

Richard Nakka's *Experimental Rocketry* Web Site

Pyrogen - Delay Ejection Device (Pyro-DED)



Written by: R.A.Nakka
www.nakka-rocketry.net

Traducido por José L. Sánchez

PIROGEN DED

Con el **Pyrogen-DED** se ha intentado hacer un dispositivo pirotécnico de fácil montaje en el motor, para su empleo como parte de un sistema de recuperación mediante paracaídas. Con el **Pyrogen-DED** descrito aquí se ha intentado que sea versátil de manera que pueda ser empleado con casi cualquier motor cohete Experimental. Para que ello sea posible, tan sólo necesario que este disponga de un taladro roscado apropiado en el cierre de motor para instalar la unidad.

Descripción de funcionamiento.

El **Pyrogen-DED** consiste en tres elementos distintos integrados en una unidad sola. Como tal, la función del **Pyrogen-DED** es triple:

1º - Proporcionar un período de retardo con rastro de humo hasta que el cohete llega al apogeo después del agotamiento de motor. Esta función es realizada por el **Grano de Retardo**.

2º - Provocar una fuerza de presurización suficiente que permita desplegar un dispositivo de recuperación. Esta función es realizada por la **Carga de Eyección**.

3º - Ayudar a la ignición rápida del propulsor del motor. Esta función es realizada por el pirógeno. Otra función importante del pirógeno es encender el Grano de retardo.

Descripción Física

El **Pyro-DED** se ilustra en la Figura1. Este consiste en una unidad de una sola pieza mecanizada en acero mediante torno. Esta tiene dos cavidades separadas por un orificio restrictor. La cavidad inferior contiene el pirógeno y el Grano de retardo de la carga de eyección, y la cavidad superior contiene la propia Carga de Eyección. El Grano de retardo se introduce directamente en su alojamiento, la carga de pirógeno se efectúa mediante prensado directamente en su sitio, y la Carga de Eyección es un polvo fino granulado contenido en un recipiente ligero realizado con papel de aluminio. La parte inferior del **Pyro-DED** dispone de un macho roscado, para fijar el sistema en el cierre del motor cohete. La parte superior es de forma cilíndrica y sirve para ser insertada en el mamparo de empuje del cohete, sellado convenientemente para evitar la fuga de gases.

El pirógeno esta formado por un grano cónico compuesto de " Polvora Gris " con un agente aglomerante.

La polvora gris es un material pirotécnico de similar composición a la polvora negra.

El grano de retardo esta realizado con una formulación de nitrato potasico, epoxi y óxido de hierro.

La carga de eyección es un material pirotécnico que, cuando es encendido, produce un gran volumen de gases calientes. Normalmente se usa "Polvo Carmesí", aunque la polvora negra convencional puede ser una alternativa válida.

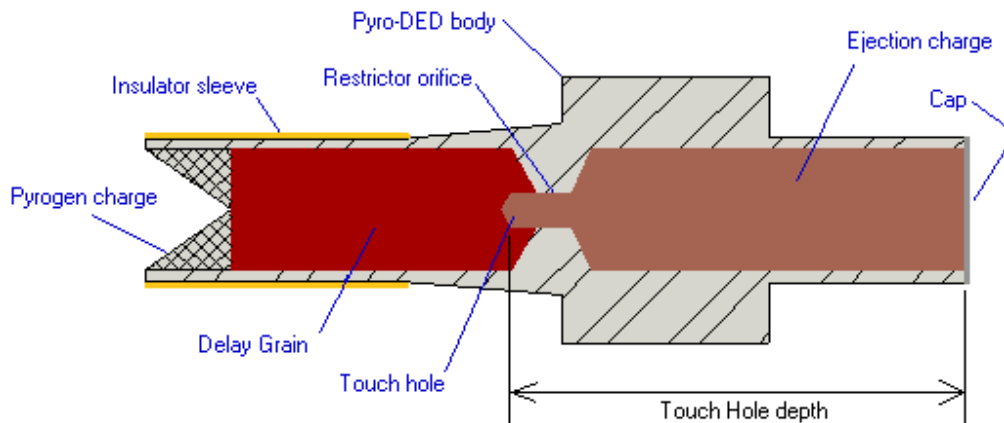


Figura 1 Pyro-DED

El **Pyro-DED** proporciona un retardo máximo de 13 segundos aproximadamente (el retardo exacto puede variar dependiendo de la marca o clase del epoxi usado). El período de retardo se puede ajustar al tiempo deseado efectuando, con el útil adecuado, una pequeña perforación en el grano, de una profundidad que estableceremos para cada caso.

El **Pyro-DED** puede contener hasta 1 gramo de material de Carga de Eyección, que es más que suficiente para un sistema de eyección a base de pistón como el ilustrado en la Figura 5.

El manguito aislante proporciona la protección termal necesaria al Grano de retardo para impedir la absorción del calor producido por el motor. El efecto adverso motivado por dicha absorción daría lugar a un período de retardo inferior. El manguito aislante está hecho de cartulina y se substituye después de cada empleo.

Fabricación

El **Pyro-DED** normalmente se fabrica partiendo de barra exagonal de acero dulce (por ejemplo. C1018).

También se puede usar aleación de aluminio, pero a largo plazo, la temperatura puede dañar el dispositivo. Sin embargo, para su utilización como elemento de un solo uso, el aluminio puede ser una buena solución. Una ventaja del aluminio es

su facilidad de mecanizado y su masa excepcionalmente baja. El acero tiene la ventaja de una vida ilimitada.

El material utilizado puede ser de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{9}{16}$ " o $\frac{5}{8}$ " (12, 14 o 16 mm). Obviamente, con la opción de $\frac{1}{2}$ " se obtiene el peso más bajo. La fabricación es bastante simple mediante la utilización un torno mecánico. Generalmente se fabrican varias unidades simultáneamente para tener una producción de recargas mas eficiente.

La Figura 2 ilustra las dimensiones del dispositivo. En primer lugar se marca el taladro central mediante una broca de centrado para asegurarnos que todos los taladros van a ser concéntricos, después se taladra la cavidad de la carga de eyección, y el orificio restrictor y acabamos cilindrando el perfil exterior. Seguidamente se gira la pieza y se taladra la otra cavidad y se hace el cilindrado del perfil externo así como el paso de rosca. Finalmente se suavizan todos los bordes .

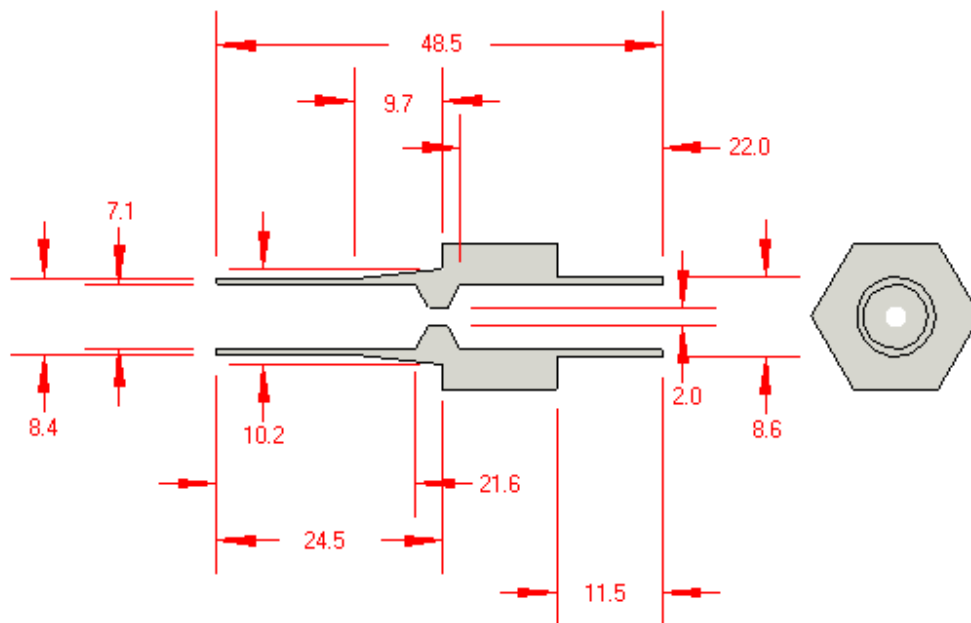


Figura 2 Dimensiones.

Operación

El **Pyro-DED** se ha proyectado para usarse con un encendedor de motor que genere una llama ascendente, tal como se muestra en la Figura 3. Esto asegura la rápida ignición de la carga de pirógeno, que simultáneamente enciende el grano de propulsión del motor y el Grano de retardo. Este sistema fue desarrollado para asegurar la ignición fiable del grano de retardo incluso cuando se usa con motores de tiempos de combustión muy cortos, como el A-100M. Observe si con motores de tiempo de combustión mas largos (un segundo o más) "es posible" omitir el pirógeno sin merma de su fiabilidad.

Esto será experimentado en un futuro no muy lejano.

La carga de pirógeno está hecha con una depresión cónica que configura la superficie inicial de combustión. Esta característica ayuda a facilitar la ignición del grano de propulsión del motor ya que genera una llama "en forma de abanico", y asegura la ignición del grano de retardo ya que se no afecta a la superficie de contacto con el mismo. En cuanto el pirógeno comienza a quemarse, el grano de retardo comienza a quemarse simultáneamente.

La combustión del grano de retardo progresa de una manera lineal, produciendo un debil rastro de humo que generalmente sólo es visible cuando el cohete se acerca al apogeo. Una vez que el frente de llama alcanza el agujero restrictor, el material presente dentro del mismo entra en ignición y esta se extiende inmediatamente al cuerpo principal de la carga de eyección. Esto provoca una alta presión dentro de la cavidad, que rompe el fragil contenedor de papel de aluminio y presuriza el compartimento del cuerpo del cohete. El orificio sirve como restrictor, reduciendo al mínimo pérdida de presión a través del motor.

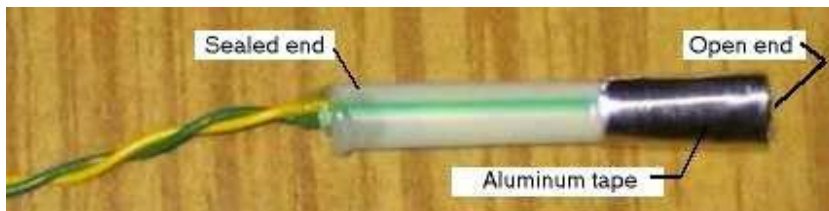


Fig. 3 Ejemplo de ignitor

Reutilizabilidad.

Un **Pyro-DED** fabricado en acero puede ser reutilizado un número ilimitado de veces. Después de su uso, debe ser limpiado con agua caliente y jabón. Use un bastoncito de algodón para limpiar el interior de las cavidades

El orificio de restricción se puede limpiar con un mondadientes o un cable. Al final de la limpieza debe aclarar el dispositivo con agua caliente e inmediatamente secar, internamente y por fuera, con papel absorbente.

Preparación y Composiciones.

Las composiciones del grano de retardo, pirógeno y carga de eyección se presenta en la siguiente tabla:

RETARDO		
COMPONENTE	PROCENTAJE	NOTAS
Nitrato potasico	65	(1)
Oxido de hierro	5	
Epoxi	30	(2)
(1) Molido fino		
(2) Marca West System o similar		
PIROGENO		
COMPONENTE	PORCENTAJE	NOTAS
Nitrato potásico	78	(3)
Azufre	17	(3)
Carbón	5	(3)
Cola de contacto	Ver nota	(4)
(3) Molido fino		
(4) Cantidad mínima suficiente para mojar la mezcla		
CARGA DE EYECCIÓN		
COMPONENTE	PORCENTAJE	NOTAS
Nitrato potásico	55	Ver articulo sobre la preparación de este componente
Acido ascorbico	40	
Oxido de hierro	5	
Tabla 1		

Composición del retardo:

Se realizará previamente una mezcla binaria de Nitrato de Potasio y Óxido de hierro. Una hornada de esta mezcla normalmente servirá para varias recargas del **Pyro-DED**. Con 70 gramos de mezcla tendremos para más de 20 recargas.

Pesaremos 65 gramos de Nitrato Potasico molido muy fino y 5 gramos de Óxido de hierro ambos componentes los mezclaremos muy bien en un pequeño contenedor Tupperware. Es muy importante que estos dos componentes estén muy bien mezclados. Lo mejor es utilizar una mezcladora y añadir media docena de bolas de cerámica o cristal, mezclando durante dos o más horas a 30 REVOLUCIONES POR MINUTO. Esta mezcla deberá ser almacenada en un contenedor seco. Observe que esta mezcla binaria es no combustible. El componente de epoxi es añadido más tarde.

Composición del Pirógeno:

La formulación de la composición del pirógeno consiste en “ Polvora Gris ” con cola de contacto añadida como elemento de cohesión de la misma. Sólo una pequeña cantidad pirógeno es necesaria para cada recarga. Por ello, deberá preparar una hornada de 10 gramos como máximo de Polvora Gris, que es suficiente para aproximadamente 20 recargas. Mediante la utilización una balanza de precisión pese 7.8 gramos de Nitrato potásico, 1.7 gramos de Azufre y 0.5 gramos de carbón de leña. En primer lugar mezcle bien todos los elementos y luego añada una pequeña cantidad de agua para hacer una pasta uniforme. Extienda esta pasta sobre una hoja de papel de aluminio y dejela secar completamente. Una vez seca y mediante la utilización de un mortero de mano no metálico, muele hasta convertirla en polvo muy fino. El producto deberá ser almacenado en un contenedor convenientemente sellado. Tenga en cuenta que este producto es combustible y deberá adoptar las medidas de precaución apropiadas durante la fase de preparación y almacenamiento. No prepare más de 10 gramos de producto. La cola de contacto será añadida más tarde.

Carga de Eyección:

“ El Polvo Carmesí ” (CP) es la mejor opción para el material de la Carga de Eyección. Comparado con la Polvora Negra convencional, el CP es más potente, más fácil de limpiar y de preparar. El CP tiene un ratio de quemado muy corto. La preparación del Polvo Carmesí para la carga de eyección se ha descrito en documento aparte. Para su empleo en el **PYRO-DED** el CP deberá ser preferiblemente de forma granular muy fina ya que esto favorece una rápida combustión y por otro lado no provocan la obturación del conducto de restricción (2 mm), por ello deberá ser tamizado mediante el empleo una tupida red de nilón. Tenga presente que este producto es **sumamente inflamable**, por consiguiente guarde las adecuadas medidas de seguridad durante el proceso de fabricación y almacenaje. No prepare más de 10 gramos, es suficiente para 10-20 recargas.

Carga del retardo y pirogeno.

Se recomienda, para reducir pérdidas, cargar varios **Pyro-DED** al mismo tiempo. El Grano de retardo es lo primero que debemos introducir en su alojamiento. Se pesará la cantidad de mezcla de retardo de acuerdo con lo establecido en la Tabla 2 mezclándola con el epoxi de dos componentes que habrá sido previamente preparado.

El producto obtenido será suficientemente denso, similar en consistencia a la mantequilla de cacahuete. Para cargar con eficacia la cavidad del Pyro-Ded, este deberá precalentarse mediante el uso de una pistola de aire caliente. El cuerpo del **Pyro-DED** deberá estar ligeramente caliente de tal forma que nos permita cogerlo con la mano. Con la ayuda de un mondadientes, introduzca la mezcla en pequeñas dosis al tiempo que dá pequeños toques contra la mesa para facilitar el flujo del material. Una vez calentado, la mezcla adquirirá una viscosidad inferior y

el flujo llenará fácilmente la cavidad. Añada la suficiente cantidad de material hasta alcanzar un nivel de ½ mm hasta la boca de la misma. Este espacio debe ser suficiente para permitir la carga de pirogeno.

Si la composición del retardo tiene tendencia a salirse del **Pyro-DED** a través del orificio de restricción, utilice un mondadientes redondo para tapar temporalmente el taladro, hasta tanto la mezcla comience a curar, es importante que esta operación se realice antes de que endurezca la mezcla de epoxi (normalmente después de ½ hora).

NUM. DE PYRO-DED	NITRATO+ OXIDO FE Gramos	EPOXI Gramos
1	0.9	0.4
2	1.6	0.7
3	2.4	1.0
4	3.2	1.4
5	4.0	1.7
6	4.8	2.1
7	5.6	2.4
8	6.4	2.7

Nota : Incluye el 15% para perdidas

Tabla 2

Una vez se ha colocado la mezcla de retardo, procederemos a la carga del pirógeno. Para determinar la cantidad de polvora gris necesaria, llene la cavidad con la polvora. Despues esta se vertirá sobre una superficie de mezclado (un trozo de hoja de polietileno servirá) añada una pequeña cantidad de cola de contacto suficiente para mojar ligeramente el polvo polvo y una vez hecho esto introduzcala en la cavidad presionando con un mondadientes o herramienta similar. Permita endurecer la mezcla durante unos minutos y luego usando el útil de punta cónica de la Figura 4, presione firmemente la mezcla hasta llegar al tope del mismo, retirelo inmediatamente y repita la operación si fuera necesario.

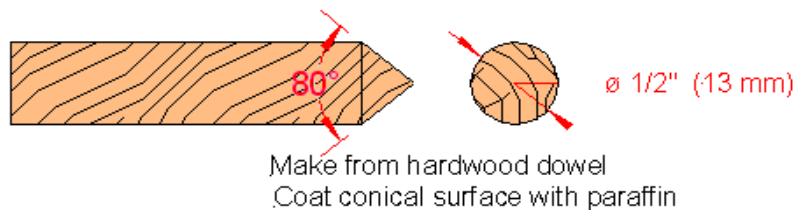


Figura 4 Herramienta de forma cónica para el pirógeno.

Creación del taladro o agujero de contacto.

Después del llenado del grano de retardo, el orificio restrictor estará en parte lleno del mismo material. Una vez que el grano de retardo ha curado totalmente, este material debe ser eliminado, simultáneamente se realizará un agujero de contacto que se extenderá por el interior del cuerpo del retardo (ver Fig.1). El objetivo de este taladro o agujero es doble ya que por un lado servirá para ajustar el retardo y por otro para dar imprimación a la carga de eyección.

Para realizar el agujero de contacto, utilizaremos una broca de 2 mm montada en un portabrocas en el cual se pueda ajustar la profundidad deseada, dado que el material de retardo es bastante blando, se recomienda hacer esta operación manualmente. La profundidad **mínima** del agujero de contacto (25 mm) es tal que el agujero se extiende por el orificio y en el cuerpo del grano de retardo. Esto debe asegurar la ignición fiable de la carga de eyección. La Tabla 3 proporciona la pauta en cuanto al período de tardanza teórico en relación con la profundidad del agujero. Estas pueden presentar diferencias según el tipo de epoxi empleado en la composición del grano de retardo.

Los tiempos de retardo mostrados están basados en un ratio de quemado de 1,4 mm/segundo.

Es importante tener en cuenta que para la recuperación de cohete, el período de retardo no es crítico. "La ventana" de oportunidad para desplegar un paracaídas es bastante generosa, y generalmente cubre 5 segundos o más. El paracaídas puede ser desplegado con seguridad en el momento en el que el cohete comienza a reducir la velocidad cuando este se acerca al apogeo, cuando el cohete describe un arco en el apogeo o cuando el cohete comienza a descender. Por ello, lo mejor es seleccionar el período de retardo que indique el software de simulación.

Prof. taladro mm.	Retardo teórico
25	13.0
27	11.6
29	10.2
31	8.8
33	7.3
35	5.9

Tabla3

Llenado de la carga de eyección.

Utilice gafas de seguridad siempre que maneje materiales para cargas de eyección. Con la ayuda de una pajita de beber plástica a la que hemos realizado con un corte en bisel en uno de sus extremos, introduzca la carga de Cp en la cavidad del **Pyro-DED**. Dé pequeños toques en el cuerpo del mismo con un lápiz u objeto similar no metálico, para ayudar a colocar el material. El espacio que

quede vacío rellénalo con lana de vidrio. El borde superior del **Pyro-DED** límpielo con alcohol y selle la boca con un disco de papel de aluminio.

Manguito aislante.

El manguito aislante se realiza con cartulina enrollada. Se utilizará papel de los usados normalmente en poster y carpetas archivadoras. Hacer el manguito con un trozo de cartulina de (13 mm x 57 mm). Usando el cuerpo del Pyro-DED envuelva fuertemente el papel sobre el mismo y aplique cola blanca sobre la superficie de traslapo. Utilice pinzas para mantener la cartulina en su sitio mientras endurece la cola, más o menos 5 minutos. Retire entonces el manguito de su improvisado molde. Fabrique varios manguitos para su posterior empleo.

Instalación en el motor del cohete

Es necesario tener un taladro roscado en la tapa superior del motor para instalar el **Pyro-DED**. El paso de rosca es de 1/8 " NPT o el equivalente métrico. Este paso de rosca proporciona un sellado eficaz cuando se usa en conjunción con un material sellador adecuado.

Instalar el **Pyro-DED** en el taladro roscado de la tapa del motor, utilizando cinta de teflón como elemento sellador aunque esta no sea absolutamente fiable. No apretar en exceso la unidad.

A continuación pondremos el manguito aislante, si es necesario aplique un poco de cola para mantenerlo en su lugar.

Es importante instalar el ignitor del motor de forma que quede en contacto con el pirógeno.

El ignitor deberá quedar sujeto al motor para evitar que se separe del pirógeno. Emplear cualquier medio adecuado para tal fin.

Colocación de un motor equipado con Pyro-DED en un cohete.

En la Fig. 5 se muestra un método de despliegue de paracaídas que utiliza un motor equipado con **Pyro-DED**. Este método se ha usado con éxito en el cohete *SkyDart*. El diseño es muy eficiente con la presión generada por la combustión de la carga de eyección y como tal, sólo requiere media carga de Polvo Carmesí. El sistema no requiere el uso de material ignífugo para la protección del paracaídas, ya que este nunca va a estar expuesto a gases de eyección calientes.

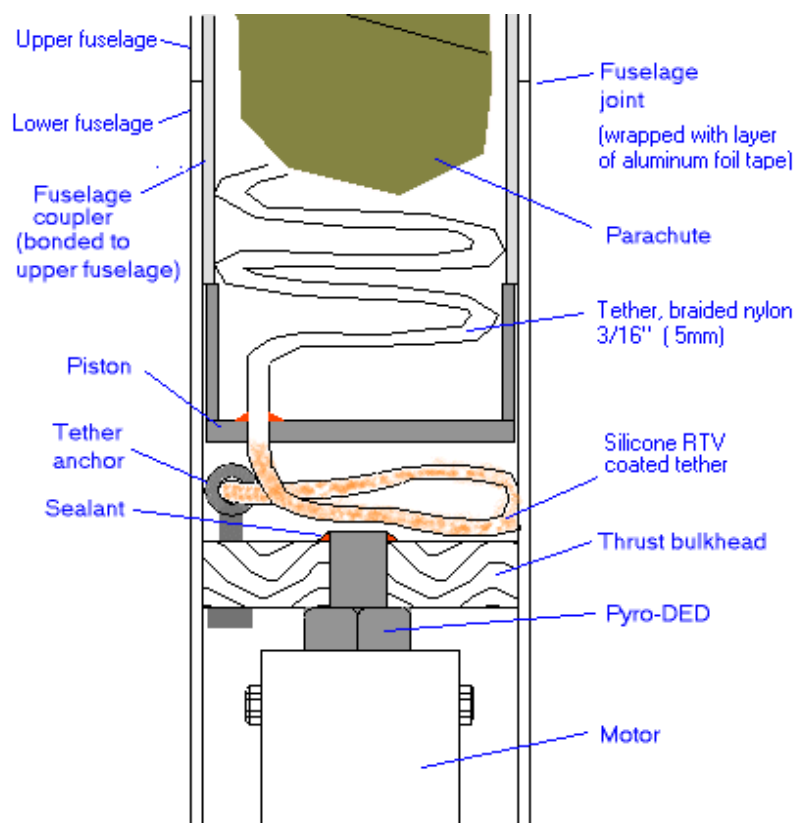


Figura 5 – Ejemplo de instalación de **Pyro-DED** y sistema de despliegue de paracaídas