 2.3.4 Molido

Se lleva a cabo en un molino de bolas o en un molino manual. El molino de bolas es accionado por un motor eléctrico o de gasolina, las bolas son de bronce de una pulgada de diámetro, en proporción de 2 kilogramos por cada kilogramo de componente. Aquí se trituran el carbón y el nitrato de potasio, y a veces el azufre, teniendo duraciones de acuerdo al uso requerido. La operación de molienda sirve además para aumentar el grado de incorporación del nitrato y el azufre al carbón vegetal. La rapidez de combustión de la pólvora negra depende de su composición, el grado de incorporación, la densidad y el grado de encendido. La pólvora de nitrato de sodio arde más lentamente que la de nitrato de potasio. El aumento en el porcentaje de nitrato a expensas del de carbón vegetal hace que disminuya la rapidez de combustión. Un cambio pequeño en el contenido de azufre no afecta a la velocidad de combustión, pero, un contenido de humedad en exceso de 0.2% hace que disminuya.

El tipo de carbón influye notablemente en la rapidez de combustión. Las pólvoras hechas de carbón de sauce o jarilla arden mucho más rápidamente que la hechas de carbón de encino. Las pólvoras hechas mezclando simplemente los elementos arden con mucha menos rapidez que las pólvoras incorporadas y aumenta la rapidez a medida que aumenta el grado de incorporación. Con el aumento en la densidad del grano disminuye la rapidez de combustión.

El molido manual es para el barro, el cual se usa para taquear los tubos usados para cohetones.

#### 2.3.5 Pesado

Se realiza en diferentes tipos de balanzas de acuerdo con la precisión requerida, usando bolsas de papel o plástico, recipientes o costales, para evitar que se caigan los materiales o productos y teniendo un pequeño balanzón para cada material, evitando posibles contaminaciones y derrames.

#### 2.3.6 Mezclado

Es una de las etapas más importantes en la preparación de composiciones pirotécnicas y una de las más peligrosas. Los materiales finamente pulverizados se ponen en íntimo contacto, puesto que en la mayoría de los casos se usan ingredientes de uso industrial y no químicamente puros.

En general se deben pasar todas las materias primas por un arnero de 12 hilos por centímetro y luego seis veces por uno de 8 hilos, así se obtiene la mejor mezcla posible. Aunque cada persona lo hace a su manera o alcance, ya que este es un procedimiento laborioso, y para mezclas sencillas (que no llevan clorato, ni color) se emplean arneros de 6 ó 7 hilos, por lo general cuadrados. La mezcla cernida se revuelve después a mano perfectamente (en ocasiones empleando guantes de hule) y luego se vuelve a cernir a cucharadas en otro arnero, repitiendo estas operaciones varias veces la mezcla se hace más íntima.

El mezclado de las composiciones coloreadas y las que contienen clorato de potasio requieren más cuidado.

Primero se ciemen los materiales aglutinantes en un arnero, luego, el clorato sobre la mezcla en un arnero diferente; finalmente se pasan los demás ingredientes por el primer arnero, y se continúa el mezclado como en las fórmulas sencillas. Las mezclas especiales o pruebas se manejan con más cuidado, tomando precauciones más severas ya que el roce de una uña con el arnero puede ocasionar una chispa.

### 2.3.7 Mojado

Es agregar cierta cantidad de un disolvente a una composición con la finalidad de humedecer o formar una mezcla con la misma. Los disolventes pueden ser agua, alcohol, petróleo u otros, se humedece para que el polvo no se volatilice tan fácil, también para poder manejar y comprimir más fácil la composición. A veces se usa un cepillo para humedecer la parte superior de la carga cuando esta se ha oreado. También se moja hilo y lazo en una olla que contiene chapopote caliente, para poder impregnar este y hacerlos más resistentes.

### 2.3.8 Cargado

Consiste en colocar alguna composición en los tubos para poder comprimir esta, con ayuda de un bajador o una varilla y un mazo. Las cargas pueden ser iguales o diferentes refiriéndose al tamaño y al tipo de composición. Para composiciones húmedas no muy sensibles, después de colocar la carga en los tubos, el cuadro de tubos se azota en una piedra de concreto lisa, para crear un espacio en el tubo y que pueda entrar el cargador y apisonar la carga, o agregar un poco de arena fina y volver azotar, cuando no se apisona la carga.

### 2.3.9 Empolvorado

Es la operación más peligrosa, ya que consiste en colocar una carga de composición de trueno en los tubos, esta se hace de forma manual y la composición que se usa es del mismo tipo.

### 2.3.10 Punteado

Primero se crea un espacio en la parte superior de la carga, con un cepillo de plástico suave, después se aplica una capa de lodo (tierra, ceniza, dextrina) en el espacio creado por el cepillado, esta capa debe ser uniforme, para lo cual se puede usar una espátula, si es necesario, y se da un acabado con la mano y agua, posteriormente se deja orear y se agrega un poco de ceniza, para que no se pegue la pasta al punteador. Enseguida se hacen los orificios donde va la mecha con ayuda de punteadores, los cuales son de metal, el largo y ancho de la punta depende del grosor del tubo y la cantidad de carga.

### 2.3.11 Taqueado

Hay dos tipos, uno usado para cohetones y el otro para juguetería. En el caso de los cohetones se coloca una cantidad de barro molido en un lado del tubo y se apisona este haciendo uso de un molde, una varilla y un mazo, esto es para cerrar una parte del tubo, pero dejando un orificio para la mecha.

En el caso de la juguetería el taqueado se refiere a tapar una parte del tubo, pero por completo con una mezcla de tierra y yeso, por lo general, con esto se evita que se salga la carga y al mismo tiempo se crea una pared que opone resistencia a la detonación y hace que el trueno se oiga más fuerte.

Para separar los tubos que quedan pegados por el taqueado o empastado, se quiebran las gaveras haciendo uso de una botella de vidrio o con la mano dependiendo del tipo de carga.

#### 2.3.12 Amarrado

Es colocar una liga o un hilo a una cantidad de artículos iguales para su mejor manejo y presentación en el caso de la juguetería.

En el caso de castillos se hace uso de lazo para amarrar los bancos y de hilo cubierto con chapopote para amarrar las figuras, los tubos cargados y los cohetones.

#### 2.3.13 Clavado

Consiste en colocar una mecha, alambre o palo en un molde, para su posterior baño, retirando los objetos de los moldes, una vez que han sido bañados y secados, para su posterior empaque.

#### 2.3.14 Bañado

Se refiere a introducir el molde en un recipiente que contenga alguna composición mojada o un material de recubrimiento, para poder adherir una parte de esta hasta un límite requerido.

#### 2.3.15 Empapelado

Es el forrado de los productos haciendo uso de papel de tamaño y color requerido, y pegamento, esto es para cubrir la carga o pasta haciéndola más compacta y también para mejorar la presentación del artículo.



### 2.3.16 Hechura de mecha

Hay tres tipos de mecha: la negra, la de cerillo y la voladora que es una variación de la de cerillo.

La negra se hace con salitre, carbón y azufre, los cuales se mojan con agua y alcohol, posteriormente se baten con hilo de grosor determinado, ya batida se cuelga de un palo para secarse, se despega si es necesario y se corta a un tamaño definido. Se puede cubrir o torcer con papel o plástico, para su protección contra el medio ambiente y seguridad. Este tipo de mecha se usa por lo general para castillos.

La mecha de cerillo esta hecha de clorato de potasio y azufre, en la cual se baten junto con la hilaza y una solución caliente de cola, se puede agregar color si se desea, ya batida se extiende en unos palos enterrados, separados 10 metros aproximadamente con ayuda de un devanador, se deja orear un momento, se despega y se corta en trozos no muy largos.

La mecha voladora es muy parecida a la de cerillo, solo varía la composición y que esta es de varios colores.

El tamaño depende del uso que se le vaya a dar y se corta con cuchillo, el grosor depende del número de la hilaza y de la cantidad de material aplicada, y la dureza de la cantidad de cola y pintura.

### 2.3.17 Enmechado

Es la colocación de un trozo de mecha determinado en el orificio creado, o en uno que se hace en el mismo momento con un picador, algunas veces va acompañada por una gota de una composición determinada, para fijar la mecha cuando se seca. Una variación es cuando el cohete va cerrado, aquí se humedece un lado de este con agua, se coloca la mecha y se cierra la boca del tubo, con ayuda de un cerrador, quedando fija la mecha.

### 2.3.18 Menudeado

Es hacer bolitas de un tamaño definido la pólvora negra de carbón, para esto se humedece la pólvora y se pasa por un arnero grueso, después se coloca en una lona o tina y se mueve para todos lados constantemente y se va agregando más composición seca o agua, hasta alcanzar el tamaño requerido.

### 2.3.19 Hechura de pastas

Estas pueden ser esféricas o cilíndricas dependiendo del uso que se les vaya a dar, las esféricas se hacen con ayuda de sopa de munición y semillas de algodón, se agregan las bolitas en una tina u olla y se va agregando la composición y agua, se agita para crear una fuerza centrífuga, en el caso de la olla accionada por motor esta es automática, así se sigue hasta alcanzar el tamaño deseado.

En el caso de las cilíndricas, estas se hacen en un molde o tubo en el cual se apisona cierta cantidad de composición requerida hasta alcanzar el tamaño deseado, después se saca y se seca.

### 2.3.20 Llenado

Se refiere a llenar los cascos para las bombas con las pastas, para su posterior forrado, así como a la colocación de la carga en los seguros de tiempo de las espoletas, los cuales producen un retraso determinado entre el disparo y la detonación, y la menuda en la parte inferior de la misma para su propulsión.

### 2.3.21 Trazado de figuras

Este se realiza sobre un cartón, en el suelo o en la pared, donde se dibuja la forma y se definen las dimensiones y colores de la misma.

### 2.3.22 Armado de figuras

Primero se realiza la armazón con madera, carrizo y baras, la cual puede ser en forma de cuadro, circular o rectangular, aunque ahora se usan algunas de aluminio que se les puede dar la forma conveniente. Después se pasa la figura a la armazón usando carrizo y baras, se colocan los tubos con la carga definida en el borde de la figura, así como las vueltas (si va a girar) y se unen con mechas, colocando una mecha larga para el encendido.

### 2.3.23 Armado de castillos

En el caso de los de morillo, las ruedas y cuadros se montan sobre este, cuando se encuentra en el suelo y las restantes cuando se encuentra parado.

En los de torre, se arman primero los bancos, y así como se van montando los bancos se van colocando algunas piezas, las partes restantes se montan cuando el castillo ya está completo con respecto de los bancos. Las figuras móviles van montadas sobre una varilla para poder girar y las fijas se amarran a los bancos.

Todas las mechas de figuras y vueltas se colocan en una parte estratégica para el prendido.

Los castillos se sujetan con unos lazos grandes (llamados vientos) para mantenerlos lo más inmóvil que se pueda, durante su armado y hasta su desarmado.

#### 2.3.24 Empacado

Es el acabado del producto, se hace con bolsas de papel, plástico, celofán, hojas de papel y cajas de cartón para seguridad, protección contra el medio ambiente, fácil manejo y presentación del producto.

No todos los pirotécnicos usan todos los materiales antes mencionados para la confección de productos comerciales, a veces el mejor ingrediente para determinado objeto en una composición absorbe la humedad del aire con tanta avidez durante la molienda, la mezcla y la carga, que no puede usarse en las localidades en donde la humedad es alta.

Como no se dispone de locales con aire acondicionado, hay que elegir un ingrediente sustitutivo y alterar las proporciones de la composición para mantener constante el equilibrio de oxígeno entre los agentes oxidantes y los combustibles. Esto explica en gran parte que la mayoría de las fórmulas pirotécnicas sean aproximadas en cuanto a las cantidades de los ingredientes. Estas cantidades deben acomodarse y manipularse según las condiciones del lugar en donde se ha de fabricar el artículo y hasta cierto punto donde se va a utilizar.

### 3. EXPLOSIVOS

#### 3.1 Definición

Un explosivo es una sustancia capaz de ser sede de una reacción violenta y rápida a la que se da el nombre de explosión. Se distinguen dos tipos de explosiones: la deflagración y la detonación.

En ambos casos, la explosión da lugar a una elevación de la temperatura y a una compresión de los gases, que son rápidamente liberados a continuación; éste es el efecto propiamente mecánico de la explosión, la onda explosiva. Sin embargo, la detonación tiene lugar en un tiempo mucho más breve que la deflagración (1000 a 10000 veces más corto) y las presiones a que da lugar son considerablemente más elevadas.

#### 3.2 Clasificación

Los explosivos se pueden clasificar de acuerdo a su comportamiento en:

- 1.- Explosivos deflagrantes o de bajo poder
- 2.- Explosivos detonantes o de alto poder
  - a) explosivos primarios o iniciadores (detonadores)
  - b) explosivos detonadores auxiliares y secundarios

Explosivos deflagrantes o de bajo poder

Los explosivos de bajo poder, o propulsores, se queman en capas paralelas a la superficie, a bajas velocidades, de más o menos 0.02 m/s, y la reacción frontal consiste en una llama.

En la deflagración, la reacción química afecta primeramente a cierta parte de la sustancia (en el límite, podría decirse que a una molécula de la sustancia explosiva) y se propaga por esta sustancia gracias a la conductibilidad térmica. La velocidad de progresión de la deflagración puede variar desde unos milímetros por segundo (explosivo sólido) hasta algunas decenas de metros por segundo (gas explosivo).

Explosivos detonantes o de alto poder

Los de alto poder detonan a velocidades muy altas, entre 2 y 9000 m/s, y el frente de la reacción es un fenómeno de choque que se mueve activamente a través del material.

a) Explosivos iniciadores o primarios

Son materiales bastante sensibles al choque y al calor y pueden hacerse explotar por medio de la aplicación de una chispa, una llama, por fricción, o con una fuente de calor de magnitud apropiada. Son muy peligrosos en su manejo y se emplean en cantidades relativamente pequeñas para empezar la explosión de cantidades mayores de explosivos menos sensibles. Se emplean por lo general en cápsulas fulminantes, en detonadores y en cebos fulminantes, son a menudo sales inorgánicas.

b) Detonadores auxiliares y secundarios

Son materiales insensibles, tanto a choque mecánico como a la llama, pero que estallan con gran violencia cuando son inducidos por un choque explosivo, como el que se obtiene al hacer detonar una pequeña cantidad de explosivo primario que esté en contacto con el explosivo de alto poder.

De esta forma, son amplificadores de la energía. La descomposición se lleva a cabo por medio de la detonación, que es una ruptura química rápida en los enlaces, que progresa directamente a través de la masa del explosivo. Se cree que la detonación es una reacción en cadena que sucede a velocidades de alrededor de 600 m/s. Es esta velocidad elevada de liberación de energía, más que la energía total emitida, lo que hace que un producto sea explosivo. La mayor parte de los explosivos, si no se tienen encerrados y no se golpean, simplemente se queman si son incendiados.

### 3.3 Teoría de las detonaciones

Lo más notable de las detonaciones es su naturaleza no isobárica. La parte de la sustancia que no ha sido tocada por la detonación permanece a la presión inicial. En el frente de la detonación la presión crece casi discontinuamente hasta su valor máximo (que puede ser entre 10 y 100 veces la presión inicial de gases y hasta 200000 atmósferas en explosivos sólidos densos). Por detrás del frente de detonación la presión disminuye gradualmente. La temperatura y la densidad experimentan variaciones súbitas similares. El frente de detonación avanza por el explosivo a gran velocidad, que alcanza hasta 3500 m/s en gases y 800 m/s en líquidos y sólidos.

Por medio de experimentos se ha averiguado que por delante del frente de detonación la materia está químicamente inalterada; por detrás del frente (salvo en las llamadas detonaciones de orden menor) es completa la reacción explosiva, excepto ciertas desviaciones de equilibrio que acompañan a la expansión y el enfriamiento subsecuentes de los productos de la reacción primaria.

Una vez que cobra fuerza el proceso de detonación, se propaga el frente de detonación con velocidad constante si el medio tiene composición y estado físico uniformes. Esta velocidad depende mucho menos que la velocidad de deflagración de un grupo de variables tales como la presión y temperatura iniciales, el estado de subdivisión de los sólidos, el tamaño y la forma de la masa explosiva y la inclusión en un espacio cerrado. En realidad, dentro de un intervalo bastante amplio de estas variables, la velocidad constante de detonación sólo depende de la composición química del explosivo y de su densidad en masa, si el material es sólido o líquido.

Estos hallazgos experimentales sugieren que, a diferencia de las deflagraciones, la velocidad de propagación de las detonaciones es gobernada por variables termodinámicas o hidrodinámicas y no por la velocidad de las reacciones químicas que ocurren en la explosión.

### 3.4 Iniciación y mecanismo de las detonaciones

Se puede producir la detonación de los explosivos de varias maneras, todas las cuales presuponen calentamiento o impacto mecánico, o una combinación de ambos. La facilidad con que se inicia la detonación varía mucho de un explosivo a otro, lo que ofrece un medio para diferenciar explosivos según su sensibilidad. Por desgracia, no se ha formulado aún ninguna teoría cuantitativa completa acerca de la iniciación de las detonaciones; las pruebas de sensibilidad han sido empíricas y no han tomado en cuenta los fundamentales fenómenos físicos ni cinéticos; de ahí que las sensibilidades relativas aceptadas tengan poca significación científica y dependan, en una forma complicada, de las condiciones precisas de la prueba.



El primer efecto que produce la aplicación de calor a los explosivos no encerrados es una descomposición térmica que se convierte en deflagración luminosa cuando sube aún más la temperatura local del explosivo. En los llamados cebos o explosivos de iniciación, la deflagración se convierte muy rápidamente en detonación.

En otros explosivos la deflagración puede continuar hasta que se consume toda la carga o se puede convertir en detonación. La transición es facilitada por el encerramiento, por el estado más fino de las partículas que aumenta la superficie del explosivo y por el aumento de la masa de la carga de explosivo. Puesto que las deflagraciones se producen en la superficie de los granos y dado que su velocidad es acelerada con la aplicación de presión, al parecer los factores que aceleran la deflagración de explosivos facilitan la transición de ésta en detonación.

Cualquier forma de impacto puede originar la detonación de explosivos. Un impacto ocasiona la detonación de explosivos en virtud del mecanismo primario de calentamiento rápido, causado principalmente por el rozamiento en los intersticios de los granos. La consecuencia inmediata del calentamiento es la deflagración que se convierte muy rápidamente en detonación sólo en virtud de la limitación extrema de espacio que ocasiona las superficies sólidas que producen el impacto.

No se ha estudiado de manera directa la cinética de las reacciones químicas que se producen en la detonación. Las pruebas indirectas, indican que el mecanismo cinético de las reacciones es muy parecido al de las deflagraciones de explosivos granulados.

Ambas comienzan en la superficie de los granos como descomposición heterogénea del explosivo en sustancias intermedias volátiles, las cuales experimentan ulteriores reacciones muy exotérmicas en la fase gaseosa que circunda los granos.

Son también indirectas las pruebas que se tienen acerca de la razón de que una deflagración se convierta en detonación; parece que esta transición no es gradual, sino casi discontinua. Se ha pensado que las ondas de choque mecánico formadas dentro de la masa de un explosivo granular por los gases calientes que fluyen desde el sitio de una deflagración son la causa inmediata de las ondas de detonación.

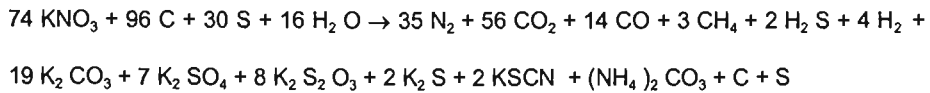
Como sucede con los gases y vapores inflamables, hay un límite de concentración de polvo a menos del cual no hace explosión una mezcla de polvo y aire.

Un carácter importante de casi todos los explosivos es el balance de oxígeno, que es la relación del contenido de oxígeno al oxígeno total necesario para oxidar todo el carbono, todo el hidrógeno y otros elementos fácilmente oxidables para convertirlos en dióxido de carbono, agua, etc.

El balance de oxígeno se expresa en porcentaje del oxígeno total necesario o como oxígeno en exceso o deficiente.

Provocando la detonación de la pólvora negra con un explosivo excitador, se ha llegado a una velocidad máxima de 400 m/s, mientras que los explosivos rompedores dan velocidades de 400 a 800 m/s. Esto se explica por ser la explosión de la pólvora negra una reacción exotérmica entre los ingredientes y no la descomposición exotérmica de un compuesto como en el caso del TNT.

La combustión de la pólvora negra se supone que corresponde a la siguiente ecuación empírica aproximada:



La combustión libera aproximadamente 630 Kcal/Kg. y se forman 600 gramos de sólidos y 278 litros de gas.

Si no hay excesiva humedad, la pólvora negra tiene gran estabilidad química y física.

Las partículas pequeñas son químicamente más activas que los conglomerados mayores a causa de su mayor área de superficie por unidad de masa.

### 3.5 Inflamabilidad relativa

La inflamabilidad de un polvo depende de la composición, el tamaño de la partícula y la concentración. En general, los polvos oxidables tienen explosividad potencial, pero la explosión no se produce en una atmósfera que contenga menos de cierta concentración mínima de oxígeno, circunstancia que es muy útil para prevenir explosiones durante el manejo de ciertos materiales.

De que se produzca la explosión o no, depende del medio primario que se emplea para separar el polvo por asentamiento, de las propiedades del material y de la cantidad de aire de que se disponga.

El límite mínimo de inflamabilidad de la mayoría de los polvos es mucho menos de 0.2 g/dm<sup>3</sup>.

Para clasificar la explosividad de los polvos se ha ideado un método llamado de inflamabilidad relativa, que es el porcentaje en peso de polvo inerte que se necesita en una mezcla de polvo inflamable para evitar la inflamación y la propagación de la llama cuando se dispersa la mezcla en nube de polvo en presencia de un foco tipo de ignición.

### 3.6 Efecto de la concentración

La concentración del polvo tiene relación importante con su explosividad y en todo caso hay un mínimo de concentración en el aire que produce la explosión.

Una explosión de polvo se acompaña de producción de presión, cuyo grado depende de la concentración y del tamaño de partícula.

La presión aumenta rápidamente según la concentración hasta alcanzar un máximo. Cuando la concentración sobrepasa el valor más explosivo, empieza a decrecer ligeramente la presión máxima alcanzada. Una vez que se consume el oxígeno, no hay posibilidad de que vuelva a aumentar la presión, a menos que la parte del polvo sobrante sea alterada químicamente por el calor.

### 3.7 Efecto del tamaño de partícula

Cuanto menor es la partícula del material oxidable, tanto más fácilmente se produce la explosión. Puesto que la oxidación es una función de la superficie específica, la explosividad debe variar aproximadamente en razón inversa del diámetro de la partícula. La presión máxima desarrollada por una concentración explosiva crece según disminuye el tamaño de partícula.

La finura no sólo hace variar la inflamabilidad relativa, sino que también aumenta la mínima concentración explosiva.

Se ha estado empleando una tecnología sumamente interesante para determinar las características de los explosivos. En gran parte es empírica, pero las mediciones de poderes caloríficos, velocidades de combustión y de detonación, capacidad destructiva, sensibilidad, etc., reflejan la aplicación de instrumentos modernos al estudio de fenómenos de alta velocidad, y los resultados son un tributo a la habilidad y a la tecnología de los científicos y los técnicos dedicados a los explosivos.

Deben hacerse pruebas en forma normalizada, que deben tomarse en cuenta para determinar la sensibilidad al impacto y al calor, la estabilidad durante el almacenamiento, la capacidad destructiva (potencia rompedora), la fuerza explosiva por unidad de peso, la volatilidad, solubilidad, densidad, higroscopicidad, compactibilidad con otros explosivos, así como con los aditivos y con los posibles metales utilizados en los contenedores, la resistencia a la hidrólisis y la toxicidad.

### 3.8 Ensayos de los explosivos

Las pruebas más importantes empleadas para comparar los explosivos o averiguar su adaptabilidad a los usos comerciales o militares, son las que determinan la sensibilidad, estabilidad, potencia rompedora y potencia explosiva. Si se ve que un explosivo es satisfactorio en esos aspectos, para su evaluación final se hacen pruebas sobre higroscopicidad, volatilidad, solubilidad, densidad, compactibilidad con otros materiales y resistencia a la hidrólisis.

### 3.8.1 Sensibilidad

Los explosivos propulsores se someten a ensayos especiales de estabilidad, ya que su sensibilidad es de importancia secundaria. Algunas pruebas son: de choque, de temperatura de explosión, del péndulo de rozamiento, entre otras.

### 3.8.2 Potencia rompedora

#### a) Prueba de la arena

Se mide haciendo estallar una cantidad medida de explosivo en una bomba de arena, un recipiente de paredes muy resistentes que se llena con arena gruesa estándar, que es triturada por la explosión. La arena triturada se mide por cribado, y a partir de este dato se determina la fuerza del explosivo.

#### b) Calor de explosión

La capacidad de trabajo o la fuerza de una explosión o un propulsor puede determinarse midiendo el calor liberado durante la detonación o la autocombustión en atmósfera inerte. Con los explosivos de alta potencia esto se hace en una bomba calorimétrica muy grande que permite hacer detonar los explosivos sin que se rompa. Los propulsores pueden probarse en bombas calorimétricas mucho más pequeñas, en las cuales se inflaman muestras e 1 a 2 gramos por medio de un alambre calentado eléctricamente.

### 3.8.3 Estabilidad

La estabilidad es un factor de mucha importancia que hay que tomar en consideración al formular y planear composiciones pirotécnicas. El aluminio y el magnesio de los principales combustibles empleados, se oxidan lentamente con la humedad transformándose en hidróxidos y liberando hidrógeno.

Las impurezas en el metal aceleran la corrosión, los nitratos y otros componentes de las mezclas también aceleran esta reacción y dan origen a otras reacciones químicas en presencia de humedad. La presión del gas puede ocasionar la distorsión o ruptura de los componentes, además, la ignición de tal mezcla es seguida de una combustión extraordinariamente rápida o incluso de la explosión. Algunas pruebas son: de vigilancia a 65.5°C, 75°C y 100°C.

### 3.9 Elementos para el manejo de riesgos.

Los factores que intervienen en un accidente son: condiciones inseguras de las instalaciones o equipo, fallas humanas en situaciones de riesgo y violación de los procedimientos de seguridad, fenómenos naturales y daños deliberados.

Para prevenir se debe de contemplar lo siguiente:

Reconocimiento: entender como funciona la pirotecnia y conocer la sensibilidad de las mezclas. Evaluación: proceso de calcular las posibilidades y consecuencias de los accidentes. Control: poner en acción los procedimientos necesarios para reducir las posibilidades y consecuencias de los accidentes.

### 3.10 Riesgos comunes de incendio

Para que se produzca un incendio es necesario que haya algún material combustible, oxígeno u otro agente oxidante y temperatura suficientemente alta que mantenga la combustión. Excluyendo el material combustible, suprimiendo o reduciendo la cantidad de oxígeno, o enfriando el material combustible a menos de la temperatura de inflamación, se pueden apagar los incendios.

### 3.10.1 Fósforos y fumar

El descuido en el uso de fósforos y el fumar, son de las causas comunes que pueden provocar un incendio.

Los fósforos de los cuales se valen los fumadores ofrecen mayor riesgo que el propio material que se fuma, el único medio seguro de evitar incendios resultado del fumar, es prohibir que se fume en todo el lugar donde pueda ser un grave riesgo la llama de un cerillo o el arrojar alguna colilla de cigarro.

### 3.10.2 Llamas descubiertas

En operaciones de calentamiento o alumbrado, toda llama descubierta es un peligro evidente en lugares donde hay líquidos inflamables, polvos explosivos u otros materiales inflamables.

### 3.10.3 Alambres y aparatos eléctricos

Pueden ser peligrosos tanto en lo concerniente a incendios como en lo relativo a lesiones personales. La electricidad se convierte en un peligro mediante la formación de un arco, la producción de chispas o el sobrecalentamiento. El peligro de ocasionar daños personales radica en la producción de quemaduras o choque eléctrico.

### 3.10.4 Electricidad estática

Es peligrosa dondequiera que haya vapores, gases inflamables o materiales combustibles en estado de división fina. Aunque no es posible evitar la generación de electricidad estática, se puede evitar la producción de chispas impidiendo la acumulación de cargas estáticas.



La conexión con tierra de superficies en que puedan acumularse cargas estáticas, el humedecimiento artificial en sitios donde hay peligro que se produzca electricidad estática y la ionización del aire son tres métodos que se pueden usar por sí solos o en combinaciones para evitar la acumulación de cargas estáticas.

### 3.10.5 Rayos

Los rayos son causa frecuente de incendios en ciertas localidades. Para proteger un taller contra descargas eléctricas se instalan pararrayos, que son vías metálicas que van desde la parte más alta del taller hasta la tierra y que sin ningún peligro conducen a ésta las descargas eléctricas.

### 3.10.6 Rozamiento

Se debe a la fricción que puede haber en los materiales y composiciones cuando se están manejando.

## 3.11 Materiales peligrosos

### 3.11.1 Sustancias químicas

Hay muchas sustancias químicas que pueden ser muy peligrosas en lo relativo a incendios y explosiones cuando se almacenan o manejan sin las precauciones debidas. Para valorar el peligro que en este respecto ofrece una sustancia química durante su almacenamiento o manejo, es de primera importancia saber si ésta se calienta espontáneamente, reacciona con el agua, estalla con el calor, emite productos de descomposición peligrosos o reacciona de manera peligrosa con otras sustancias químicas.

Para valorar su peligro durante la reacción, es preciso saber también si la sustancia ha de ser sometida a temperaturas altas o a fuertes presiones.

### 3.11.2 Nitratos

Los nitratos inorgánicos no son combustibles, pero tienen ciertas propiedades que fomentan la combustión de otros materiales. El oxígeno que se genera cuando se calientan los nitratos intensifica cualquier incendio cercano. La hidrosolubilidad es otra propiedad que ha sido causa indirecta de muchos incendios. Es posible que los sacos en que se despacha el nitrato queden impregnados de éste y que después de secarse sean sumamente inflamables.

### 3.11.3 Metales

Dado que casi todos los metales arden en determinadas circunstancias, es necesario considerar los riesgos que en este respecto ofrece cada metal al ser transformado o almacenado.

El peligro del magnesio y sus aleaciones depende mucho del tamaño de los trozos. Los vaciados no arden con facilidad; pero las virutas, los trocitos y el polvo sí arden fácilmente. A causa de la reacción entre el magnesio y el oxígeno ofrece problemas especiales la protección contra incendios por magnesio.

El aluminio tiene temperatura de ignición tan alta que su combustión no es causa común de incendio, a no ser que los fragmentos y las virutas sean sometidas a combustión algo similar a la del magnesio. El polvo de aluminio es explosivo.

El hierro y el acero en su forma masiva ordinaria por lo general no arden, pero en forma de fibra delgada o polvo pueden arder. La contaminación con aceite o algunos otros materiales facilita la combustión.

#### 3.11.4 Elementos no metálicos

Con pocas excepciones, estos elementos son combustibles. A continuación se indican algunos riesgos en relación con algunos de los miembros más comunes de este grupo.

El fósforo blanco es peligroso por razón de su fácil oxidación y de su combustión espontánea en el aire. Se guarda y se maneja sumergido en agua para evitar este peligro. El fósforo rojo no se oxida ni arde espontáneamente a temperaturas ordinarias, y no es venenoso en forma sólida; pero una vez que se vaporiza acarrea los riesgos del fósforo blanco en lo relativo a incendios y toxicidad.

El azufre es inflamable: su temperatura de ignición es de 232°C. Se derrite y fluye cuando está ardiendo, y desprende gran cantidad de dióxido de azufre, que es irritante y sofocante. Los polvos de azufre forman mezclas explosivas con el aire, y el polvo suspendido en el aire puede producir una explosión.

#### 3.11.5 Cloratos

Cuando se mezclan los cloratos con material combustible pueden hacer que éste arda o estalle espontáneamente. Se debe almacenar en locales incombustibles y lejos de materiales inflamables y de ácidos. El agua es el mejor agente contra incendios en la cercanía de cloratos.

#### 3.11.6 Polvo

La posibilidad de provocar explosiones de suspensiones de polvo en el aire es el principal peligro del polvo, en cualquier lugar donde se produzcan polvos combustibles.

Los dos factores principales de que depende la violencia de la explosión son la rapidez del aumento de presión y la presión máxima desarrollada, factores que varían en los diferentes polvos.

### 3.11.7 Materiales susceptibles de calentamiento espontáneo

Muchas sustancias son peligrosas por razón de que reaccionan con la luz, el aire, el agua o con otras sustancias químicas para producir calor.

El carbón vegetal, sobre todo el recién fabricado con madera dura, es susceptible de calentamiento y combustión espontáneos. El aserrín húmedo y los metales en polvo fino, están propensos al calentamiento espontáneo.

La ventilación, la temperatura, la humedad y los materiales extraños son cosas que se han de considerar al valorar los peligros del calentamiento espontáneo de un material en particular.

### 3.12 Posibles riesgos causados por los materiales

- a) La combinación de clorato de potasio con perclorato de amonio puede producir clorato de amonio, el cual es altamente inestable en presencia de agua.
- b) Los oxidantes en presencia de combustibles metálicos producen mezclas de alta energía. Si el metal es un polvo fino la mezcla puede ser altamente explosiva. Los combustibles metálicos tienden a ser más sensitivos a cargas electrostáticas.
- c) Los cloratos tienden a formar mezclas que son más sensitivas a todo tipo de ignición accidental.

- d) Los metales activos sin proteger pueden reaccionar con los oxidantes y producir calor.
- e) La presencia de ácidos tiende a descomponer a los cloratos lo cual sensibiliza a la composición y puede causar combustión espontánea.
- f) Los metales activos sin proteger reaccionan violentamente con los ácidos produciendo calor e hidrógeno. Esto puede originar igniciones espontáneas y explosiones.
- g) Los metales activos sin proteger reaccionan lentamente con el agua produciendo calor e hidrógeno. Con el incremento de la temperatura la reacción puede tornarse violenta.
- h) Los iones de cobre son capaces de catalizar la descomposición de algunos oxidantes. Si el oxidante es de alguna forma inestable, es muy posible que se originen mezclas particularmente sensibles a la ignición accidental.
- i) Los metales electroquímicamente más activos que el cobre reaccionarán con los iones de este para producir metal de cobre u iones de metal activo, esto genera una reacción exotérmica, lo cual incrementa la posibilidad de reacción espontánea.
- j) Los sulfuros y sulfatos en combinación con percloratos y cloratos forman composiciones que son sensitivas a igniciones accidentales.
- k) El azufre puede actuar como oxidante y como combustible. En combinación con combustibles metálicos no protegidos, el azufre los ataca produciendo calor.

- l) El aluminio y el magnesio en polvo se oxidan lentamente con la humedad transformándose en hidróxidos y liberando hidrógeno. La presión del gas puede ocasionar distorsión o ruptura de los componentes.
- m) Las impurezas en el hierro, cobre, nitruros y cloruros aceleran la corrosión.
- n) Los nitratos de sodio, bario y estroncio; el oxalato sódico y otros componentes también aceleran la corrosión, y dan origen a otras reacciones en presencia de humedad.
- o) Las clases comerciales de los productos químicos contienen impurezas que los hacen mucho más higroscópicos que los correspondientes productos puros.
- p) Todos los compuestos orgánicos pueden descomponerse por el calor, y todas las mezclas explosivas se descomponen a temperaturas moderadamente altas.
- q) El oxígeno que se genera cuando se calientan los nitratos, intensifica cualquier incendio cercano.
- r) El tetracloruro de carbono reacciona violentamente con el magnesio.
- s) El fósforo blanco se oxida fácilmente, y tiene combustión espontánea con el aire.
- t) Los vapores de azufre forman mezclas explosivas.
- u) El clorato de potasio en ciertas condiciones de temperatura y acidez se descompone lentamente en ácido clórico y dióxido de cloro, oxidantes más activos que el mismo clorato.
- v) Los sulfitos, sulfatos y el mismo azufre pueden ser lentamente oxidados para dar ácido sulfúrico, el cual, por reacción con el clorato potásico, forma ácido clórico, peligrosamente activo.

w) El ácido pícrico es un alto explosivo, y sus mezclas con clorato potásico son muy sensibles en la manipulación.

x) Cuando se cieme el azufre solo, produce electricidad estática.

### 3.13 Sistema de clasificación de seguridad para sustancias químicas

NIVEL DE RIESGO	TIPO DE RIESGO
0	Ninguno
1	Leve
2	Moderado
3	Severo
4	Extremo

S	Salud	Peligro a la salud si es inhalada, ingerida o absorbida
F	Flamabilidad	Tendencia de la sustancia a inflamarse
R	Reactividad	Potencial de la sustancia para explotar o reaccionar violentamente con aire, agua u otra sustancia
C	Contacto	Peligro que se presenta con una sustancia al exponerse al contacto con la piel, ojos o mucosas.

SUSTANCIA	S	F	R	C
ALUMINIO	1	3	2	1
FOSFORO AMARILLO	0	2	2	2
FOSFORO ROJO	0	2	2	2
FOSFORO BLANCO	3	0	3	1
CLORATO DE BARIO	1	0	3	2
CLORATO DE POTASIO	1	3	2	0
MAGNESIO	1	3	2	1
MAGNALIUM	3	0	3	1
NITRATO DE BARIO	1	0	3	1
NITRATO DE ESTRONCIO	1	0	3	2
NITRATO DE POTASIO	1	0	3	2
PERCLORATO DE POTASIO	3	0	1	1
TEROXIDO DE PLOMO	4	0	3	3
DICROMATO DE POTASIO	2	1	1	1
HEXACLOROBENCENO	1	0	0	1
CRILITA	2	0	0	2
ACIDO BORICO	1	3	2	1
ACETONA	2	1	1	1
CLORURO DE POLIVINILO	1	1	0	1
BENZOATO DE SODIO	1	1	0	1
SULFATO DE COBRE	2	0	0	2
OXIDO DE COBRE	2	0	0	1
TRISULFURO DE ANTIMONIO	3	3	2	1
TITANIO	1	3	2	1
ZINC	1	3	2	1



### 3.14 Toxicidad de algunos materiales

El efecto fisiológico de cualquier sustancia tóxica es: estimular una función, deprimir una función, la destrucción anatómica de las células afectadas. Estas consecuencias son producidas por muchos y diversos fenómenos. El daño específico resultante de esas reacciones puede tener efectos metabólicos variables, como el cese de la respiración, si es afectado el centro respiratorio, hiperestímulo de la respiración si sufren daño ciertos centros respiratorios auxiliares o impedimento en la absorción de oxígeno cuando se produce en los pulmones una lesión celular directa.

De todos los órganos expuestos a sufrir daños por el contacto con agentes tóxicos, la piel es la más frecuentemente afectada. La mayoría de los casos de envenenamiento, son afecciones de la piel producidas por el contacto con irritantes o su sensibilización por los mismos. Diferentes personas tienen susceptibilidad variable en lo que respecta a esos dos efectos a consecuencia del carácter, la pigmentación y la edad. Las lesiones de la piel pueden ser resultado de la disolución de la queratina, eliminación de la grasa protectora y el colesterol, deshidratación, precipitación, oxidación o reducción de proteínas o el estímulo del crecimiento que pueda conducir al cáncer. Además de esas perturbaciones primarias, la piel puede actuar como órgano de choque y responder a agentes anteriormente inofensivos con manifestaciones alérgicas en contactos posteriores.

- ❖ El dicromato de potasio y el tetroxido de plomo, son altamente tóxicos y pueden producir cáncer de pulmón.

- ❖ El antimonio causa generalmente diarrea, pero otros efectos como un gusto metálico en la boca, vómitos, cólicos, pérdida de peso y apetito.
- ❖ Los compuestos de bario, al ser inhalados, las sales se depositan en los pulmones, y aparece en la película de rayos X como silicosis. Las sales solubles al ser ingeridas tienen efecto tóxico y al ponerse en contacto con la piel pueden irritarla.
- ❖ Las exposiciones al fósforo blanco o amarillo (inhalación e ingestión) tienen un efecto sobre el hígado, acompañada de vomito y debilidad. La exposición crónica puede resultar en una necrosis de la mandíbula (mandíbula fosforosa), pero los preliminares pueden ser la anemia, pérdida de apetito, palidez y perturbaciones estomacales.
- ❖ El fósforo amarillo perjudica asimismo a los ojos, dando lugar a conjuntivitis, con tinte amarillento cuando los ojos se ven expuestos a él.
- ❖ Las anilinas producen alteraciones en el mecanismo de coagulación y tendencia a la trombosis.
- ❖ El polvo de carbón puede producir fibrosis pulmonar, por acumulación en los pulmones.
- ❖ Venenos acumulativos: compuestos de arsénico, plomo, mercurio y talio.
- ❖ Agentes cancerígenos: compuestos de arsénico, níquel, dicromatos, hexacloroetano, hexaclorobenceno y hexacloruro de benceno.

#### 4. NORMAS OFICIALES EN EL MANEJO DE EXPLOSIVOS (SEDENA)

El Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos que entro en vigor el 1° de Febrero de 1989, consta de 12 capítulos con 99 artículos y 8 transitorios. A continuación se mencionan los que tienen mayor relación con el manejo de explosivos con fines pirotécnicos.

##### 4.1 Disposiciones generales

ART. 1°. - Las disposiciones de este Reglamento son aplicables en toda la República Mexicana.

ART. 2°. - La palabra Ley en este Reglamento, se refiere a la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, y el vocablo Secretaría, a la Secretaría de la Defensa Nacional.

##### 4.2 De la fabricación

ART. 34. - Para efectos de este capítulo se establece la siguiente clasificación:

- I. Fábricas de armas de fuego, armas de gas y de municiones, y
- II. Fábricas de pólvoras, de explosivos, de artificios o de sustancias químicas relacionadas con explosivos mencionados en la fracción V del artículo 41 de la Ley.

ART. 38. - Las personas físicas o morales que pretendan establecer talleres de fabricación de artificios pirotécnicos, gestionarán permiso de la Secretaría, presentando los documentos siguientes:

- a) Solicitud conforme a modelo.
- b) Copia certificada del Registro Civil del acta de nacimiento del solicitante, o del documento que haga sus veces, los extranjeros, el documento de legal estancia en el país. En el caso de las personas morales, copia certificada de su acta constitutiva.
- c) Relación de la maquinaria y equipo que se aprovechará, haciendo saber de sus características y estado de servicio.
- d) Opinión favorable del Gobernador o Territorio donde se planea edificar el taller, o del Jefe del Departamento del Distrito Federal, en su caso.
- e) Certificado expedido por la primera autoridad administrativa de que el lugar elegido para la construcción mencionada en el inciso que precede, reúne los requisitos de seguridad.
- f) Proyectos detallados sobre la forma de asegurar que las instalaciones y almacenes serán adecuados y que no ofrecerán peligro para la seguridad pública, así como las medidas para evitar accidentes y robos.

ART. 39. - La Secretaría podrá negar el permiso aludido en el artículo anterior, por razones de interés general o de seguridad pública.

ART. 40. - Los permisos generales para el establecimiento de talleres de fabricación de artificios pirotécnicos, señalarán, como medidas de seguridad, las cantidades máximas de almacenamiento de materias primas destinadas a su producción, así como de sus productos terminados.

#### 4.3 De la compraventa

ART. 45. - Para los efectos de este capítulo, se establece la siguiente clasificación:

- I. Compraventa de armas de fuego, armas de gas, municiones, pólvoras deportivas, fulminantes y demás artículos conectados con el ramo de la armería;
- II. Compraventa de pólvoras, explosivos, artificios y sustancias químicas relacionadas con los explosivos, señaladas en la fracción V del artículo 41 de la Ley; y
- III. Compraventa de artificios pirotécnicos.

ART. 48. - Las personas físicas o morales que pretendan dedicarse a las actividades a que se refiere la fracción III del artículo 45, solicitarán a la Secretaría el permiso general correspondiente, conforme a modelo, enviando los documentos que se indican en los incisos b), f), g), y j) del artículo 35 de este Reglamento.

ART. 56. - Los establecimientos que operen con permiso general, pueden comprar y vender entre sí, pólvoras, explosivos, artificios y sustancias químicas relacionadas con explosivos, siempre que el vendedor obtenga previamente el permiso ordinario para cada caso y operación.

ART. 57. - Las personas físicas o morales con permiso general para la compraventa de los materiales señalados en el artículo anterior, podrán venderlos a quienes posean permiso extraordinario expedido por la Secretaría, previa autorización de la Comandancia de Zona o Guarnición Militar respectiva.

El almacenamiento y excedentes de los materiales de que se trata, así como su control por la Secretaría, se sujetarán a las disposiciones legales correspondientes y de este Reglamento.

El uso distinto del fin para el que fueron autorizados, ameritará la aplicación de las sanciones procedentes.

ART. 58. - Los establecimientos con permiso general de compraventa, podrán vender a mineros en pequeño o a otras personas que requieren eventualmente el uso de explosivos, hasta veinticinco kilogramos de pólvora para barreno o explosivos y sus artificios, con permiso expedido por los Comandantes de Zona o Guarnición que correspondan; para cantidades mayores se deberá obtener permiso de la Secretaría.

ART. 59. - Para que el interesado obtenga el permiso de compra referido en el precepto anterior, debe identificarse ante las autoridades militares correspondientes y presentar una constancia de la autoridad administrativa local, sobre la necesidad que tiene el solicitante de emplear esos materiales, y que su uso no entraña peligro alguno para la población.

ART. 60. - Los establecimientos con permiso general para la fabricación o para la compraventa de artificios pirotécnicos, podrán vender a particulares, hasta diez kilogramos en total de dichos artificios, de diversas características. Para cantidades mayores se requerirá el permiso que otorgará la Comandancia de Zona o Guarnición Militar correspondiente.

#### 4.4 Del transporte

ART. 67. - El transporte de armas, objetos y materiales autorizados implícitamente en los permisos generales y extraordinarios expedidos por la Secretaría, se sujetará a las medidas de seguridad y medios de transporte que en los propios permisos se señalan, así como al cumplimiento de otras leyes y reglamentos.

ART. 68. - Las persona físicas o morales que pretendan dedicarse permanentemente al transporte especializado de armas, objetos y materiales a que se refiere la Ley, solicitarán a la Secretaría el permiso general correspondiente, adjuntando los siguientes documentos:

- a) Copias fotostáticas autorizadas de la concesión o permiso otorgados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;
- b) Certificado de que se reúnen los requisitos de seguridad expedido por la primera autoridad administrativa del lugar donde se proyecte establecer la matriz y en su caso, las sucursales de la negociación transportadora en que se haga constar que la misma tiene depósitos y polvorines para almacenar, cuando fuere necesario, los efectos por transportar, que dichas instalaciones no representan peligro para la seguridad pública y que están protegidas contra robos;
- c) Planos de los proyectos de los depósitos y polvorines a que alude el inciso anterior, anotando las distancias a vías de comunicación, poblaciones, líneas de energía eléctrica y gasoductos; y
- d) Tratándose de sociedades mercantiles, los documentos señalados en el inciso j) del precepto 35 de este Reglamento.

ART. 69. - Los establecimientos que tengan permiso general para transporte especializado de armas, objetos o materiales a que se refiere la Ley, así como los fabricantes o comerciantes con permisos generales que dispongan de vehículos propios para dicho transporte, deberán colocar en ellos en forma visible, copia fotostática del permiso general respectivo que concedió la Secretaría y en el caso de los transportes especializados, el conductor del vehículo portará consigo copia fotostática autorizada de los permisos generales, ordinarios o extraordinarios que la propia Secretaría hubiere otorgado a los remitentes de los efectos que se transporten.

ART. 70. - Las personas físicas o morales que tengan permiso general de la Secretaría para el transporte especializado, exigirán de los remitentes, copia fotostática del permiso general, ordinario o extraordinario que la propia Secretaría les haya concedido para efectuar las actividades aludidas en este Reglamento.

#### 4.5 Del almacenamiento

ART. 71. - El almacenamiento de armas, objetos y materiales, autorizados completamente en los permisos generales de fabricación, se sujetará a las medidas de seguridad que mencionen los propios permisos.

ART. 72. - Los permisos generales de compraventa de armas, objetos y materiales, expresarán las cantidades máximas de almacenamiento permitido en los lugares de los establecimientos comerciales abiertos al público.



El almacenamiento en lugares diversos a dichos establecimientos, se autorizará fijando las medidas de seguridad a que deban reunir para evitar accidentes o robos.

ART. 73. - El Ejecutivo Federal podrá establecer en diversos lugares de la República, almacenes oficiales para el servicio de las personas físicas o morales a quienes se les haya conferido permiso general.

Los usuarios satisfarán los gastos de administración de esos locales, previa la expedición del instructivo para su funcionamiento y la fijación de la tarifa correspondiente que oportunamente se publicarán.

ART. 74. - Las personas físicas o morales que conforme a las leyes respectivas, tuvieren concesión de almacenamiento al público, y pretendan, en forma permanente o eventual, almacenar específicamente armas, municiones y materiales a que se refiere la Ley, deberán tener la autorización respectiva que otorgue la Secretaría.

ART. 75. - Para el almacenamiento específico a que se refiere el artículo 74, las personas físicas o morales interesadas, solicitarán el permiso reuniendo los requisitos que en cada caso señale la Secretaría.

ART. 76. - En los permisos extraordinarios para la compra de pólvoras, explosivos, artificios y sustancias químicas relacionadas con los mismos, la Secretaría fijará las condiciones a que deberá sujetarse el almacenamiento respectivo.

#### 4.6 Del control y vigilancia

ART. 77. - En toda gestión que se haga respecto al cumplimiento de la Ley y de este Reglamento, el interesado anotará el número y clase del registro, licencia o permiso que se relacione con esa diligencia.

ART. 80. - Quienes tengan permiso o autorizaciones en los términos de la Ley, están obligados a cumplir con las medidas de seguridad que dicten las autoridades competentes, así como rendir los informes técnicos y generales que les soliciten.

ART. 82. - Las personas físicas o morales con permisos generales o extraordinarios, están obligadas a dar aviso a la Secretaría dentro de las 72 horas hábiles siguientes de que tengan conocimiento, del extravío, destrucción o el robo de las armas, objetos o materiales que les amparen sus permisos. Igual obligación tendrán cuando ocurra la descomposición de las materias y explosivos.

ART. 83. - Los que tengan permiso general, deberán rendir a la Secretaría un informe durante los diez primeros días de cada mes, respecto de las operaciones realizadas durante el mes anterior, en la forma siguiente:

- I. Fabricantes y talleres de organización: producción terminada y ventas efectuadas, con anotación de los compradores. Cuando se trate de armas, se anotarán también las matrículas;
- II. Comerciantes: operaciones de compra y de venta, anotando los nombres de los vendedores y de los compradores; y

III. Otras actividades diversas a las señaladas en los párrafos anteriores:  
sobre los movimientos efectuados

ART. 84. - Quienes tengan permiso extraordinario, tendrán la misma obligación a que se refiere el artículo anterior, durante la vigencia de dicho permiso.

ART. 85. - Los informes referidos en los preceptos que anteceden, deben ser rendidos aún cuando no hubiere movimientos que consignar.

ART. 86. - Las solicitudes de revalidación de los permisos generales, se presentarán dos meses antes de su vencimiento, teniendo la Secretaría la facultad de comprobar si subsisten las condiciones que sirvieron de base para su expedición, a cuyo efecto, podrá requerir los informes que considere necesarios.

ART. 87. - Cuando los titulares de permisos generales pretendan modificar cualquiera de las condiciones señaladas en los mismos, por ubicación, técnica de trabajo, cambio de razón social u otro motivo que no afecte la clase de producción permitida, están obligados a solicitar de la Secretaría la autorización correspondiente.

Cuando suspendan o terminen sus actividades, deberán dar un término de 15 días, el aviso respectivo.

ART. 88. - Las personas físicas o morales con permiso general para la fabricación, organización, reparación y compraventa de los efectos materia de este Reglamento, registrarán sus operaciones en un libro de compras y otro de ventas, foliados y autorizados por la Secretaría en los que se anotarán los datos que señale anticipadamente y según el ramo, la propia Secretaría.

ART. 89. - La Secretaría podrá ordenar visitas de inspección a establecimientos, instalaciones o negociaciones que funcionen al amparo de permisos generales o extraordinarios, únicamente con el fin de comprobar el cumplimiento de lo dispuesto por la Ley y este Reglamento.

El personal de estos establecimientos, instalaciones o negociaciones, está obligado a dar las facilidades necesarias al personal nombrado para la práctica de dichas visitas.

ART. 90. - El personal designado por la Secretaría para realizar las visitas de inspección a que alude el precepto anterior, sujetará su intervención estrictamente a lo que señale la orden expedida por la propia Secretaría, la que, en todos los casos, será por escrito con copia para la negociación afectada.

Con el resultado de la inspección, el personal que la practicó levantará el acta respectiva, la cual será firmada por los que hubieren intervenido y por él o los representantes de la negociación de que se trate, con dos testigos que designará el representante de la negociación, o en su defecto, el personal que practique la inspección.

## 5. PROPUESTAS DE MEJORA

### 5.1 Para la seguridad

#### 5.1.1 De la construcción

- ❖ La construcción de los talleres para la elaboración y almacenamiento de productos pirotécnicos, debe estar ubicada en un lugar alejado de zonas habitadas y de cualquier cosa que pueda ser perjudicada ante el peligro de esta.
- ❖ La construcción ideal es aquella en que es pequeña la cantidad de material combustible en cualquier lado y cuya construcción es de tal índole que el incendio en una sección no se pueda propagar a otra.
- ❖ Los módulos de elaboración deben ser de construcción endeble (la llamada construcción para "pólvora negra"), con las paredes clavadas por los cantos en las esquinas, el techo enclavijado y ampliamente espaciado, para que ofrezca el menor encerramiento posible ante la eventualidad de un incendio. Estos módulos deben ser armados "de dentro fuera" (con las paredes interiores lisas), de modo que puedan lavarse fácilmente, y con dos o más puertas que abran hacia afuera y aseguradas con grapas exteriores de resorte. En ciertos casos el piso debe ser ranurado y tener debajo una superficie lisa y fácilmente lavable con chorro de agua.

- ❖ El número de puertas de salida está en función del riesgo de incendio del módulo, la cantidad de material que se maneja y el personal que labora en este. Estas deben estar dispuestas de manera que si el fuego o el humo obstruye una, se tengan otras para ser usadas.
- ❖ Los módulos deben estar separados en distancias proporcionales a las cantidades de materiales y su riesgo, así como de productos contenidos en estos y el tipo de construcción donde se encuentren.
- ❖ Los módulos para almacenamiento de materiales y producto terminado deben ser de materiales resistentes al fuego y a la presión para evitar que se propaguen los incendios. Además de que no deben permitir la exposición de su contenido a fuentes naturales o artificiales de calor, a menos que sea necesario para la conservación de los mismos.
- ❖ Los módulos deben agruparse de acuerdo al grado de riesgo que presenten, así como su compatibilidad de actividades.
- ❖ En el caso de los molinos de bolas (barriles) accionados por motor eléctrico o gasolina, se deben hacer construcciones pequeñas, donde solo se tenga un molino por construcción, dividiendo esta en dos partes, en una se coloca el motor, la banda y la rueda, y en la otra se monta el barril sobre el eje de rotación, quedando solo el espacio necesario para conectar las dos partes, evitando de esta forma la acumulación de polvo cerca de las partes eléctricas.

- ❖ Alrededor de los módulos deberá haber recipientes llenos de agua, montones de arena, extintores y mangueras conectadas con bocas de agua situadas en puntos estratégicos ante una posible eventualidad. Aunque lo ideal sería contar con sensores automáticos de humo y temperatura, y sistemas extintores.
- ❖ Instalar las líneas eléctricas que alimentan los motores y equipos a prueba de explosión de acuerdo con la norma de instalaciones eléctricas.
- ❖ Deben tener una barda perimetral o una malla que abarque todas las instalaciones para seguridad de las mismas.
- ❖ Colocar un pararrayos en la parte mas alta del terreno, para conducir las descargas eléctricas.

#### 5.1.2 De la información

- ❖ El personal que labora en la producción de productos pirotécnicos debe tener conocimiento acerca de los riesgos que se pueden presentar y sus consecuencias.
- ❖ Informar al personal acerca de los materiales que se usan, su manejo y sus reacciones.
- ❖ Informarse cuales materiales son tóxicos y tratar de evitarlos en lo posible.

- ❖ Adiestrar al personal en la forma de contrarrestar explosiones e incendios, así como las acciones a seguir durante y después del siniestro.

#### 5.1.3 De la organización

- ❖ Definir los usos de cada módulo, así como las actividades y responsabilidades de todo el personal que labora. Para esto se pueden documentar los procesos y procedimientos de trabajo.
- ❖ Organizar las actividades diarias para no andar trabajando a las carreras.
- ❖ Las actividades que representan mayor riesgo solo deben ser realizadas por el personal de mayor experiencia y que tenga la capacidad de realizarla.

#### 5.1.4 De la producción

- ❖ Conocer la sensibilidad de los materiales y mezclas.
- ❖ Separar las materias primas de acuerdo a su compatibilidad y de preferencia comprar estas por bulto o tambo, colocando una etiqueta con el nombre del material y un cucharón para cada uno para cuando se requiera usar, evitando con esto posibles contaminaciones.
- ❖ Pesar los materiales en bolsas o papeles limpios y diferentes, tratando de que no se caigan.



- ❖ Llevar a cabo un análisis de materiales o unos ensayos con cantidades mínimas, antes de ser usados para verificar su estabilidad.
- ❖ Preparar cantidades mínimas de mezclas, cuando se requieran cantidades mayores, prepararlas en partes y conforme se vayan requiriendo.
- ❖ Para nuevas formulaciones ocupar las cantidades mínimas de materiales.
- ❖ Es conveniente moler el nitrato en un barril y el carbón en otro, y después juntarlos en otro para reducir el riesgo, aunque implique una inversión mayor.
- ❖ Para las composiciones muy sensibles, pasar primero los materiales por separado, en una lona de papel y después mezclarlos levantando dos esquinas opuestas del papel y después las otras dos, así sucesivamente hasta alcanzar el mezclado deseado.
- ❖ Sustituir el clorato de potasio por perclorato de potasio en lo posible.
- ❖ Cuando se maneja clorato de potasio, cernir primero los materiales menos sensibles con un arnero, después el clorato con otro arnero diferente y ya mezclados todos pasarlos por otro arnero.
- ❖ Evitar usar sales amónicas junto con clorato de potasio, ya que se puede formar clorato amónico, el cual es muy peligroso.

- ❖ Minimizar las cantidades de azufre, cuando se use este agregar un 1% de bicarbonato de sodio.
- ❖ Cernir el azufre junto con algún aglutinante de preferencia, para evitar que se genere electricidad estática.
- ❖ Humedecer las mezclas cuando sea posible, para evitar que se volatilicen y para un manejo más sencillo, manteniendo los sobrantes en un recipiente abierto y en un lugar alejado, ya que las mezclas húmedas tienden a reaccionar.
- ❖ Añadir un 2% de ácido bórico para las composiciones que contengan aluminio.
- ❖ Las mezclas que contienen fósforo deben manejarse en lugares aislados.
- ❖ Mantener separadas las composiciones de color, de trueno, pastas, moliendas y cerillo, colocando una lona encima de estas para evitar contaminaciones que puedan reaccionar entre sí, y con un letrero de identificación.
- ❖ Colocar un recipiente donde se coloquen los residuos y puedan ser neutralizados o destruidos diariamente.
- ❖ Es recomendable el cargado por compresión y no por golpeo.

- ❖ Para disolver la cola, chapopote, o calentar agua, se debe de hacer en el lugar más alejado de las instalaciones, colocando unas protecciones alrededor para evitar que vuelen chispas, y apagar el fuego al terminar.
- ❖ Nunca secar a fuego directo o por medio de electricidad.
- ❖ Cortar la mecha de cerillo húmeda y evitar arrastrarla durante el tendido.
- ❖ Cuando se requieran hacer pruebas, estas se deben de realizar en un lugar lo más alejado posible de las instalaciones.
- ❖ Empacar por partes y dejar enfriar el producto cuando ha estado expuesto al sol por períodos largos.
- ❖ Empacar los productos en cajas de cartón.
- ❖ Dejar de laborar ante la presencia de lluvia o vientos fuertes.

#### 5.1.5 De las máquinas, herramientas y accesorios

- ❖ Deben ser manejadas por personal competente y con responsabilidad.
- ❖ Cambiar las herramientas de acero por bronce, latón, estaño o aleaciones más seguras, incluso madera o plástico.
- ❖ Ordenar las herramientas y accesorios de una manera sistemática, limpiándose antes y después de su uso.
- ❖ Usar contenedores de cartón o madera, con un letrero de identificación.

- ❖ Armar los ameros con pegamento, si se usan clavos, taparlos con sellador.
- ❖ Fijar las esquinas de los cuadros con fieltro.
- ❖ Lubricar, limpiar e inspeccionar la maquinaria, frecuentemente.
- ❖ Conectar la maquinaria metálica a tierra, para descargar la electricidad estática.
- ❖ Afilar cuchillos de acuerdo a la frecuencia de uso.

#### 5.1.6 De la indumentaria

- ❖ Usar guantes de plástico en el mezclado de composiciones.
- ❖ Para la operación de los molinos de bolas, y operaciones que produzcan mucho polvo, usar mascarilla.
- ❖ Calzar zapatos de cuero con suela de goma.
- ❖ Vestir ropa antiestática, mandil de cuero y gafas.
- ❖ Cambiarse la ropa a diario y después de tender mecha de cerillo.

#### 5.1.7 Otras

- ❖ Es conveniente disponer de una sola persona trabajando por módulo, o reducir el número de personas al mínimo, aunque el terreno ocupado sería muy grande, así como la inversión.

- ❖ Trabajar sin presión, a un ritmo normal y a la capacidad que den sus máquinas, equipos, herramientas y personal.
- ❖ Disponer de un botiquín y de agua pura, para el lavado de ojos, cuando se tenga el contacto con algún material.
- ❖ Lavarse las manos antes y después de cada operación, aún cuando se hayan usado guantes.
- ❖ Dar asesoría a las personas involucradas, desde que el producto sale de las instalaciones, hasta su quema.

## 5.2 Para la calidad

- ❖ El responsable de la producción, debe de informar al personal, de cuales son los requisitos que se deben de cumplir en cada operación desarrollada.
- ❖ Toda persona que participa en la producción, debe de estar capacitada para realizar su trabajo.
- ❖ Llevar a cabo un control de los procesos, así como del producto.
- ❖ Realizar pruebas con los materiales, cuando se abren bultos o tambos, para verificar la calidad de las materias primas.
- ❖ Usar los materiales con una pureza alta, evitando sustituciones o rebajarlos.

## ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

- ❖ Mantener herramientas y accesorios en buena forma, para la realización de las operaciones donde se ocupan.
- ❖ Aplicar la misma cantidad de carga y presión a los productos.
- ❖ Cuando se detecten fallas, llevar a cabo acciones correctivas inmediatas.
- ❖ Eliminar los productos intermedios que presente defectos durante las operaciones de elaboración.
- ❖ Realizar un batido de mecha uniforme, agregando la cantidad de material en forma equilibrada.
- ❖ Dar un buen secado al producto.
- ❖ Empacar adecuadamente el producto para evitar maltratos al transportar.
- ❖ Comparar los productos con otros elaborados por otras personas.

## CONCLUSIONES

La manufactura de productos pirotécnicos, es una actividad que representa un riesgo latente, sin embargo, se puede disminuir el riesgo, si se llevan a cabo medidas preventivas adecuadas.

Las composiciones pirotécnicas no llegan a ser demasiado peligrosas cuando se manejan y usan correctamente.

Las causas que originan más accidentes, son condiciones inseguras referentes a instalaciones y herramientas, y fallas humanas, por falta de precaución o exceso de confianza en el manejo de los materiales, es claro, que la mayoría se pueden evitar, para esto, se necesita un cambio de actitud de las personas, para fomentar una educación para la prevención de accidentes que se convierta en un hábito.

Cumplir con el Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, no es suficiente para evitar accidentes, ya que la seguridad depende de otros factores, y la Secretaría de la Defensa Nacional debería de separar las armas de fuego de los productos pirotécnicos, tomando en consideración las propuestas de expertos en materia.

Las medidas de precaución que se deben de llevar a cabo, tienen que empezar desde el diseño de las instalaciones, eligiendo el tipo de construcción para cada módulo, agrupar y separar de acuerdo al riesgo que presentan y la cantidad de materiales manejados. Además de los equipos de seguridad con que debe de contar cada módulo.

La información es básica para prevenir, el conocer las propiedades de los materiales, sus reacciones, sensibilidad y estabilidad, es fundamental para evitar posibles causas y elevar la calidad de los productos. Así como la toxicidad que trae consigo el manejo de algunos materiales, cuando no se tiene la protección adecuada.

Es de gran importancia en la prevención de accidentes y en la elevación de la calidad de los productos, la elaboración de un manual de procedimientos, donde se designen actividades y responsabilidades, tanto para la producción, como para la prevención y acción durante un accidente, fomentando la comunicación y el trabajo en equipo.

La prevención, es una necesidad y una inversión, ya que esto repercute en un buen ambiente de trabajo, el cual da como resultado productos de alta calidad.

Las personas que producen artículos pirotécnicos, tienen que valorar su trabajo, haciendo que su esfuerzo sea rentable, evitando intermediarios, lo cual se reflejará en la elevación de su nivel de vida.

La formación de microempresas sería de gran ayuda, para desarrollar productos pirotécnicos de calidad, haciendo uso de la mejor tecnología, donde se tenga un mayor control como organización, exportando productos y compitiendo con los mejores del mundo, sin desplazar la artesanía del país.

Es un lugar, donde se pueden aplicar los conocimientos adquiridos, y que necesita de personas que se preocupen por la preservación del medio ambiente.



En la pirotecnia, se tiene un gran campo de aplicación para profesionistas relacionados con Química, y personas con ganas de hacer las cosas bien, ya que aquí se presentan cambios, se desarrollan tecnologías, se crean productos nuevos, algunos se modifican y se trata de innovar constantemente.

ANEXO

Tabla 1. seguridad por compatibilidad de materiales empacados o envasados.

LA "X" INDICA QUE EL MATERIAL DE LA LÍNEA HORIZONTAL PUEDE ALMACENARSE CON EL ARTICULO DE LA COLUMNA VERTICAL	PÓLVORAS	ACIDO PICRICO	DINITROTOLUENO	NITROALMIDONES	NITROGLICERINA	NITROCELULOSA	NITROGUANIDINA	TETRIL	FULMINATO DE MERCURIO	NITRURAS: PLOMO, PLATA Y COBRE	ESTIFANATO DE PLOMO	CLORATOS: PERCLORATOS Y PERÓXIDOS	SODIO METÁLICO	MAGNESIO EN POLVO	ALUMINIO: POLVO NEGRO U OPACO. FÓSFORO.	P. E. T. N.	T. N. T.	DINAMITA Y AMATILES	NITROCARBONITRATOS HÚMEDOS	NITROCARBONITRATOS SECOS	NITROCARBONITRATOS ÁCIDOS	FOSGENO.	CICLONITA. (RDX)	INICIADORES DE ALTA PRESIÓN DETONANTE.	DETONADORES: ESTOPINES, CÁPSULAS.	MECHAS DE SEGURIDAD.	CORDONES DETONANTES	CORDONES ENCENDEDORES DE MECHA.	CONECTORES DETONANTES.	CONECTORES ENCENDEDORES.	ARTIFICIOS PIROTECNICOS.	CARGAS INDUSTRIALES.			
PÓLVORAS	X																																		
ACIDO PICRICO		X																																	
DINITROTOLUENO			X																																
NITROALMIDONES.				X																															
NITROGLICERINA					X																														
NITROCELULOSA						X																													
NITROGUANIDINA.							X																												
TETRIL								X																											
FULMINATO DE MERCURIO									X																										
NITRURAS: PLOMO, PLATA Y COBRE										X																									
ESTIFANATO DE PLOMO.											X																								
CLORATOS: PERCLORATOS Y PERÓXIDOS.												X																							
SODIO METÁLICO.													X																						
MAGNESIO EN POLVO.														X																					
ALUMINIO: POLVO NEGRO U OPACO. FÓSFORO.															X																				
P. E. T. N.																X		X	X	X				X	X		X	X							
T. N. T.																	X																		
DINAMITA Y AMATILES																	X	X	X	X				X	X		X	X							
NITROCARBONITRATOS HÚMEDOS																	X	X	X	X				X	X		X	X							
NITROCARBONITRATOS SECOS																	X	X	X	X				X	X		X	X							
NITROCARBONITRATOS ÁCIDOS.																					X														
FOSGENO.																						X													
CICLONITA. (RDX)																							X	X	X	X	X								
INICIADORES DE ALTA PRESIÓN DETONANTE.																	X	X	X	X				X	X		X	X							
DETONADORES: ESTOPINES, CÁPSULAS.																									X				X	X	X				
MECHAS DE SEGURIDAD.																	X	X	X	X				X	X		X	X							
CORDONES DETONANTES																	X	X	X	X				X	X		X	X							
CORDONES ENCENDEDORES DE MECHA.																								X	X		X	X							
CONECTORES DETONANTES.																									X	X		X	X						
CONECTORES ENCENDEDORES.																								X	X		X	X							
ARTIFICIOS PIROTECNICOS.																																		X	
CARGAS INDUSTRIALES.																																			X

**Tabla 2.**  
**SEGURIDAD POR DISTANCIA CANTIDAD**  
**(MATERIALES DEBIDAMENTE EMPACADOS O ENVASADOS).**

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL.	KILOS		DISTANCIA EN METROS-POLVORINES CON PROTECCIÓN				
	DE:	A:	EDIFICIOS HABITADOS	VÍAS FERREAS	CAMINOS CARRETEROS	LÍNEAS DE A TENSION.	ENTRE POLVORINES.
1. - Dinamitas, explosivos al nitrato de amonio, pólvoras negra y sin humo.	000	500	126	100	100	100	11
	500	750	146	100	100	100	13
	750	1000	160	100	100	100	14
	1000	1250	170	100	100	100	15
	1250	1500	180	100	100	100	17
	1500	2000	200	100	100	100	18
	2000	3000	230	100	100	100	20
	3000	4000	250	100	100	100	23
	4000	5000	260	110	100	100	25
	5000	6000	270	117	100	100	26
	6000	7000	275	122	100	100	27
	7000	8000	285	127	100	100	28
	8000	9000	292	132	100	100	30
	9000	10000	305	137	100	100	31
	1000	12000	330	146	100	100	33
	12000	14000	350	154	105	103	35
	14000	16000	370	160	110	105	36
16000	18000	390	168	116	112	38	
18000	20000	405	173	121	118	39	
20000	25000	445	185	135	130	43	
25000	30000	480	200	145	140	46	
30000	35000	510	208	155	150	49	
35000	40000	535	218	160	155	53	
40000	45000	550	226	166	162	56	
45000	50000	565	240	169	166	63	
50000	60000	575	250	171	168	66	
60000	70000	585	262	175	172	73	
70000	80000	605	274	182	178	80	
80000	90000	620	284	186	183	86	
90000	100000	635	294	191	188	93	
100000	125000	675	378	210	208	117	
4. - Nitrocelulosa (30-70) o sea 30 partes en peso del solvente por 70 partes del producto, con una nitración de 12.2% como máximo. cloratos, fósforos, etc.	000	500	115	100	100	100	10
	500	750	135	100	100	100	12
	750	1000	145	100	100	100	14
	1000	5000	235	100	100	100	23
	5000	25000	400	170	122	120	40
	25000	50000	500	215	155	150	50
	50000	75000	535	242	165	160	70
	75000	100000	570	275	170	166	85
100000	125000	607	340	190	188	110	
5. -Trinitrotolueno, ciclonita, fulminatos, picratos. cloratos, percloratos, etc.	000	500	152	125	125	125	15
	500	750	175	135	135	135	20
	750	1000	192	150	150	145	25
	1000	5000	312	165	165	160	35
	5000	25000	530	222	180	175	50
25000	50000	675	288	200	200	75	
6. - Artificios pirotécnicos. A.-	000	500	100	100	100	50	35
	500	1000	160	160	160	100	45
	1000	5000	200	200	200	150	55
	5000	10000	250	250	250	200	65
7. - Artificios pirotécnicos.	A.-La cantidad de artificios pirotécnicos que pueden tener en existencia es de 50 gramos por cada metro cúbico de espacio libre en el depósito de almacenamiento, en la inteligencia de que los 50 gramos mencionados están incluidos la mezcla explosiva y la inerte, la capacidad total de seguridad será determinada según la ubicación de los depósitos y las dimensiones de los mismos.						
8.- Almacenamiento de municiones de pequeño calibre para armas de fuego y para usos industriales.	1.- La cantidad de municiones que puedan tener en existencia las personas en negociaciones que se dediquen a esta actividad es de 500 gramos por cada metro cúbico de espacio libre en el almacén o depósito, en la inteligencia de que en los 500 gramos esta incluida la materia explosiva y la inerte, así como la cápsula. 2.- Cuando se almacenan cartuchos que solamente tenga colocada la cápsula, se tomarán 85 gramos del explosivo que contengan dichas cápsulas por cada metro cúbico de espacio libre. 3.- Si las negociaciones están establecidas en calles de mucho tránsito, solo se permitirá almacenar como máximo 50 kilogramos de pólvora contenida en cartuchos.						
NOTA: LAS DISTANCIAS ARRIBA INDICADAS, SON PARA CUANDO LOS POLVORINES O DEPÓSITOS, SE ENCUENTRA PROTEGIDOS POR OBSTÁCULOS NATURALES O ARTIFICIALES, EN CASO CONTRARIO LAS DISTANCIAS AUMENTAN EN UN "CIENTO POR CIENTO (100)" EN EL INTERIOR DE LAS FABRICAS, ÚNICAMENTE SE AUTORIZAN EL ALMACENAMIENTO DE NITROCELULOSA EN UNA CANTIDAD MÁXIMA DE 5000 KGS., OBSERVANDO LAS DISTANCIAS DE LA PRESENTE TABLA. DISMINUIDAS EN UN OCHENTA POR CIENTO ( 80%)							

## BIBLIOGRAFIA

- Austin T. George  
Manual de los Procesos Químicos en la Industria  
McGraw Hill, México, 1988
- Brock Saint Hill Alan  
History of Fireworks  
George G. Harrap, Inglaterra, 1949
- Grimaldi V. John, Simonds H. Rollin  
La Seguridad Industrial  
Alfa omega, México, 1991
- Henglein F. A.  
Tecnología Química  
Urmo, España, 1987
- Kirk E. Raymond, Othmer F. Donald  
Enciclopedia de Tecnología Química  
Hispanoamérica, México
- Martínez Marín Carlos  
Resumen del Trabajo "Bellas y Exquisitas Invenciones de Fuego"  
Doctor del Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM
- Martínez M. M.  
La Pirotecnia en el Arte Efímero en el Mundo Hispano  
V Coloquio del Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, D. F. 1983
- Enciclopedia Temática. Ciencia y Tecnología I  
Argos Vergara, España
- Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos. Secretaría de la Defensa Nacional  
México, 1989
- Los Domadores del fuego  
Gobierno del Estado de México  
México, 1987
- Memoria del 2º Foro Internacional de la Pirotecnia "Tultepec 99"  
México, 1999