



# Universitat de València

## Facultat de Medicina i Odontologia

Departament de Medicina Preventiva i Salut Pública

Ciències de l'Alimentació, Toxicologia i Medicina Legal

Programa de Doctorat 265 E Salut Pública i Medicina Legal

# Metalografía aplicada y experimentación en los proyectiles de nueva generación

Utilización de los procesos metalográficos aplicados  
en estudios de Balística Forense

Presentada por Antonio Carpi Royo  
Dirigida por Fernando Verdú Pascual



Dedicado a mí esposa Duli e hijos Sara y Javier; por todos los sacrificios con los cuales me habéis permitido el desarrollo de este laborioso y a la vez humilde trabajo, que apporto para mejorar la convivencia humana y a toda persona que de una u otra manera hicieron posible el feliz término de esta Tesis Doctoral. Gracias a todos.



*“La profundización en el estudio de las armas de fuego y las municiones por ellas utilizadas, nos va a conducir al descubrimiento del autor o autores de los delitos por ellas producidos, en su estudio, en el conocimiento de las clases y su morfología, son los pasos que sigue la ciencia de la Balística para la consecución de resultados fiables que conduzcan a la resolución de estos actos delictivos”*

*(El Siglo de la Investigación Criminal - la Balada de las Armas de Fuego)*  
Jürgen Thorwald - 1966)



## **Agradecimiento**

*Al Profesor Fernando Verdú Pascual, por su apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo, en su carácter de Director.*

*Al Personal de la Cátedra de Medicina Legal y miembros del Instituto de Medicina Legal de Valencia, en especial a la Dra. Ana Castelló Ponce, Dra. Mercedes Álvarez Seguí, Dra. Marina Gisbert Grifó, Dra. Cristina de la Presentación Blasco y al Dr. José María Ortiz Criado, y las técnicas de laboratorio Jennifer Sancho Jiménez y Yolanda Abellán Pinar compañeros y amigos, por su ayuda y apoyo en el desarrollo de esta tesis.*

*A los compañeros del Departamento de Balística del Laboratorio de Criminalística de la 6ª Zona de la Guardia Civil, en Valencia, por su ayuda y el apoyo por ellos ofrecido y a los miembros del Servicio de Armamento de la Policía Nacional en Valencia, por su ayuda desarrollo de este trabajo.*

*Al Profesor Domingos Tochetto, Perito en Criminalística de Porto Alegre - Estado do Rio Grande do Sul - Brasil, por su aportación y enseñanza en la Pericia de Balística Forense.*

*Al Profesor Antonio Cantu, Chief Research Scientist Secret Service (EE.UU). Amigo y compañero por su apoyo en el desarrollo de mi tesis.*

*A los miembros del profesorado y técnicos de la Escuela Superior de Ingeniería Industrial, en especial al Dr. Ingeniero Manuel Pascual Guillamón, Miguel Ángel Pérez Puig, Alejandro Sánchez Bolinches y a la técnico de laboratorio Mª Carmen Gamir Aleixandre del departamento de Metalografía de la Universidad Politécnica de Valencia por su apoyo y ayuda en esta materia.*

*A Servicio de Microscopia electrónica, del Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia, a Mercedes Tabernero, Manuel Planes, José Luis Moya y Joaquín Fayos, por su asistencia técnica y apoyo en el desarrollo de esta investigación.*

*A mis amigos y compañeros Salvador Ruiz Sancho, Rafael García Hernández, Agustín Sastre Franqueza, María José Viñals Blasco y Ramón Estellés i Feliu por su apoyo y su ayuda a la hora de realizar esta tesis.*

*A mi amigos y compañeros, Juan V. de Luis Turegano, Comisario Jefe de la Policía Autónoma de la Comunidad Valenciana y Francisco Antón Barbera, Inspector Jefe del CPN de la Brigada Provincial de Policía Científica de Valencia por su apoyo y ayuda en el desarrollo de esta investigación. Y a todas aquellas personas, que de una u otra forma contribuyeron a la culminación con éxito de esta Tesis Doctoral.*



## *Indice General*

Introducción.....	Pág.	1
Marco teórico.....	Pág.	2
Hipótesis.....	Pág.	4
Objetivos.....	Pág.	4
Material y métodos.....	Pág.	5
Sistema de inspección de rayos X.....	Pág.	5
Proceso de embutición en resinas (probetas).....	Pág.	6
Proceso de desbaste y pulido (alúmina y diamante).....	Pág.	9
Proceso de ataque ácido (sobre las probetas).....	Pág.	10
Proceso de microdurezas (microdurómetro Innovatest).....	Pág.	11
Pruebas de microscopía y microfotografías (probetas).....	Pág.	14
Construcción de puntas por sinterizado (carburos).....	Pág.	15
Proyección térmica (aportación en caliente “a fusión”).....	Pág.	19
Ensayos de presión y tracción (resistencia de las vainas).....	Pág.	25
Recubrimiento electrolítico metálico de las vainas.....	Pág.	26
Pruebas de microscopía electrónica de barrido (SEM).....	Pág.	28
Proceso de revestimiento por pulverización catódica (Au).....	Pág.	29
Resultados.....	Pág.	72
Discusión.....	Pág.	224
Conclusiones.....	Pág.	226
Referencias y Citas Bibliográficas.....	Pág.	227
Bibliografía.....	Pág.	229

### ***Indice de Gráficos***

Gráfico 1° - Durezas de los proyectiles investigados.....	Pág.	89
Gráfico 2° - Durezas de los proyectiles investigados.....	Pág.	90
Gráfico 3° - Combinada de las dos anteriores.....	Pág.	91
Gráfico 4° - Trayectorias de disparo.....	Pág.	104
Gráfico 5° - Curva de Elasticidad-Plasticidad de las vainas.....	Pág.	117
Gráfico 6° - Curvas en cruce Fuerza-Carrera resultados vainas.....	Pág.	155
Gráfico 7° - Curvas resultados presión en vainas.....	Pág.	155
Gráfico 8° - Curvas resultados muestreo Fuerza Máxima en vainas.....	Pág.	156
Gráfico 9° a Grafico 42° - Resultado SEM- en Pólvoras.....	Pág.	160
Gráfico 43° a Gráfico 78° - Resultado SEM- Proyectiles.....	Pág.	190

### ***Indice de Cuadros***

Cuadro 1° - Durezas Superficiales Proyección de Carburos.....	Pág.	24
Cuadro 2° - Cartuchería Utilizada en el proceso.....	Pág.	35
Cuadro 3° a Cuadro 38° - Resultados Microdurezas.....	Pág.	79
Cuadro 39° - Tabla Periódica de los elementos y materiales de balas.....	Pág.	103
Cuadro 4° - Proceso de compactación de Carburos.....	Pág.	110
Cuadro 5° - Proceso de sinterizado de Carburos.....	Pág.	111
Cuadro 6° - Tablas del modulo elástico de materiales.....	Pág.	118
Cuadro 7° a Cuadro 42° - Resultados elasticidad vainas.....	Pág.	119

## INTRODUCCIÓN

Todos los trabajos de carácter científico, tienen una amplitud de campos, los que conducen al desarrollo y las conclusiones de dicha investigación. La Balística Forense, es una de tantas disciplinas de las que forman parte la Policía Científica (Criminalística), y dentro de ella tenemos una amplia variedad de procesos, que todos unidos van a dar como resultado, una serie de datos complejos, que conducirán a una serie de conclusiones para resolver los problemas relacionados con esta ciencia.

A parte de la física aplicada del estudio de las trayectorias en los procesos de disparo de los proyectiles, procesos y estudios estos de gran importancia en la investigación, uno de los espacios de la investigación menos conocidos en la Balística Forense, son los procesos de estudio de los materiales en los laboratorios, ya que por una cuestión u otra, las propias empresas que se dedican a la fabricación de munición para armas de fuego, y sobre todo cuando se trata de munición experimental o de nueva generación, tanto policial como militar, mantienen un secretismo, que en muchas de las ocasiones es muy difícil de traspasar.

Es pues, dentro del apartado del trabajo de laboratorio, donde vamos a centrar nuestra labor de investigación, para lograr comprender muchos de los fenómenos que se dan en el uso de este tipo de munición y que, sin una base científica sólida, no podrían despejar muchas de las incógnitas que día a día se presentan en la vida real, en la utilización de estas municiones por las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y Fuerzas Armadas, dado que los propios fabricantes han facilitado datos erróneos o no del todo verdaderos, para que no se pueda llegar a unas conclusiones claras a la hora de resolver estos problemas, conclusiones estas a las que nosotros queremos acceder por medio de nuestro trabajo de investigación y poder así mismo demostrar la efectividad y lesividad de dichas municiones.

## MARCO TEÓRICO

La inexistencia de trabajos científicos que hagan una referencia clara a los proyectiles de nueva generación y, en especial, a los que van montados con puntas con materiales tan duros como los carburos, me ha animado a proceder a investigar esta materia.

El planteamiento general de mi investigación se basa en que si es de especial transcendencia los diferentes procesos de sinterización de materiales, en especial carburos [de tungsteno, vanadio, silicio y níquel-tungsteno], materiales estos de una dureza extrema, que una vez sinterizadas y situadas en las cúspides de las ojivas de los proyectiles, se montan mediante presión, estas ojivas son de materiales diversos, como aleaciones de plomo con antimonio, o bien ojivas con una envoltura o encamisadas, con materiales un poco más duros como son aleaciones de cuproníquel, latón, níquel o cubiertas electrolíticas de cromo o titanio, para dar más dureza y a su vez elasticidad a los proyectiles, para permitir una deformación controlada de los mismos.

El componente deformador de la punta es el material duro sinterizado, que a partir de su movimiento por la cavidad de la ojiva, efectúa un desplazamiento de masas, que hace que los materiales más blandos se deformen, y ocupen una superficie mayor cuando impacten en el blanco, lo que va a ser proporcional a un crecimiento del poder de detención o *Stopping Power* (de especial interés en los procesos de estudio de Balística Forense).

La sinterización de los carburos utilizados, es un proceso de compactación de materiales pulvimetalúrgicos, a los que se da una consistencia y solidez, a partir de grandes presiones y altas temperaturas, lo que conlleva que dichos materiales alcancen una dureza extrema, pero a la vez sufran una fragilidad fuera de lo normal, que permite que estos segmentos de materiales se fragmenten en segmentos minúsculos. La sinterización no es una fusión o una aleación de materiales, sino por el

contrario una compactación, que permite que existan micro-espacios entre los gránulos de los elementos elaborados.

El montaje de las cúspides en las ojivas, es compleja; se procede por medio de presión, pero se deben tener en cuenta ciertas precauciones, para ello, ya que de no tomarlas, las cúspides se podrían fragmentar, antes de efectuar el disparo y en este caso no se alcanzaría el resultado deseado a la hora de la deformación o transformación del proyectil, en el momento de impactar en el blanco.

El otro aspecto de nuestro estudio de investigación es la posibilidad de comparar parámetros existentes entre los proyectiles de diferentes procedencias, y su efectividad real, así como los diferentes elementos que los componen, ya que las diferentes composiciones de las pólvoras y los materiales de construcción van a hacer posible una variación en los datos de los resultados de mi investigación.

Las pruebas de elasticidad, dureza y maleabilidad de los materiales de las ojivas de los proyectiles, van a ser de suma importancia, a la hora de poder elaborar unos resultados fiables y a la vez de utilidad a los investigadores de delitos cometidos con armas de fuego, con proyectiles de nueva generación, que reúna este tipo de características.

Por otra parte, el estudio de los materiales que forman parte de los proyectiles, así como de los elementos de proyección de los mismos (es decir los diferentes tipos de pólvoras utilizados) en microscopía electrónica, van a dar a conocer otros materiales o elementos, que por escasa cantidad el fabricante ni los menciona, pero que pueden ser de gran interés a la hora del planteamiento de problemas, en el estudio de resultados de disparo.

## HIPÓTESIS

Nuestra hipótesis se fundamenta en la interacción de materiales o aleaciones de estos, de dos tipos principalmente, es decir, la supuesta afirmación de que: entre dos materiales o aleaciones de diferente dureza se provocarán, entre si, una deformación diferente y bastante significativa, que será más pronunciada que con materiales de dureza similar, y, como resultado, podemos afirmar que el carácter lesivo de los proyectiles, y en este caso los de nueva generación, será mucho más pronunciado, provocando unas lesiones muy características y fáciles de identificar.

## OBJETIVOS

Los objetivos que queremos alcanzar, en nuestro trabajo de investigación, no son, ni más ni menos, que conseguir resultados claros del poder de deformación de los materiales de construcción de los diferentes proyectiles de nueva generación y, en especial, los montados con puntas duras de carburos.

De la elaboración de todos los procesos en los diferentes aparatos de medición en el laboratorio de metalografía, esperamos conseguir datos fiables para crear una base de datos policial sobre cartuchería de nueva generación, que sea de interés en su utilización por las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y demás Cuerpos Policiales de las diferentes Comunidades Autónomas.

Otro de los objetivos de la investigación, es que esta Tesis sirva como puerta de introducción a un proyecto mucho más depurado y elaborado que dé como conclusión un trabajo de investigación en materia de Balística Forense, donde se empleen este tipo de proyectiles.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material a utilizar en el estudio se basa en cartuchería especial de nueva generación policial y munición ordinaria, que se va a utilizar como testigo comparativo del estudio.

Para la munición corta, utilizaremos como referencia el calibre 9m/m. Parabellum y en su defecto el .38 SPL; y en cuanto a la munición larga, utilizaremos como referencia el 5.56 x 45 nato. Como materiales secundarios que serán necesarios para el uso de los diferentes aparatos de medida, se van a utilizar el metacrilato u otras materias plásticas sustitutorias.

Todos los proyectiles así como las vainas y la carga propulsora (diferentes tipos de pólvoras), van a ser sometidos a diferentes pruebas, comenzando por los proyectiles, los que se montaran en embuticiones de metacrilato para su perfecta utilización en las máquinas. Este es un proceso minucioso que se debe elaborar con extremada precaución dada la delicadeza del material que se utiliza.

El primer paso será la elaboración de radiografías con Rx, para ver la morfología de la munición que vamos a utilizar se utilizaran diferentes emisiones de radiación para conseguir los resultados óptimos en cada uno de los cartuchos, jugando con una mayor o menor irradiación de Rx, sobre el material a utilizar.

Las pruebas radiográficas son el primer paso de la investigación que se va a realizar. Se va a utilizar un sistema de Rx portátil industrial, fabricado por Yxlon: es un aparato compacto, diseñado para la inspección de metales, de tecnología de alta frecuencia; el soporte radiológico se compone de placas radiográficas de diferentes grosores y con diferentes grados de sensibilidad, que permiten realizar un estudio sobre la morfología de los cartuchos de munición de nueva generación.



**Sistema de inspección de rayos X portátil**

Una vez vistos los resultados del primer proceso, se pasara al desmontaje de los cartuchos, utilizando un martillo de inercia para poder separar todos los elementos de la munición, colocando la pólvora en micro-capsulas Petri, para su posterior pesaje y su remisión a pruebas químicas de la pólvora. (1)

Los proyectiles separados de las vainas pasaran al siguiente proceso que es el de embutición, esta se realizará en material plástico, material este donde queda embutido el proyectil a la perfección para el siguiente paso de la elaboración de las probetas.

La embutición se efectúa con una máquina Labopress3. El propósito del montaje es proteger los materiales que forman el proyectil, para que la muestra quede de forma uniforme, la embutición se efectúa por un sistema de calentamiento/enfriamiento de baja-masa permitiendo el traspaso térmico rápido y su rápido enfriamiento. (2)

El proyectil se coloca en la prensa de montaje, se añade la resina y el conjunto es tratado en caliente y sometido a presión. Se dispone de dos tipos de resinas para montaje en caliente:

- **Resinas termoendurecibles;** estas se endurecen a temperaturas elevadas. También se denominan duroplásticas. (180° C).
- **Resinas termoplásticas;** estas se ablandan o funden a temperaturas elevadas y se endurecen durante el enfriado. (3)



Embutidora Struers Labopress3

Previamente al comienzo del proceso de embutición se trata el pistón y la camisa del mismo con una capa de *estearato de zinc* que sirve como lubricante y evita que se quede pegada la muestra embutida en la camisa del pistón y permite su fácil extracción del mismo.



**Fotografía colocación de la muestra centrada**



**Vertido de la resina en la camisa del pistón de la embutidora**

El proceso de embutición comienza, eligiendo la muestra, en este caso el proyectil elegido y procediendo a su centrado en el embolo del pistón de la embutidora, una vez centrado se procederá a verter las resinas en polvo (resina SpeciFast), que se van a utilizar para conseguir la embutición de la muestra en la misma.

Después de cerrar con rosca el tapón de la embutidora se pasa a dar presión y calor  $180^{\circ}\text{C}$ , durante un tiempo de 7 minutos, durante el cual las resinas funden y rodean la muestra; pasado este tiempo, se procede al enfriado dentro del mismo proceso durante unos 10 minutos, dando como resultado la probeta para experimentación.

Una vez efectuada la embutición del proyectil creándose la probeta, se procederá al desbaste de la pieza para que afluya el material que compone el proyectil; esto se efectúa repasando la superficie del material sobre papel abrasivo (carborundum, Sic), lubricado con agua o parafina. (4)

Aunque siempre será preferible el rebajarlas antes con un abrasivo de un grano más grueso para conseguir resultados más rápidos eliminado cualquier tipo de rebaba que pudiese haber quedado en cualquier borde de la probeta. En el proceso se utilizarán sucesivamente los granos del tipo 240 ó 320, que son los más bastos, acabando con el 600, el grano más fino.

Una vez concluida la fase de desbaste, se lava y se seca la probeta, y esta se encuentra lista para el siguiente paso que es el pulido. El proceso de pulido se efectúa sobre discos giratorios, cubiertos de un paño adecuado (Metrón B, por ejem.), utilizando pasta de diamante como agente de pulido, por lo general pasta de  $3\mu$  y  $1\mu$  de tamaño de partícula. La pasta de diamante Metadi-II se suministra en jeringuillas plásticas que contienen 5 grs. de mezcla para su mejor administración sobre el paño de pulido. (5)



**Fotografía de jeringuillas con pasta de diamante para el pulido de probetas**

Se comenzará con la pasta de partícula más gruesa, acabando el proceso con la de partícula más fina. Se lubrica todo el proyecto con un lubricante facilitado por el fabricante de la pasta de pulir, que mantiene sueltas las partículas de diamante y con su máxima capacidad de corte. En el proceso de pulido el paño debe mantenerse bien lubricado.



La probeta debe mantenerse en contacto firme sobre la rueda o disco de pulido, pero evitando una presión excesiva que queme la pieza, durante el proceso debe girarse o moverse la probeta alrededor del disco, para obtener un pulido uniforme. Aunque la pasta de diamante y los lubricantes para ellas pueden llegar a una superficie satisfactoria para los exámenes posteriores, para preparaciones de más calidad se necesitara un pulido más fino. Con este objeto podrá utilizarse una pasta acuosa de magnesia fina o una suspensión acuosa de alúmina gamma (alúmina fina). (6)

Para finalizar el proceso de preparación de la probeta, pasamos a la última fase, que es el ataque, proceso de finalización después del pulido de la pieza, en que esta debe de encontrarse desengrasada y limpia. Si el pulido final se efectuó con magnesia o alúmina, el último lavado se debe de secar procediendo a aplicar acetona o etanol, dejando la superficie preparada para procesar.

Se procederá con el ataque de la probeta por inmersión: se debe de sumergir con la cara pulida hacia arriba, en una cúpula pequeña que contiene la solución de ataque (un ácido), la solución se hace girar suavemente durante el tiempo de inmersión; la pieza o probeta sumergida, no debe sujetarse con las pinzas durante todo el tiempo que dure el ataque. Con este proceso se logrará que aparezca la granulosidad del material con el que están elaborados los proyectiles. (7)

Dicromato de Potasio para el ataque de probetas



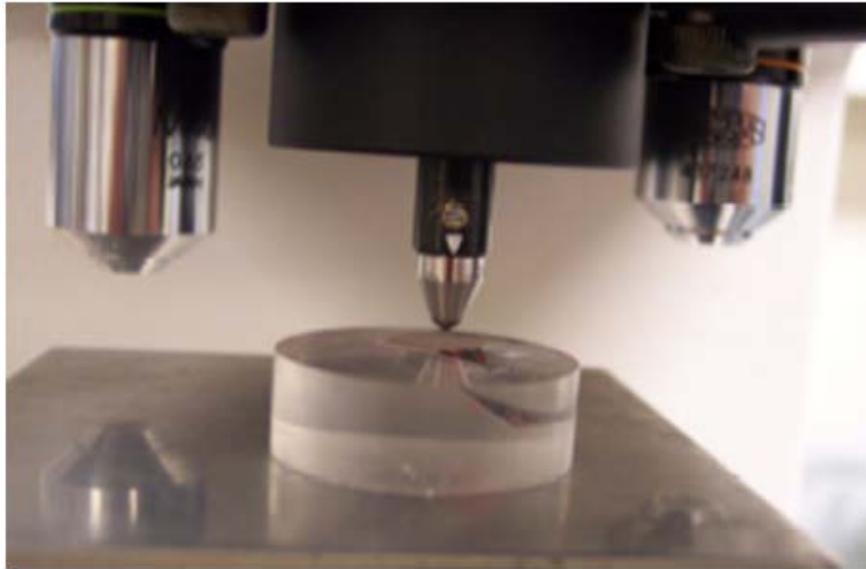
El proceso de micro-dureza se efectúa una vez ha finalizado el proceso de pulido de las probetas. Utilizaremos para ello un microdurómetro Innovatest 400.

El ensayo de **dureza Vickers**, llamado el ensayo universal, es un método para medir la dureza de los materiales. Sus cargas van de 5 a 125 Kilopondios (de cinco en cinco). Su penetrador es una pirámide de diamante con un ángulo base de  $136^\circ$ . Se emplea para láminas tan delgadas como 0.006 pulgadas y no se lee directamente en la máquina.



Microdurometro Innovatest  
400 A Series

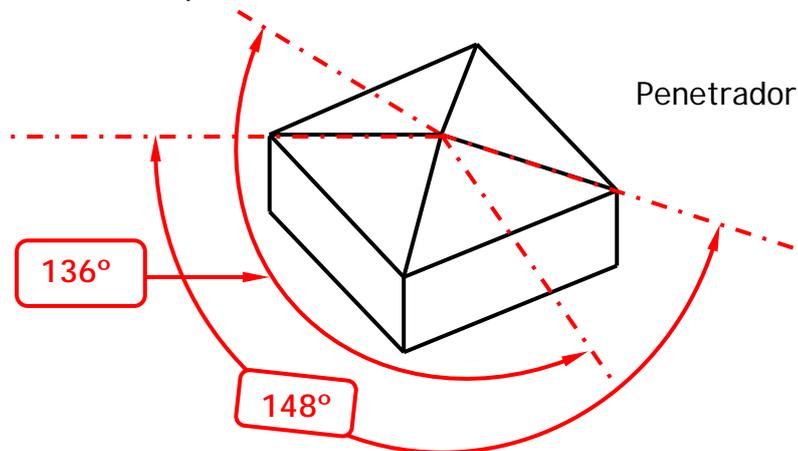
Para la obtención de la dureza Vickers del material proyectado se ha empleado un microscopio con durómetro) realizando pinchazos sobre los distintos tipos de grano observados en cada muestra, con un total de 12 determinaciones por muestra.



Detalle del aplicador de carga del microdurómetro sobre la muestra embutida

Este ensayo constituye una mejora al ensayo de dureza Brinell. Se presiona el indentador contra una probeta, bajo cargas más livianas que las utilizadas en el ensayo Brinell. Se miden las diagonales de la impresión cuadrada y se halla el promedio para aplicar la fórmula antes mencionada.

Este tipo de ensayo es recomendado para durezas superiores a 500 HB (en caso de ser inferior, usar ensayo de dureza Brinell). Este ensayo, además, puede usarse en superficies no planas. Sirve para medir todo tipo de dureza, y espesores pequeños. (Aunque si el material es muy blando, se usa el método de Brinell). Con las probetas que hemos confeccionado dará claramente los parámetros, de las microdurezas. (8)



El penetrador es una pirámide de diamante cuadrada, cuyo ángulo en el vértice es de 136°. La dureza Vickers se define con la relación:

$$HV = \frac{P}{S}$$

$P$  es la carga aplicada en Kg fuerza

$S$  es la superficie lateral de la huella que se expresa con la ecuación:

$$S = \frac{d^2}{2 \cdot \sin 68^\circ}$$

quedando:

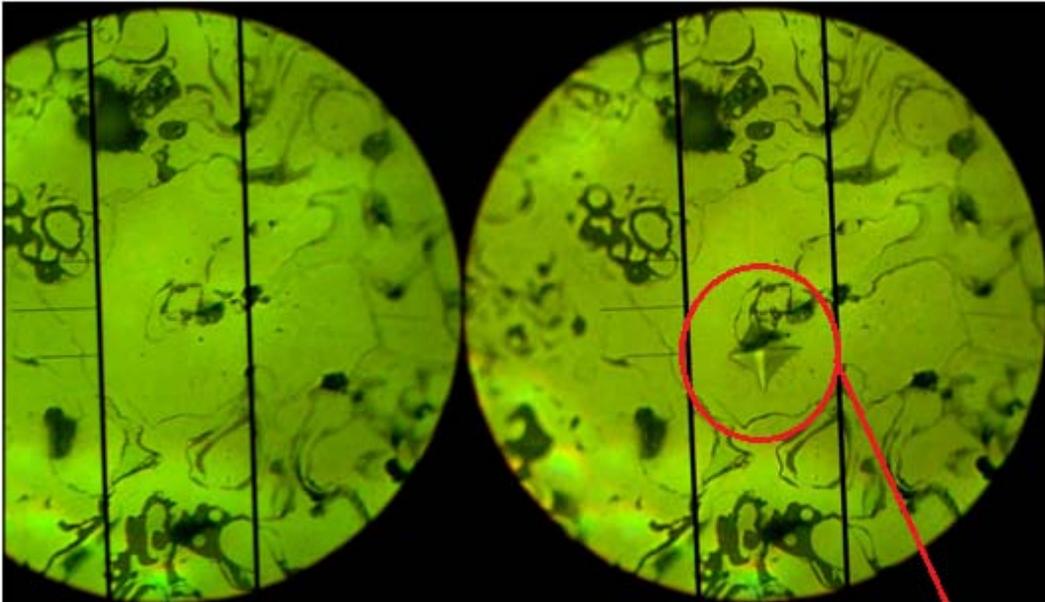
$$HV = \frac{2 \cdot P \cdot \sin 68^\circ}{d^2} = 1.8544 \cdot \frac{P}{d^2}$$

donde  $d$  es la media aritmética de las dos diagonales medidas.

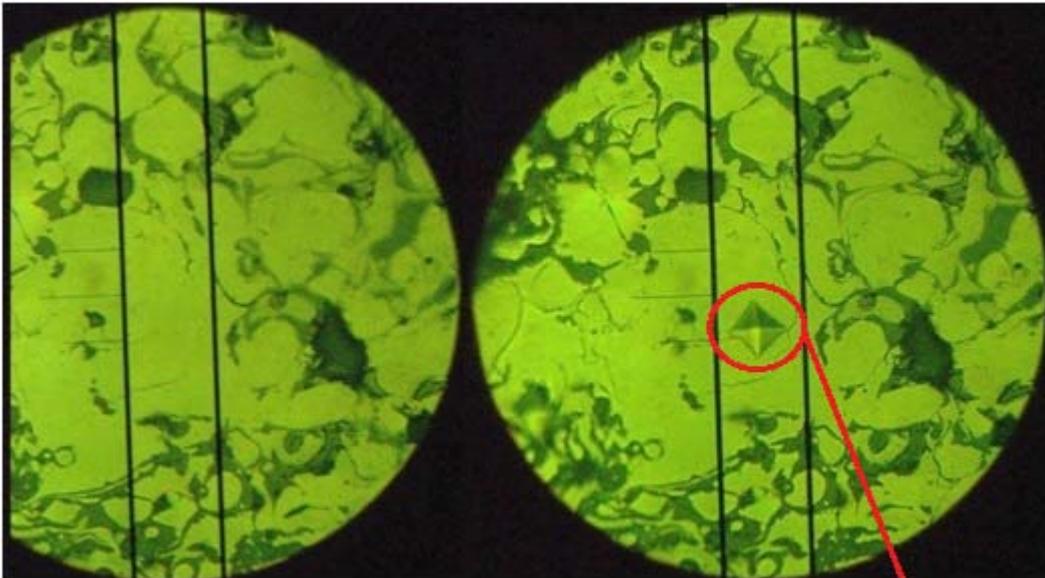
Una vez realizada la huella, se vuelve a posicionar el objetivo de 200 aumentos, y se miden las diagonales con los mandos de izquierda y derecha. La medida de las diagonales que se toman, se expresa en micras ( $\mu\text{m}$ ).

Con la medida de las dos diagonales, se calcula su media; tomando las tablas de conversión, y teniendo en cuenta la carga, se calcula la dureza Vickers. En nuestro caso y dado el número de resultados se ha calculado la dureza con las fórmulas que se ha descrito en el apartado anterior.

Se puede observar que la existencia de poros influye en la huella obtenida por el durómetro al producirse hundimiento de la capa a medir y aumento de las diagonales que nos dan la medida de dureza. (9)



*Toma de microdureza próxima a zona porosa*



*Toma de microdureza con huella correcta*

Una vez finalizado el proceso de medida de micro-durezas, pasamos a la micrografía de las probetas, donde vamos a ver los diferentes cristales que forman los materiales de las muestras: cada aleación o mezcla de materiales, tiene una morfología diferente, por lo que vamos a conseguir una variada gama de cristales, que nos van a señalar el tipo de material y la posible deformación que pueda alcanzar el proyectil en el momento de impactar en un blanco. Para esta prueba vamos a utilizar un microscopio tipo BX51. (10)

Es una de las máquinas-herramientas del laboratorio más precisas, ya que nos permite ver en profundidad y nos dará unos resultados muy precisos, a la hora de valorar tipos de materiales del estudio.

Es un microscopio con diferentes filtros de polarización lumínica, con una cámara fotográfica adaptada y una cámara de video para capturar imágenes de los ensayos cristalográficos anteriormente descritos: en este



proceso vamos a encontrar los materiales que sirven para el dopaje o aleaciones de los materiales primarios de construcción de los proyectiles, así como las diferentes capas de envoltura que los forman, para poder determinar la deformación que puedan adquirir los mismos a través del movimiento de traslación y giroscópica en el proceso de disparo e impacto sobre el blanco, aunque esto se demostrará posteriormente en las pruebas de disparo que se efectuarán. (11)

El siguiente proceso en la investigación es el proceso de sinterización de las puntas de las ojivas de los proyectiles, el cual se inicia a partir de material pulvimetalúrgico de diferentes polvos cerámicos, como son los carburos. El paso que a continuación planteamos, es la creación o elaboración de las puntas o cúspides de las ojivas de los cartuchos Wildcat experimentales, en especial con carburos [de Tungsteno, Vanadio, Silicio y Níquel-Tungsteno], materiales estos de una dureza extrema, las cuales se montan en puntas PHJ encamisadas en cuproníquel, siendo estos proyectiles de punta hueca, de gran poder de deformación, lo que favorecerá conseguir los resultados óptimos en nuestra investigación.

El primer paso del proceso de construcción de las cúspides de las ojivas es la elaboración de una mezcla homogénea, que no lleve a conseguir un resultado óptimo a la hora de compactar el material; este primer paso consta de la mezcla de los diferentes carburos en polvo, con un amalgamante que sirva para compactar estos carburos, como pueden ser los polvos de aluminio o bien polvos de cobalto, según los resultados que se quieren conseguir. (12)

A continuación, se procede al proceso de compactación del material pulvimetalúrgico de la mezcla que utilizaremos; se pueden elaborar estas cúspides de dos formas: una de las formas es por presión en frío, utilizando una matriz para compactado dando la presión necesaria para que el polvo de la mezcla quede homogéneamente compactado, dando como resultado unas cúspides bastante inestables (son conglomerados de baja resistencia), que se pueden fracturar fácilmente, aunque alcanza una dureza elevada y bastante inusual, dado que el resultado es de material pulvimetalúrgico pero de materiales de gran dureza individualmente. Para el compactado de las puntas utilizaremos una Prensa Hidráulica APT -173079.

**Prensa Hidráulica APT -173079.**

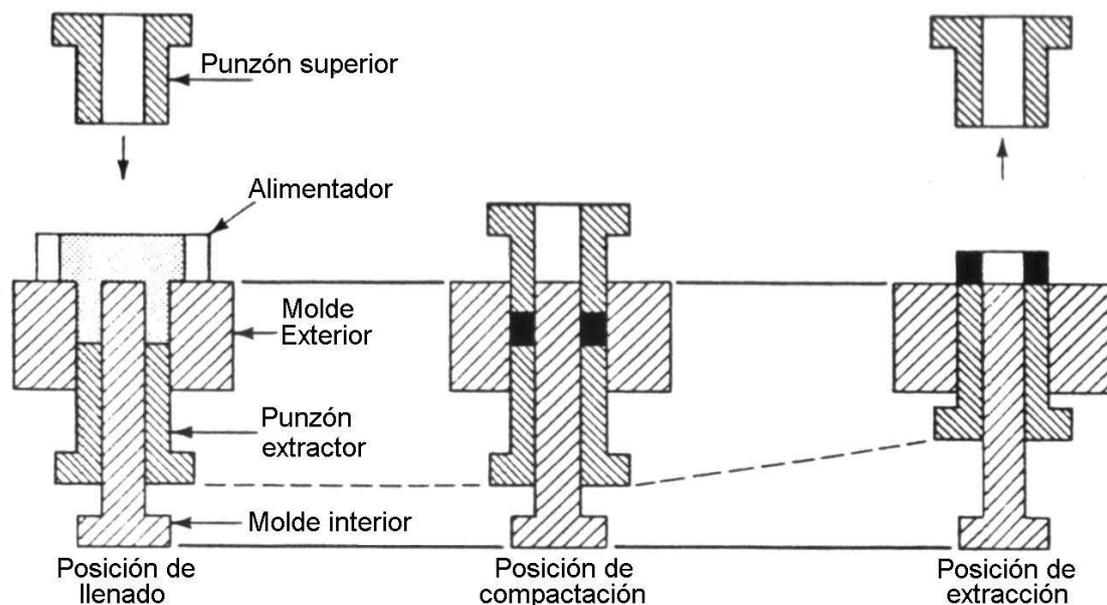


El molde para el compactado, será fabricado en acero de estampación o acero al cobalto, de una dureza proporcional a la presión de compactación de las puntas.

El siguiente paso, para conseguir resultados satisfactorios, es el sinterizado, este proceso es idóneo para la elaboración de las cúspides de los proyectiles, a partir del conglomerado de polvos metálicos.

En mecánica aplicada, al resultado del producto del compactado en frío se le denomina producto en verde, solamente se ha producido una presión sobre la mezcla pulvimetalúrgica a temperatura ambiente.

El sinterizado consta de una operación por la cual los aglomerados que deberían de resultar son sometidos a elevadas temperaturas, dentro de una atmosfera inerte, a una temperatura inferior al punto de fusión de los materiales sólidos. El sinterizado dará la resistencia mecánica requerida, así como la acción deformadora de los materiales más dúctiles y elásticos que utilizaremos para montar las puntas de los proyectiles. (13)



En todos los casos, el comportamiento de los metales durante el procesado, así como las propiedades del producto ya concluido, dependen mucho de las características básicas del material en polvo que se va a utilizar (tamaño de las partículas y su distribución, del tamaño, la densidad aparente y la microestructura de la partícula). (14)

Los polvos de metales para la manufacturación de los elementos duros de las puntas de los proyectiles pueden subdividirse en intervalos de tamaño de tamiz y subtamiz; el tamaño de las partículas pulvimetalúrgicas es de gran importancia y será de especial interés a la hora de sinterizar las piezas para su posterior montaje en las propias puntas.

El proceso comienza por una mezcla de polvos de carburo de Tungsteno, polvo de níquel y polvo de cobalto (este último es el material que sirve como compactante de la mezcla); acto seguido se procede al presionado dentro de una matriz de acero: al cobalto se le da presión de 12 á 30 Tm (Toneladas métricas), por pulgada cuadrada. Una vez compactado el material se introduce en un horno de atmósfera controlada para proceder al sinterizado del material pulvimetalúrgico. (15)



Horno de vacío Carbolite

El horno de vacío funciona por el desplazamiento del oxígeno por un gas inerte, como es en este caso el argón.

Seguidamente describimos un tratamiento no menos importante en nuestra investigación, es la proyección térmica (aportación en caliente “a fusión”) de polvos de carburos metálicos sobre puntas de cartuchos de calibres de armas larga en este 5.56 x 45 Nato, de uso militar y policial.

La **proyección térmica** según la norma **UNE-EN 657: 1996**, es el proceso en que los materiales de revestimiento se calientan hasta su estado plástico o líquido dentro o fuera de la pistola pulverizadora / antorcha de proyección y posteriormente se proyectan hacia una superficie preparada (substrato) que no se funde en este caso los proyectiles *Lightning* 5.56 x 45 Nato.

En razón a sus campos de aplicación, éstos se podrían catalogar de inmensos, ya que por sus características de aportación (proyección), los materiales utilizables pueden ser de muy diversa naturaleza y variabilidad. Nosotros utilizaremos materiales acordes con nuestra necesidad, para dar más dureza y consistencia a las puntas de las balas, entiéndase en probetas de calibre 5.56 x 45, en la modalidad *Lightning*. Dadas sus características físicas y químicas, precisan de un procedimiento determinado para proyectar el recubrimiento sobre el metal de los proyectiles, siendo procedimientos distintos según los materiales. Entre los materiales más usuales: (16)

1. Metales
2. Aleaciones metálicas pesadas
3. Aleaciones metálicas ligeras
4. Carburos metálicos

Las variaciones que puede tener la proyección térmica hace que puedan clasificarse de tres maneras: según el tipo de material de proyección, según el tipo de operación, según la fuente de energía y según la unión del recubrimiento con el substrato:

- Proyección de pulvimetal
- Proyección mecanizada: todas las operaciones de proyección son mecánicas.

Es uno de los métodos más nuevos de proyección térmica. Utiliza oxígeno y un gas como combustible a altas presiones. Algunos gases combustible típicos son propano, propileno, acetileno, metilacetileno-propanodieno e hidrógeno. La mezcla de gases es acelerada a velocidades supersónicas y el material de alimentación en forma de polvo es inyectado dentro de la llama.



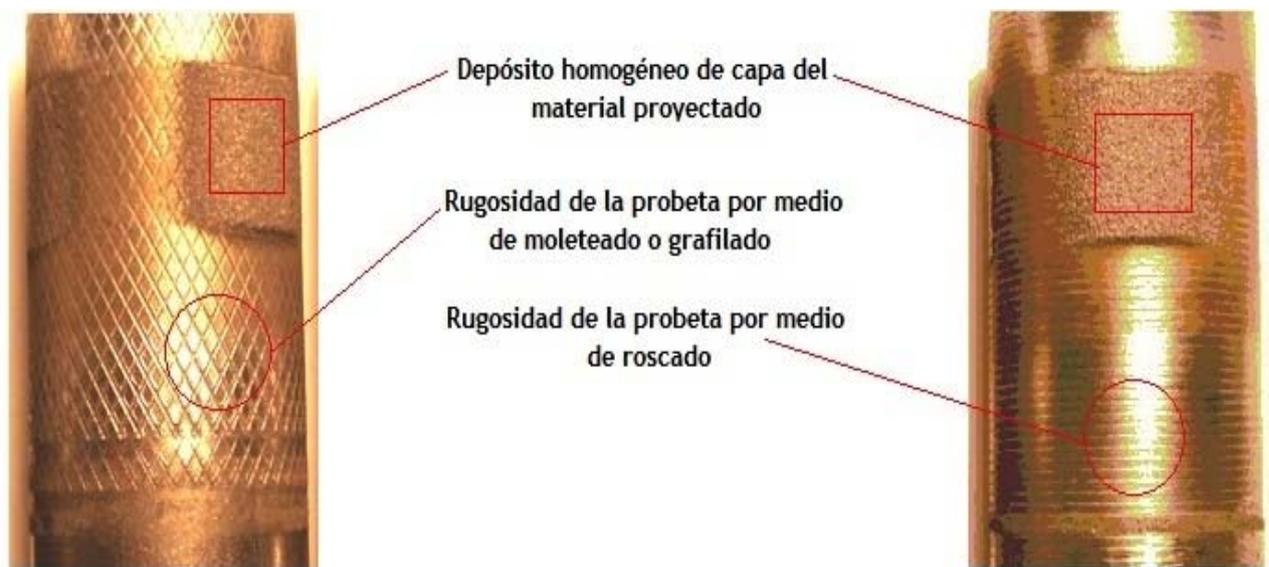
*Apreciación de la llama de un equipo de alta velocidad.*

El proceso minimiza la entrada térmica y maximiza la energía cinética para producir recubrimientos que son realmente densos, con baja porosidad y alta fuerza de enlace.

Este proceso está íntimamente relacionado a la proyección por llama, pero una diferencia esencial entre ellos es que en la proyección por llama del proceso de combustión se realiza al aire (ambiente), mientras que en HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) la combustión se realiza en una pequeña cámara. Debido a las altas presiones creadas en la cámara de combustión y la boquilla ubicada a la salida de dicha cámara, los gases salen a velocidades supersónicas, y aceleran las partículas fundidas. Éstas, aunque no alcanzan las velocidades de los gases, alcanzan altas velocidades con las que chocan en la superficie obteniendo un recubrimiento de alta calidad, como se puede apreciar en la fotografía. (17)

Basándonos en la norma UNE-EN 13507:2002 la preparación de la superficie de una pieza puede tener una influencia apreciable sobre los resultados del recubrimiento proyectado, especialmente con respecto a su adherencia sobre el sustrato (Proyectil en este caso).

Debe crearse una superficie rugosa, la rugosidad de la superficie debe permitir un buen anclaje mecánico del recubrimiento proyectado sobre el sustrato, por lo que se utilizara un moleteado o roscado de la superficie del proyectil para conseguir resultados de anclaje de los polvos de carburos, sobre la superficie a tratar.

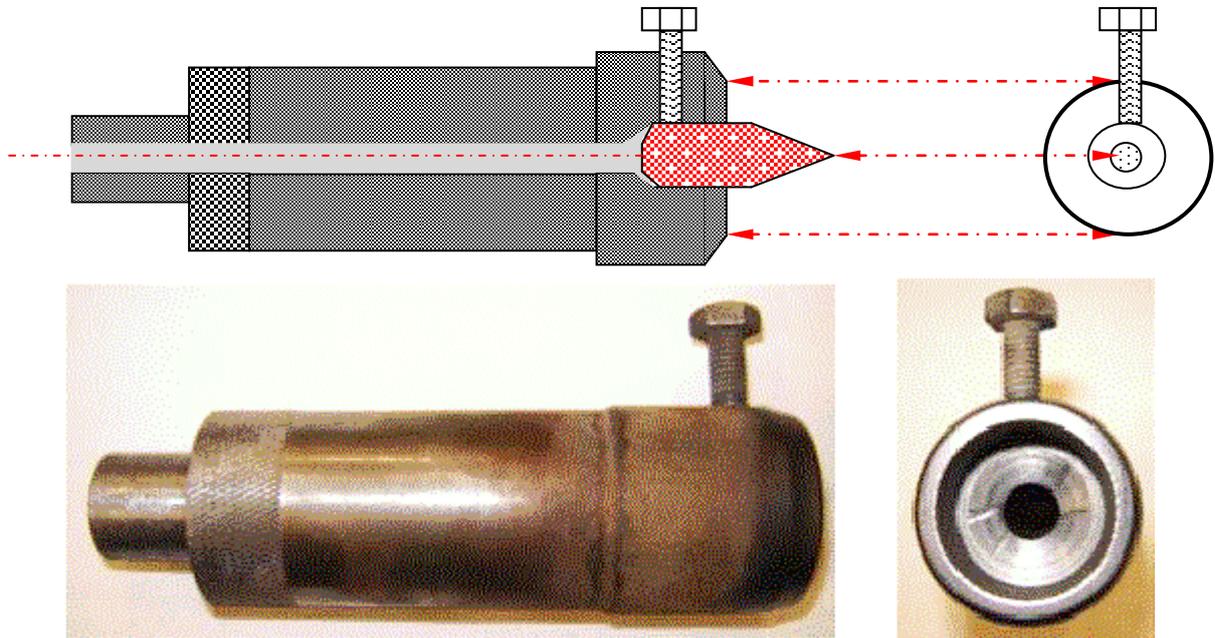


El resultado del proceso como se puede ver en las macrofotografías anteriores es una distribución homogénea de la capa de recubrimiento por las piezas tratadas en el proceso; quedando una cobertura compacta sobre la superficie de la punta del proyectil.

Clasificación según la unión del recubrimiento con el sustrato o soporte.

Para la proyección de los proyectiles macizos de cobre y latón que se ha utilizado en el presente proyecto, se ha utilizado aleaciones micropulverizadas en forma de polvo. Para la aplicación de este tipo de polvos se pueden utilizar distintos procedimientos.

Para la proyección de las muestras se ha fabricado un soporte porta probetas específico para los proyectiles



Fotografía del utensilio porta probetas

Hay dos formas o métodos típicos de aplicación de las aleaciones micropulverizadas que se vienen empleando en la industria habitualmente, la aportación o proyección en caliente y la proyección en frío. En nuestro proyecto se ha utilizado la proyección en frío de pulvimetal por soplete. (18)

Aportación de aleaciones micropulverizadas en caliente o "a fusión":

En este procedimiento, la aleación de aportación es llevada a su temperatura de fusión sobre la pieza a revestir, formando con ella una aleación de superficie que garantiza, en todo caso, un enganche de tipo metalúrgico.

Normalmente, la temperatura de fusión de estas aleaciones para aportación en caliente se sitúa entre 1050°C-1150°C. Por estas razones, la temperatura global de la pieza, aunque depende de su masa, no es nunca inferior a 500°C, no llegando a la temperatura de fusión del metal de base.

Esta temperatura elevada, que le da el nombre de aportación en caliente a este método, nos limita su utilización a aquellas aplicaciones en las que no importa las deformaciones dimensionales causadas por el calor localizado, o bien, en piezas lo suficientemente masivas como para que se absorban esas deformaciones por el propio metal de base en forma de tensiones residuales.

El tipo de aleaciones que se pueden utilizar son en general aleaciones metálicas: níquel-cromo, Cromo-Cobalto-Carbono-Tungsteno, aleaciones cúpricas, Ni-Cr-Carburo de tungsteno ( $\approx 55\%$ ).

Las durezas que se pueden obtener pueden oscilar entre 180 HB y 65 HRC para la matriz, llegando incluso a más en las aleaciones que contienen carburo de tungsteno, por supuesto, por la dureza de estos carburos.

La partícula de polvo en estado pastoso y a una cierta velocidad, se inserta entre las rugosidades creadas en el material y al enfriarse se contrae anclándose en el soporte. El proceso de dilución es favorecido por la temperatura propia de las partículas, el calor producido al ceder la partícula toda su energía cinética al soporte y por la presión instantánea al chocar la partícula contra el soporte.

Para aumentar el enganche de la película proyectada, hay determinados tipos de aleaciones que necesitan una capa intermedia o capa de enganche que es muy favorable cuando hay considerables esfuerzos o vibraciones en servicio. El espesor de esta capa en ningún caso superará los 0.1-0.2 mm.

Como en este caso no se puede hablar de enganche metalúrgico, el término de dilución no se utiliza, ya que es siempre 0%; ésta es una razón por la cual se consiguen características puras de material proyectado, a partir de espesores de 0.5 mm y por la que los espesores suelen ser, del orden de los 2 mm. Sin embargo, hablando de espesores, se puede decir que dependen directamente del material proyectado. El espesor de cada aleación depende fundamentalmente de su fragilidad, que a su vez, es directamente proporcional a su microdureza.

Las aleaciones empleadas en proyección en frío, pueden ser en general todas aquellas que no se descompongan por la acción de la temperatura. En este grupo las más usuales son:

- *Aleaciones metálicas:* níquel-cromo, cobre-aluminio.
- *carburos metálicos:* CW (carburo de tungsteno),  $Cr_2C_3$ .

Las durezas superficiales, en este caso, pueden oscilar entre 125 HV<sub>30</sub> para un cupro-aluminio y 2600 HV<sub>50</sub> para el óxido de cromo.

PROCEDIMIENTO	TEMPERATURA MÁX. ALCANZADA	VELOCIDAD PARTÍCULA	GAMA DE ALEACIONES
ALTA VELOCIDAD (HVOF)	3100°C	720-900 m/seg.	Aleaciones metálicas Metales puros Carburos metálicos

Los recubrimientos por proyección térmica, suelen utilizarse por su alto grado de dureza relativo a los *paint coating*. Su dureza y resistencia a la erosión los hace especialmente valiosos en aplicaciones de alto desgaste.

En general, a mayor velocidad de partícula más duro y denso será el recubrimiento. La velocidad de partícula para los distintos procesos, en orden decreciente es: detonación, HVOF, chorro de plasma, arco eléctrico y rociado por soplete.

La densidad también depende de la temperatura de la partícula y del tipo de gas de atomización utilizado. La porosidad también depende del tipo de proceso de proyección de los parámetros utilizados y del material utilizado.

Este tipo de recubrimientos puede tener muy alta adhesión, algunos recubrimientos especiales usados para aplicaciones de alto desgaste, aplicados con procesos de alta velocidad de partícula pueden llegar a tener adhesiones tensiles de 34000 KPa.

## CLASIFICACIÓN DE LOS POLVOS.

Actualmente se pueden encontrar en el mercado todo tipo de aleaciones metálicas y no metálicas en forma de polvo, desde un simple acero al carbono hasta un carburo de tungsteno al 90%. Haciendo un pequeño resumen, podríamos clasificar las más usuales, en función de su composición química (UNE-EN 1274):

- *Metales puros:* molibdeno, tungsteno, cobre, aluminio.
- *Aleaciones metálicas:* Ni-Cr, aleaciones cúpricas, Cr-Co-C (estelitas), Ni-Fe-Cr-Mo-C-Si.
- *Carburos, carburos metálicos, carburos de aleaciones metálicas y compuestos:* CW, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>.
- *Óxidos metálicos, fosfatos y otros cerámicos no carburados:* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+ TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Zr<sub>2</sub>O.

A continuación procederemos a los ensayos de tracción y presión, para ello vamos a utilizar una máquina universal "Ibertest", la cual nos va a permitir ver la resistencia de la vaina del cartucho a las presiones. Ya que de estos resultados se desprende la elasticidad y poder de contención de las mismas (entiéndase las vainas), parte esencial del cartucho, pues tiene que contener la carga de proyección del cartucho y resistir las presiones que se produzcan en su interior motivadas por la deflagración de los diferentes tipos de pólvoras utilizados en nuestra investigación. (19)



Esta máquina tiene una capacidad de presión y tracción máxima de hasta 100 kN (Kilonewton), con dos husillos o sobre bastidor (a partir de 200 kN). La elaboración de pruebas se efectuará con el apoyo de un software específico para ella, Wintest®, bajo Windows, lo que nos proporcionará la obtención automática de resultados gráficos, cálculos y estadísticas del proceso.

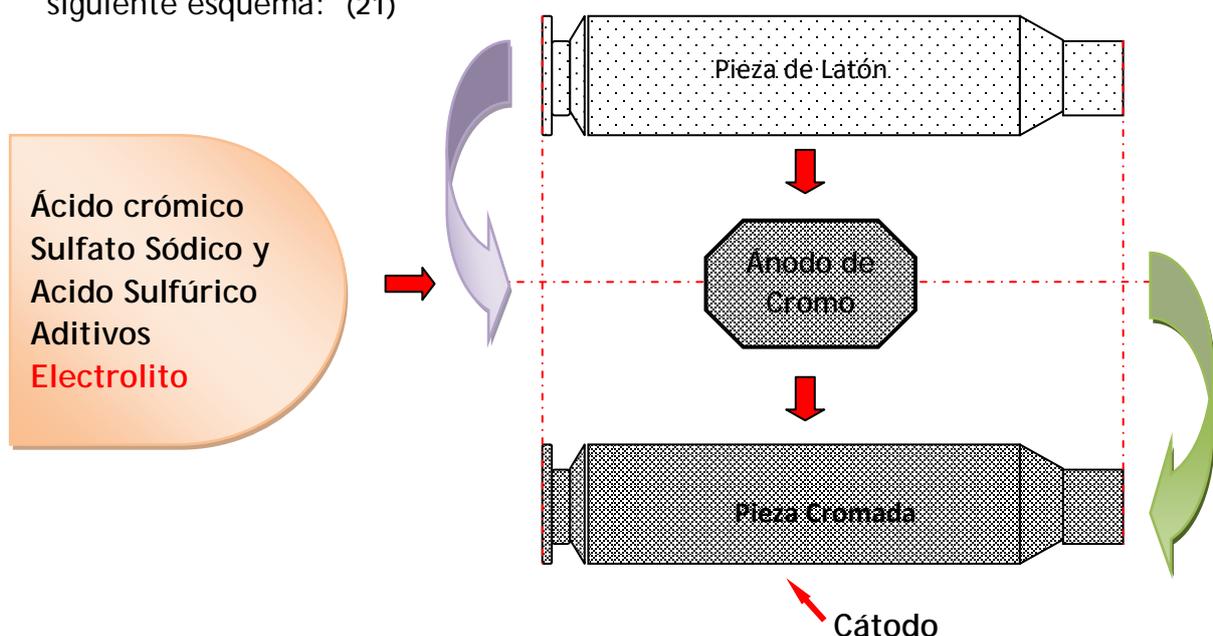
La presión a las vainas de los cartuchos se efectuará por medio de unos cilindros de una aleación de acero y cromo, y la pólvora será sustituida por un material inerte que tiene una densidad parecida a ella, como puede ser el grafito. Previamente las cápsulas iniciadoras de las vainas se han detonado para evitar los estallidos que podrían ocasionar en las pruebas. (20)

Las vainas del calibre 5.56 x 45, experimentales que se han utilizado para montar las puntas *Lightning* de cobre, latón y titanio, han sido tratadas previamente en un proceso tecnogalvánico, que va a producir variaciones en los resultados experimentales de tracción y compresión en la plasticidad de

las vainas de dichos cartuchos; dicho proceso se basa en un recubrimiento electrolítico de diferentes tipos de cromo y níquel, que harán variar los parámetros elásticos y plásticos de las vainas de latón.

El proceso de recubrimiento electrolítico se efectúa sobre las vainas de latón que una vez pulidas se introducen en un baño de sales para eliminar cualquier capa o mancha de grasa u óxido sobre la superficie que se va a tratar. El desengrase puede efectuarse básicamente de dos formas: con disolventes orgánicos o en soluciones acuosas alcalinas con poder emulsificador.

Una vez lavado y escurrido el material a tratar se introduce en unas bañeras donde los diferentes materiales en el proceso electrolítico darán como resultado el recubrimiento exigido para nuestra investigación. Estas bañeras tienen en su interior una disolución de agua destilada con una serie de sales minerales y aditivos (como ácidos diluidos), que van a permitir una fluida conducción eléctrica entre el ánodo (material de recubrimiento, cromo, níquel, etc.) y el cátodo (la pieza a recubrir, en este caso las vainas de los cartuchos 5.56 x 45), de esta forma las vainas alcanzan diferentes grados de elasticidad y dureza gracias a los recubrimientos electrolíticos de los diferentes metales, de superior dureza y densidad al metal de manufacturación de las vainas que es el latón; el proceso se relaciona en el siguiente esquema: (21)



Para finalizar, efectuaremos unas últimas pruebas que realizaremos con el microscopio electrónico, tanto de los materiales de los proyectiles, así como las cargas de proyección de los mismos, como son las diferentes pólvoras que se utilizan en sus cargas. Las probetas con materiales pulvimetalúrgicos (pólvoras) se tienen que montar sobre soportes de grafito, los cuales servirán de base para poder utilizar este tipo de materiales en el microscopio, sin que se produzcan recogida de resultados negativos en este proceso.

Los materiales que se van a estudiar en el microscopio electrónico van a ser introducidos en un contenedor que se encuentra estanco, con un vacío total, por lo que al sufrir la muestra una elevación de temperatura inusual, el material no tenga peligro de que se inflame y muten los resultados en el proceso de investigación. (22)



Microscopio Electrónico de Barrido (SEM-MEB)

Las pruebas a las que van a ser sometidos los componentes de los cartuchos, son:

- Microfotografía de la granulosidad.

- Determinación de elementos que componen las diferentes coberturas de los proyectiles y las pólvoras.
- Elaboración de un *mapping* de los elementos encontrados.
- Extracción de graficas de los diferentes componentes.

Por otra parte, se va a despreciar las cantidades de los componentes, ya que en otros estudios se determinó que los cartuchos, aun siendo del mismo lote, pueden tener una variación sustancial de la carga de propulsión, lo que daría una clara variación de resultados finales, que nos aportaría valores erróneos en nuestra investigación.

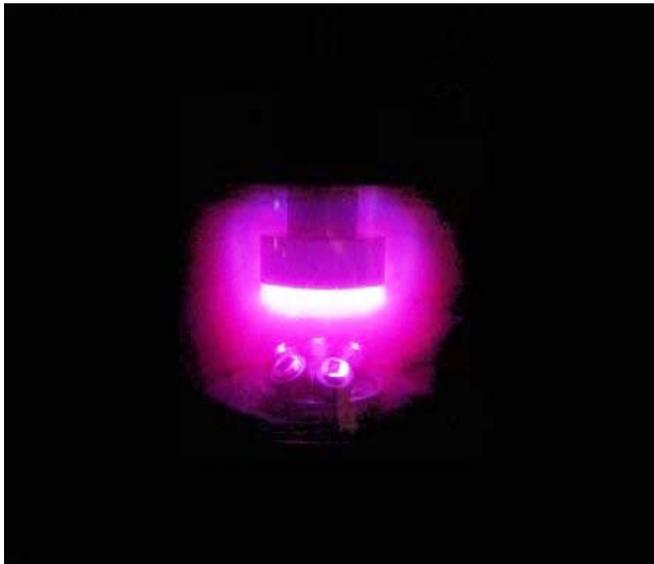
Con anterioridad, las probetas van a ser preparadas para lograr su conductividad, por medio de revestimiento por pulverización catódica de metal, en este caso de oro, para las probetas metálicas y grafito para las pólvoras para conseguir un buen contacto dentro del portaobjetos del microscopio electrónico de barrido. Las probetas una vez pulidas, se desengrasan con una solución de etanol al 86 % con agua destilada, evitando que ningún residuo se deposite en su superficie y permitiendo que la capa de oro de 42,3 Angstrom recubra toda la superficie que soportara el bombardeo de electrones dentro del microscopio electrónico de barrido (SEM-MEB).



**TB-SPUTTER**

La vaporizadora por proceso de revestimiento por pulverización catódica TB-SPUTTER, trabaja mediante un proceso de vacío en el

contenedor, el cual se consigue, por el desplazamiento del oxígeno, al



inyectar dentro de la cápsula un gas noble, como es el argón; este crea una atmósfera controlada que permite la afluencia de capas finísimas de oro sobre las probetas, de 42,3 Å (Angstrom), medida esta equivalente a una diezmillonésima parte de milímetro. (23)

Figura: Detalle del irradiado sobre las probetas, para el recubrimiento de oro, en el proceso de preparación, anterior al uso del microscopio electrónico de barrido.

Para el montaje de los granos de pólvora, utilizaremos una probeta de grafito a la cual se unirán los granos por medio de una cinta de grafito conductora, para que sea efectivo el proceso de bombardeo de electrones sobre las muestras.

No existe ninguna probabilidad de que la pólvora se inflame dentro del receptáculo del microscopio electrónico de barrido, aunque este produzca una elevada temperatura en el proceso de irradiación, ya que se produce en este un vacío completo antes de la irradiación de electrones; sí que puede observarse que el material inflamable no se estabiliza, con una modificación en su estructura orgánica, como por ejemplo en los elementos volátiles que se encuentran en el carbón.

La Microscopia Electrónica de Barrido (MEB-SEM) se basa en hacer incidir un haz de electrones con una energía conocida sobre una muestra conductora, en un medio sometido a vacío. Al incidir estos electrones sobre la muestra, chocan con los electrones propios de los átomos de la probeta, generando una señal de salida en forma de electrones desviados o

deslocalizados, lo que se conoce como electrones secundarios y electrones retrodispersados.

Cada uno de estos electrones proporciona distinta información acerca de la muestra. Los electrones secundarios aportan información de la topografía de la probeta, y los retrodispersados de la composición, viéndose en imagen, en escala de grises, colores más claros para átomos más pesados y más oscuros para átomos más ligeros.

Así pues, en el estudio aquí presentado, se tomaron imágenes por electrones secundarios, obteniendo información de la topografía de la muestra. Algo que resultó complicado en el caso de las pólvoras, pues, al hacer incidir sobre estas un haz de electrones, comenzaban a quemarse, sin explotar, debido al vacío del equipo.

Las energías Dispersivas (EDS) es un método que permite analizar la composición atómica de la muestra, es decir, qué átomos están presentes en la muestra y en qué porcentaje. Así pues, ofrece un espectro en función de la energía con la que los electrones de la muestra llegan al detector, siendo esta energía característica de cada átomo y medida en electronvoltios (eV).

Además de presentar las imágenes de SEM y EDS, en este estudio, se han realizado imágenes de mapping que nos permiten visualizar en qué lugar de cada uno de los proyectiles se encuentra cada uno de los átomos, es decir, permite visualizar la composición de cada una de las partes del proyectil.

Las probetas que se han utilizado para la investigación son elementos de cartuchos originales y ocho Wildcat, de puntas duras, para conseguir determinar el poder de penetración y deformación sobre los blancos, ya que todos estos cartuchos y en general sus proyectiles son especiales, hemos tenido que aportar dos tipos de cartucho de carácter ordinario (M01 y M05), para poder efectuar las comparaciones pertinentes, para poder diferenciar entre los materiales de construcción de los mismos.

En un primer lugar paso a ofrecer las fichas características de los cartuchos una vez procesados en el laboratorio, desmontando y pesando cada

uno de los componentes principales; como son las pólvoras, las vainas y en especial los proyectiles, sus procedencias, medidas, marcaje de fábrica y observaciones si las hubiese.

En segundo lugar se ha procedido al radiografiado de los cartuchos, determinando la morfología de los mismos y el modo de engarzado y refuerzos de las vainas para acoger los proyectiles, y la contención de la pólvora, en cada uno de ellos.

Una vez finalizado el proceso de radiografiado, en el laboratorio se procedió al desensamblaje de los cartuchos, por proceso de golpeado con un martillo de retroinercia, para evitar la detonación de los cartuchos y sus cápsulas iniciadoras y el deterioro de sus componentes, tanto las pólvoras, como las vainas y los proyectiles.

En tercer lugar, pasaremos a preparar las probetas de los diferentes proyectiles, tanto las dos muestras, como los proyectiles especiales que se van a estudiar, para poder medir las microdurezas y efectuar las microfotografías, para determinar la compactación de los proyectiles y comparar la cristalografía de los materiales de construcción.

En cuarto lugar, hemos efectuado pruebas de tracción y presión con las diferentes vainas, para ver la deformación y el punto crítico de ruptura de los vasos y sus refuerzos, comparándolas entre ellas y con las dos vainas muestra.

Las presiones se efectuaron por medio de pisones de acero al cromo y se ejercían sobre una carga de grafito inerte con una densidad igual a las pólvoras de los propios cartuchos (el sustituir las pólvoras y detonar las cápsulas iniciadoras, es para evitar el estallido de las vainas una vez se ejerza sobre las mismas presión y fuerzas).

En quinto y último lugar, hemos efectuado pruebas, con los proyectiles y las pólvoras de los diferentes cartuchos, de microscopía electrónica, para observar la composición de los proyectiles y pólvoras, y poder recoger imágenes de las diferentes composiciones.

## Cartuchería

La relación de cartuchos que se han utilizado en el proceso de experimentación, son una pequeña muestra de los que existen en realidad pero hemos hecho esta pequeña selección, por la morfología de los cartuchos y su poder de deformación, que en si es el parámetro que afecta a nuestro estudio.

La muestra recoge cartuchos ordinarios para poder establecer una pauta comparativa, entre toda la muestra de cartuchería aquí recogida. Así mismo tenemos una serie de proyectiles que dadas sus características han sido creados especialmente para mi investigación, los materiales utilizados son de uso común, muchos de ellos de metales básicos como es el cobre y también aleaciones como el latón; otros con puntas Semiblandas características, de plomo con encamisados de cuproníquel o níquel, según proyectiles con bolas de carburos y con cargas en los cartuchos sobrepresionadas, para poder dar más fuerza en la deflagración de la carga de proyección; los proyectiles *Lightning* de calibre 5.56 x 45 nato son los que se utilizaron en el proceso de proyección térmica. (24)



Marca	Calibre	Tipo de Pistón	Longitud del Cartucho	Tipo de Vaina	Tipo de Bala	Inscripciones	Procedencia	Observaciones
Santa Bárbara	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Semiblandada Latón Plomo	9P SB 98 Φ	España	Muestra de Experimentación
Hornady	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Blindada Cobre Trazador	Frontier 9 mm Luger	Estados Unidos	Fosforo Blanco en Alma Proyectoil
Metallwerke Elisenhütte	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	QD2	9 x 19 MEN01	Alemania	Bola Plástico Rojo Deformación Forzada
Metallwerke Elisenhütte	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Frangible Polímero	9 x 19 MEN-87	Alemania	Anti-rebotes
Western de East Alton	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	KTW Teflón Verde	HI-PER 9 Luger	Estados Unidos	Perforante
Societe Fra. Munition	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	THV Perforante	SF 9 88	Francia	Proyectoil de Alta Velocidad
Cor-Bón Bullet Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Glasser	Cor-Bon 9 + P Luger	Estados Unidos	Multi-proyectoil
Remington Arms Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Poliefectos	R-P 9 mm Luger	Estados Unidos	Capsula Iniciadora Con marca H F
Dynamit Akien Gesel.	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Semiblandada Tronco Cónica	9 P DAG AB	Alemania	Gran Deformación
Selliet & Bellot	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Semiblandada Redondeada	S&B 9 x 19 08	Rep. Chequia	Gran Deformación
Giulio Fiocchi	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Semiblandada Tronco Cónica	G.F.L. 9mm 08	Italia	Gran Deformación
Selliet & Bellot	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Blindada Latón	S&B 9mm Luger ò	Rep. Chequia	
Gustav Genschow	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Action 1	Geco 9 mm Parabellum	Alemania	Ojiva plástico Marrón
Remington Arms Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	JHP	R-P 9 mm Luger	Estados Unidos	Punta Hueca Deform. Pistón Marca L F
Remington Arms Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	CDW - JHP	R-P 9 mm Luger	Estados Unidos	Punta Hueca Deform. Pistón Marca L F
Remington Arms Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	CDS - JHP	R-P 9 mm Luger	Estados Unidos	Punta Hueca Deform. Pistón Marca L F
Remington Arms Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	CDV - JHP	R-P 9 mm Luger	Estados Unidos	Punta Hueca Deform. Pistón Marca L F
Remington Arms Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	CDNW - JHP	R-P 9 mm Luger	Estados Unidos	Punta Hueca Deform. Pistón Marca L F
Cia. Brasileira De Cartuchos	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Semiblandada Redondeada	CBC 9mm Luger	Brasil	
Remington Arms Co.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Cromada	Golden Saber	R-P 9 mm Luger	Estados Unidos	Gran Deformación
Giulio Fiocchi	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	EMB	GFL 9 Luger	Italia	Expansiva Monoblock

Marca	Calibre	Tipo de Pistón	Longitud del Cartucho	Tipo de Vaina	Tipo de Bala	Inscripciones	Procedencia	Observaciones
Lapuan Patruunatedas	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	CEPP	Lapua 9 Luger	Finlandia	Deformación Controlada
Ruag Ammotec	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	SeCa	9x19 SR 07B1 T	Suiza	Deformación Controlada
Lapuan Patruunatedas	9 mm. Parabellum	Berdán	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	PDX1	Lapua 9 Luger	Finlandia	Gran Deformación 6 Pétalos
Giulio Fiocchi	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Black Mamba	G.F.L 9 Luger	Italia	Tronco Cónica Gran Deformación
Giulio Fiocchi	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Exagón	Geco 9mm Luger	Italia	Montadas en Vainas Geco para Fiocchi
Dynamit Akien Gesel.	9 mm. Parabellum	Bóxer	9 x 19 m/m.	Cilíndrica Latón	Acción 3	DAG SX 9x19 A3 T95	Alemania	Gran Deformación Ojiva de Plástico Verde perforada
Giulio Fiocchi	.38 SPL	Bóxer	9.1 x 29 m/m	Cilíndrica Latón	Grafetilada Plomo	G.F.L. .38 Special	Italia	Recubrimiento en Negro de Grafito
Gustav Genschow	.38 SPL	Berdán	9.1 x 29 m/m	Cilíndrica Cromada	Arcane	Geco .38 Special	Alemania	Punta de Gran Penetración
Santa Bárbara	5.56 Nato	Berdán	5.56 x 45 m/m	Golleteada Latón	Ordinario	5.56 x 45 SB 81	España	Muestra para Experimentación
Santa Bárbara	5.56 Nato	Berdán	5.56 x 45 m/m	Golleteada Latón	Perforante	5.56 x 45 SB 81	España	Punta y sellado gola Verde Pisto lacado Verde
Giulio Fiocchi	5.56 Nato	Bóxer	5.56 x 45 m/m	Golleteada Latón	Ordinario	G.F.L. 03 Φ	Italia	Pisto lacado Verde
Santa Bárbara	5.56 Lightning	Berdán	5.56 x 45 m/m	Golleteada Cromada B.	Lightning CDWN	5.56 x 45 SB 83	España	Carburo de Tungsteno y Níquel Punta y Culote Lacados Rojo
Santa Bárbara	5.56 Lightning	Berdán	5.56 x 45 m/m	Golleteada Cromada N.	Lightning CDWN	5.56 x 45 SB 83	España	Carburo de Tungsteno y Níquel Punta y Pistón Lacados Verde
Santa Bárbara	5.56 Lightning	Berdán	5.56 x 45 m/m	Golleteada Niquelado N.	Lightning CDW	5.56 x 45 SB 83	España	Carburo de Tungsteno Pistón Lacados Rojo
Santa Bárbara	5.56 Lightning	Berdán	5.56 x 45 m/m	Golleteada Niquelado N.	Lightning CDW	5.56 x 45 SB 83	España	Carburo de Tungsteno Pistón Lacados Verde

			<b>Código</b>	M01
	<b>Calibre</b>	9m/m Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	11,590 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	7,236 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3,896 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,458 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA9		
	<b>Tipo proyectil</b>	Semiblandado		
<b>Tipo fulminante</b>	Berdán			
<b>Marcaje</b>	9P SB-T	<b>Procedencia</b>	España	

			<b>Código</b>	P02
	<b>Calibre</b>	9m/m Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12,279 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	8,036 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3,905 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,338 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	No5 Spherical		
	<b>Tipo proyectil</b>	Trazador		
<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer			
<b>Marcaje</b>	Frontier 9mm Luger	<b>Procedencia</b>	U.S.A	



			Código	P03
	Calibre	9m/m Parabellum		
	Peso total Cartucho	10,834 grs.		
	Peso Proyectoil	6,342 grs.		
	Peso Vaina	3,929 grs.		
	Peso Pólvora	0,563 grs.		
	Tipo Pólvora	PNF2		
	Tipo Proyectoil	QD2		
	Tipo Fulminante	Berdán		
Marcaje	9 Para MEN	Procedencia	Alemania	

			Código	P04
	Calibre	9m/m Parabellum		
	Peso total Cartucho	9.966 grs.		
	Peso Proyectoil	3,893 grs.		
	Peso Vaina	3,843 grs.		
	Peso Pólvora	2,230 grs.		
	Tipo Pólvora	PNF2		
	Tipo Proyectoil	Frangible		
	Tipo Fulminante	Berdán		
Marcaje	9 Para MEN	Procedencia	Alemania	



			<b>Código</b>	M05
	<b>Calibre</b>	5,56 x 45		
	<b>Peso total Cartucho</b>	9,785 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	4,039 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,039 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1,707 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan SP7		
	<b>Tipo proyectil</b>	Ordinario		
<b>Tipo fulminante</b>	Berdán			
<b>Marcaje</b>	9P SB-T	<b>Procedencia</b>	España	

			<b>Código</b>	P05
	<b>Calibre</b>	5,56 x 45		
	<b>Peso total Cartucho</b>	10,121 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	4,097 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,335 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1,689 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan SP7		
	<b>Tipo proyectil</b>	Perforante		
<b>Tipo fulminante</b>	Berdán			
<b>Marcaje</b>	9P SB-T	<b>Procedencia</b>	España	



			Código	P06
	Calibre	9m/m Parabellum		
	Peso total Cartucho	10,421 grs.		
	Peso Proyectoil	6,588 grs.		
	Peso Vaina	3,447 grs.		
	Peso Pólvora	0,386 grs.		
	Tipo Pólvora	PNF4		
	Tipo Proyectoil	KTW		
	Tipo Fulminante	Berdán		
Marcaje	HI-PER 9 Luger	Procedencia	U.S.A.	

			Código	P07	
	Calibre	9m/m Parabellum			
	Peso total Cartucho	7,565 grs.			
	Peso Proyectoil	3,013 grs.			
	Peso Vaina	3,954 grs.			
	Peso Pólvora	0,598 grs.			
	Tipo Pólvora	Vectan BA 10			
	Tipo Proyectoil	THV			
	Tipo Fulminante	Berdán			
Marcaje	SF 9 88	Procedencia	Francia		



			<b>Código</b>	P08
	<b>Calibre</b>	9m/m Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	9,970 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	5,479 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,002 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,489 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	No2 Spherical		
	<b>Tipo proyectil</b>	Glasser		
	<b>Tipo fulminante</b>	Boxer		
<b>Marcaje</b>	Cor-bon 9 Luger + P	<b>Procedencia</b>	U.S.A	

			<b>Código</b>	P09
	<b>Calibre</b>	9m/m Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	10.121 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	4,097 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,335 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1,689 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	No5 Spherical		
	<b>Tipo proyectil</b>	Poliefectos		
	<b>Tipo fulminante</b>	Boxer		
<b>Marcaje</b>	R-P 9 Luger	<b>Procedencia</b>	U.S.A	



			<b>Código</b>	<b>P10</b>
	<b>Calibre</b>	.38 SPL		
	<b>Peso total Cartucho</b>	15,345 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	10,291 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	4,735 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	0,319 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	Vectan BA04		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	Teflonada		
	<b>Tipo Fulminante</b>	Boxer		
<b>Marcaje</b>	38 SPL G.F.L.	<b>Procedencia</b>	<b>Italia</b>	

			<b>Código</b>	<b>P11</b>
	<b>Calibre</b>	5,56 x 45		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12,397 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	4,044 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	6,720 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	1,633 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	Vectan SP7		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	Ordinario		
	<b>Tipo Fulminante</b>	Boxer		
<b>Marcaje</b>	5.56 x 45 G.F.L.	<b>Procedencia</b>	<b>Italia</b>	



			<b>Código</b>	<b>P12</b>
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12,197 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	8,001 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3,795 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,401 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	PNF4		
	<b>Tipo proyectil</b>	Semiblandada		
	<b>Tipo fulminante</b>	Berdán		
<b>Marcaje</b>	<b>DAG 9P AB</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Alemania</b>	

			<b>Código</b>	<b>P13</b>
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12,369 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	7,995 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3,997 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,377 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	PNF4		
	<b>Tipo proyectil</b>	Semiblandada		
	<b>Tipo fulminante</b>	Boxer		
<b>Marcaje</b>	<b>S&amp;B 9mm Luger</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Rep. Chequia</b>	



			<b>Código</b>	<b>P14</b>
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	10,913 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	6,582 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3,951 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,380 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA04		
	<b>Tipo proyectil</b>	Semiblandada		
	<b>Tipo fulminante</b>	Boxer		
<b>Marcaje</b>	<b>9 Luger G.F.L.</b>	<b>Procedencia</b>	 <b>Italia</b>	

			<b>Código</b>	<b>P15</b>
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	11,825 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	7,319 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,135 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,371 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	PNF3		
	<b>Tipo proyectil</b>	Blindada		
	<b>Tipo fulminante</b>	Boxer		
<b>Marcaje</b>	<b>S&amp;B 9mm Luger ò</b>	<b>Procedencia</b>	 <b>Rep. Chequia</b>	



			<b>Código</b>	<b>P16</b>
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	10,913 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	6,381 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,044 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,488 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	PNF3		
	<b>Tipo proyectil</b>	Action 3		
	<b>Tipo fulminante</b>	Berdán		
<b>Marcaje</b>	Geco 9 Para	<b>Procedencia</b>	<b>Alemania</b>	

			<b>Código</b>	<b>P17</b>
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12,487 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	8,107 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,034 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0,346 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA09		
	<b>Tipo proyectil</b>	JHP		
	<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer		
<b>Marcaje</b>	R-P 9 Luger	<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A</b>	



			<b>Código</b>	<b>P18</b>
	<b>Calibre</b>	.38 SPL		
	<b>Peso total Cartucho</b>	14,809 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	8,245 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,044 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	2,520 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	PNF4		
	<b>Tipo proyectil</b>	Arcane		
	<b>Tipo fulminante</b>	Berdán		
<b>Marcaje</b>	38 SPL Geco	<b>Procedencia</b>	Alemania	

			<b>Código</b>	<b>P19</b>
	<b>Calibre</b>	9 mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	15,776 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	10,107 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,034 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1,635 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA10		
	<b>Tipo proyectil</b>	CDW - JHP		
	<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer		
<b>Marcaje</b>	R-P 9 Luger	<b>Procedencia</b>	U.S.A	



			<b>Código</b>	P20
	<b>Calibre</b>	9 mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	15,676 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	10,009 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,034 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1,633 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA10		
	<b>Tipo proyectil</b>	CDS - JHP		
<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer			
<b>Marcaje</b>	R-P 9 Luger	<b>Procedencia</b>	U.S.A	

			<b>Código</b>	P21
	<b>Calibre</b>	9 mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	15,768 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	10,100 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4,034 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1,634 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA10		
	<b>Tipo proyectil</b>	CDV - JHP		
<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer			
<b>Marcaje</b>	R-P 9 Luger	<b>Procedencia</b>	U.S.A	



			<b>Código</b>	P22
	<b>Calibre</b>	9 mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	15,771 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	10,102 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	4,034 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	1,635 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	Vectan BA10		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	CDNW - JHP		
	<b>Tipo Fulminante</b>	Bóxer		
<b>Marcaje</b>	R-P 9 Luger	<b>Procedencia</b>	U.S.A	

			<b>Código</b>	P23
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12.382 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	8.003 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	4.031 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	0.348 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	PNF3		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	Semiblandada		
<b>Tipo Fulminante</b>	Boxer			
<b>Marcaje</b>	CBC 9mm Luger	<b>Procedencia</b>	Brasil	



			<b>Código</b>	P24
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12.373 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	8.072 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3.938 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0.363 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA09		
	<b>Tipo proyectil</b>	Golden Saber		
	<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer		
<b>Marcaje</b>	R.P 9 Luger	<b>Procedencia</b>	U.S.A	

			<b>Código</b>	P25
	<b>Calibre</b>	9mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	10.251 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	6.062 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3.849 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0.340 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA04		
	<b>Tipo proyectil</b>	EMB		
	<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer		
<b>Marcaje</b>	GFL 9 Luger	<b>Procedencia</b>	Italia	



			<b>Código</b>	P26
	<b>Calibre</b>	9 mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	12.208 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	7.793 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	4.015 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0.400 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	PNF4		
	<b>Tipo proyectil</b>	CEPP		
	<b>Tipo fulminante</b>	Berdán		
<b>Marcaje</b>	Lapua 9 Luger	<b>Procedencia</b>	Finlandia	

			<b>Código</b>	P27
	<b>Calibre</b>	9 mm Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	10.769 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	6.447 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	3.910 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	0.412 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan BA10		
	<b>Tipo proyectil</b>	SeCa		
	<b>Tipo fulminante</b>	Bóxer		
<b>Marcaje</b>	9x19SR 07B1 T	<b>Procedencia</b>	Suiza	



			<b>Código</b>	<b>P28</b>
	<b>Calibre</b>	<b>9 mm Parabellum</b>	Observaciones detalle de la punta 	
	<b>Peso total Cartucho</b>	<b>12.426 grs.</b>		
	<b>Peso proyectil</b>	<b>8.005 grs.</b>		
	<b>Peso vaina</b>	<b>4.102 grs.</b>		
	<b>Peso pólvora</b>	<b>0.319 grs.</b>		
	<b>Tipo pólvora</b>	<b>Vectan BA10</b>		
	<b>Tipo proyectil</b>	<b>PDX1 6 Pétalos</b>		
<b>Tipo fulminante</b>	<b>Bóxer</b>			
<b>Marcaje</b>	<b>Lapua 9mm Luger</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Finlandia</b>	

			<b>Código</b>	<b>P29</b>
	<b>Calibre</b>	<b>9 mm Parabellum</b>		
	<b>Peso total Cartucho</b>	<b>9.997 grs.</b>		
	<b>Peso proyectil</b>	<b>5.579 grs.</b>		
	<b>Peso vaina</b>	<b>4.018 grs.</b>		
	<b>Peso pólvora</b>	<b>0.400 grs.</b>		
	<b>Tipo pólvora</b>	<b>Vectan BA10</b>		
	<b>Tipo proyectil</b>	<b>Acción 3</b>		
<b>Tipo fulminante</b>	<b>Bóxer</b>			
<b>Marcaje</b>	<b>DAG SX 9x19 A3 T95</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Alemania</b>	



			<b>Código</b>	<b>P30</b>
	<b>Calibre</b>	5,56 x 45	Las puntas Lightning son montadas en vainas Santa Bárbara con baños electrolíticos.	
	<b>Peso total Cartucho</b>	12.076 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	4.151 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	6.292 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1.633 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan SP7		
	<b>Tipo proyectil</b>	CDWN - Cobre		
	<b>Tipo fulminante</b>	Berdan		
<b>Marcaje</b>	5.56 x 45 SB 83	<b>Procedencia</b>	<b>España</b>	

			<b>Código</b>	<b>P31</b>
	<b>Calibre</b>	5,56 x 45	Las puntas Lightning son montadas en vainas Santa Bárbara con baños electrolíticos.	
	<b>Peso total Cartucho</b>	11.078 grs.		
	<b>Peso proyectil</b>	3.910 grs.		
	<b>Peso vaina</b>	6.555 grs.		
	<b>Peso pólvora</b>	1.613 grs.		
	<b>Tipo pólvora</b>	Vectan SP7		
	<b>Tipo proyectil</b>	CDWN - Latón		
	<b>Tipo fulminante</b>	Berdan		
<b>Marcaje</b>	5.56 x 45 SB 83	<b>Procedencia</b>	<b>España</b>	



			<b>Código</b>	<b>P32</b>
	<b>Calibre</b>	5,56 x 45	Las puntas Lightning son montadas en vainas Santa Bárbara con baños electrolíticos.	
	<b>Peso total Cartucho</b>	11.834 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	4.043 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	6.178 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	1.613 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	Vectan SP7		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	CDW - Cobre		
	<b>Tipo Fulminante</b>	Berdan		
<b>Marcaje</b>	5.56 x 45 SB 83	<b>Procedencia</b>	<b>España</b>	

			<b>Código</b>	<b>P33</b>
	<b>Calibre</b>	5,56 x 45	Las puntas Lightning son montadas en vainas Santa Bárbara con baños electrolíticos.	
	<b>Peso total Cartucho</b>	12.078 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	3.910 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	6.555 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	1.613 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	Vectan SP7		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	CDW - Latón		
	<b>Tipo Fulminante</b>	Berdan		
<b>Marcaje</b>	5.56 x 45 SB 83	<b>Procedencia</b>	<b>España</b>	



			<b>Código</b>	<b>P34</b>
	<b>Calibre</b>	9 mm. Parabellum		
	<b>Peso total Cartucho</b>	10.581 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	6.411 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	3.877 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	0.293 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	Vectan BA04		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	Blak Mamba		
	<b>Tipo Fulminante</b>	Berdan		
<b>Marcaje</b>	9mm Luger G.F.L.	<b>Procedencia</b>	<b>Italia</b>	

			<b>Código</b>	<b>P34</b>
	<b>Calibre</b>	9 mm. Parabellum	Observaciones se montan con vainas de Geco para Fiochi (G.F.L.)	
	<b>Peso total Cartucho</b>	12.239 grs.		
	<b>Peso Proyectoil</b>	7.974 grs.		
	<b>Peso Vaina</b>	3.941 grs.		
	<b>Peso Pólvora</b>	0.324 grs.		
	<b>Tipo Pólvora</b>	Vectan BA04		
	<b>Tipo Proyectoil</b>	Exagon		
	<b>Tipo Fulminante</b>	Berdan		
<b>Marcaje</b>	Geco 9mm Luger	<b>Procedencia</b>	<b>Italia</b>	



## RESULTADOS

### *Radiología*

Como ya indicamos en el apartado de material y métodos, el primer paso de nuestra investigación es el estudio radiológico de las muestras o probetas de munición de nueva generación. La utilización de un aparato de Rayos X de tipo industrial, es el que nos conducirá a recoger unos resultados fiables y satisfactorios, en lo que es la determinación de la fisiología de la munición, tanto el proyectil en sí, la vaina, la carga de proyección y la cápsula iniciadora.

Para efectuar este estudio nos hemos centrado en calcular la ecuación de penetración del aparato, el tiempo de exposición a la radiación de cada una de las muestras, ya que así conseguiremos llegar a conseguir resultados satisfactorios, en cada una de las muestras y determinar los diferentes refuerzo en el material de los cartuchos, utilizando película de tipo X.

Después de efectuar repetidas pruebas con diferentes tiempos de exposición a la radiación, hemos detectado la exposición más idónea, para conseguir resultados fiables; esta ecuación es la siguiente:

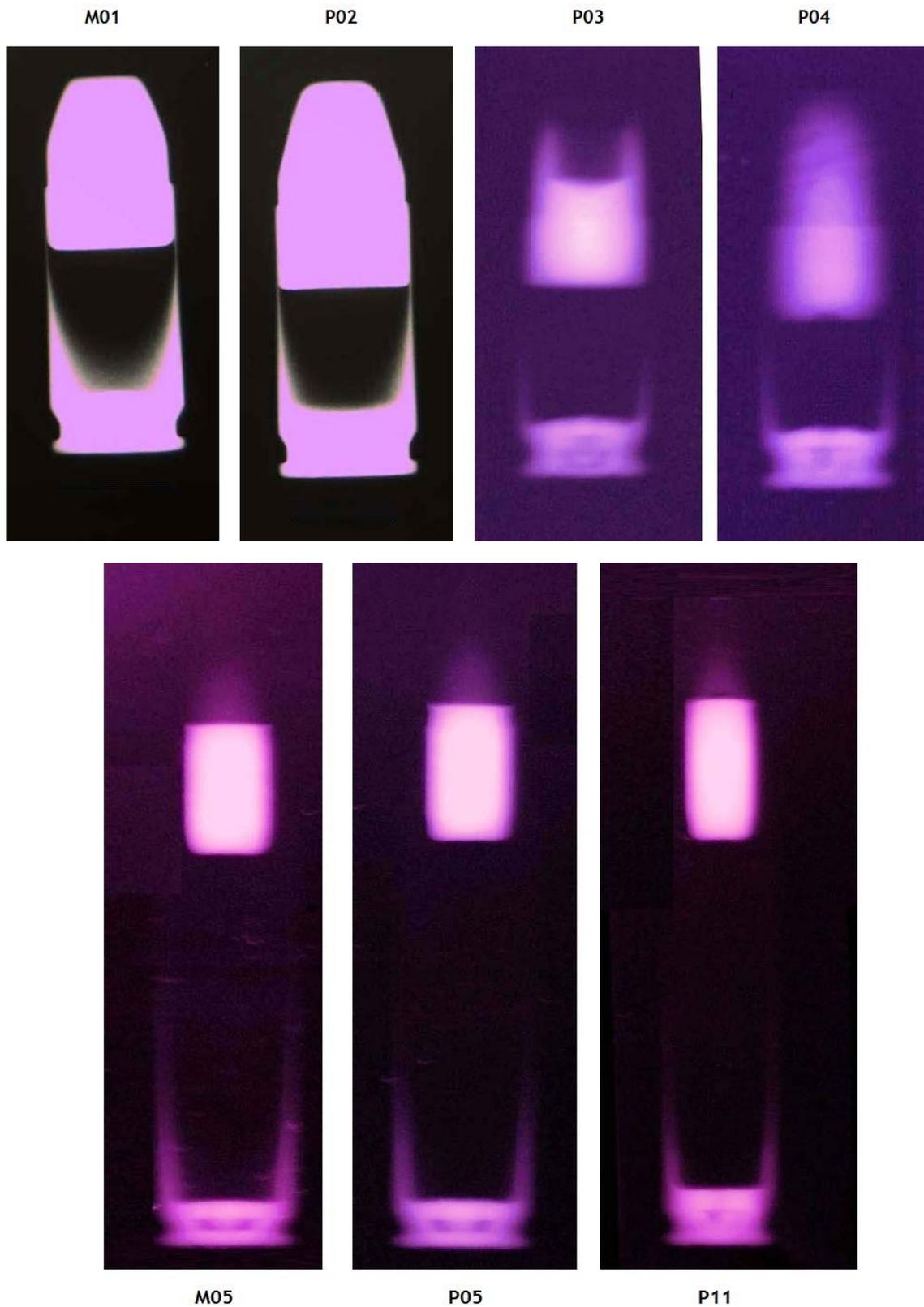
$$Ex = \frac{i \times t}{d^2} = \frac{mA \times \text{min}}{m^2}$$

Donde la  $i$  = Intensidad del filamento para la exposición en el equipo radiográfico empleado será  $3 \mu A$ . 0 - 4'5 mA.

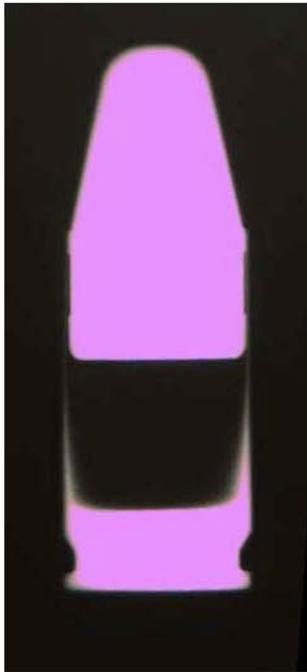
$t$  = Tiempo de exposición 5 segundos.

$d$  = Distancia de aproximación del tubo del haz de Rayos X, a la muestra 0'4 metros.

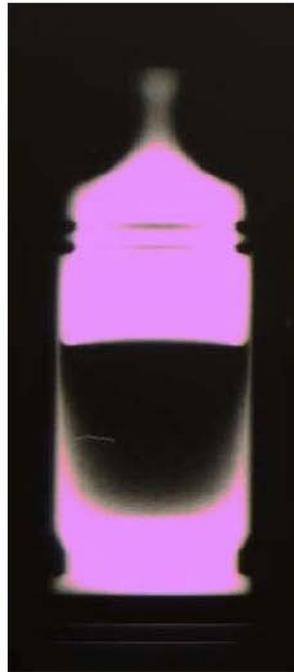
Los resultados son los que cabría esperar, ya que en todas las probetas, hemos conseguido lo que estábamos buscando: que se distingan los materiales así como los espacios divisorios entre los elementos que componen dichos cartuchos.



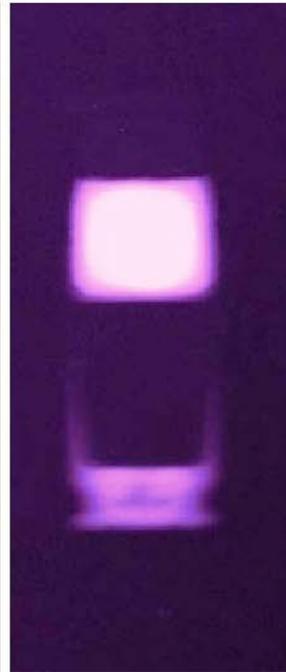
P06



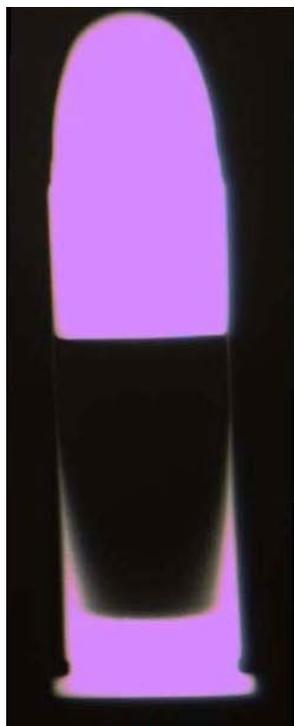
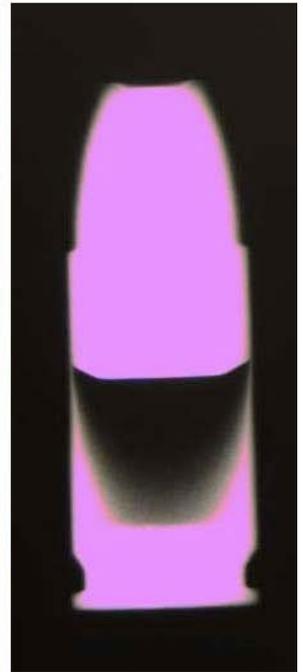
P07



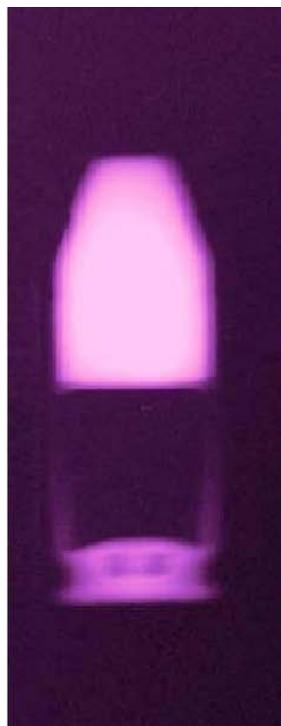
P08



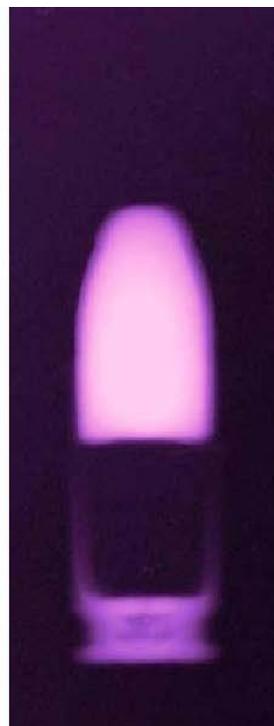
P09



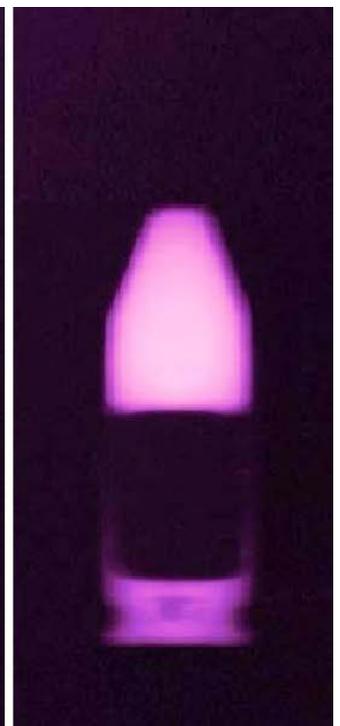
P10



P12

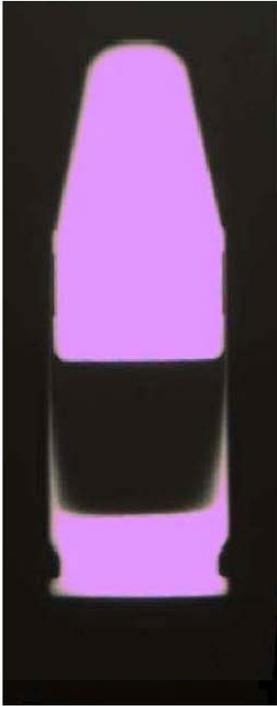


P13

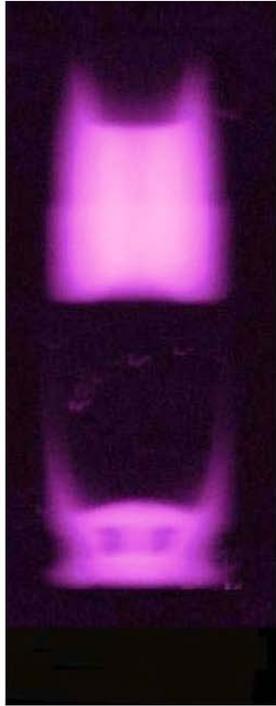


P14

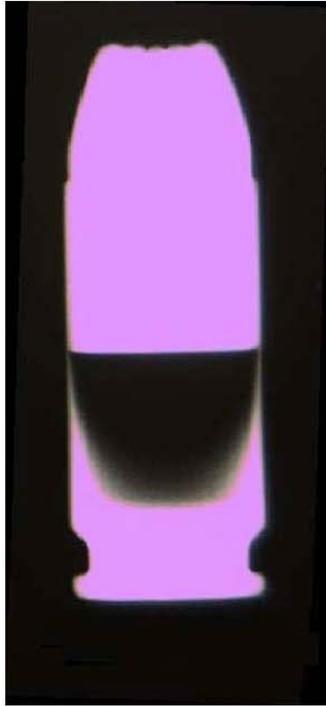
P15



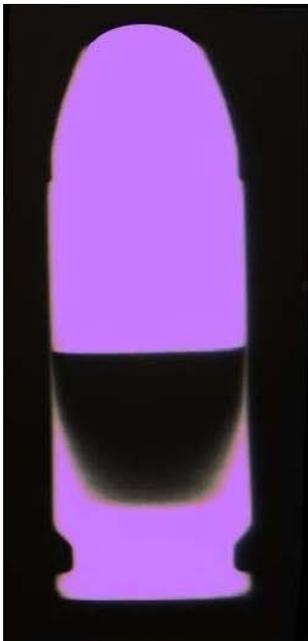
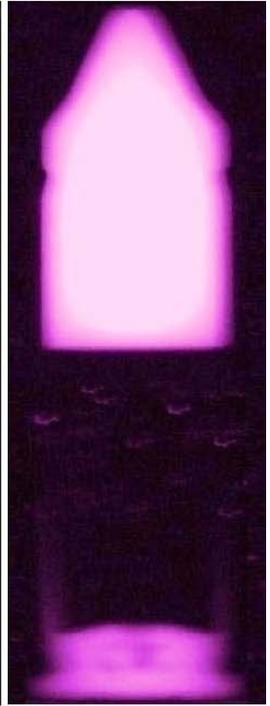
P16



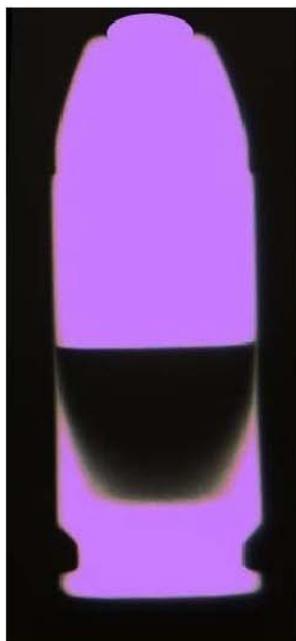
P17



P18



P19



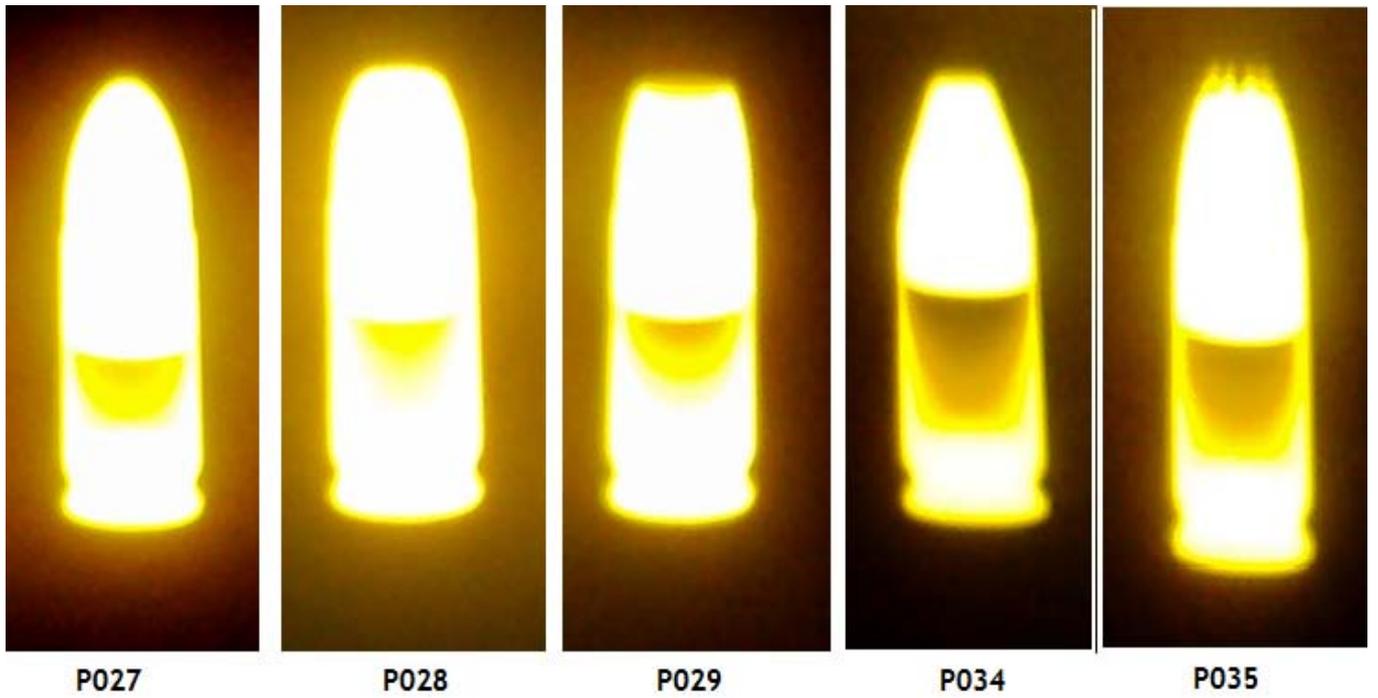
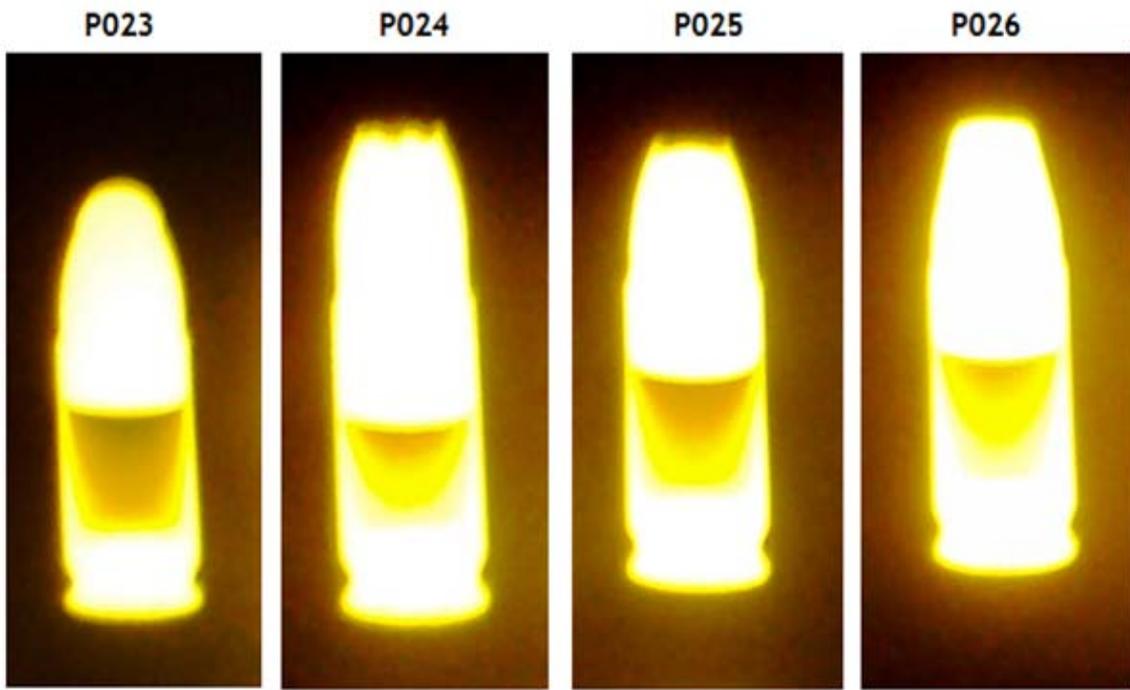
P20

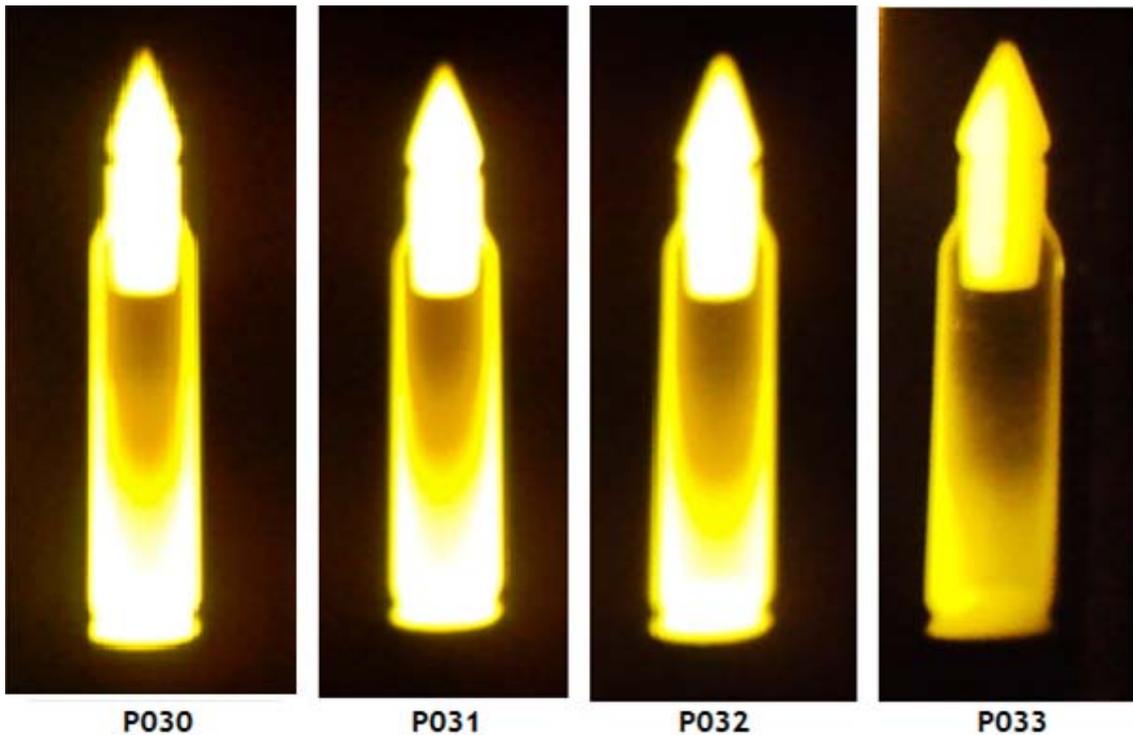


P21



P22





Las radiografías de todas las muestras demuestran claramente los refuerzos de los culotes para resistir las deflagraciones de las nuevas pólvoras piroxiladas, alguna de ellas de doble base y otras de las cuales con componentes que multiplican la potencia de proyección en los disparos.

Otro de los datos que se quería demostrar y queda patente en las radiografías son los proyectiles con gran posibilidad de deformación, y, por lo tanto, de su carácter lesivo a la hora de impactar; también se ve en los proyectiles penetrantes, su robustez y compactación de los materiales de construcción.

Una vez efectuada la prueba de radiación, pasaremos a la prueba para calcular las microdurezas; para ello debemos preparar los proyectiles, embutiéndolos en material sintético como es el metacrilato, para posteriormente procesar las probetas, mediante pulido en primer lugar con un abrasivo a base de esmeril de un grano grueso de 80, pasando a uno fino de 600. Acto seguido pasaremos a pulir con un paño de algodón con pasta de alúmina o de diamante, para finalizar el proceso.

## Microdurezas

La siguiente prueba será una de las más significativas pues vamos a medir la dureza de los proyectiles con un microdurómetro, el que nos dio como resultados los reflejados en las tablas siguientes:

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	31,9	182	<b>M01</b> SB-T 9 m/m. Parabellum Blindada Punta Descamisada <span style="float: right;"><b>181,4</b></span>
2	100	32	181	
3	100	32	181	
4	100	32	181	
5	100	31,9	182	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	37,4	133	<b>P02</b> Vector - Frontier 9 m/m. Parabellum Blindada Trazadora <span style="float: right;"><b>133</b></span>
2	100	37,4	133	
3	100	37,4	133	
4	100	37,4	133	
5	100	37,4	133	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	45	91.6	<b>P03</b> Men 9 m/m. Parabellum QD2 <span style="float: right;"><b>91.8</b></span>
2	100	45	91.6	
3	100	44,9	92	
4	100	44,9	92	
5	100	44,9	92	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	41	116	<b>P04</b> Men 9 m/m. Parabellum Frangible <span style="float: right;"><b>153</b></span>
2	100	29.3	220	
3	100	36.5	139	
4	100	34.5	156	
5	100	34.7	134	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	30.8	195	<b>M05</b> SB-T 5.56 x 45 Ordinario <span style="float: right;"><b>199</b></span>
2	100	30.8	195	
3	100	30.2	205	
4	100	30.2	205	
5	100	30.8	195	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	33	170	<b>P05</b> SB-T 5.56 x 45 Perforante <span style="float: right;"><b>174.4</b></span>
2	100	32.4	176	
3	100	32.5	176	
4	100	32.5	176	
5	100	32.6	174	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	33.5	165	<b>P06</b> HP 9 m/m. Parabellum KTW <span style="float: right;"><b>165</b></span>
2	100	33.5	165	
3	100	33.5	165	
4	100	33.5	165	
5	100	33.5	165	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	34.5	156	<b>P07</b> SFM 9 m/m. Parabellum THV <span style="float: right;"><b>168.8</b></span>
2	100	32.8	172	
3	100	32.8	172	
4	100	32.8	172	
5	100	32.8	172	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	42.2	105	<b>P08</b> Remington 9 m/m. Parabellum Glasser <span style="float: right;"><b>105</b></span>
2	100	42.2	105	
3	100	42.2	105	
4	100	42.2	105	
5	100	42.2	105	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	42.2	116	<b>P09</b> Remington 9 m/m. Parabellum Poliefectos <span style="float: right;"><b>157</b></span>
2	100	42.2	220	
3	100	41	139	
4	100	41	156	
5	100	42.2	154	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	10	43.8	9.60	<b>P10</b> GFL .38 SPL Ordinaria Teflonada <span style="float: right;"><b>9.48</b></span>
2	10	44	9.45	
3	10	44	9.45	
4	10	44	9.45	
5	10	44	9.45	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	39.5	119	<b>P11</b> GFL 5.56 x 45 Ordinario <span style="float: right;"><b>117.4</b></span>
2	100	39.5	119	
3	100	40	116	
4	100	40	116	
5	100	39.8	117	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	32.8	172	<b>P12</b> D.A.G. 9 m/m. Parabellum Semiblandada <span style="float: right;"><b>172</b></span>
2	100	32.8	172	
3	100	32.8	172	
4	100	32.8	172	
5	100	32.8	172	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	33.9	161	<b>P13</b> S&B 9 m/m. Parabellum Semiblandada <span style="float: right;"><b>161</b></span>
2	100	33.9	161	
3	100	33.9	161	
4	100	33.9	161	
5	100	33.9	161	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	32.2	180	<b>P14</b> GFL 9 m/m. Parabellum Blindada Punta Descamisada <span style="float: right;"><b>180</b></span>
2	100	32.2	180	
3	100	32.2	180	
4	100	32.2	180	
5	100	32.2	180	

	GRAMOS FUERZA	µm	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	29.8	209	<b>P15</b> S&B 9 m/m. Parabellum Blindada <span style="float: right;"><b>209.6</b></span>
2	100	29.8	209	
3	100	29.8	209	
4	100	29.8	209	
5	100	29.6	212	

	GRAMOS FUERZA	µm	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	39.6	118	<b>P16</b> Geco 9 m/m. Parabellum Acción3 <span style="float: right;"><b>118</b></span>
2	100	39.6	118	
3	100	39.6	118	
4	100	39.6	118	
5	100	39.6	118	

	GRAMOS FUERZA	µm	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	32.2	180	<b>P17</b> Remington 9 m/m. Parabellum JHP <span style="float: right;"><b>180</b></span>
2	100	32.2	180	
3	100	32.2	180	
4	100	32.2	180	
5	100	32.2	180	

	GRAMOS FUERZA	µm	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	29.7	210	<b>P18</b> Geco .38 SPL Arcane <span style="float: right;"><b>212.4</b></span>
2	100	29.5	213	
3	100	29.5	213	
4	100	29.5	213	
5	100	29.5	213	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	17.2	627	<b>P19</b> Remington 9 m/m. Parabellum JHP - CDT
2	100	17.2	627	
3	100	17.2	627	
4	100	17.2	627	
5	100	17.2	627	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	13.6	1002	<b>P20</b> Remington 9 m/m. Parabellum JHP - CDS
2	100	13.6	1002	
3	100	13.6	1002	
4	100	13.6	1002	
5	100	13.6	1002	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	10.8	1590	<b>P21</b> Remington 9 m/m. Parabellum JHP - CDV
2	100	10.7	1619	
3	100	10.7	1619	
4	100	10.7	1619	
5	100	10.7	1619	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	16.2	706	<b>P22</b> Remington 9 m/m. Parabellum JHP - CDTN
2	100	16.2	706	
3	100	16.2	706	
4	100	16.2	706	
5	100	16.2	706	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	23.7	157.8	<b>P23</b> CBC 9 m/m. Parabellum Semiblandada  <b>159.8</b>
2	100	23.5	161.1	
3	100	24.0	154.5	
4	100	23.1	166.8	
5	100	23.6	159.1	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	23.5	161.1	<b>P24</b> Remington 9 m/m. Parabellum Golden Saber  <b>149.3</b>
2	100	24.3	151.3	
3	100	24.1	153.2	
4	100	25.0	142.4	
5	100	25.4	138.5	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	26.8	123.9	<b>P25</b> GFL 9 m/m. Parabellum EMB -Monoblock  <b>124.6</b>
2	100	26.3	129.1	
3	100	26.6	126.2	
4	100	27.7	115.6	
5	100	26.4	128.2	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	26.6	125.8	<b>P26</b> Lapúa 9 m/m. Parabellum CEPP  <b>129.8</b>
2	100	25.8	134.2	
3	100	26.0	131.6	
4	100	26.4	128.2	
5	100	26.2	129.6	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	28.3	111.5	<b>P27</b> Ruag Helvetica 9 m/m. Parabellum SeCa <span style="float: right;"><b>120.12</b></span>
2	100	27.1	121.2	
3	100	27.4	118.5	
4	100	26.3	129.1	
5	100	27.2	120.3	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	24.5	148.9	<b>P28</b> Lapua 9 m/m. Parabellum PDX1 6 Pétalos <span style="float: right;"><b>143.56</b></span>
2	100	25.0	142.4	
3	100	26.1	131.1	
4	100	24.6	147.1	
5	100	24.5	148.3	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	29.6	101.6	<b>P29</b> D.A.G 9 m/m. Parabellum Acción 3 <span style="float: right;"><b>98.54</b></span>
2	100	31.0	92.6	
3	100	30.5	95.7	
4	100	29.4	103.3	
5	100	29.9	99.5	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	17.2	628	<b>P30</b> Santa Bárbara 5.56 x 45 Nato Lightning1 <span style="float: right;"><b>627.8</b></span>
2	100	17.2	628	
3	100	17.4	627	
4	100	17.2	628	
5	100	17.2	628	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	17.2	628	<b>P31</b> Santa Bárbara 5.56 x 45 Nato Lightning2
2	100	17.2	628	
3	100	17.2	628	
4	100	17.1	629	
5	100	17.1	629	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	16.2	706	<b>P32</b> Santa Bárbara 5.56 x 45 Nato Lightning3
2	100	16.2	706	
3	100	16.2	706	
4	100	16.2	706	
5	100	16.1	708	

	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	16.1	708	<b>P33</b> Santa Bárbara 5.56 x 45 Nato Lightning4
2	100	16.2	706	
3	100	16.1	708	
4	100	16.1	708	
5	100	16.2	706	

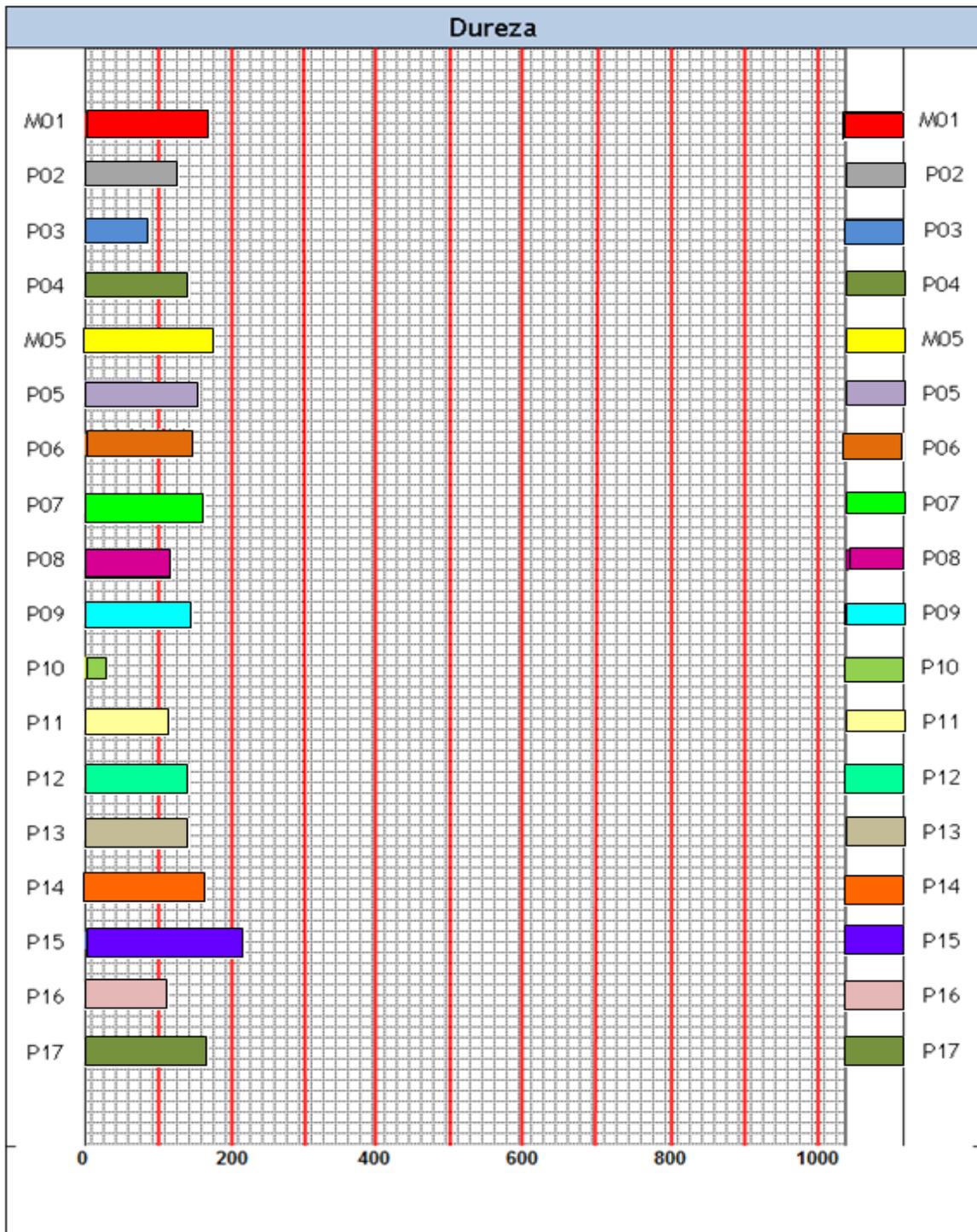
	GRAMOS FUERZA	$\mu\text{m}$	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	30.1	97.9	<b>P34</b> GFL 9 m/m. Parabellum Blak Mamba
2	100	25.9	132.2	
3	100	25.7	134.2	
4	100	24.5	148.2	
5	100	25.4	138.5	

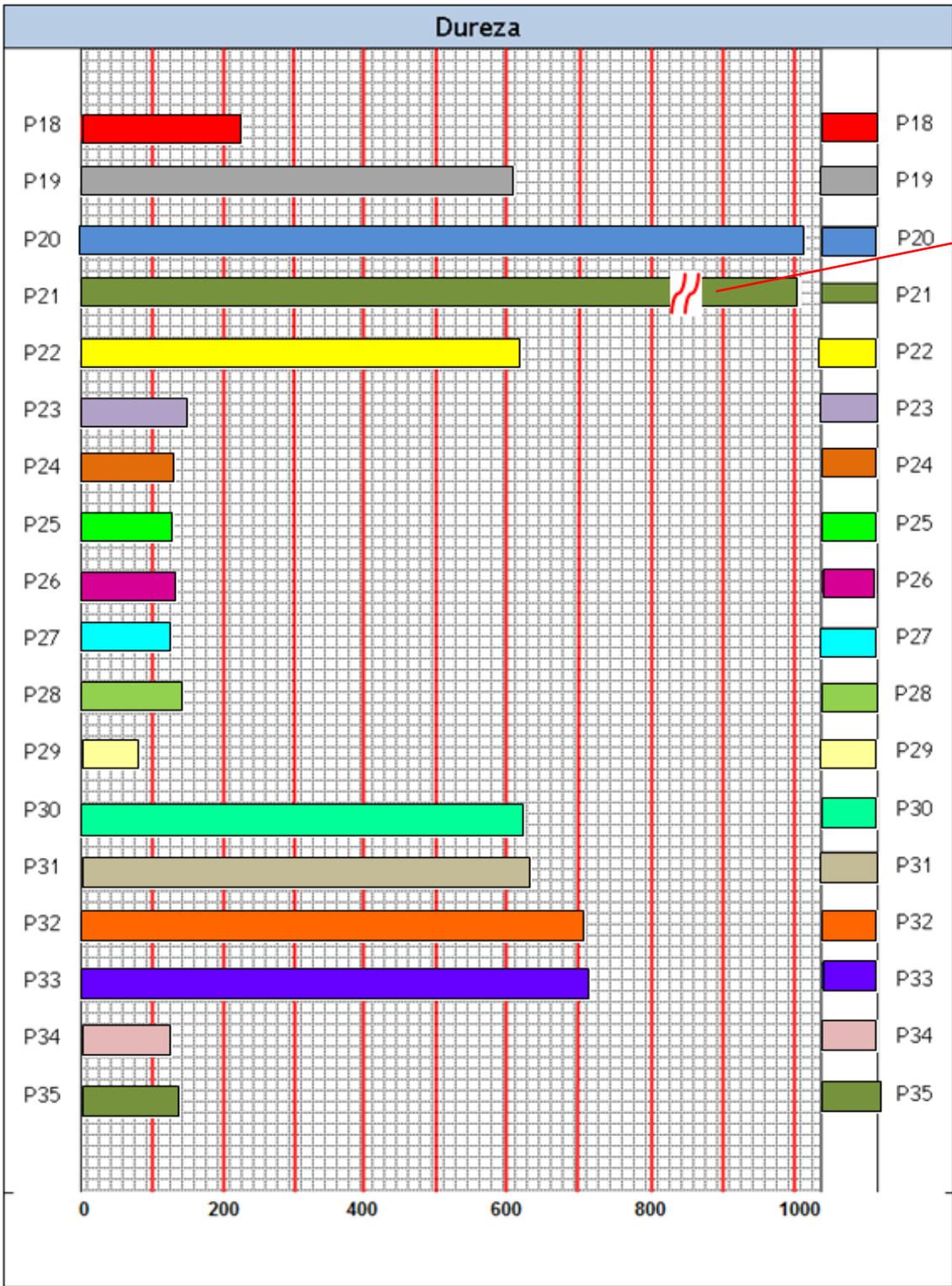
	GRAMOS FUERZA	μm	Vickers	DATOS MUESTRA
1	100	23.7	157.8	<b>P35</b> GFL 9 m/m. Parabellum Exagon <div style="text-align: right;"><b>148.98</b></div>
2	100	24.0	154.2	
3	100	27.1	121.2	
4	100	23.7	157.8	
5	100	24.5	153.9	

Donde, para hallar las microdurezas de los proyectiles se ha utilizado la ecuación:

$HV = 1,854 \times 10^3 \times \frac{F \text{ (grs.)}}{d^2 \text{ (}\mu\text{m)}}$ <p>F = Fuerza aplicada en gramos</p>	$HV = 1,854 P / d_L^2$ <p>P = Carga <math>d_1</math> = apertura diagonal</p>
---	--

En lo que se refiere a este apartado, se deja bastante claro, que el estudio de las microdurezas en las puntas elaboradas de los ocho proyectiles montados con carburos superan con creces a las microdurezas de los otros materiales que componen los diferentes proyectiles, dejando claro el poder de penetración de las ocho puntas especiales (montadas con carburos) y el poder de deformación de los materiales mucho más blandos en los que se encuentran montados, por lo general Cuproníquel y Plomo aleado con Antimonio y el latón.

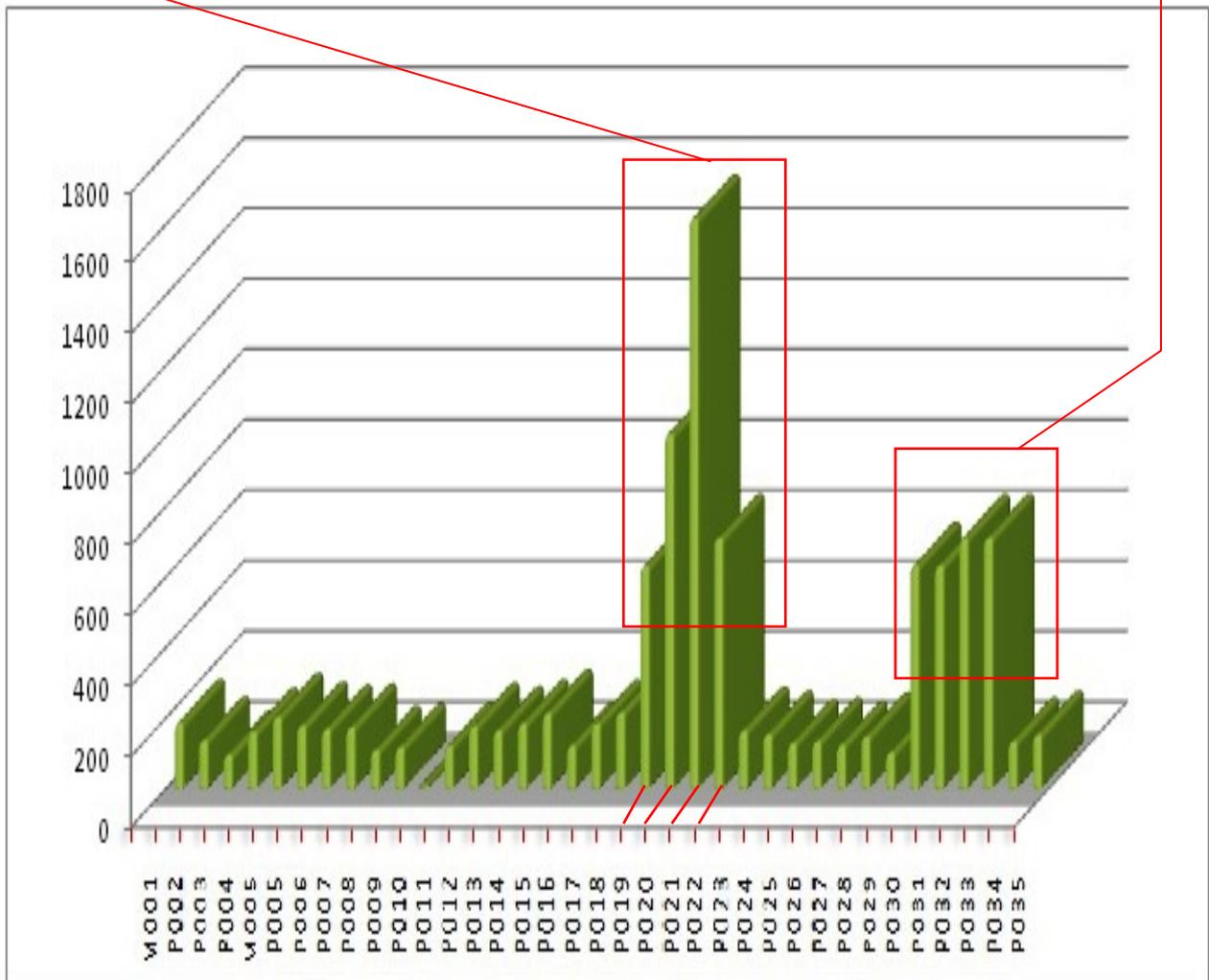




1613.2 Vickers  
Dureza Máxima

Balas con puntas con bolas de carburos

Balas con puntas proyectadas con carburos



Gráfica combinada de las dos anteriores, con los resultados de la comparativa de dureza, de los proyectiles estudiados en la investigación.

El gráfico demuestra claramente que es evidente que las puntas de las ojivas de los proyectiles, construidas a partir de los carburos (P19, P20, P21 P22, P30, P31, P32 y P33), son mucho más duras que las creadas con otros materiales, por lo que darán como resultado un poder mayor de deformación en los otros componentes de los proyectiles donde van montadas.

A la vez que son mucho más duras, también son mucho más frágiles, por lo que se pueden fracturar al impactar en blancos duros.

### Cristalografía

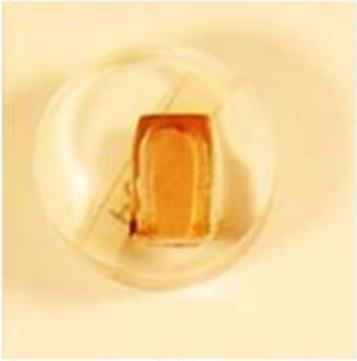
El siguiente paso en la investigación es la observación mediante el microscopio, para ver los cristales que forman las diferentes probetas; una vez pulidos los materiales, son observados por el microscopio, fotografiando y comparando las texturas y la granulometría. Las microfotografías se han efectuado a 200 aumentos.



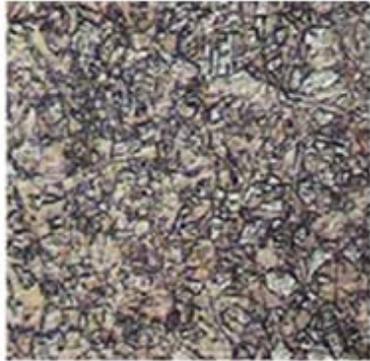
M01



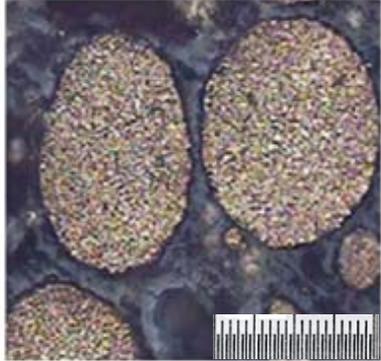
P02



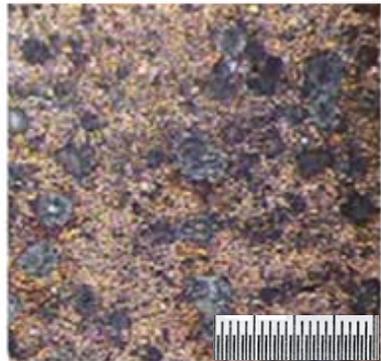
P03



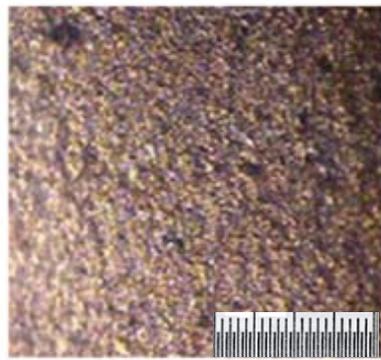
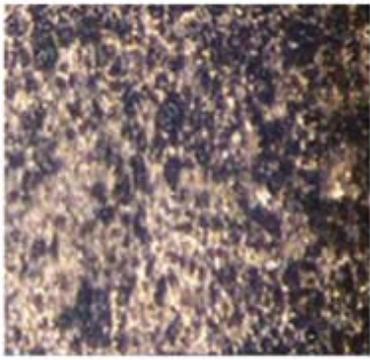
P04

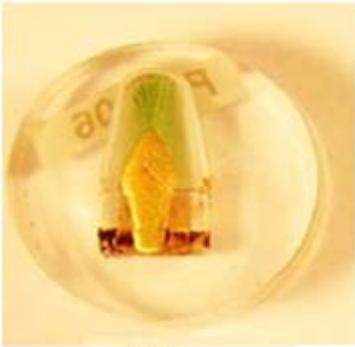


M05

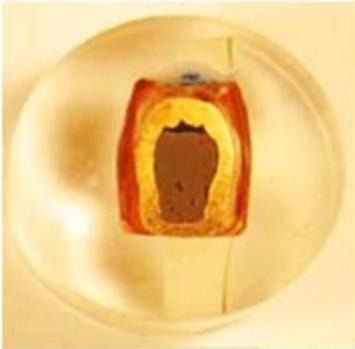
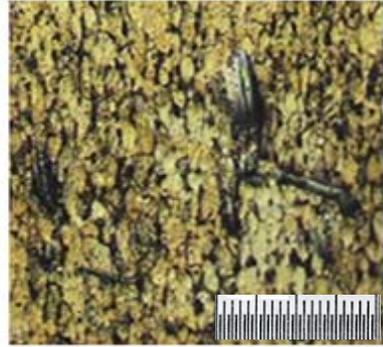
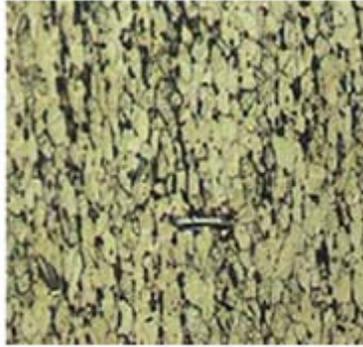


P05

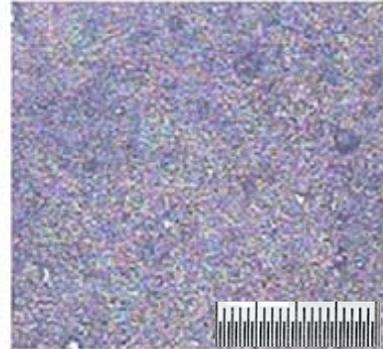




P06



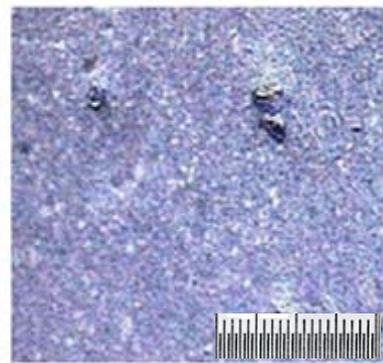
P08

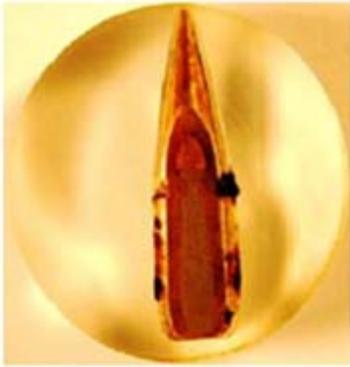


P09

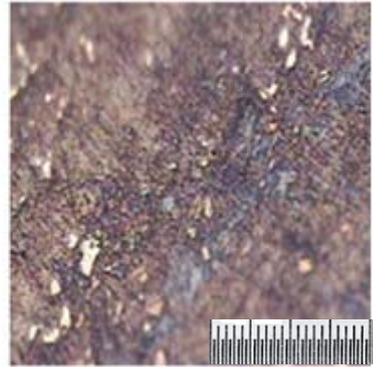
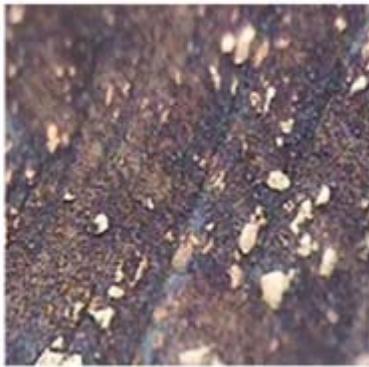


P10

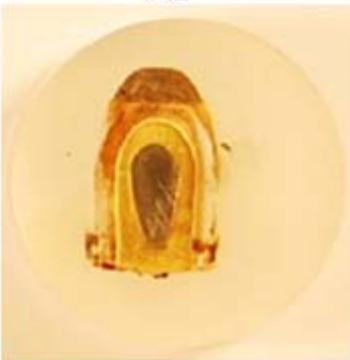




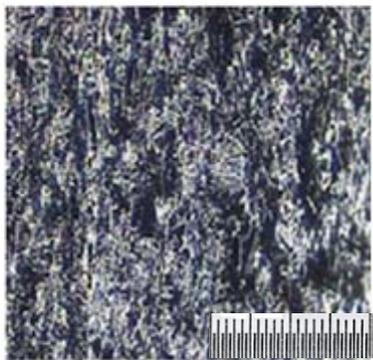
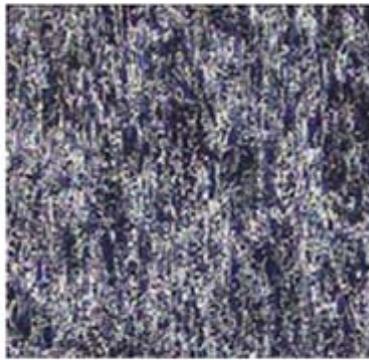
P11



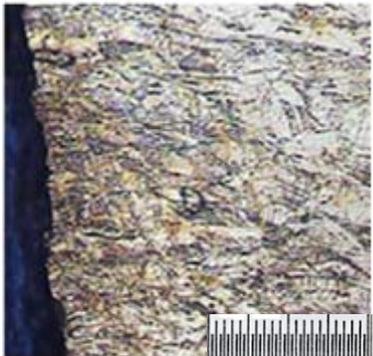
P12



P13

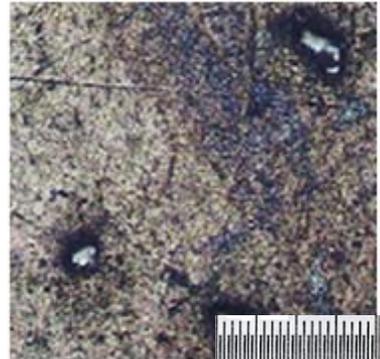


P14

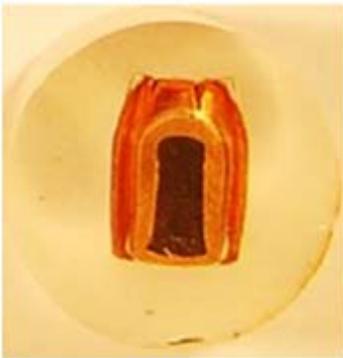
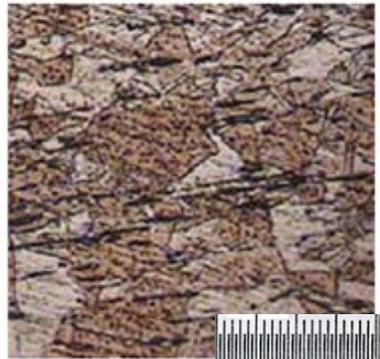




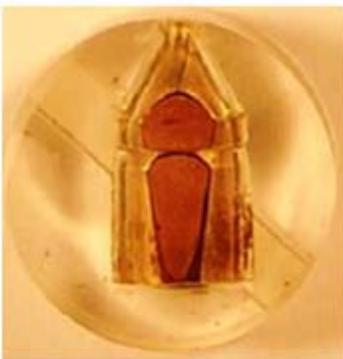
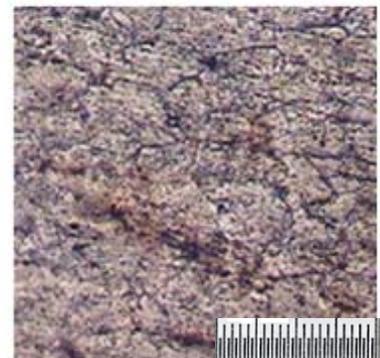
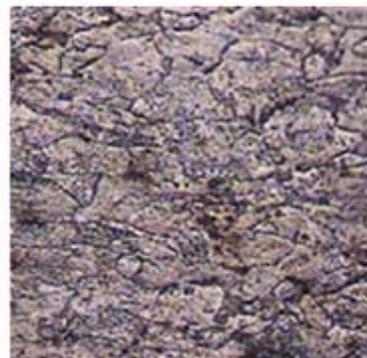
P15



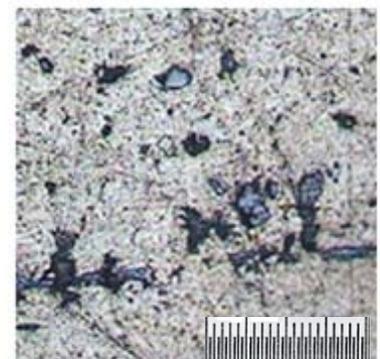
P16



P17

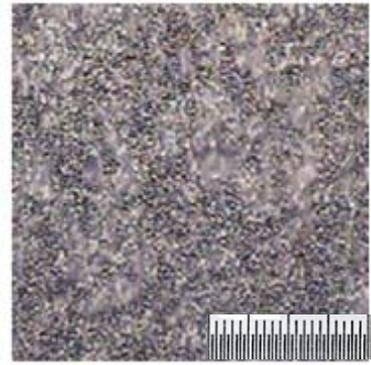


P18

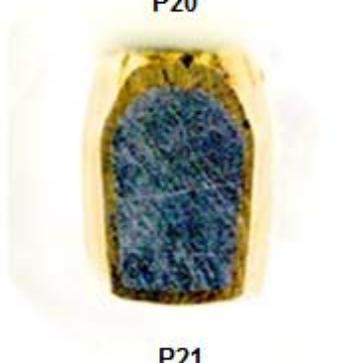
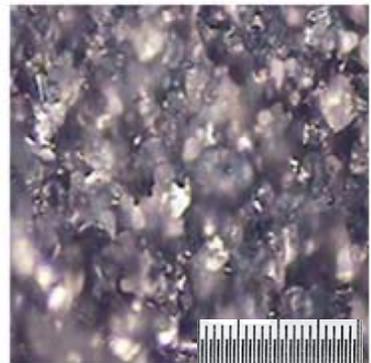
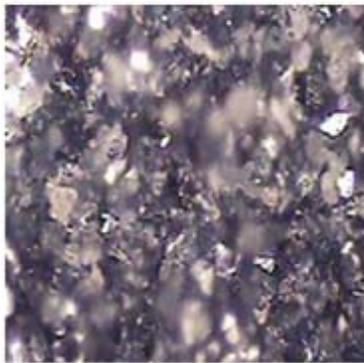




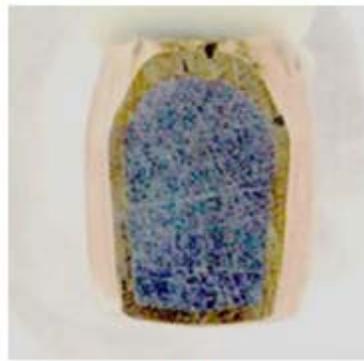
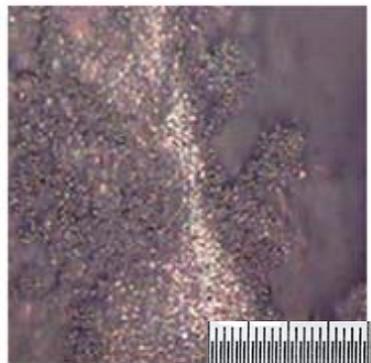
P19



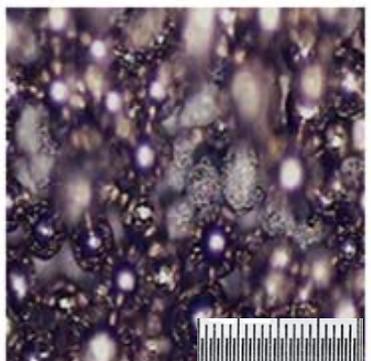
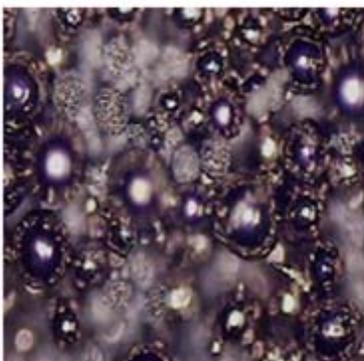
P20



P21

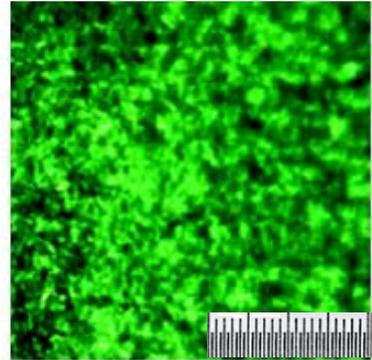


P22

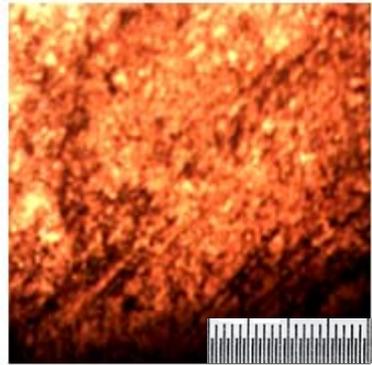




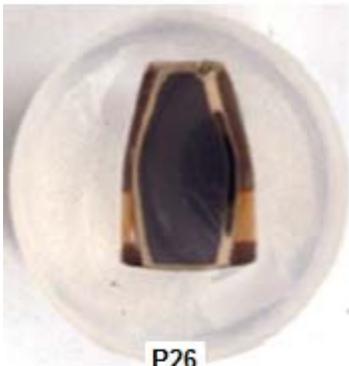
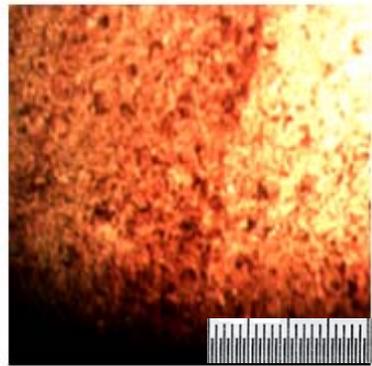
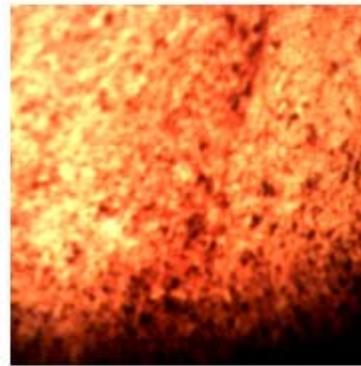
P23



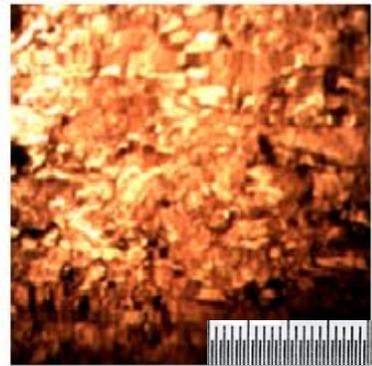
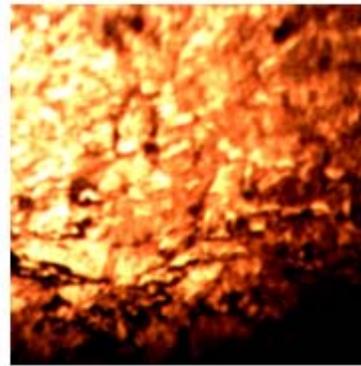
P24

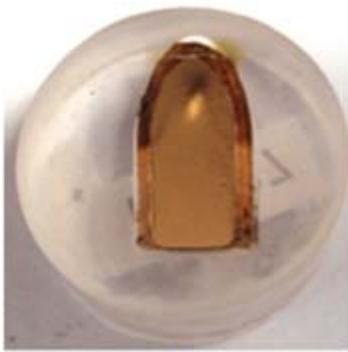


P25

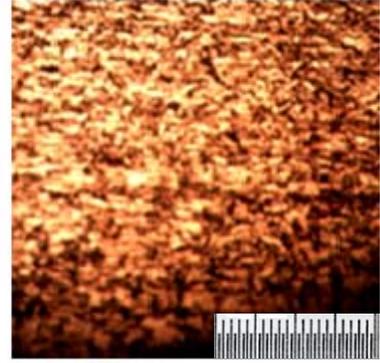
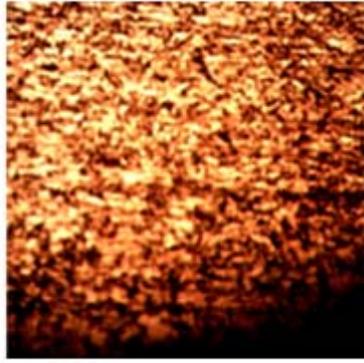


P26

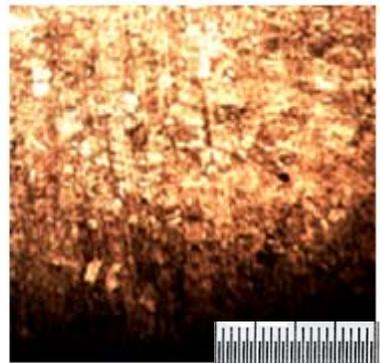
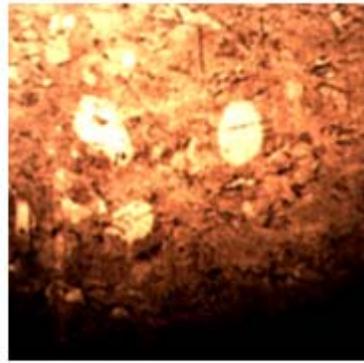




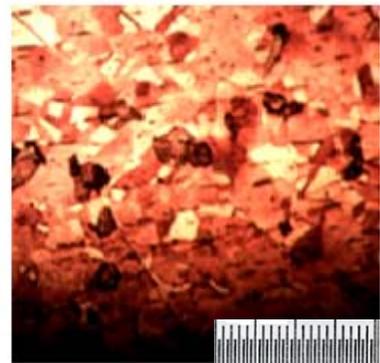
P27



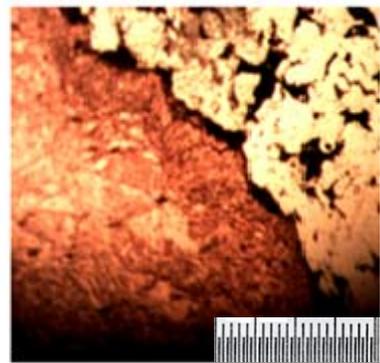
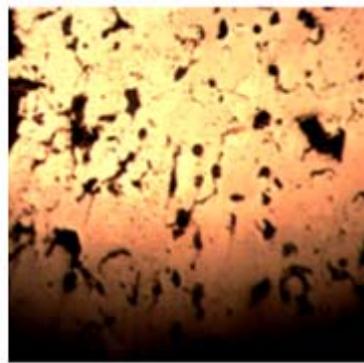
P28



P29

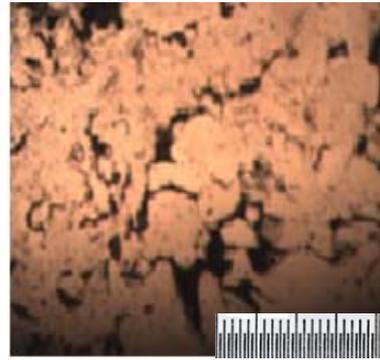
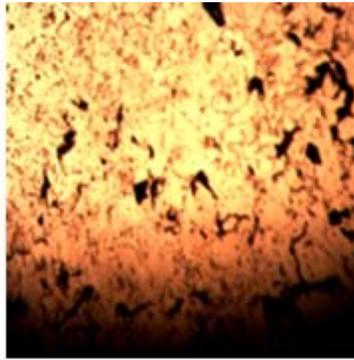


P30

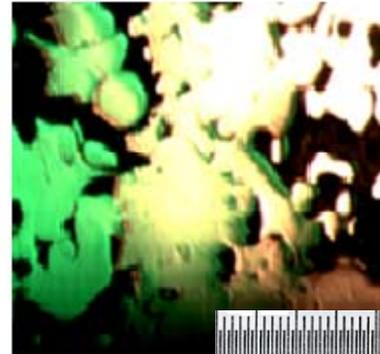
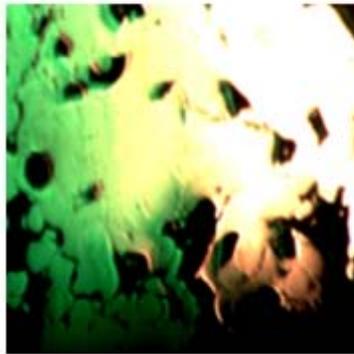




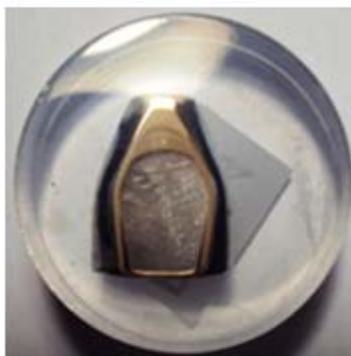
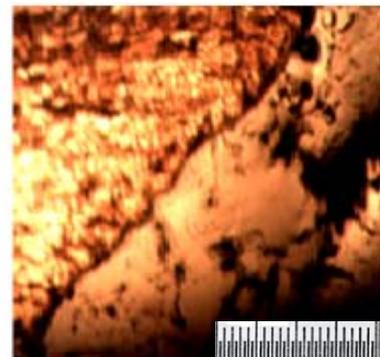
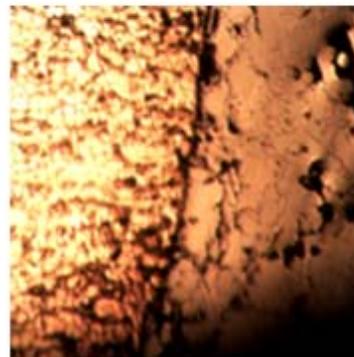
P31



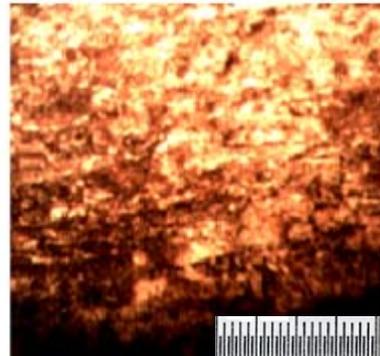
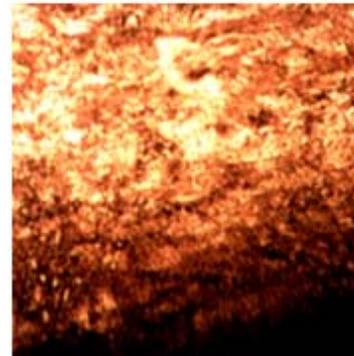
P32



P33



P34





P35

Se ve claramente la compactación de los cristales que componen los materiales que forman los proyectiles; se han efectuado dos microfotografías de dos puntos diferentes, intentando recoger las variantes de los cristales que componen los proyectiles; son claramente visibles los huecos que existen entre los gránulos de los carburos al ser compactados: ejemplo de ellos son los P19, P20, P21, P22, P30, P31, P32 y P33.

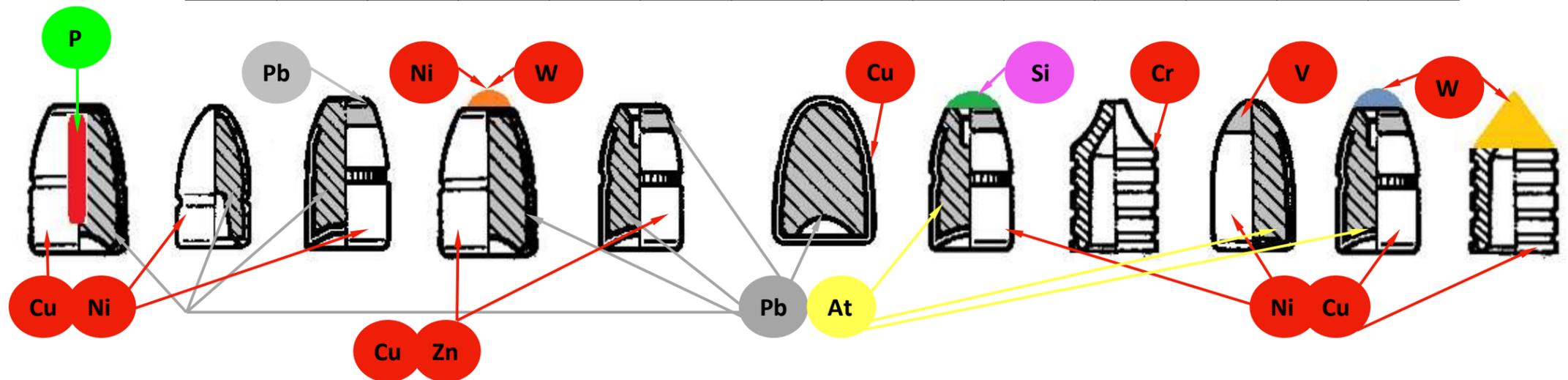
Los resultados de las microfotografías nos demuestran la gran variedad y las diferencias entre los materiales de construcción de los diferentes proyectiles; los materiales de más densidad se encuentran más compactados como las aleaciones de Plomo y Antimonio, que son los materiales más pesados, como los P10, P12 y P13; por el contrario la distribución y separación en otros proyectiles de materiales más ligeros como son los frangibles o de construcción con polímeros mezclados con metales, como son por ejemplo los P04 y P09; también es de destacar las diferencias existentes entre los cristales de los proyectiles que tengan varias capas de diferentes materiales, como por ejemplo ocurre con los proyectiles de guerra, como son el M05 - P05 - P11.

Al igual que con los proyectiles, material compacto, se procede de igual forma con los diferentes tipos de pólvora, viendo de esta forma una gran variedad de las mismas, las cuales tienen diferentes cualidades pulvimetalúrgicas y de compactación, diferenciando unas de las otras y a su vez profundizando más en el estudio de los cartuchos.



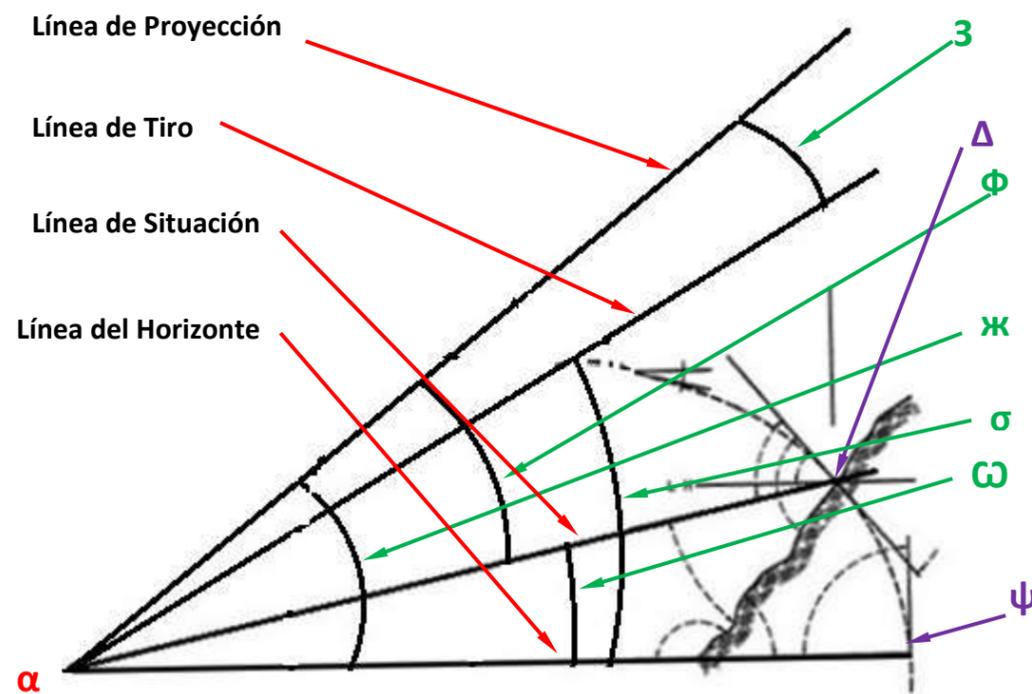
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xn
Fr	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Cs	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



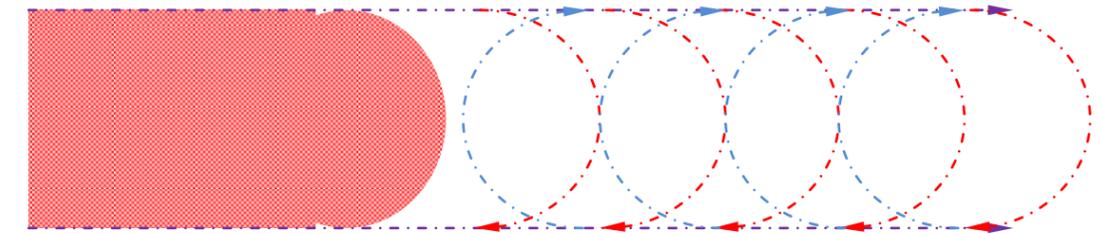
Cualquier fuerza capaz de actuar sobre la ojiva o sección del proyectil, debe de ser tenida en cuenta, como posible causa de variación en el movimiento rectilíneo de la trayectoria del proyectil y su precisión en su arribada al blanco; por ello es sumamente importante el equilibrio entre la densidad del proyectil y las fuerzas que actúan sobre él.

Las trayectorias de un proyectil, aunque parecen rectilíneas y tensas, no lo son, dado que intervienen una serie de fuerzas como la gravedad de la tierra, elementos climáticos, como “lluvia, viento, etc.”, que van a interferir en la trayectoria del proyectil.

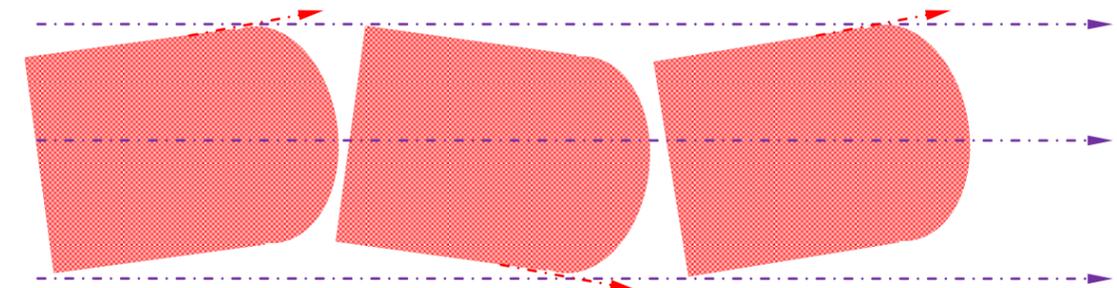


- $\alpha$  = Origen de disparo o boca de tiro.
- $\zeta$  = Angulo de Reelevación.
- $\phi$  = Angulo de Partida.
- $\psi$  = Angulo de Proyección.
- $\Delta$  = Angulo de Llegada o arribada.
- $\sigma$  = Angulo de Tiro.
- $\omega$  = Angulo de Situación.
- $\Psi$  = Angulo de Caída.

El movimiento giroscópico del proyectil, va a llevar a estabilizar al mismo, consiguiendo una trayectoria mucho más tensa, que en el caso de otros proyectiles, que solo describen un movimiento rectilíneo y por lo tanto son más propensos al balanceo y cabeceo del cuerpo del proyectil proyectil.



Movimiento Giroscópico



Movimiento de Cabeceo

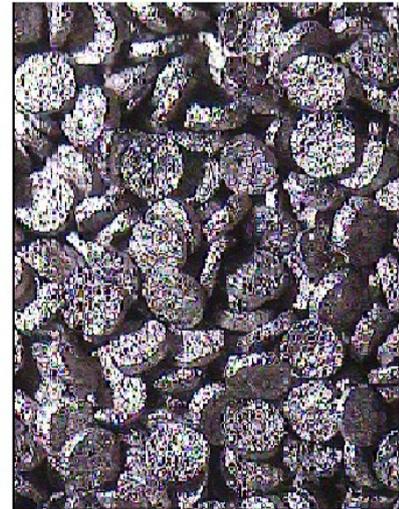
Queda demostrado en nuestro estudio que los proyectiles especiales con ojivas de Tungsteno, son mucho más ligeros que los ordinarios con núcleo de plomo; aun así son mucho más estables, dada su morfología aerodinámica en su construcción, por el contrario los proyectiles de punta hueca semiblandos con plomo aleado con zinc y antimonio, montados con puntas de carburos duros (tungsteno, vanadio, silicio y níquel), son proyectiles más deformables en el momento del impacto pero más inestables a la trayectoria del disparo, dado que los mismos tiene mucha más superficie de fricción en su trayectoria al blanco.



**M001**



**M005**



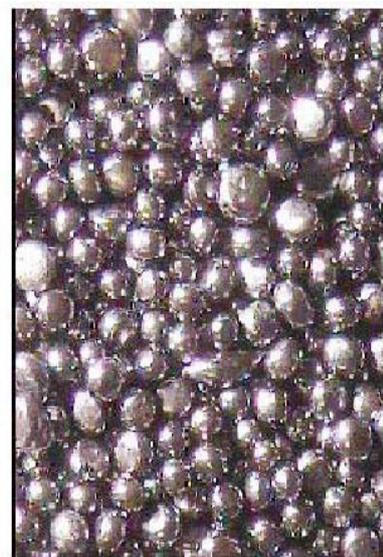
**P002**



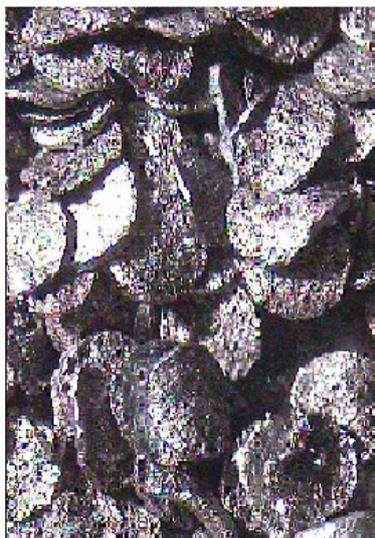
**P003**



**P004**



**P005**



**P006**



**P007**



**P008**



P009



P010



P011



P012



P013



P014



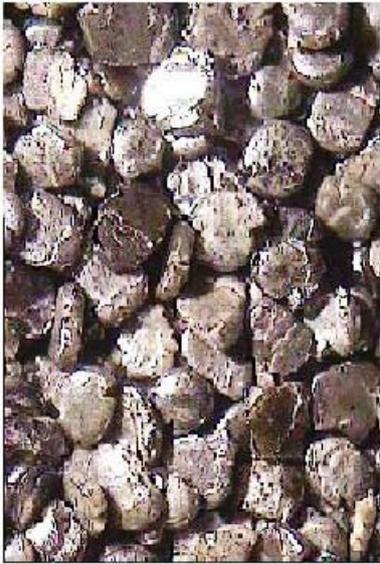
P018



P019



P020



**P015**



**P016**



**P017**



**P021**



**P022**



**Vectan SP7-2**



**P0023**



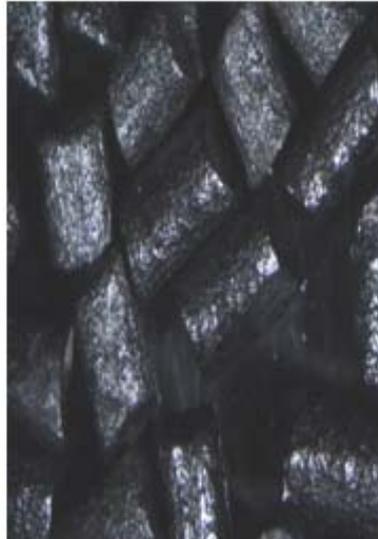
**P0024**



**P0025**



P0026



P0027



P0028



P0029



P0030



P0031



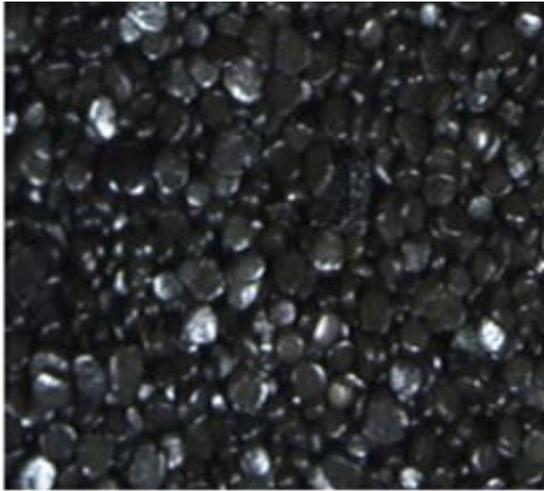
P0032



P0033



P0034



**P0035**

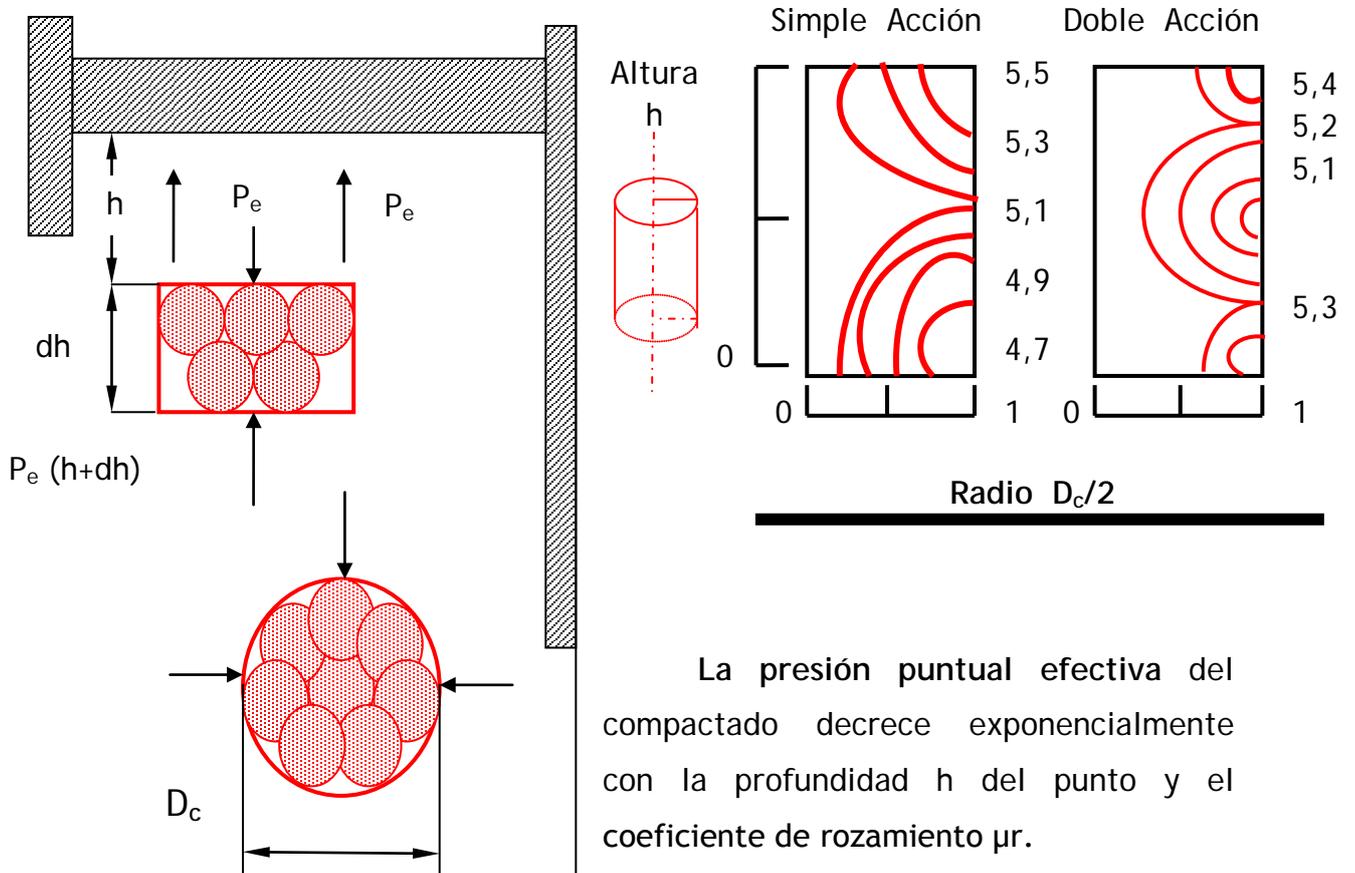


**Cordita**

### Construcción y Sinterización de puntas de proyectil

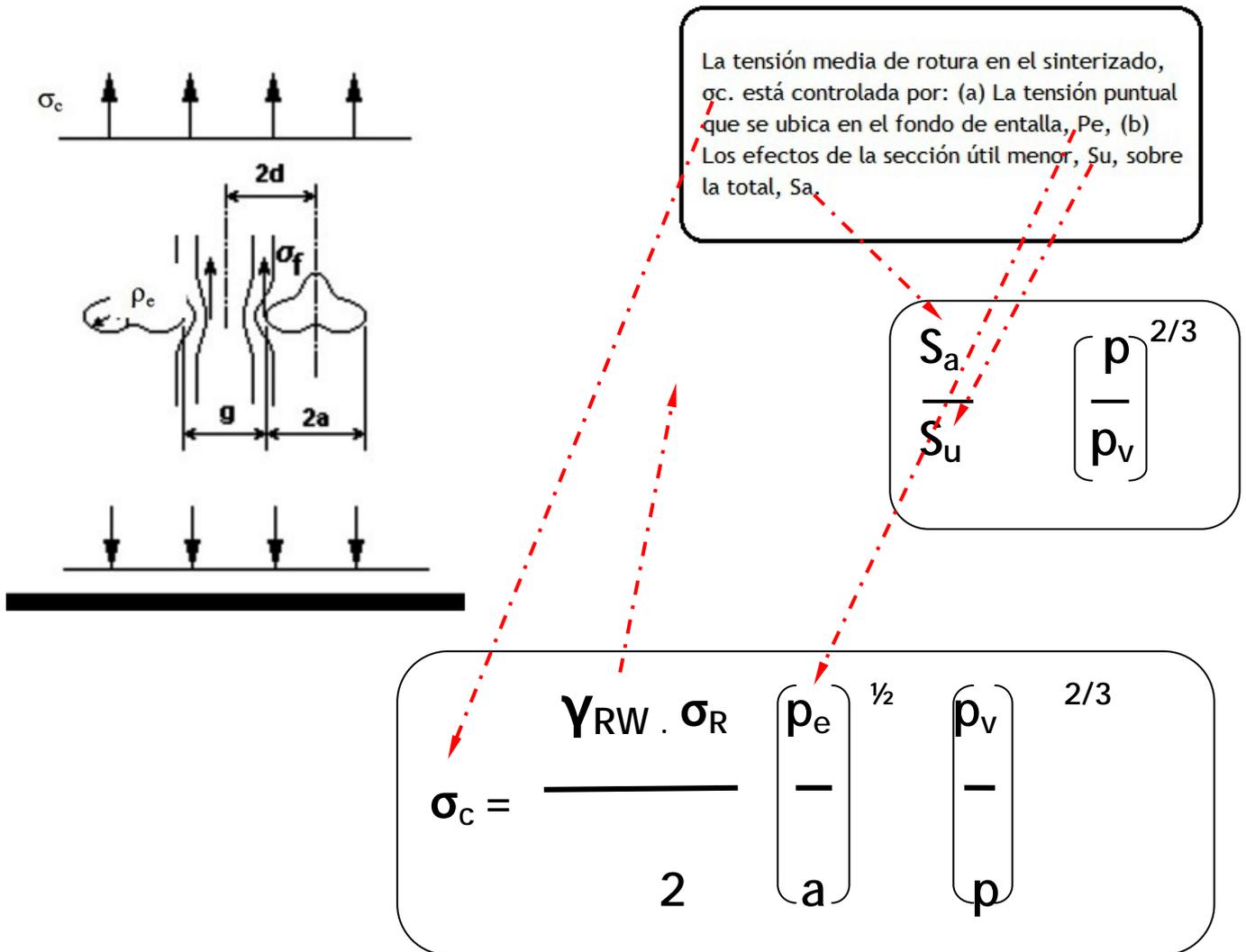
Para la construcción o elaboración de las puntas de los proyectiles Wildcat, que a posteriori se van a montar sobre proyectiles de tipo Remington de 9m/m Parabellum semiblandados de punta hueca (JHP); partiendo de las diferentes composiciones de polvos metalúrgicos como son el tungsteno, el vanadio, el silicio y níquel con tungsteno, todos ellos mezclados con un amalgamante como es el Cobalto.

El primer paso en el proceso ha sido someter el material pulvimetalúrgico, consiguiendo una mezcla homogénea de todos los carburos, a presiones dentro de una matriz, a una presión constante de  $0,5 \text{ Tm}$ , por lo que serán: Las presiones efectivas,  $P_e$ , en la masa es función de: (a) la profundidad del punto, por los rozamientos debidos a los deslizamientos entre partículas, y con las paredes del molde. (b) del método de sinterización, simple o doble.



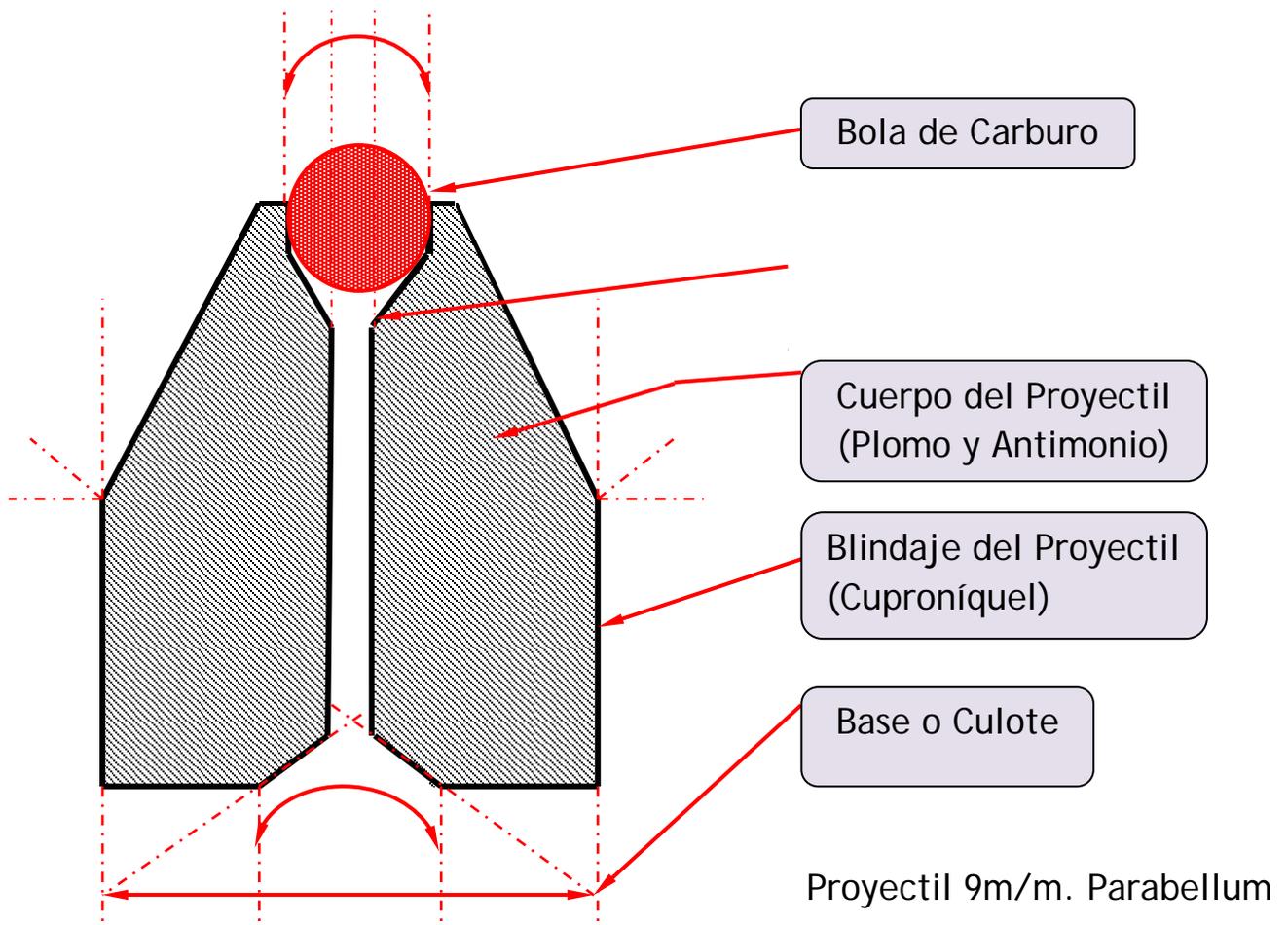
$$P_e = P_c \cdot e^{-K_f \cdot \mu_r \cdot h}$$

Una vez compactados los carburos, se procede al horneado de las puntas para sinterizarlas, alcanzando la dureza y consistencia deseada, antes de que se proceda a su montaje.



Con unos valores de entre 1250 y 4000° C, que son los que alcanzara el horno tubular de vacío, desplazando el oxígeno por argón.

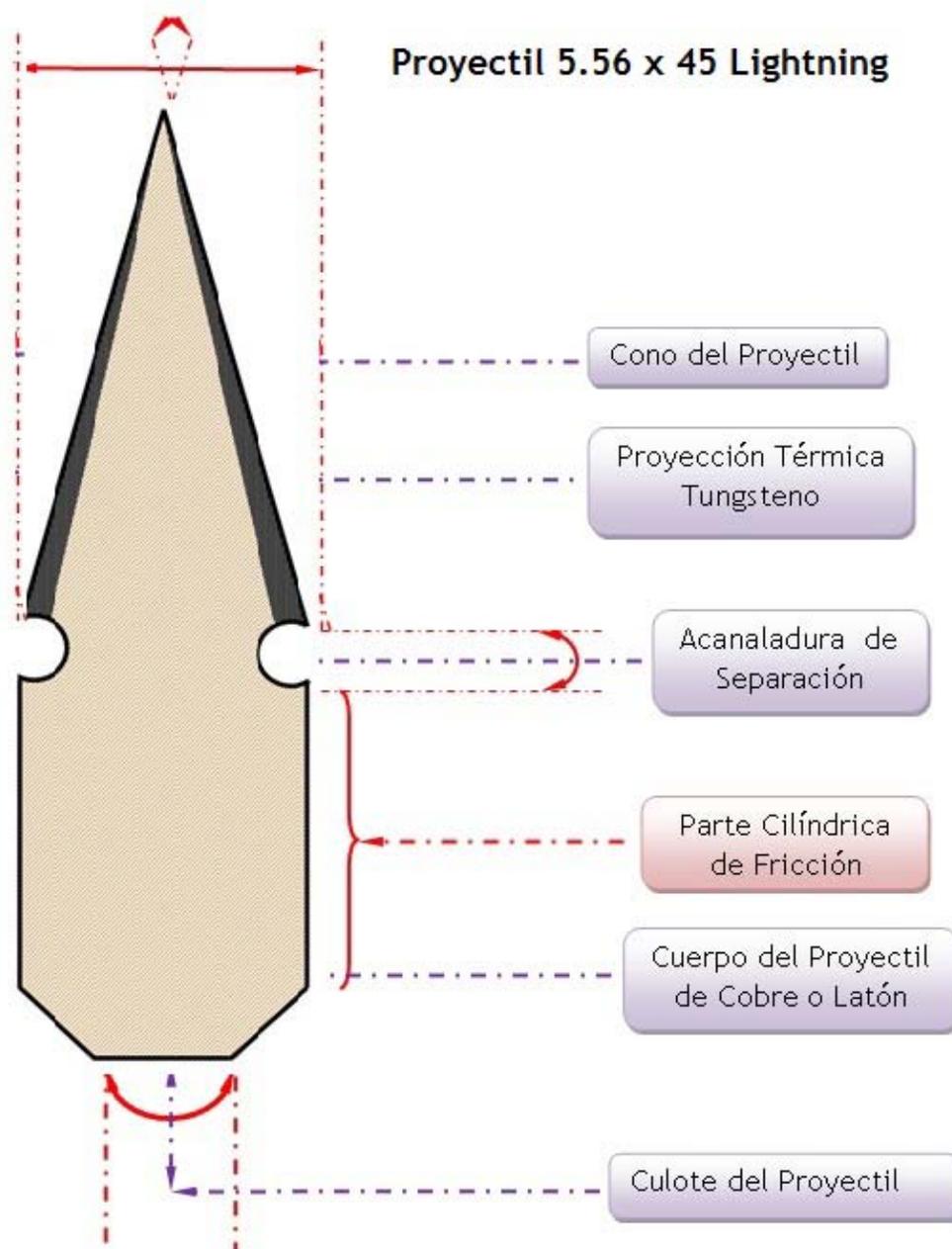
La ojiva de material duro, "carburos", debe de tener una forma esférica, o si no una forma de aspecto elipsoidal, para hacer la inserción en la punta del proyectil, en el material blando o deformante que será hueco en forma de embudo, ya que permitirá el desplazamiento de masas para conseguir la deformación del proyectil deseada.



A partir del momento de la sinterización de los carburos, se montarán las puntas elaboradas con los fragmentos sinterizados y los proyectiles manufacturados con materiales como aleaciones de cuproníquel o bien con proyectiles de punta hueca de plomo y antimonio recamisados con cobre o latón.

La inserción en la punta del proyectil de la ojiva se efectuará por medio de presión controlada, para evitar la deformación prematura del proyectil, además de evitar el desprendimiento de la misma, ya que es un material frágil y se puede fragmentar antes de tiempo.

Una vez montada la ojiva en la punta del proyectil se pasará al montaje propiamente dicho del proyectil en el cartucho, siguiendo los procesos establecidos de carga de los mismos.



Para diferenciar los tipos de material con los que se ha construido la ojiva de material duro de los proyectiles de experimentación, se utilizará para cada uno de ellos una laca de diferente color de sellado, de esta forma se reconocerán los diferentes proyectiles por el color de las ojivas, ya que las características de las mismas son iguales en todos los proyectiles, sólo puede variar en el peso del proyectil, siendo esta característica despreciable a la hora de experimentar con los cartuchos ya montados.

En los proyectiles de uso militar la ojiva será de diferente forma, ya que su terminación es mucho más aguda, dado el acabado de este tipo de proyectiles; pero al igual que en los proyectiles de arma corta, las ojivas se diferenciarán por la coloración de la laca de las mismas, sirviendo para distinguir los diferentes componentes de las mismas.

### **Tracción y Compresión**

No sólo la investigación sobre los proyectiles es de relevante importancia, sino que además también hemos realizado pruebas con las vainas de la munición que hemos utilizado para nuestra investigación; con ella, hemos probado la consistencia de dichos cartuchos, los refuerzos existentes y la elasticidad de los mismos a las presiones ejercidas por los diferentes tipos de pólvoras, la mayoría de ellas nitrocelulosas de doble base.

Para el proceso galvanotécnico para efectuar un recubrimiento en las muestras en cromo brillo, cromo negro y níquel negro la deposición en los tres casquillos calibre 5<sup>7</sup>56 x 45 mm. de referencia en cuya construcción se efectuó sobre vainas de latón de cartuchos de la fábrica nacional de armamento Santa Bárbara (70% cobre [Cu] -30% zinc [Zn]); material idóneo para la construcción de estos cartuchos Wildcat.

Después de la eliminación de cascarillas y elementos extraños de la superficie de las mismas para aumentar la conductividad de las vainas, en las cuales se depositarán los materiales galvánicos (níquel y cromo), se efectúa la activación de la superficie con un baño de ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4 \text{H}_2$ ), rebajado, lo que permitirá que la deposición de los materiales ya citados sea más compacta.

Como la base de todos los baños galvánicos que vamos a utilizar es el níquel Watts con abrillantadores y ductilizantes, la mezcla del baño es; sulfato de níquel ( $\text{NiSO}_4$ ), cloruro de níquel ( $\text{NiCl}_2$ ) y ácido bórico ( $\text{BH}_3\text{O}_3$ ), utilizando 5 minutos en cada caso de deposición.

Sobre la base, en este caso el baño de níquel, efectuamos una deposición de *romo blanco brillante*, un film de 0,50 micras ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), una vez finalizada la deposición se enjuaga con agua destilada y secándolos mediante centrifugado.

Para la deposición de *romo negro brillante*, se efectúa un baño idéntico al anterior, pero una vez niquelado, se efectúa un baño de cromo negro ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), exento de cualquier rastro de sulfato y cloruro ( $\text{SO}_4$  y  $\text{CL}$ ), con un exceso carbonato de bario ( $\text{Ba CO}_3$ ). El color negro es debido a un fuerte contenido de óxidos de cromo.

Para la deposición de *níquel negro mate*, se sigue el mismo proceso que los anteriores, y una vez niquelado en blanco, se le da un baño de níquel negro, cuya composición es de sulfato de níquel y amonio ( $\text{NiSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 60%, sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) 7,5% y sulfocianuro sódico ( $\text{CNNaS}$ ) 15% y la contaminación de zinc ion ( $\text{Zn}_2^+$ ) de 1gr./Litro; le da unos depósitos negros de aspecto mate sedoso, en este último caso su valor protector será mínimo, por lo que será necesario darle una base mayor de níquel Watts.

Estos recubrimientos nos van a dar unas variables en los resultados de compresión diferentes a la deformación de las vainas que están confeccionadas sin ningún tipo de baño galvánico; quedando patente las diferencias elásticas y plásticas en el momento de la experimentación entre ellas y las no tratadas galvánicamente; estas diferencias son las que nos van a indicar si las vainas tratadas tendrán la elasticidad y dureza suficientes para albergar sobrecarga de pólvora en las mismas, lo que a su vez nos dará como resultado un mayor o menor alcance y penetración en los blancos de estos nuevos cartuchos montados con proyectiles Wildcat.

Para Calcular la deformación y resistencia de las vainas a la hora de ver la modificación que estas sufren por las presiones de la deflagración de la pólvora, en los estudios y pruebas referidas a este tema en concreto, nos tendremos que remitir a la siguiente fórmula:

$$\sigma_e = \frac{F}{A_0} \quad \longrightarrow \quad F_e = \epsilon \cdot E$$

Donde  $\sigma_e$  = al esfuerzo MPa (lb/pulg<sup>2</sup>); F= a la fuerza aplicada en el ensayo, N (lb);  $A_0$  = a el área original del material de prueba, en este caso una vaina, mm<sup>2</sup> (pulg<sup>2</sup>). La deformación ingenieril en cualquier punto de este ensayo estará dado por:

$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Donde  $\epsilon$  = a la deformación, mm/mm (pulg/pulg). L = longitud en cualquier punto durante la elongación, mm (pulg); y  $L_0$  = es la longitud original de calibración, mm (pulg), pero se puede considerar que representa la elongación por unidad de longitud, sin unidades.

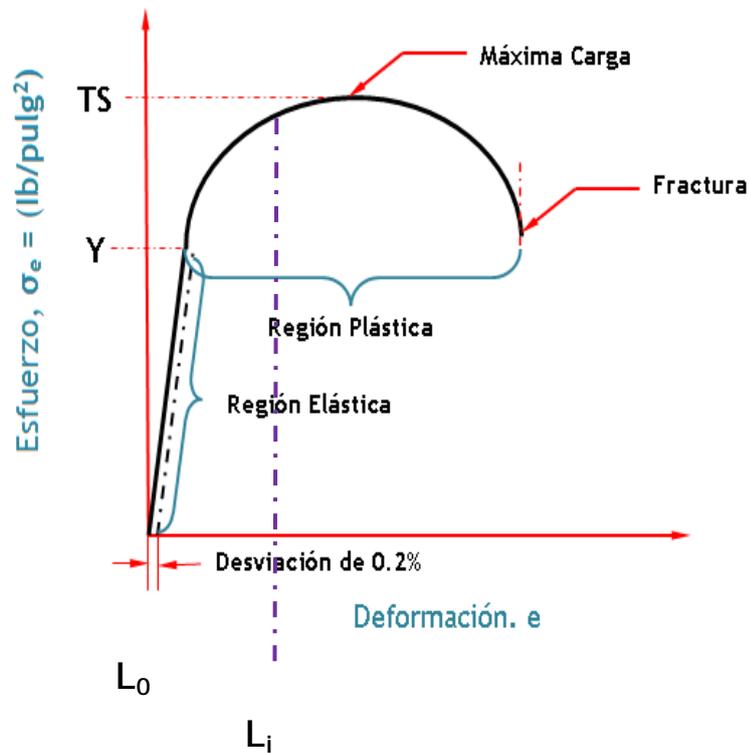
Al incrementar el esfuerzo, se alcanza un punto en la relación lineal donde el material empieza a ceder, este punto de fluencia Y del material que se está experimentando, puede identificarse en la siguiente gráfica, por el cambio en la pendiente, al final de la región lineal. Debido a que el inicio de la influencia es difícil de detectar (usualmente no ocurre de manera brusca en la pendiente), se define típicamente a Y, como el esfuerzo que provoca una desviación del 0.2% con respecto a la línea recta. El punto de fluencia es una característica de la resistencia del material, también se le llama resistencia a la fluencia (otros nombres son esfuerzo de fluencia o límite elástico).

La cantidad de deformación que el material puede soportar antes de romperse es también una propiedad mecánica en muchos procesos de experimentación. La medida común de esta propiedad es la ductilidad, que es la capacidad de un material para deformarse plásticamente sin fracturarse. Esta medida puede tomarse ya sea como elongación o como reducción de área. La elongación puede definirse como:

$$\Delta L = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Seguimos con el cálculo de lo que vamos a definir como período plástico, donde el material ya no vuelve a su elasticidad, sino por el que se estira y deforma permanentemente: (Teorema de Hollomon)

$$\sigma = K \cdot \epsilon^n \quad \text{donde} \quad \epsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0}$$



Una vez efectuados estos cálculos de formulación pasamos a continuación reflejamos el esfuerzo contra la deformación típica de estos ensayos

Facilitamos las Tablas del Módulo elástico para los metales seleccionados:

Material	Módulo de Elasticidad	
	MPa	(lb/pulg <sup>2</sup> )
Aluminio y sus Aleaciones	69 x 10 <sup>3</sup>	(10 x 10 <sup>6</sup> )
Cobre y sus Aleaciones	110 x 10 <sup>3</sup>	(16 x 10 <sup>6</sup> )
Níquel	209 x 10 <sup>3</sup>	(30 x 10 <sup>6</sup> )
Acero	209 x 10 <sup>3</sup>	(30 x 10 <sup>6</sup> )
Titanio	117 x 10 <sup>3</sup>	(17 x 10 <sup>6</sup> )

Una vez detonadas las cápsulas iniciadoras, las vainas se rellenan con escamas de grafito, ya que dan una densidad aproximada a la pólvora, se les da presión con unas agujas de acero al cobalto en la máquina de tracción y presión, ejerciendo sobre las mismas una presión uniforme, y los resultados que vamos a recoger al instante de la culminación de la ruptura de la vaina será la fuerza ejercida sobre la carga de la vaina y la carrera o recorrido de la prensa, se deberá tener en cuenta los refuerzos o vasos de contención en el culote de las vainas, refuerzos estos a propósito de las fuerzas de compresión de la deflagración de las pólvoras, dando resultados diferenciados según su tipo y composición, marcando diferencias sustanciales entre la munición corta de 9 mm. Parabellum y .38 SPL y la larga de 5.56 x 45 mm. dando las tablas de Resultados:

Registro	M01	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	6,96	mm
Resistencia Máxima	4672,5	MPa
Fuerza Máxima	27,303	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	España	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P02	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	5,41	mm
Resistencia Máxima	3887,4	MPa
Fuerza Máxima	22,716	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P03	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	6,18	mm
Resistencia Máxima	39966,1	MPa
Fuerza Máxima	23,176	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Alemania	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P04	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	9,31	mm
Resistencia Máxima	3923	MPa
Fuerza Máxima	22,9238	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Alemania	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	M05	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	17,61	mm
Resistencia Máxima	12502,7	MPa
Fuerza Máxima	42,106	kN
Resistencia del Proyecto	500	MPa
Área	3,3678	mm <sup>2</sup>
Longitud	45	mm
Diámetro Exterior	5,56	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Golleteado	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	España	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P05	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	17,83	mm
Resistencia Máxima	10242,8	MPa
Fuerza Máxima	34,4960	kN
Resistencia del Proyecto	500	MPa
Área	3,4960	mm <sup>2</sup>
Longitud	45	mm
Diámetro Exterior	5,56	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Golleteado	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	España	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P06	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	6,47	mm
Resistencia Máxima	3217,6	MPa
Fuerza Máxima	18,3972	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,7177	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P07	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	6,25	mm
Resistencia Máxima	3935,1	MPa
Fuerza Máxima	22,994	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Francia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P08	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	8,41	mm
Resistencia Máxima	3686,5	MPa
Fuerza Máxima	21,5418	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P09	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	8,55	mm
Resistencia Máxima	3667,7	MPa
Fuerza Máxima	21,4315	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P10	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	11,02	mm
Resistencia Máxima	2191	MPa
Fuerza Máxima	12,8028	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Italia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P11	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	13,23	mm
Resistencia Máxima	13198,8	MPa
Fuerza Máxima	44,448	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	3,3678	mm <sup>2</sup>
Longitud	45	mm
Diámetro Exterior	5,56	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Italia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P12	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	23/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	5,68	mm
Resistencia Máxima	4666,9	MPa
Fuerza Máxima	27,271	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Alemania	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P13	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	5,14	mm
Resistencia Máxima	4503,4	MPa
Fuerza Máxima	26,325	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Rep. Chequia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P14	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	8,77	mm
Resistencia Máxima	3678,7	MPa
Fuerza Máxima	21,496	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Italia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P15	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	8,16	mm
Resistencia Máxima	3026,9	MPa
Fuerza Máxima	17,6874	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Rep. Chequia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P16	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	6,63	mm
Resistencia Máxima	3960,6	MPa
Fuerza Máxima	23,143	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Alemania	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P17	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	5617,4	MPa
Fuerza Máxima	32,119	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,7177	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P18	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	13,28	mm
Resistencia Máxima	1844,3	MPa
Fuerza Máxima	10,777	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,5	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Alemania	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P19	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	5617,4	MPa
Fuerza Máxima	32,119	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,7177	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P20	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	5617,4	MPa
Fuerza Máxima	32,119	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,7177	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P21	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	5617,4	MPa
Fuerza Máxima	32,119	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P22	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	26/11/09	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	5617,43923	MPa
Fuerza Máxima	32,119	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5,7177	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P23	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	3593.8	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Brasil	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P24	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	3103.5	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Estados Unidos	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P25	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	8986.2	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Italia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P26	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	3411.3	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Finlandia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P27	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	7767.1	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Suiza	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P28	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	6363.9	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Finlandia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P29	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	11240.4	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Alemania	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P30	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	2626.7	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.9436	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Alemania	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P31	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	2626.7	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8616	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Golleteado	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	España	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P32	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	2626.7	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	3.4970	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Golleteado	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	España	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

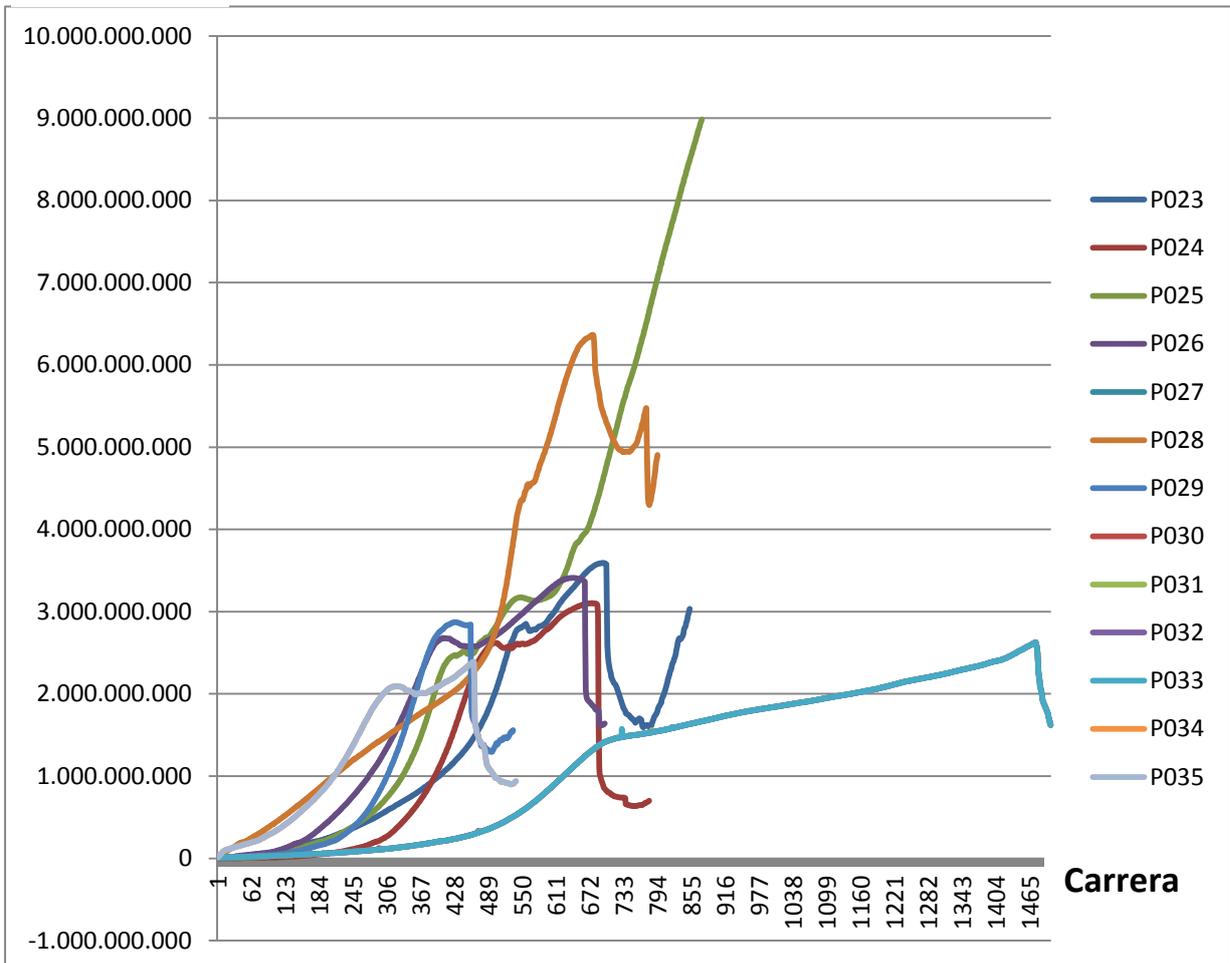
Registro	P33	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	2626.7	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	3.4970	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Golleteado	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	España	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

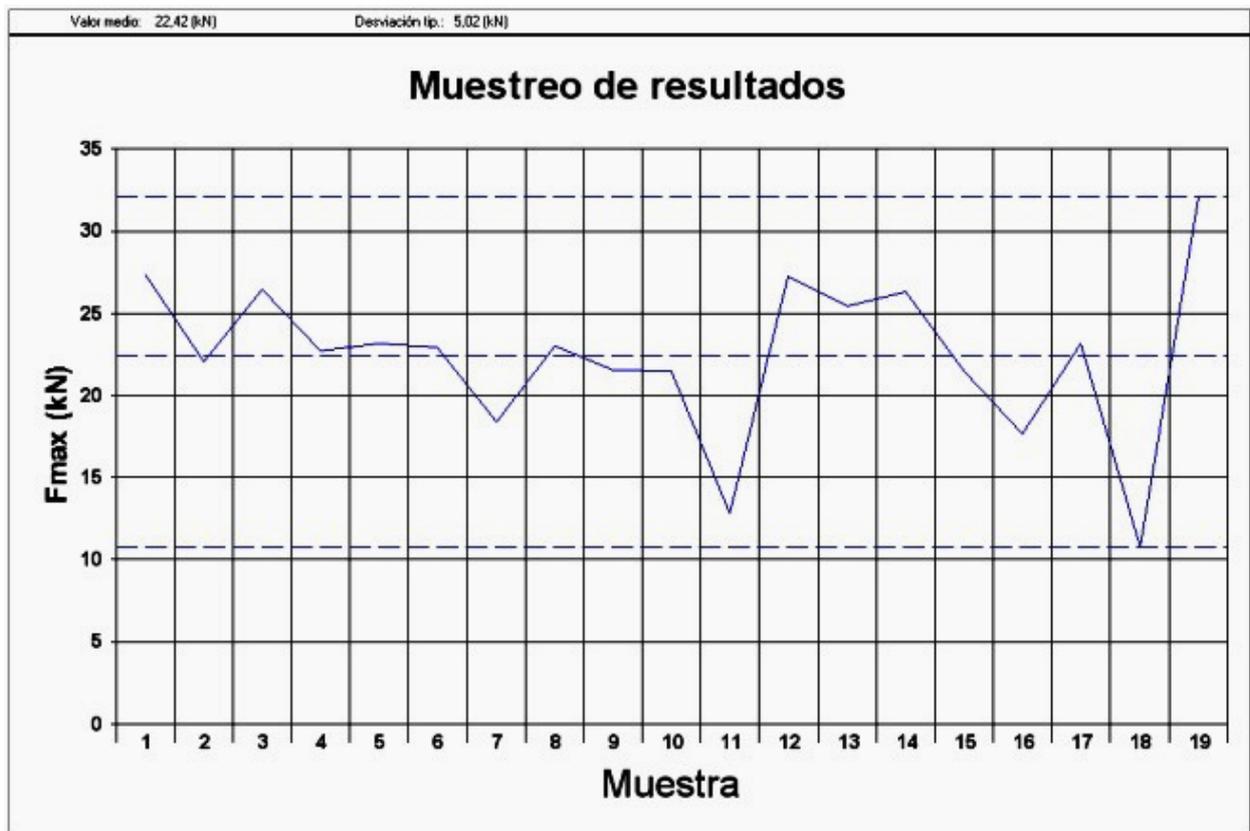
Registro	P34	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/103/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	2389.8	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Italia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm

Registro	P35	
Campo	Valor	Unidad
Fecha de Ensayo	25/03/15	
Temperatura	22	
Modo de Ensayo	Comprensión	
Modo Control	Fuerza	
Velocidad	0,5001	KN/s
Célula	100	kN
Deformación Máxima Longitud	0	mm
Carrera Máxima	15,48	mm
Resistencia Máxima	2389.8	MPa
Fuerza Máxima	89.923	kN
Resistencia del Proyecto	100	MPa
Área	5.8434	mm <sup>2</sup>
Longitud	12	mm
Diámetro Exterior	9,3	mm
Espesor	0,2	mm
Sección	Tubular	
Material	Latón	
Muestra	1	
Procedencia	Italia	
Longitud Base Deformación	0	mm
Longitud Base Carrera	135	mm



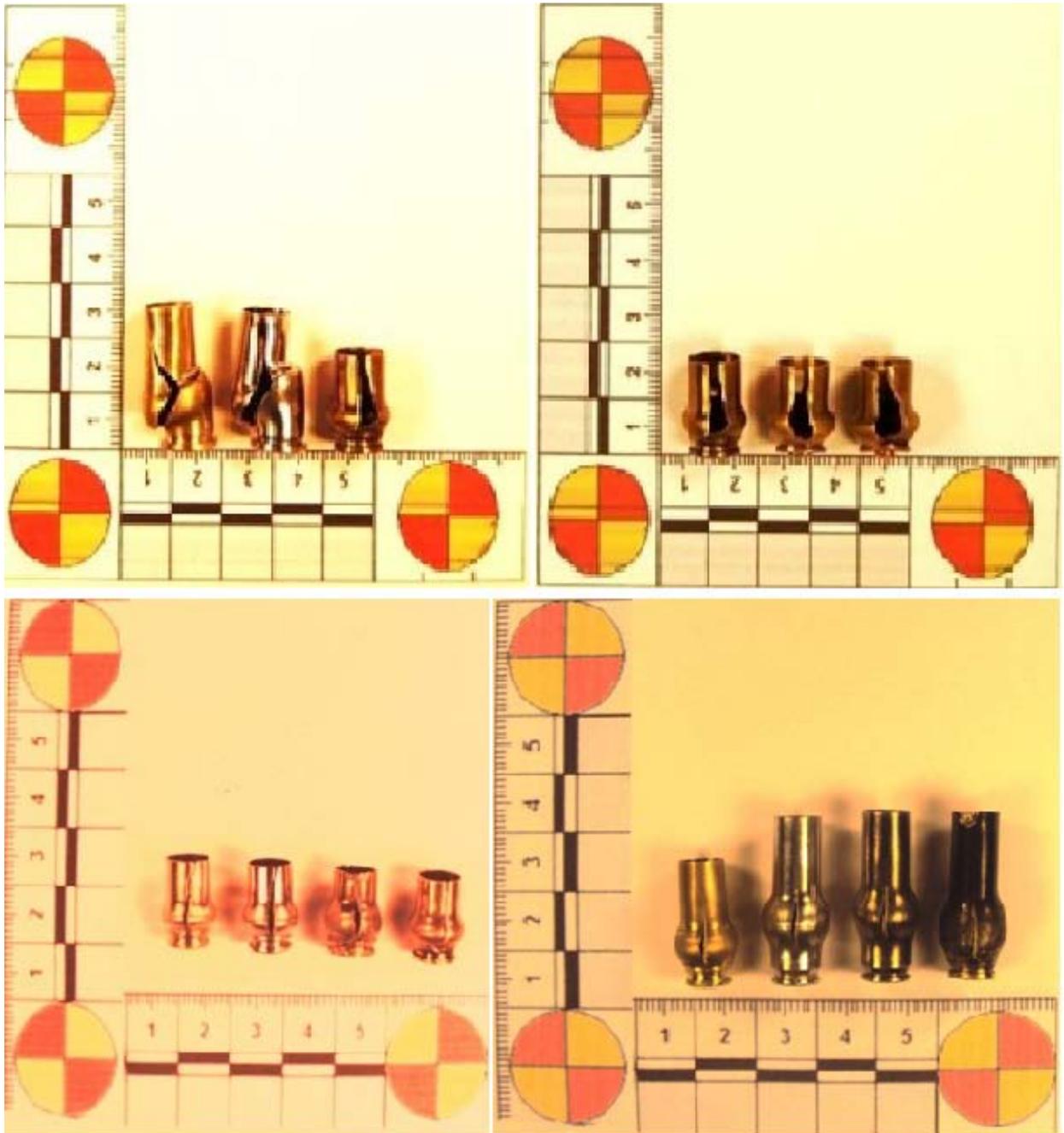
### Fuerza





Las fotografías de las pruebas demuestran claramente la deformación de las vainas y la ruptura que quedan a la vista.





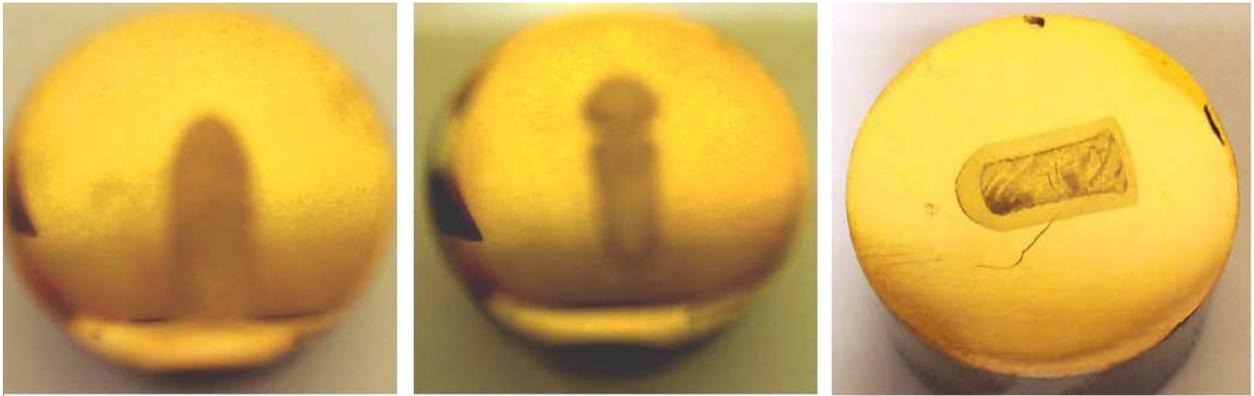
Una vez realizada la prueba de presión, pasamos a la última prueba de nuestra investigación; no sólo vamos a estudiar y analizar los proyectiles que hasta ahora hemos experimentado, sino también las pólvoras que estaban alojadas dentro de ellos como elementos propulsores, y en verdad ha sido una experiencia que ha aportado nuevos conocimientos y ha ampliado los horizontes de la Criminalística, y en especial de la Balística forense, ya que existe muy poco investigado, y en la rama de la metalurgia que estudia los

materiales no se han dado casos, por lo menos que después se hayan dado a conocer por medio de una publicación, y las propias industrias que se dedican a la fabricación de munición no han querido dar información a este respecto.

A continuación, vamos a exponer el desarrollo de la parte de la investigación y experimentación con el microscopio electrónico de barrido (SEM), que hemos utilizado tanto con los proyectiles, como con las pólvoras, para ver la composición de estos y ver la distribución de las capas de los materiales que constituyen estos proyectiles y la mezcla de elementos activos de las pólvoras, dado que en su mayoría son pólvoras de doble base y tienen elementos metálicos.

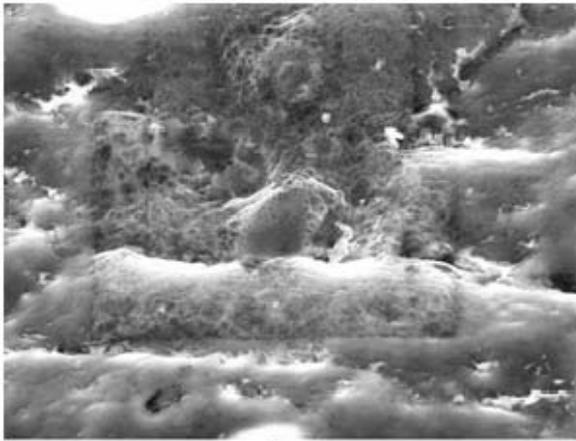
En primer lugar, vamos a preparar las probetas para que sean conductoras cuando las introduzcamos dentro del contenedor del microscopio; si no hacen buen contacto, no nos van a servir los resultados, dado que no se llegarán a excitar los materiales, cuando estos sean bombardeados por los electrones del haz del microscopio; para ello, revestiremos dichas probetas con una capa de material conductor, como puede ser el grafito, y, en nuestro caso, con una película por pulverización catódica de metal (Oro), así conseguimos un buen contacto con el porta-objetos del microscopio.

Las probetas previamente a tratarlas con la pulverización metálica, las limpiaremos a conciencia con una solución desengrasante; en este caso hemos utilizado agua destilada y etanol, de esta forma evitamos que las piezas se engrasen y no se deposite la capa metálica, ya que es una capa muy frágil, 42,3 Angstrom; para conectar las capas metálicas con el microscopio, se utilizará una solución de plata, que servirá como conector o enlace dentro del porta-objetos del microscopio. El material pulvimetalúrgico (en este caso utilizamos este concepto para denominar los preparados de los diferentes tipos de pólvoras) se colocará sobre unas probetas o discos de grafito y se unirá por medio de una cinta adhesiva de doble cara, donde se colocará la pólvora.

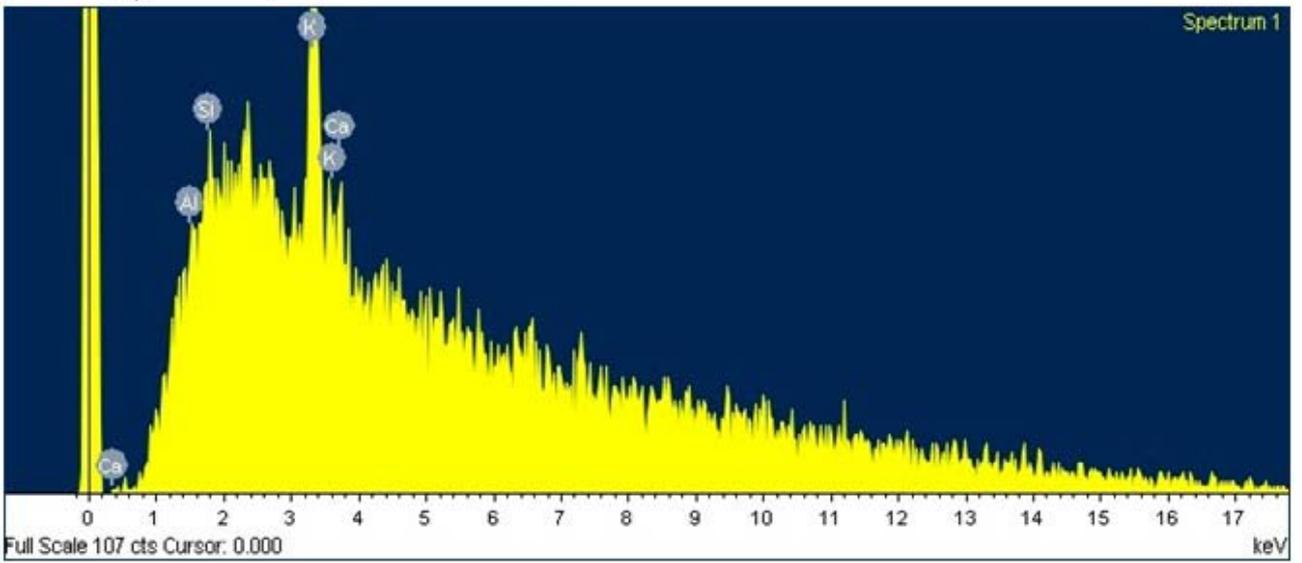


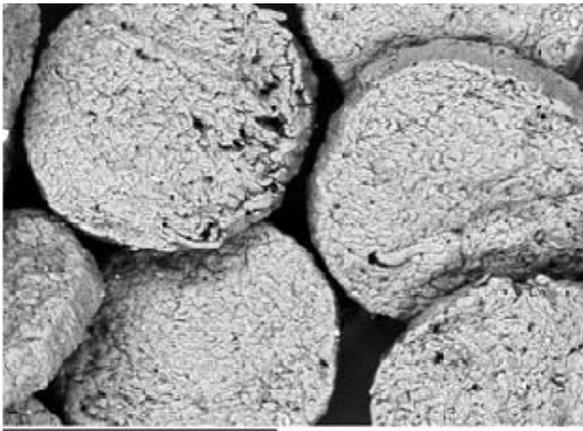
El recubrimiento metálico se realiza para poder analizar cada una de las pólvoras y cada uno de los proyectiles mediante Microscopia Electrónica de Barrido (MEB-SEM) y Análisis de Energías Dispersivas (EDS).

Finalizando el análisis con el Microscopio de Barrido, se han logrado los siguientes resultados:

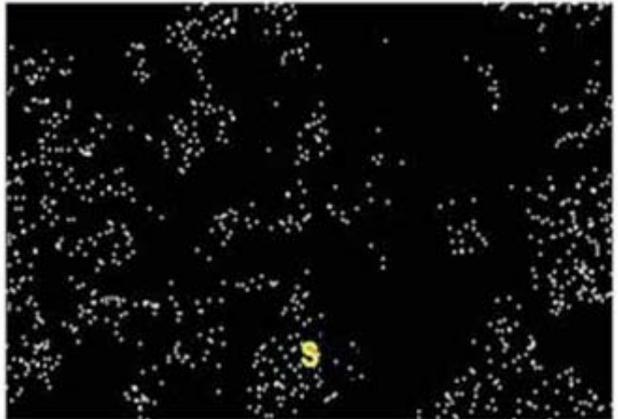
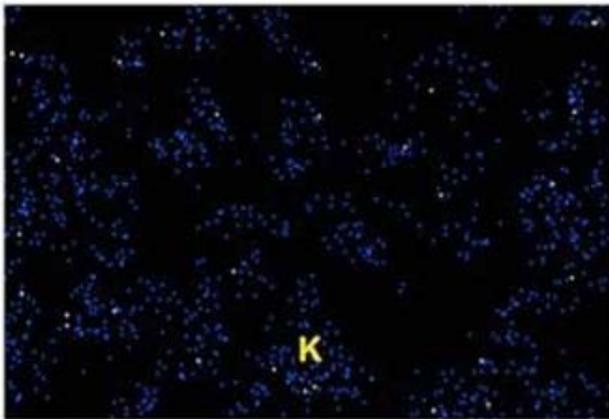
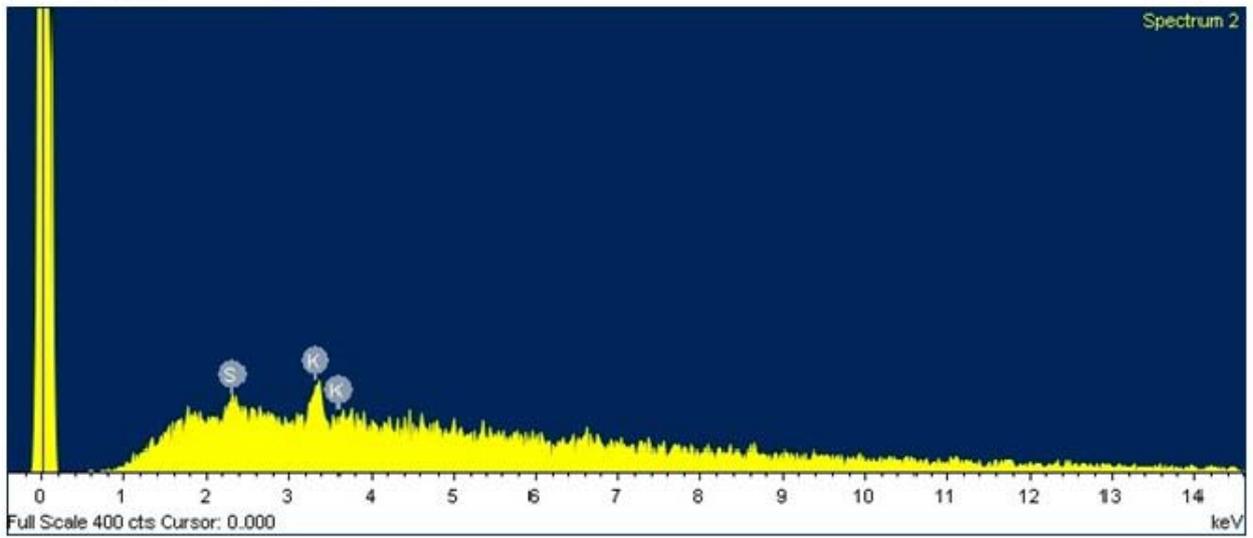


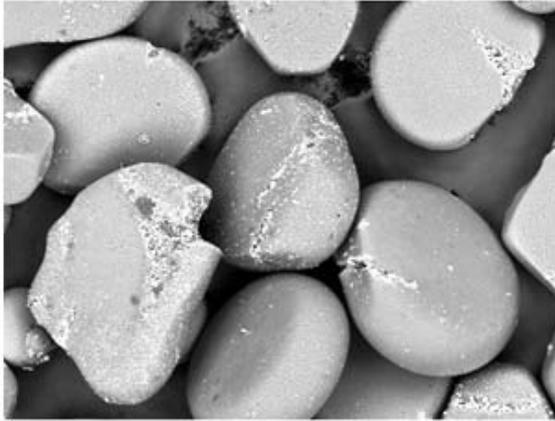
M001 Pólvora



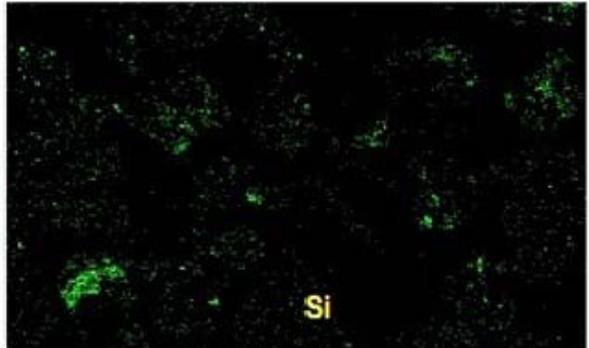
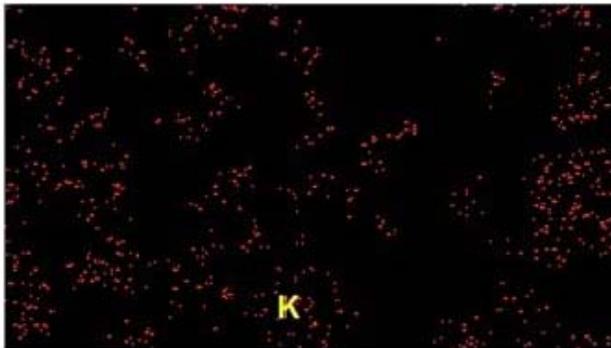
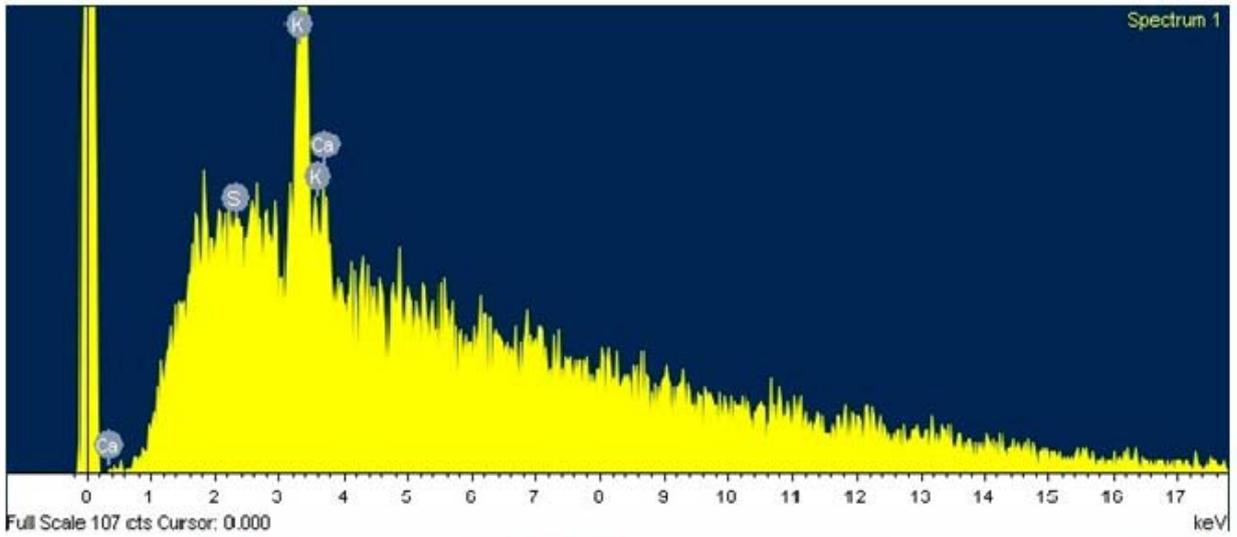


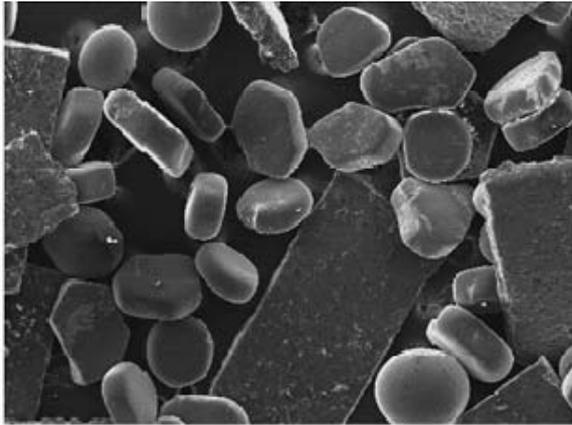
P002 Pólvora



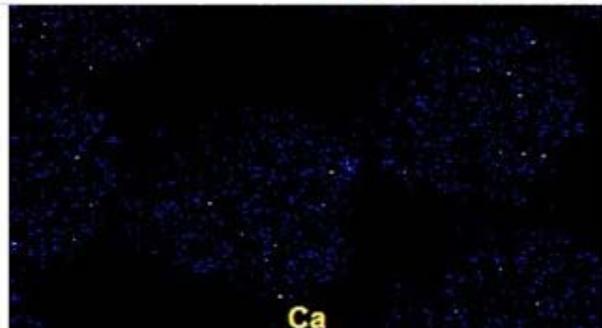
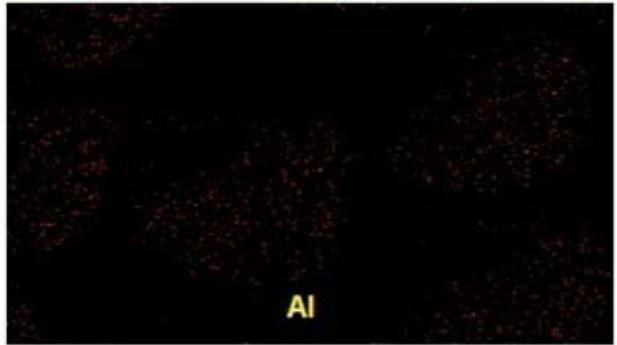
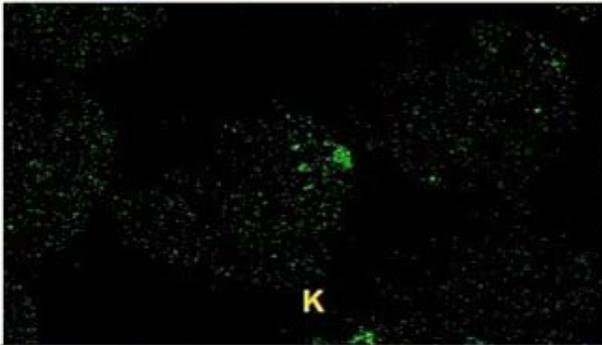
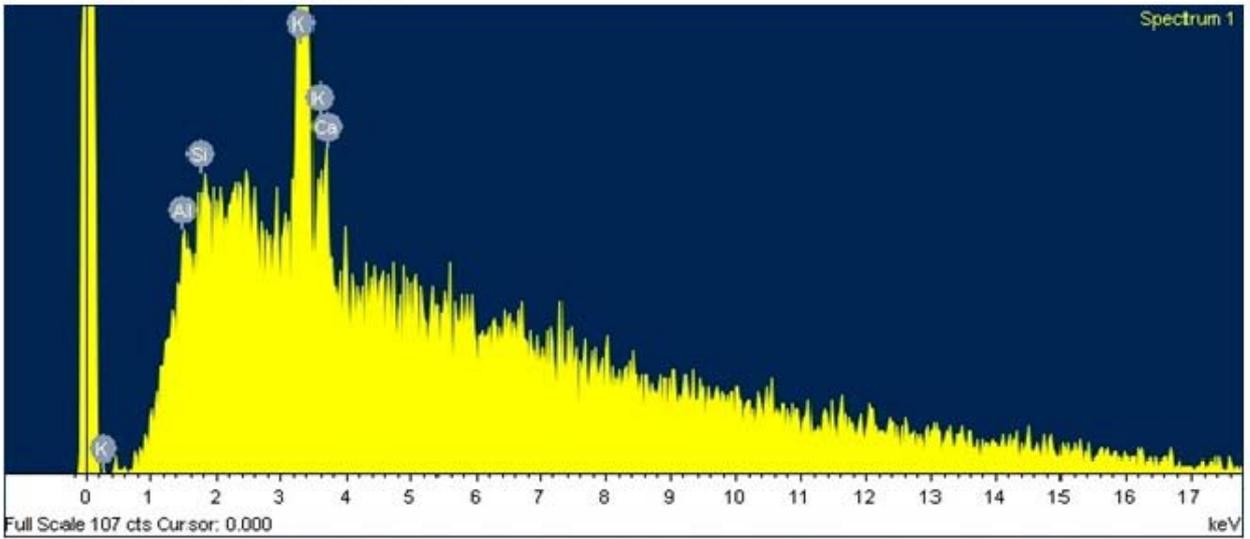


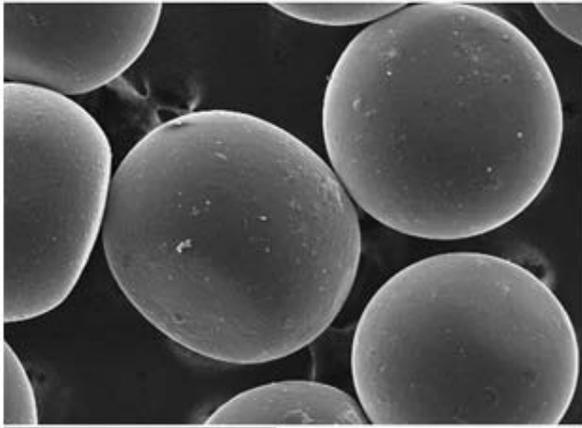
P003 Pólvora



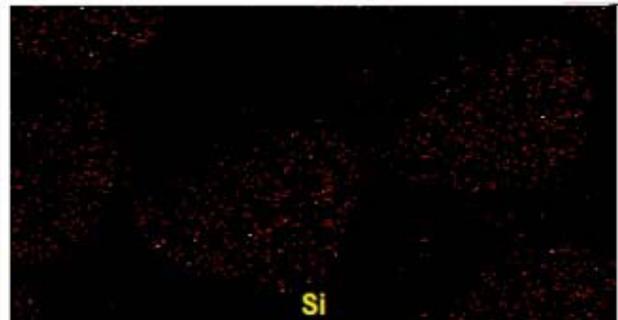
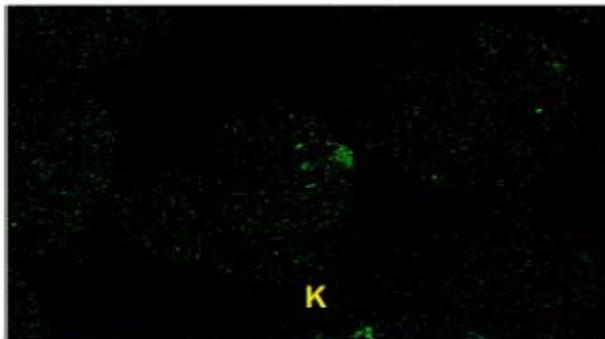
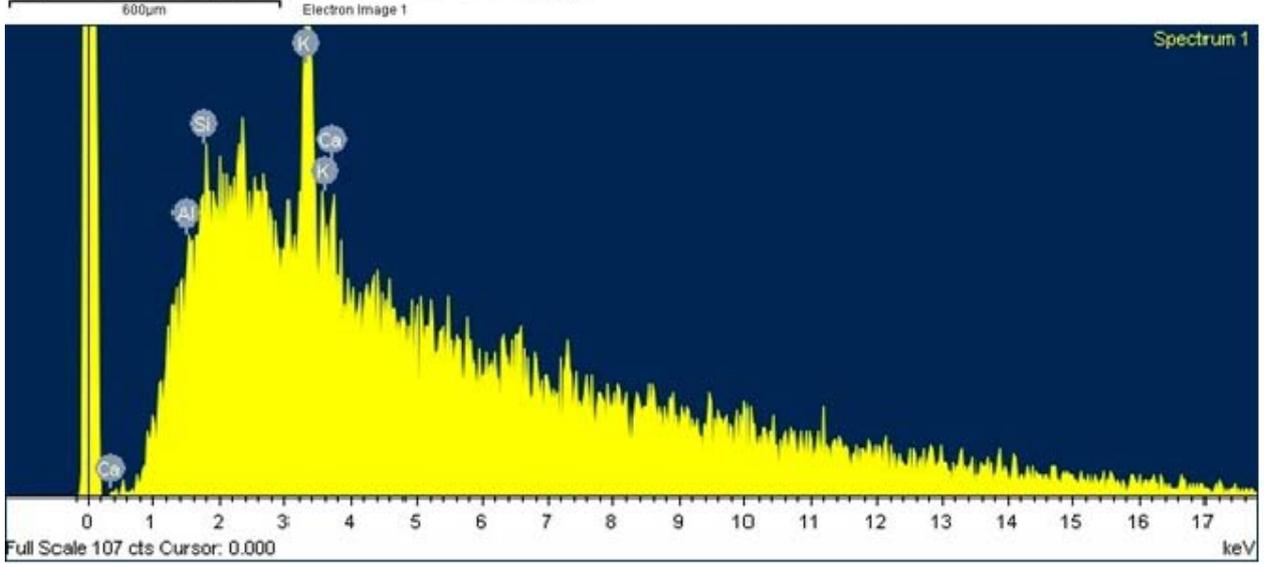


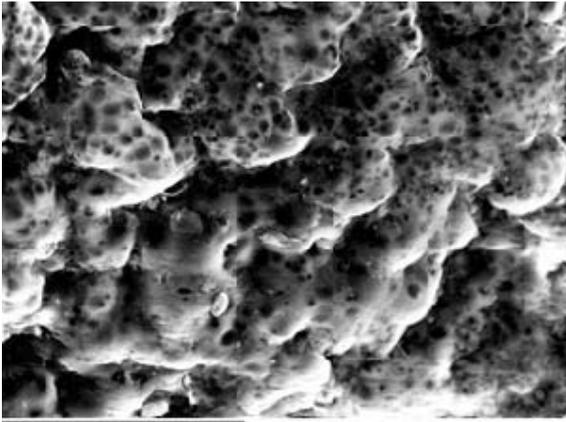
P004 Pólvora



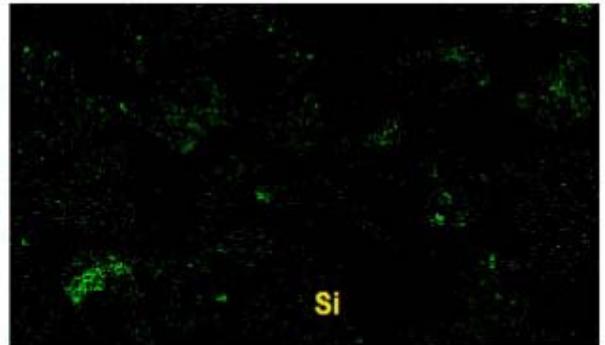
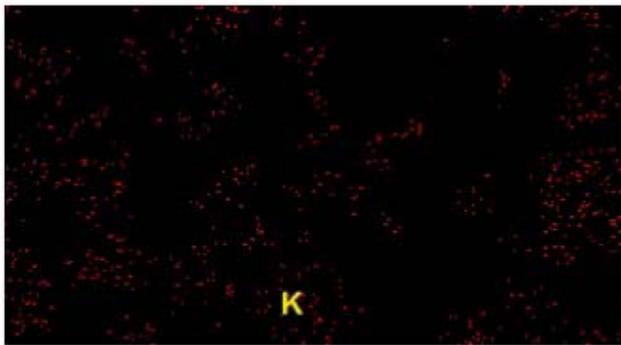
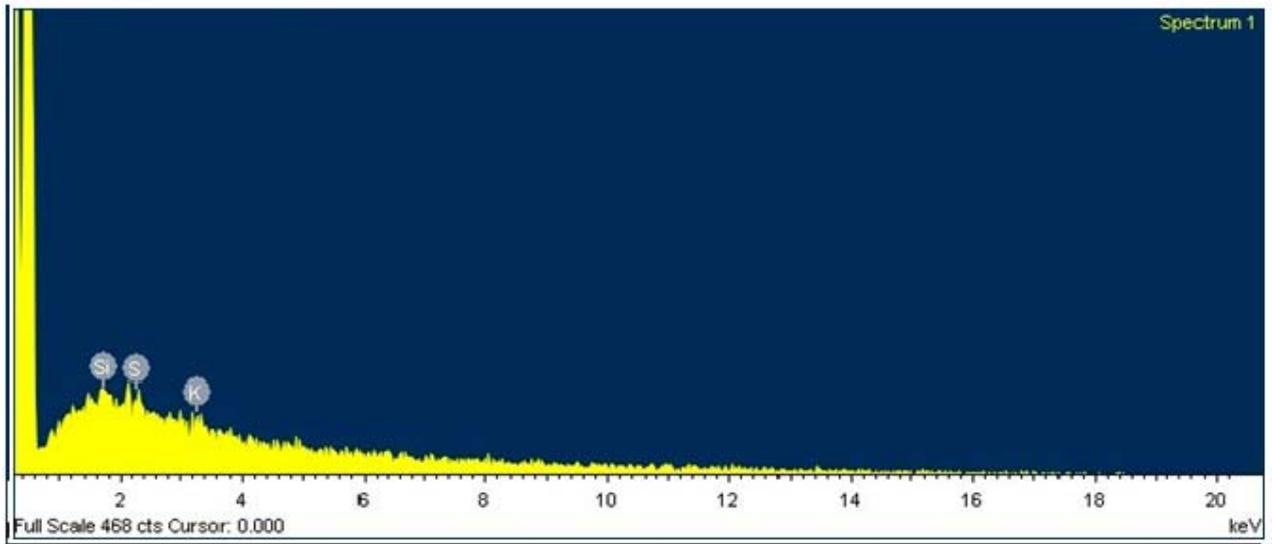


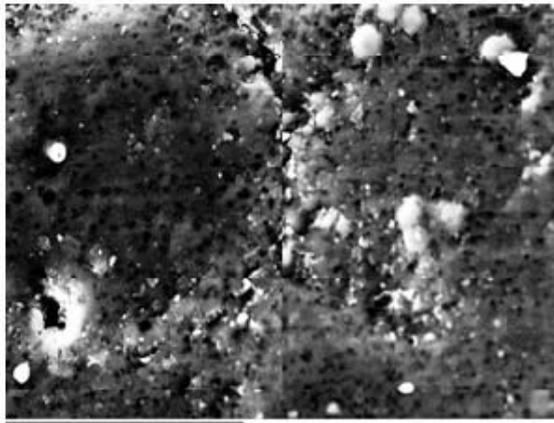
M005 Pólvora



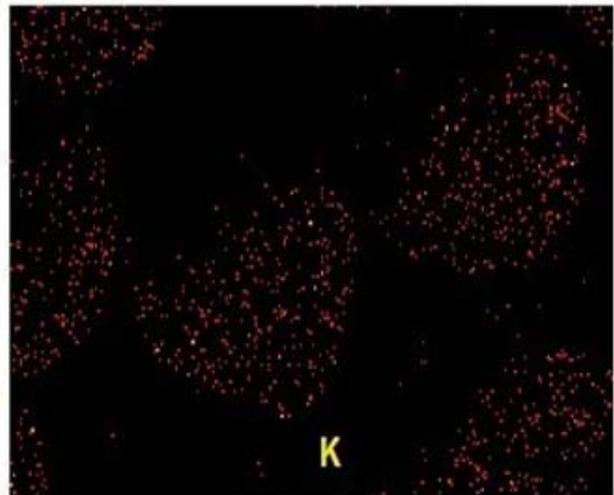
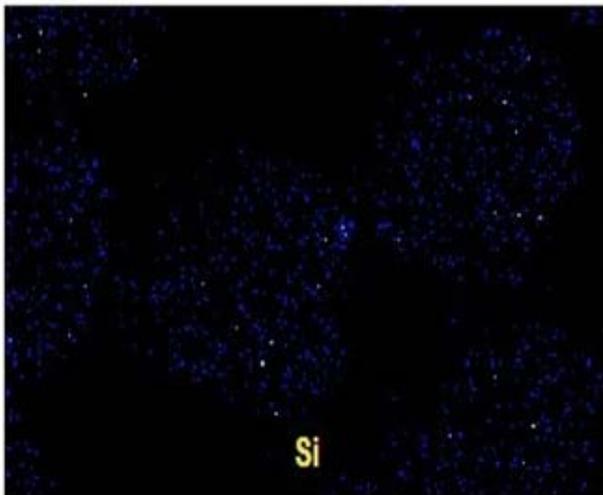
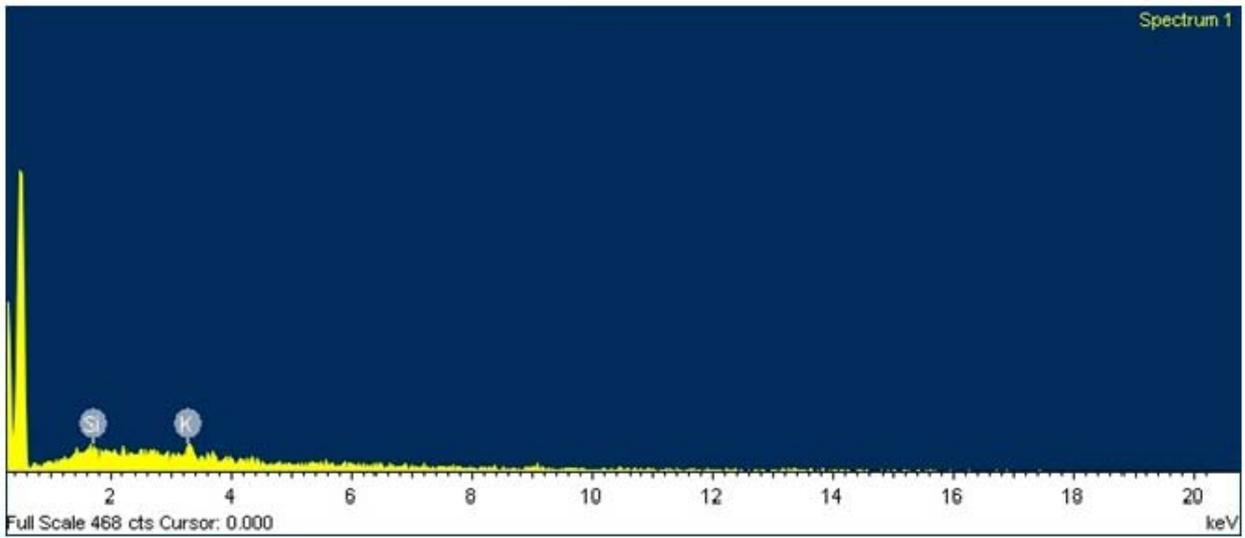


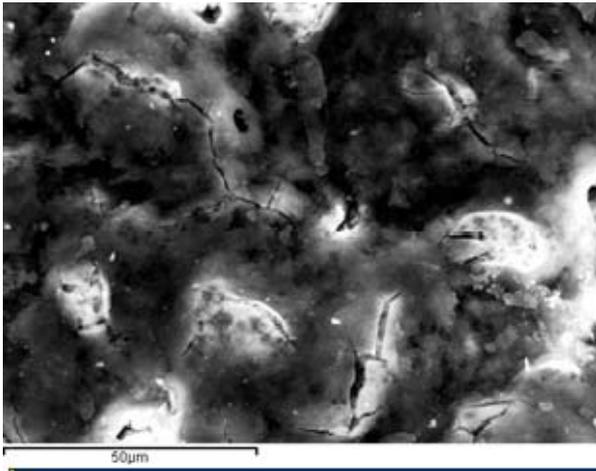
P006 Pólvora



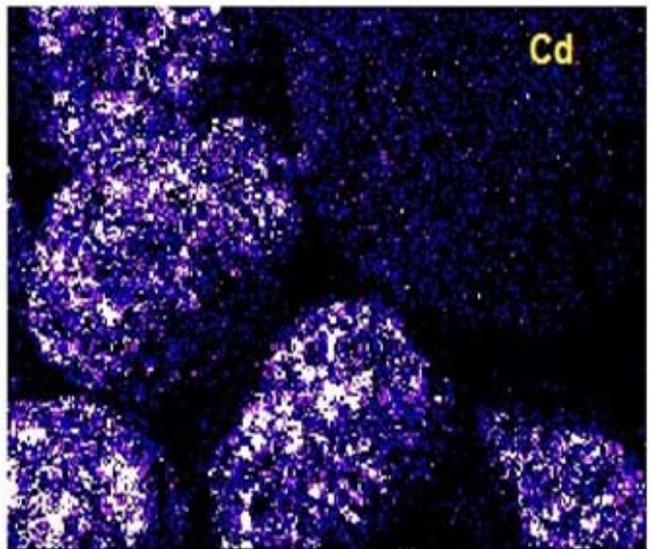
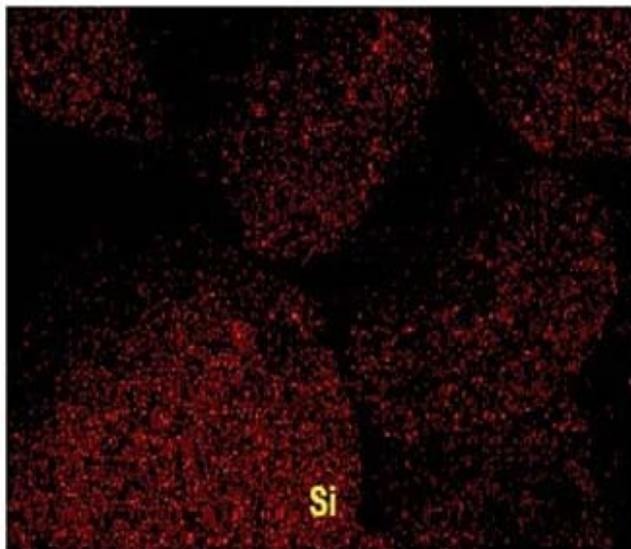
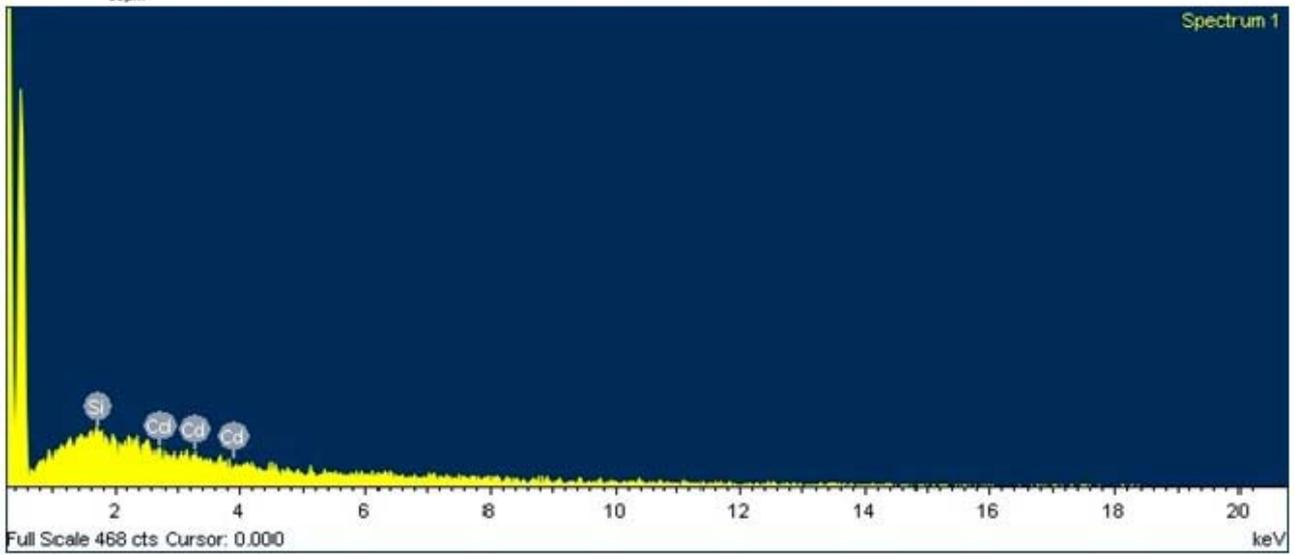


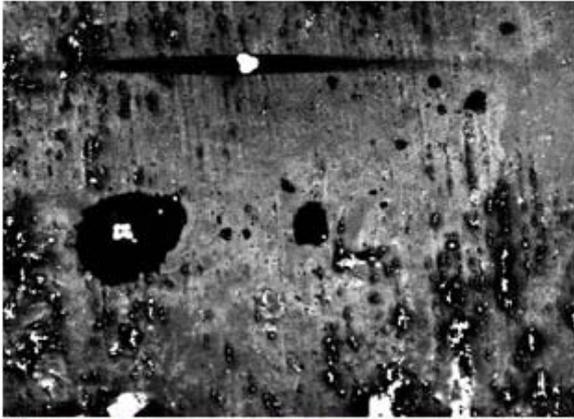
P007 Pólvora



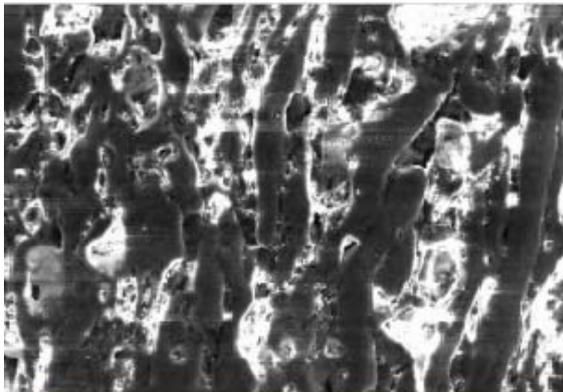
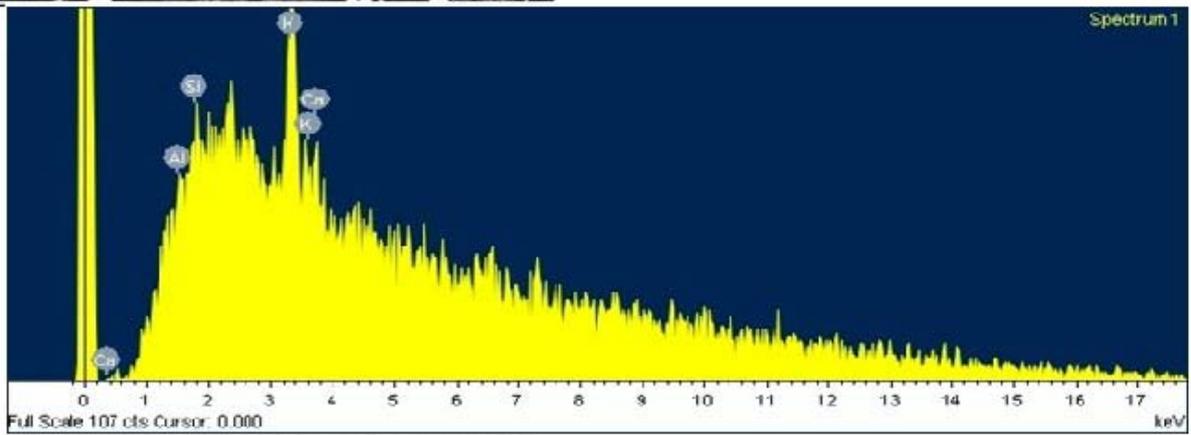


P008 Pólvora

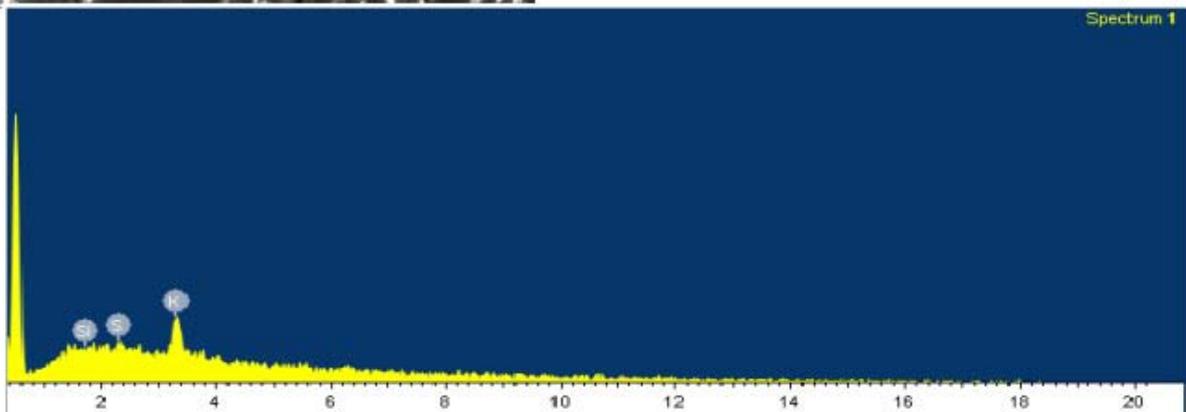


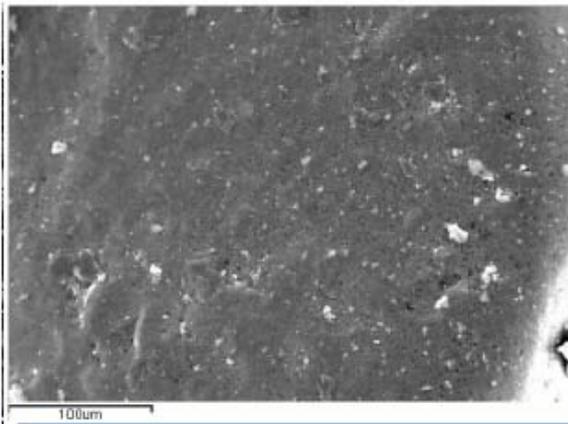


**P009 Pólvora**

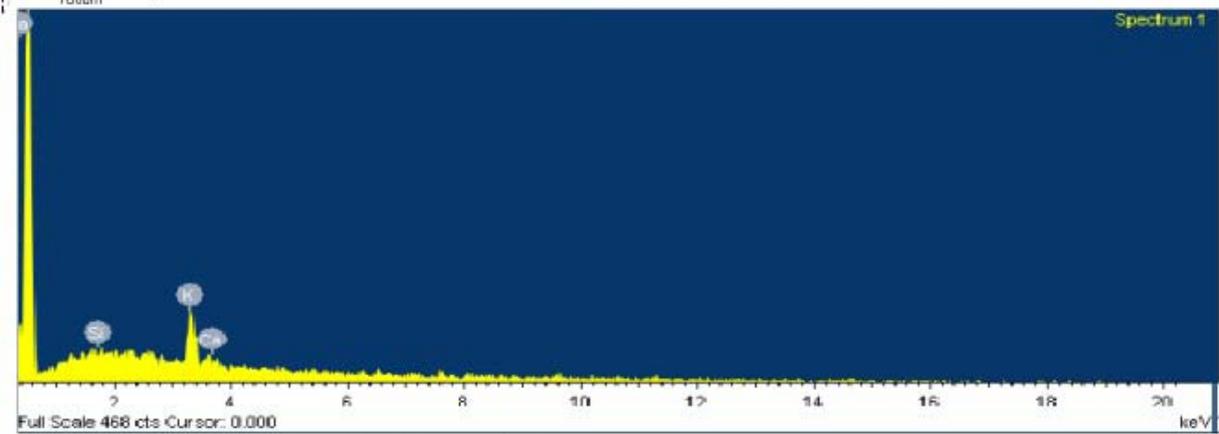


**P010 Pólvora**

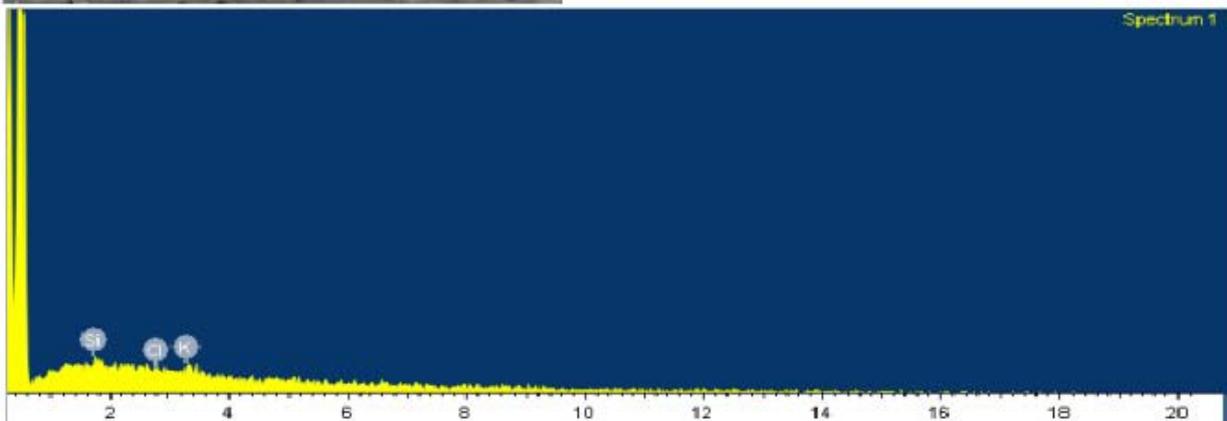


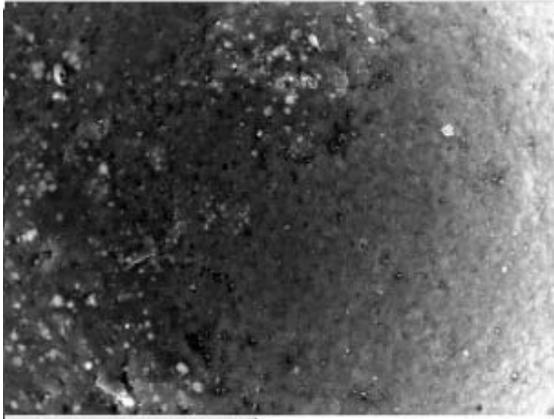


**P011 Pólvora**

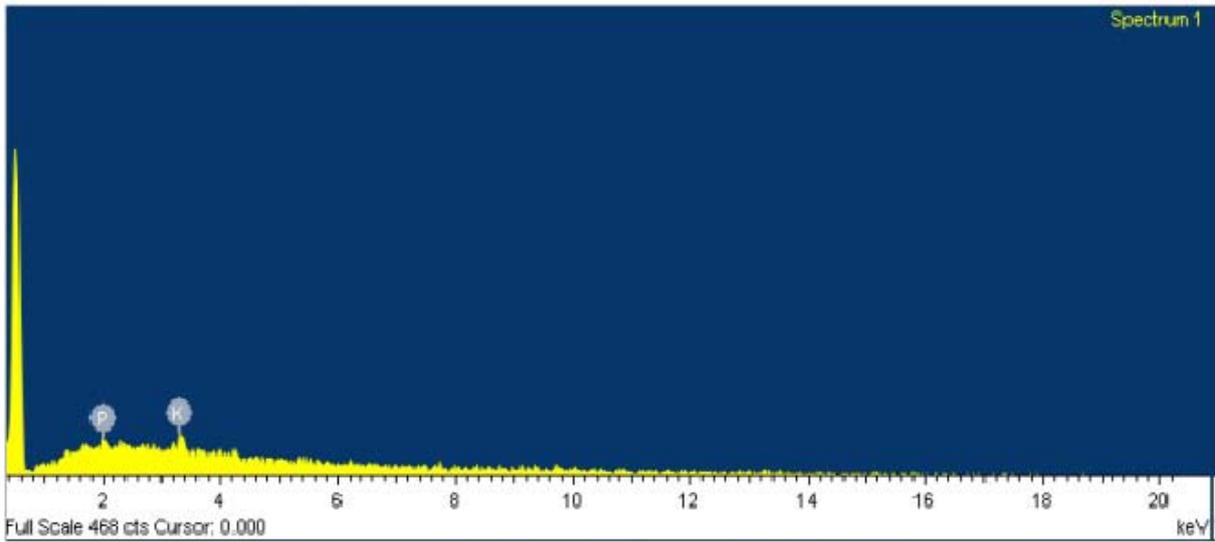


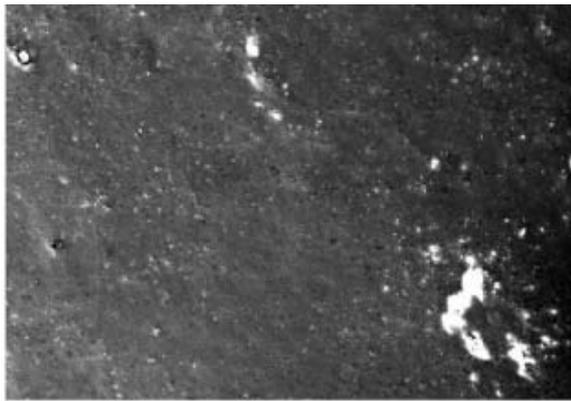
**P012 Pólvora**



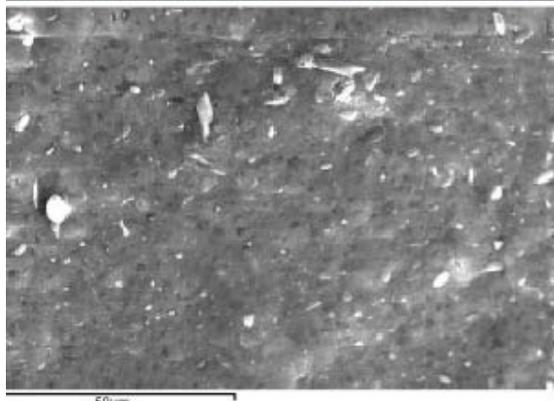
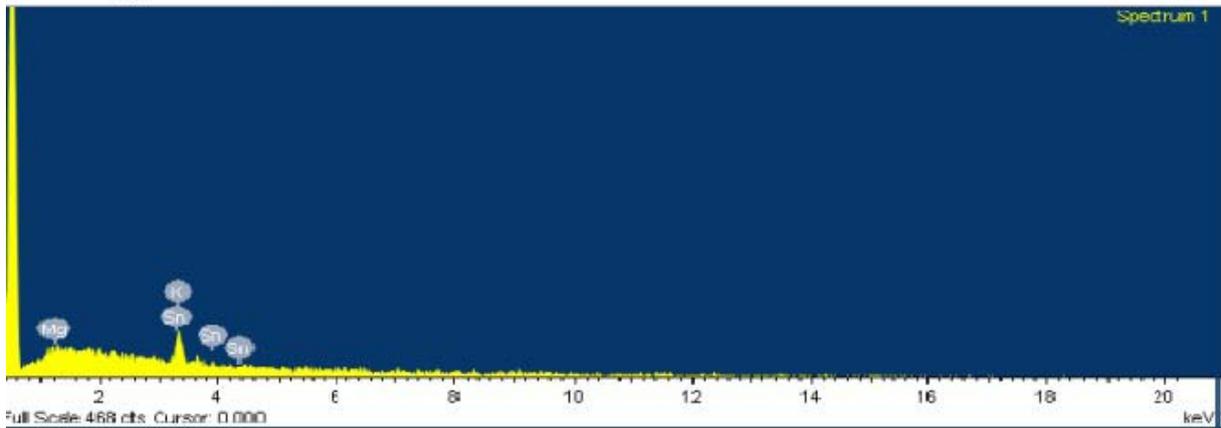


P013 Pólvora

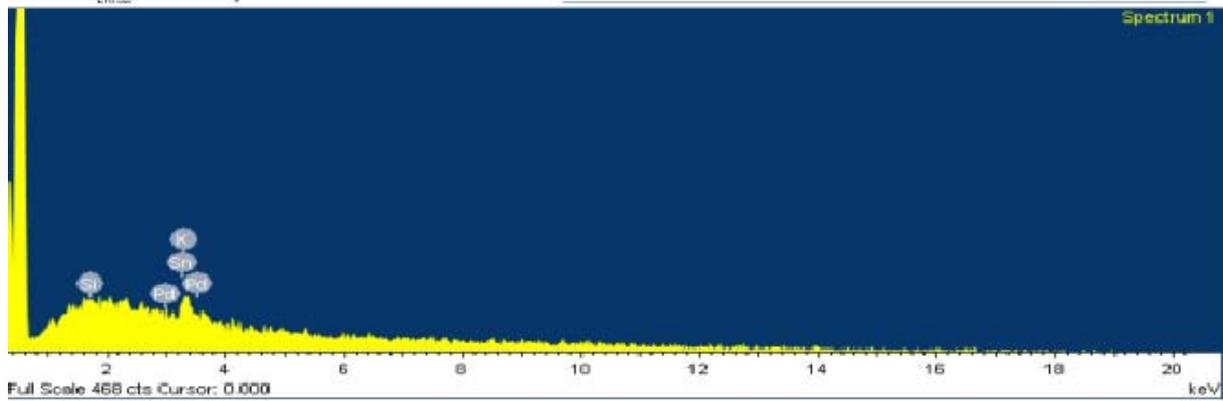




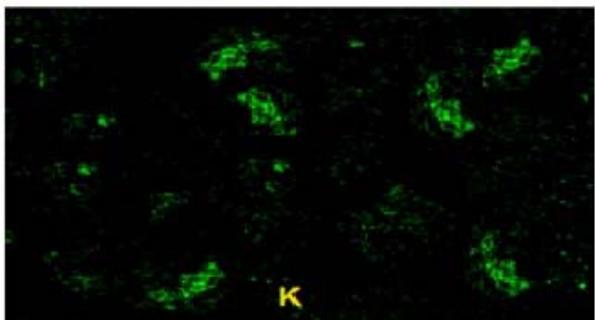
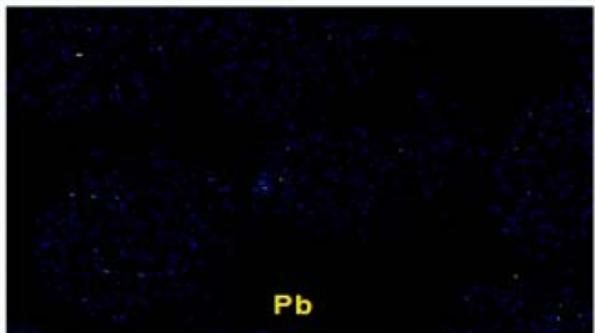
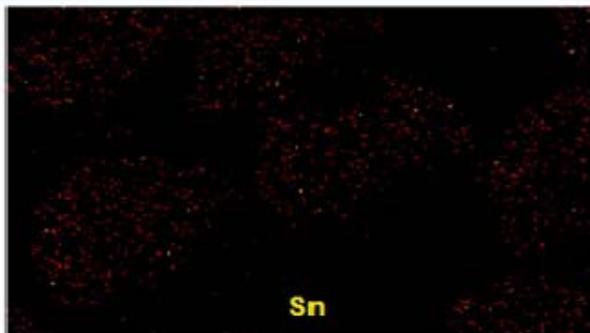
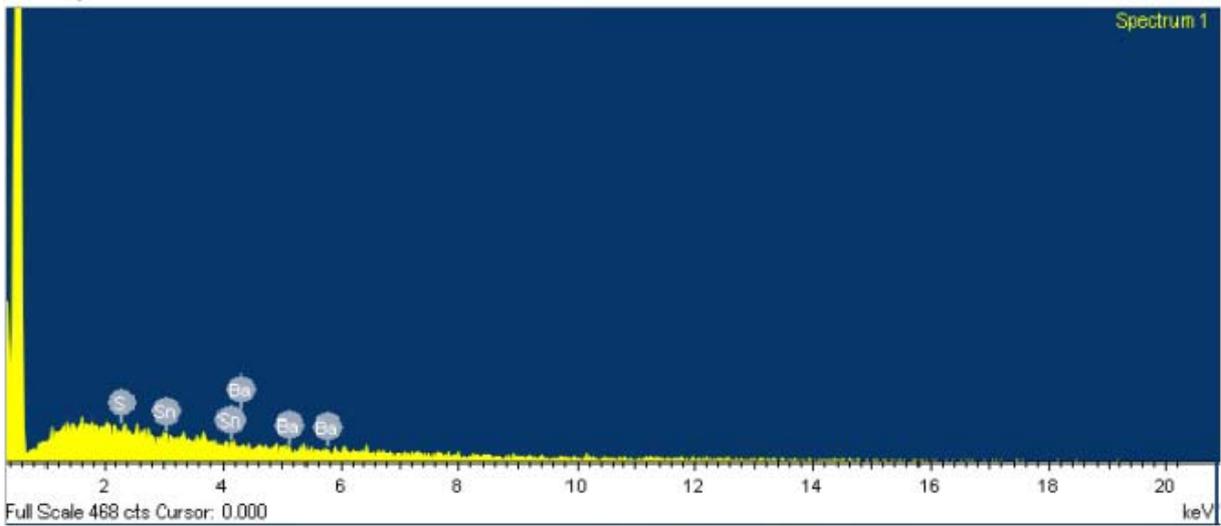
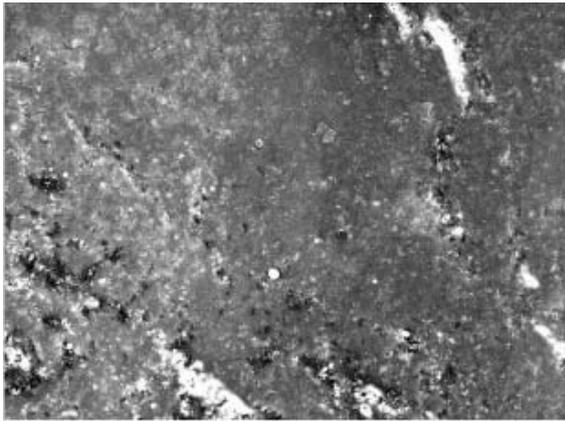
P014 Pólvora

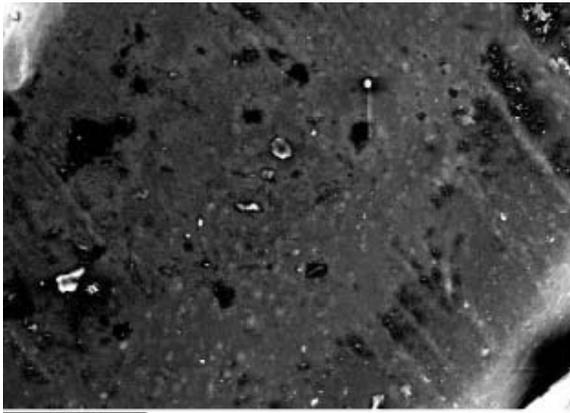


P015 Pólvora

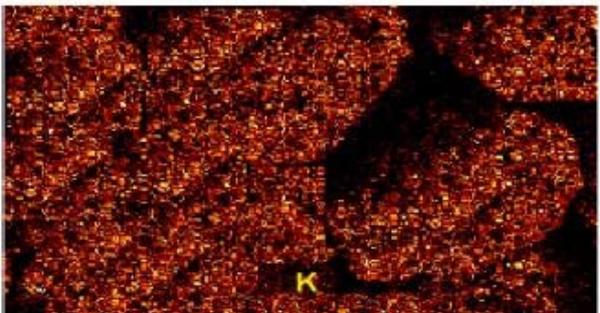
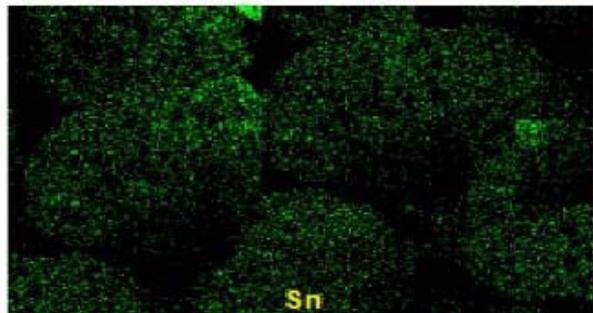
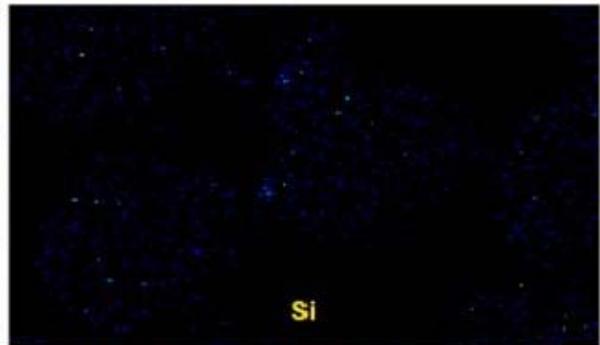
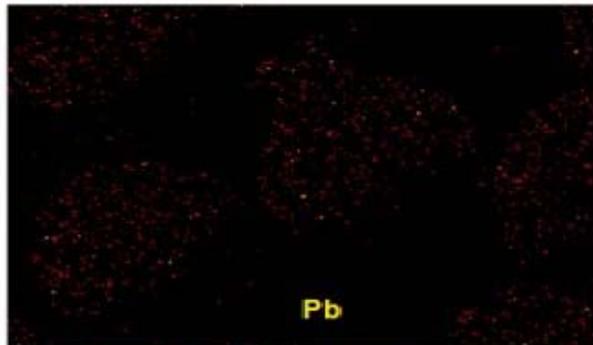
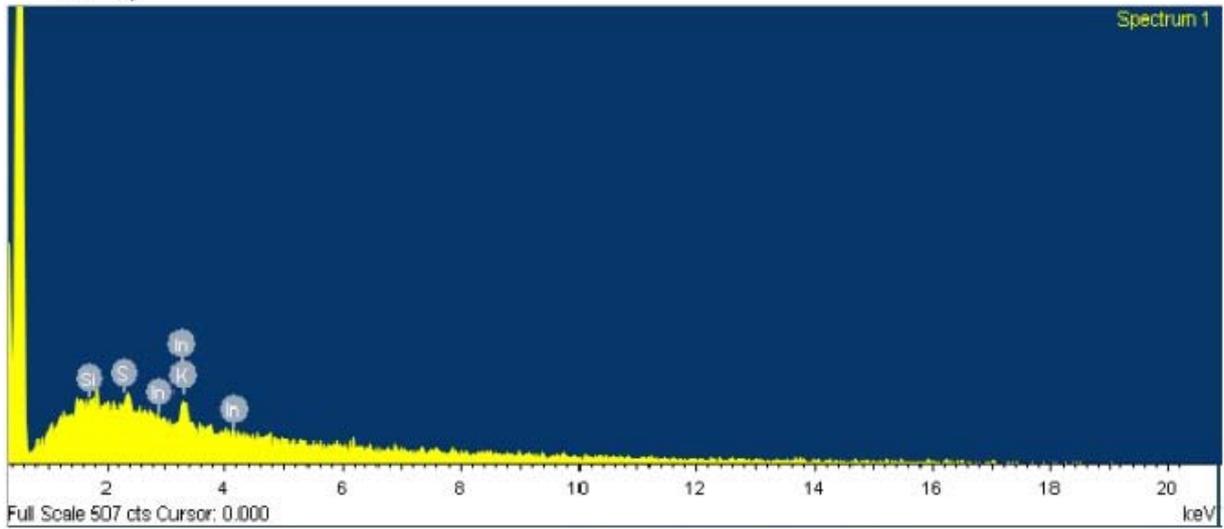


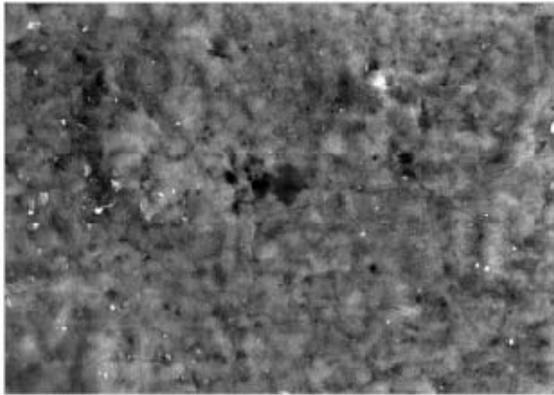
P016 Pólvora



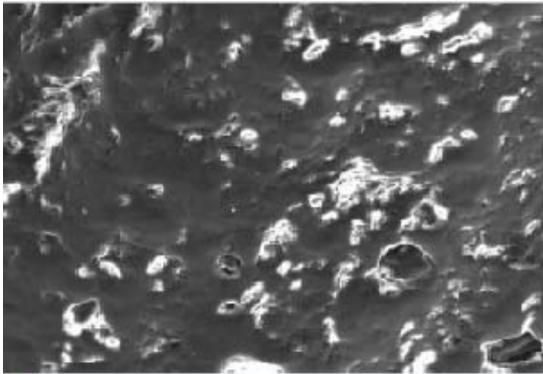
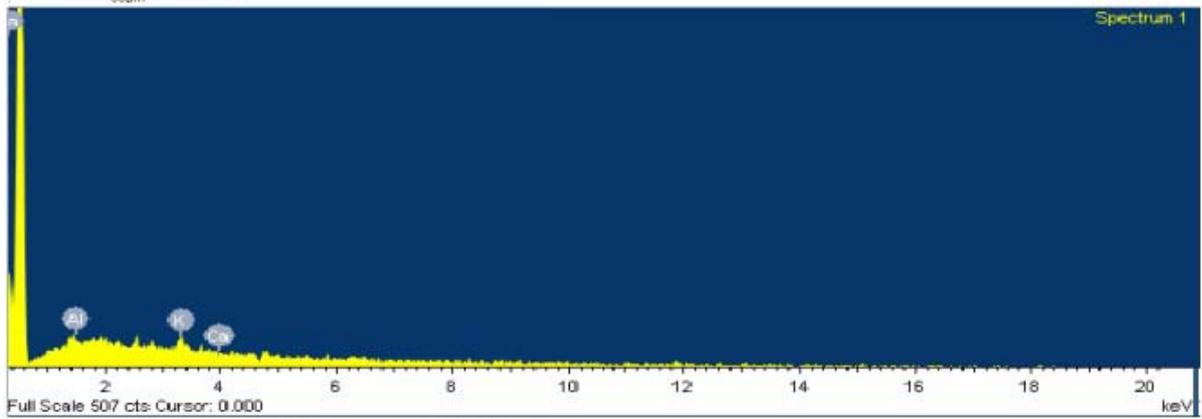


P017 Pólvora

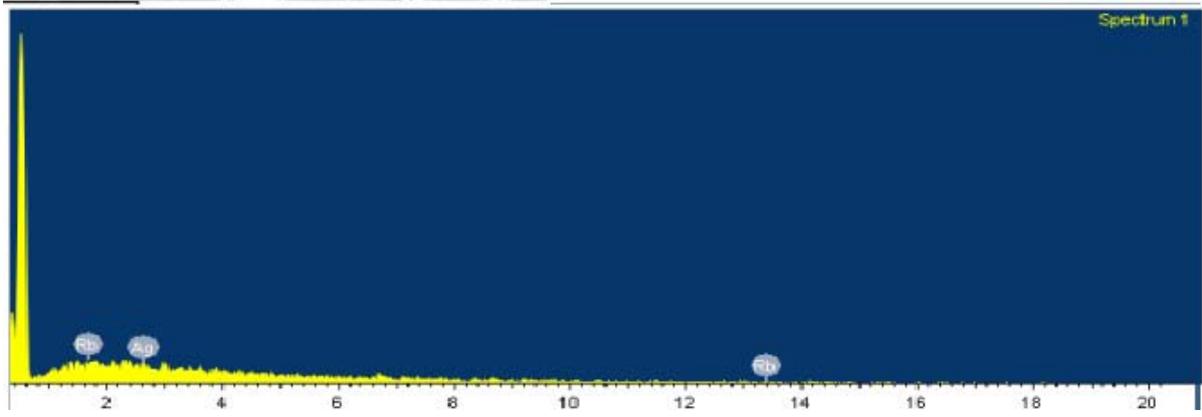


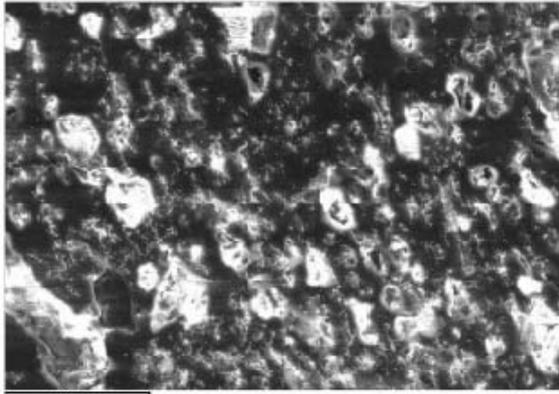


P018 Pólvora

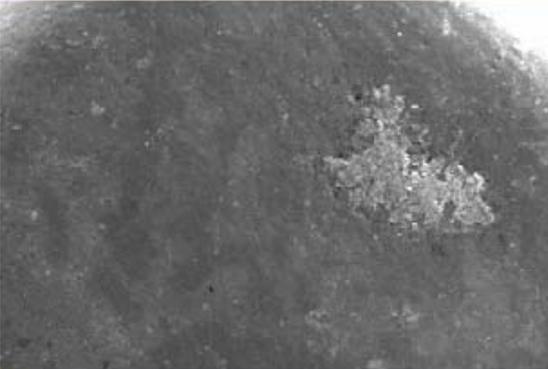
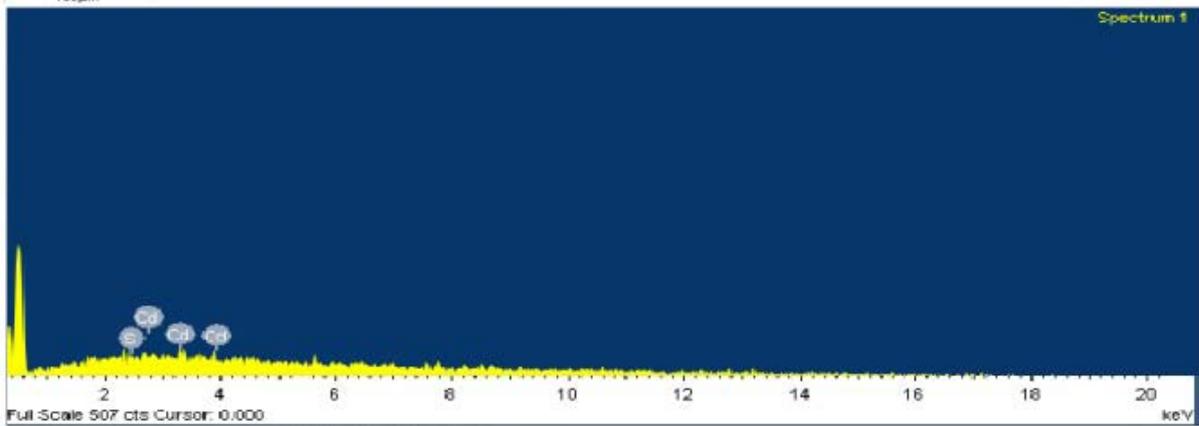


P019 Pólvora

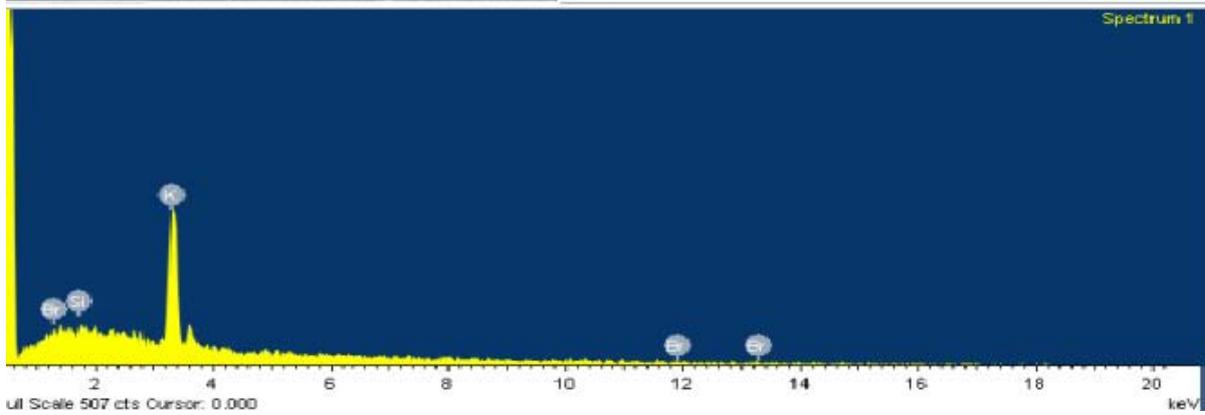




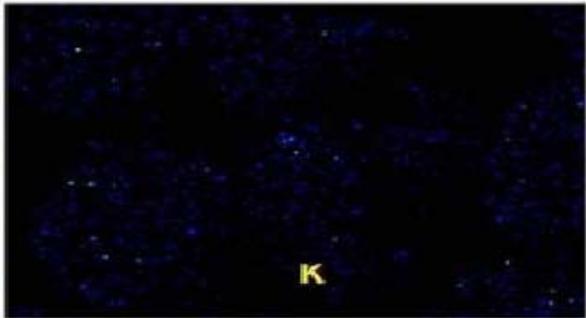
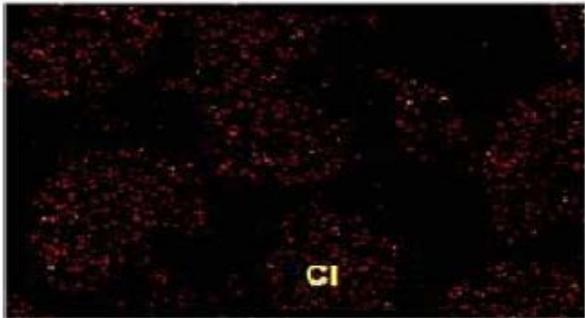
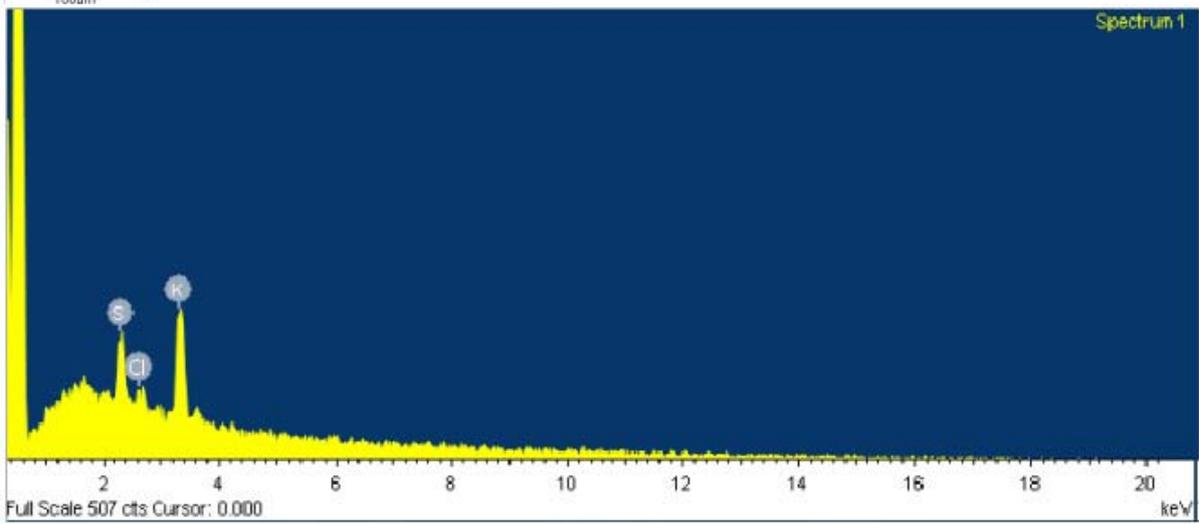
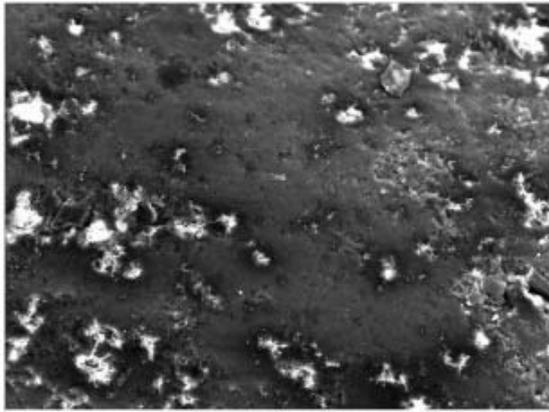
P020 Pólvora

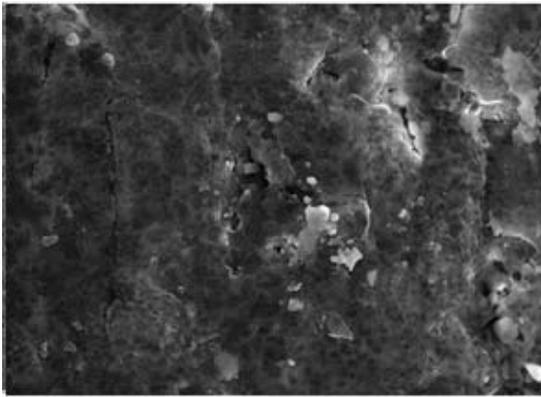


P021 Pólvora

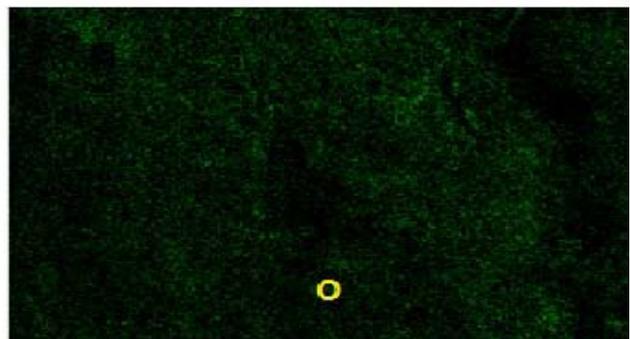
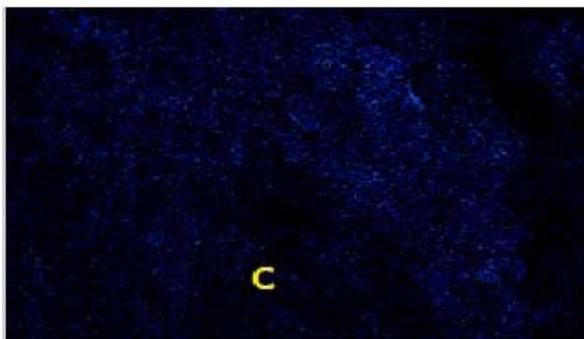
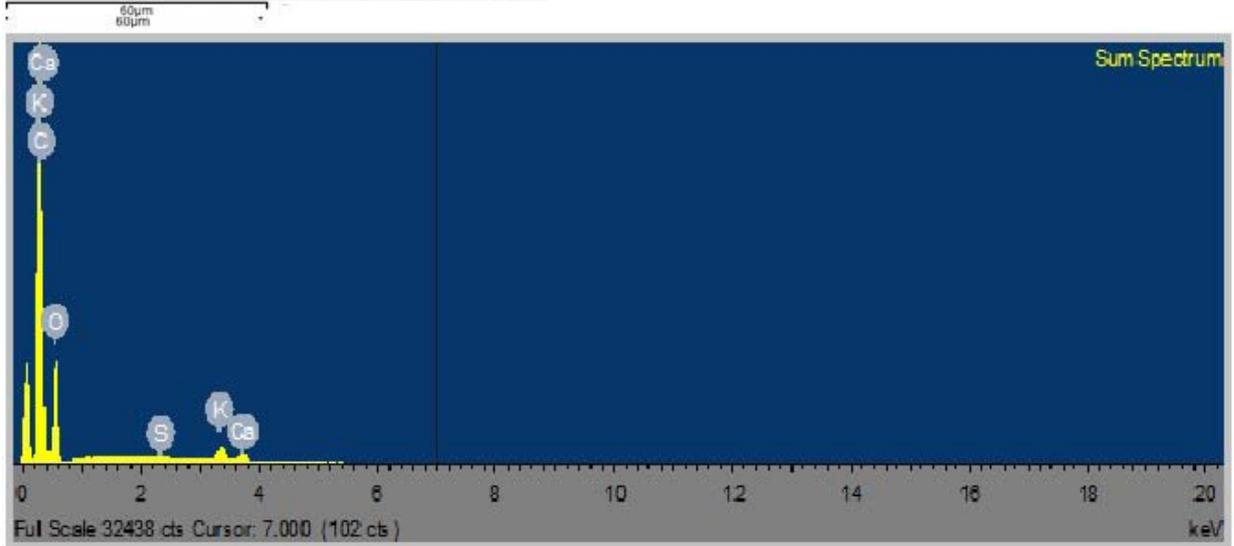


P022 Pólvora

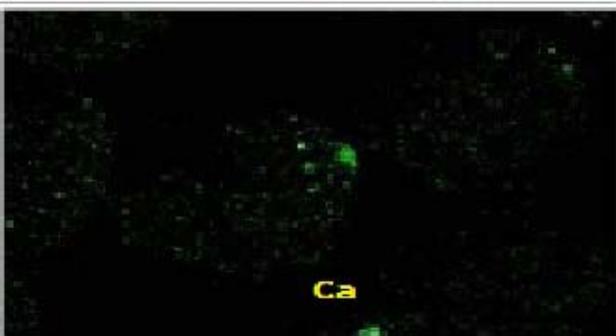
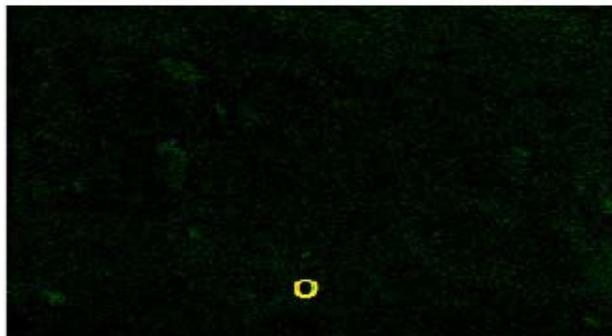
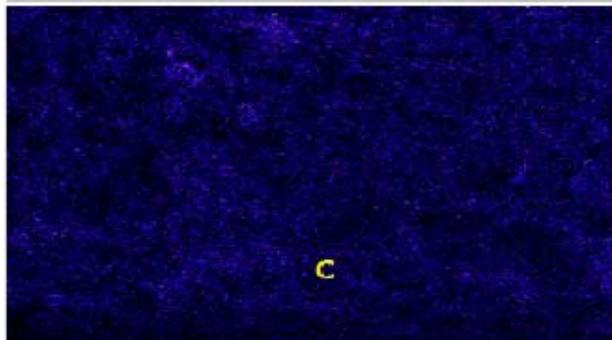
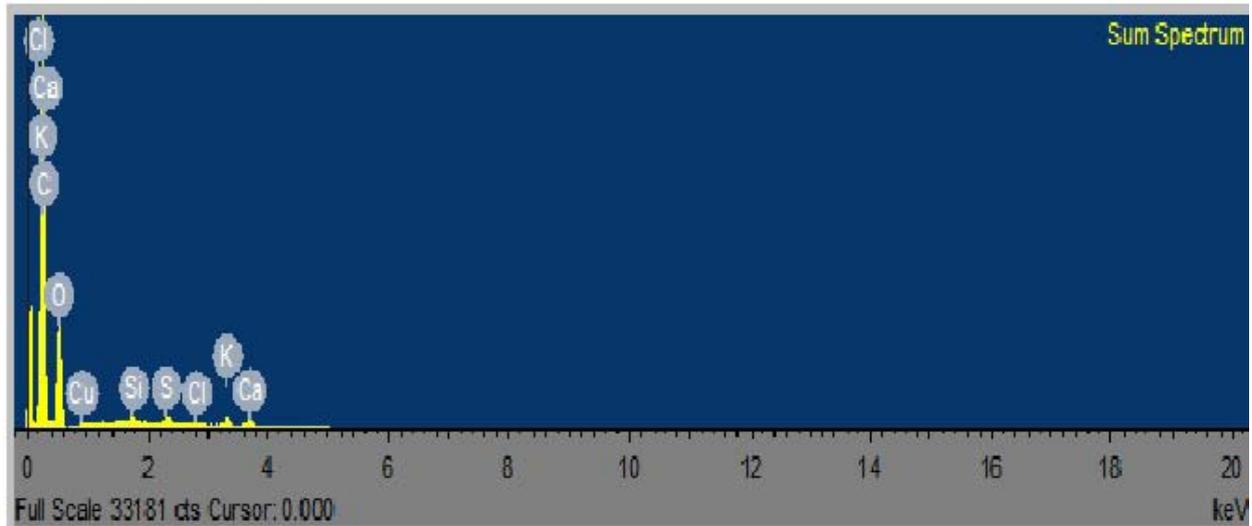
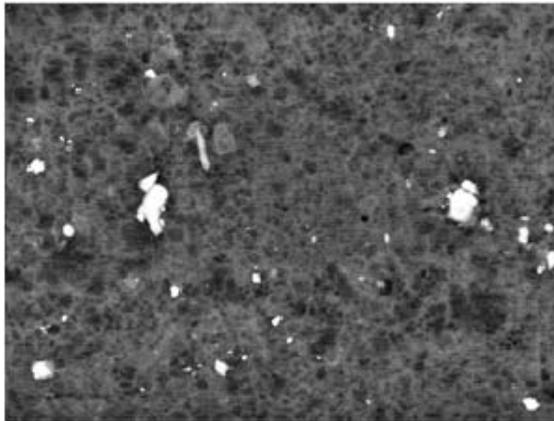


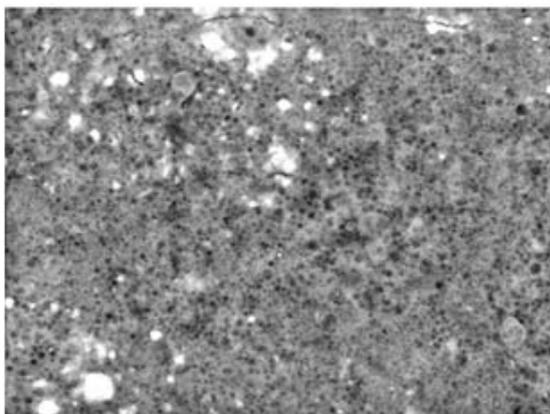


P023 Pólvora

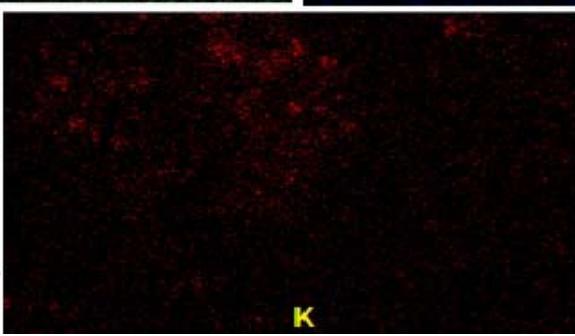
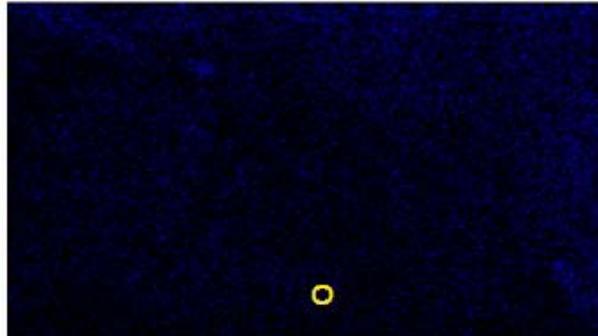
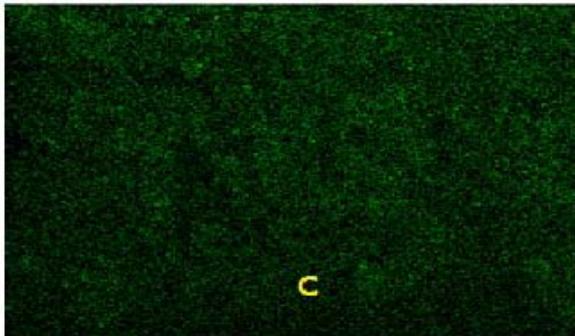
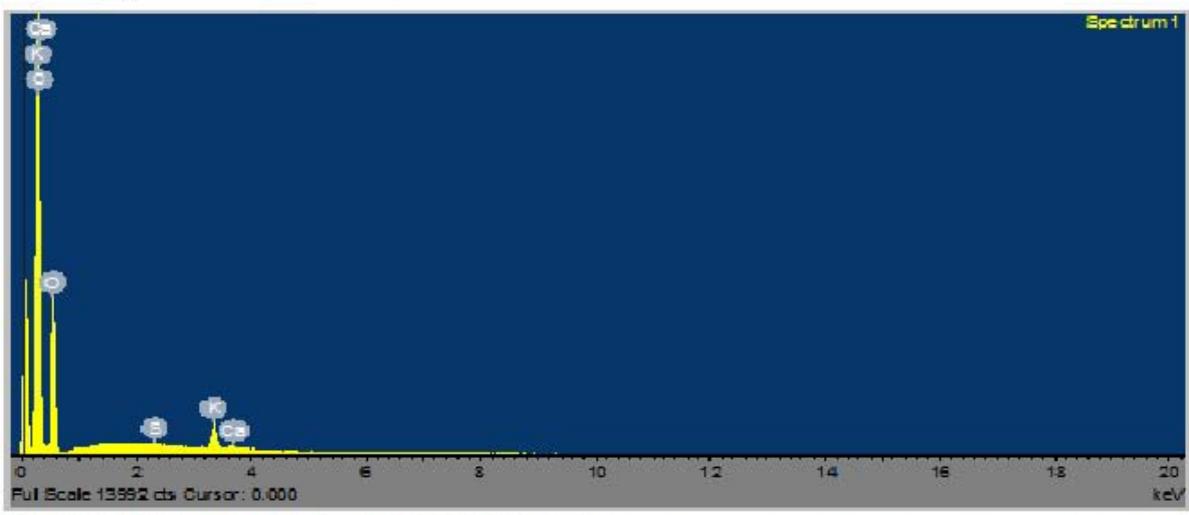


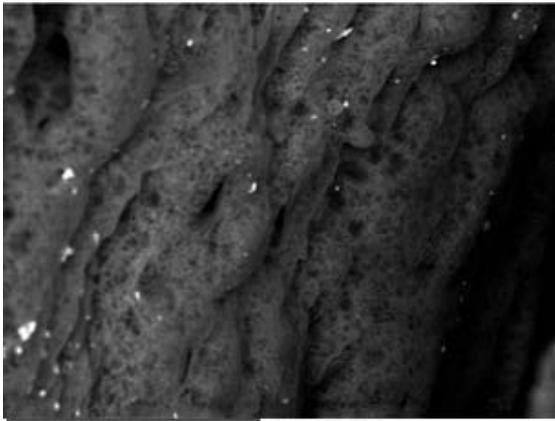
P024 Pólvora



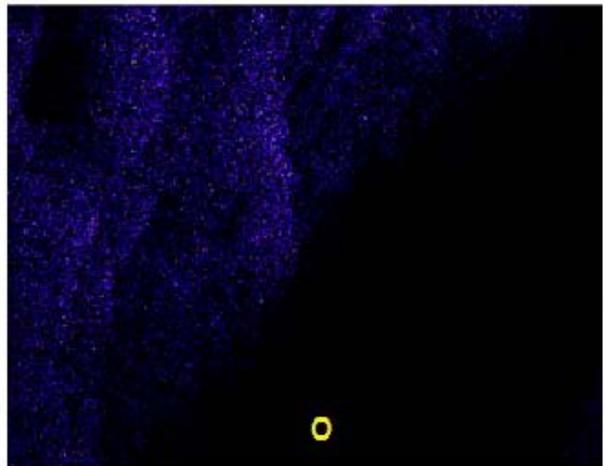
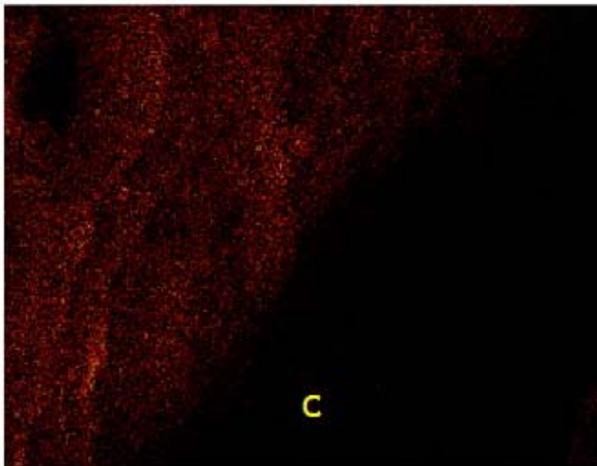
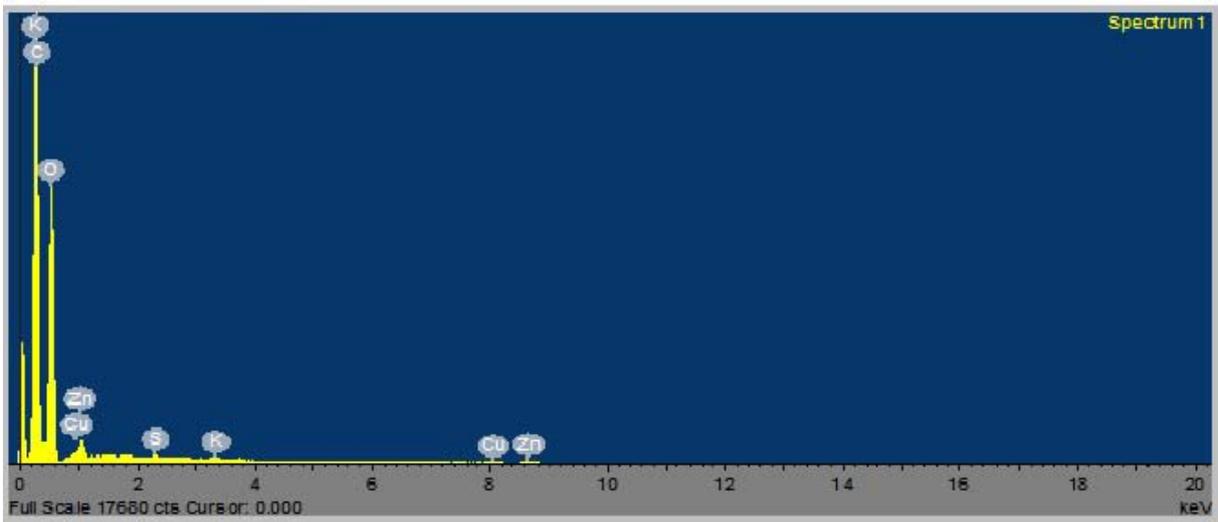


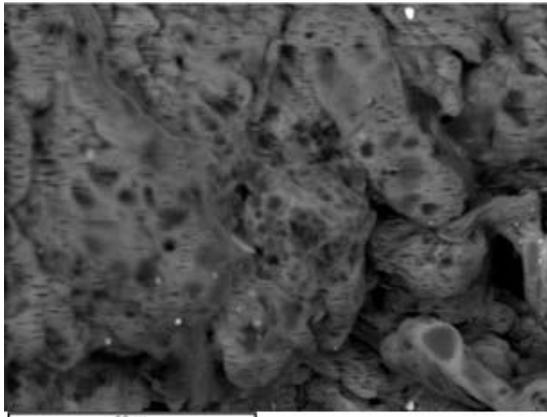
P025 Pólvora



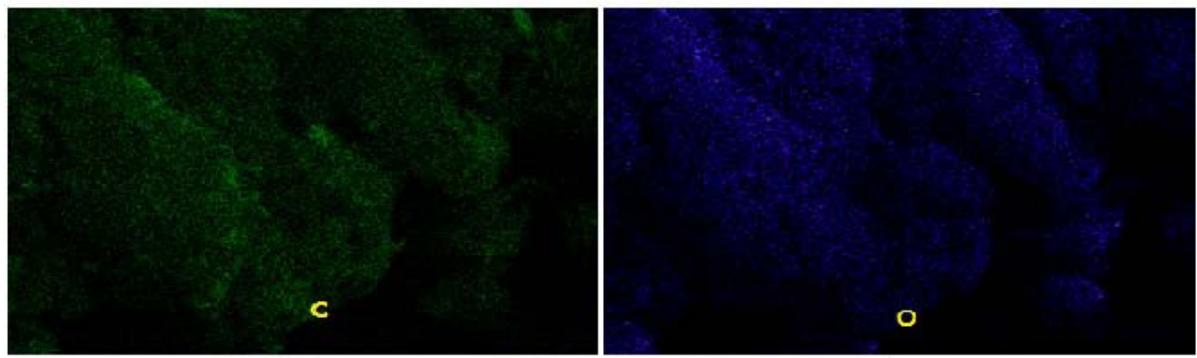
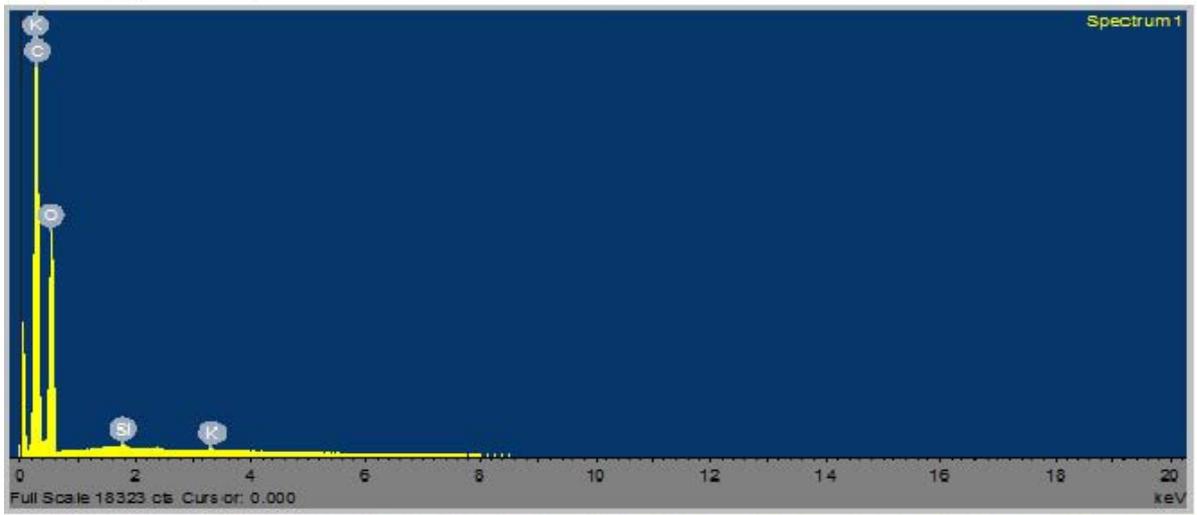


P026 Pólvora

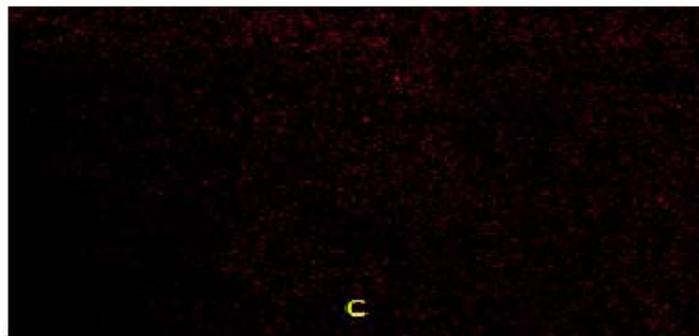
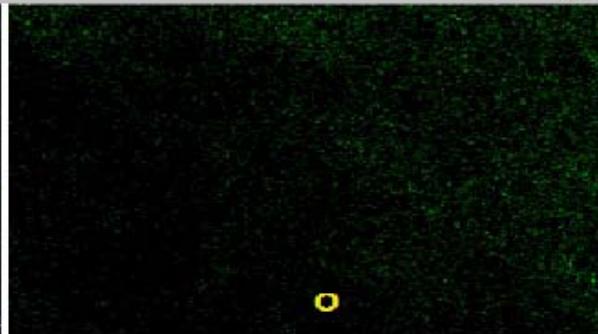
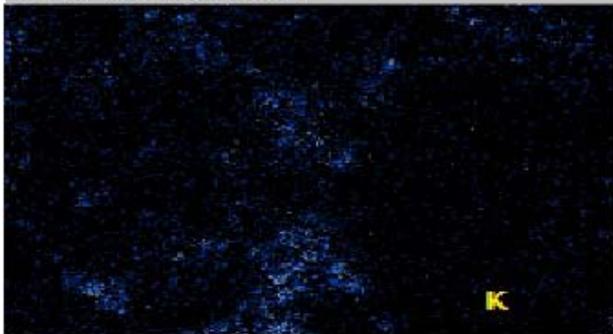
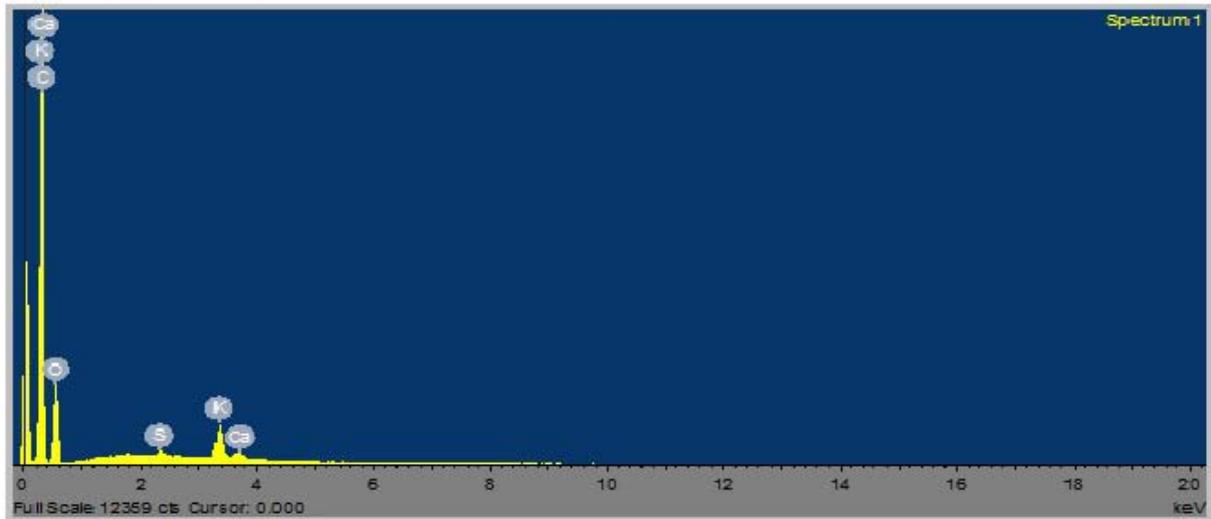
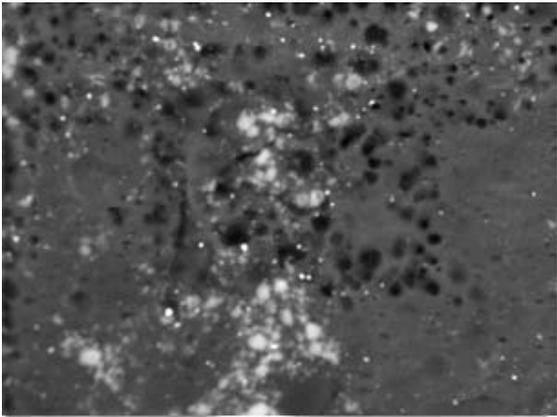


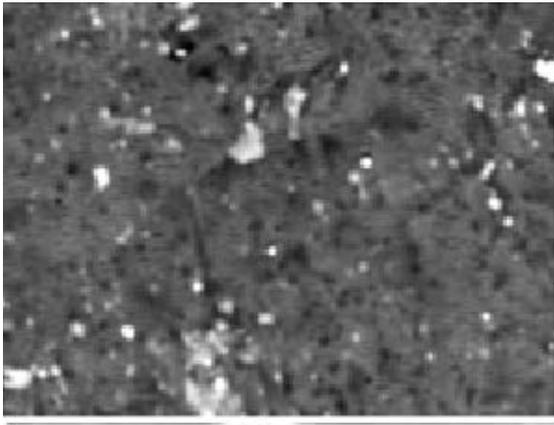


P027 Pólvora

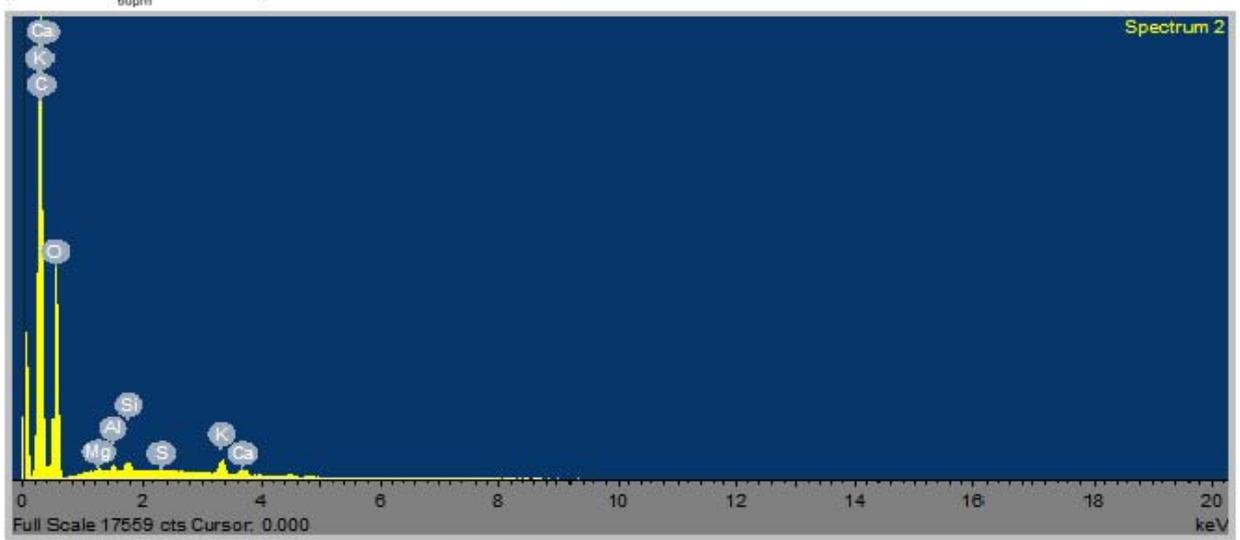


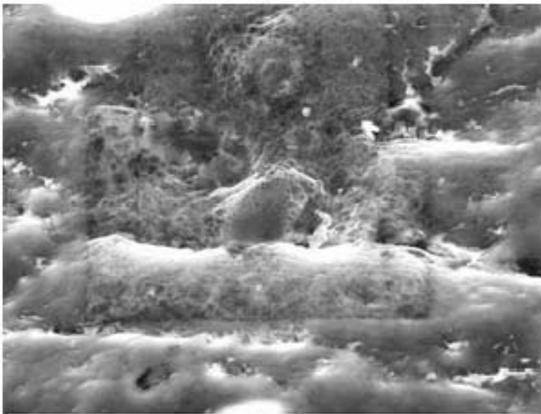
P028 Pólvora



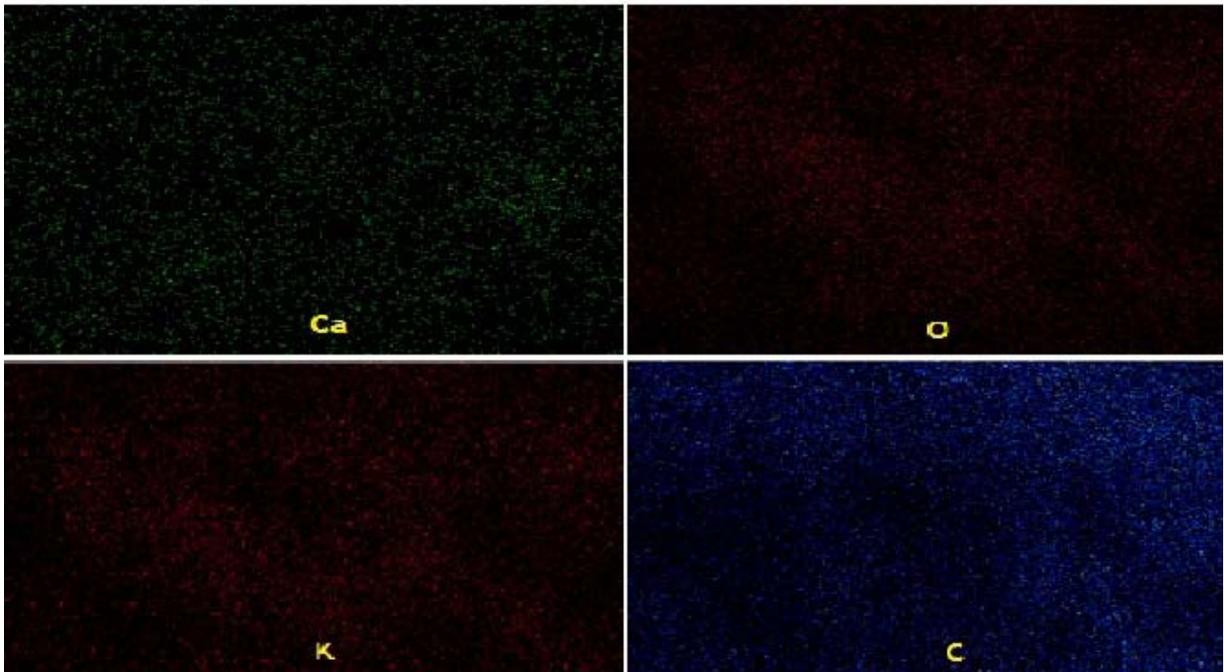
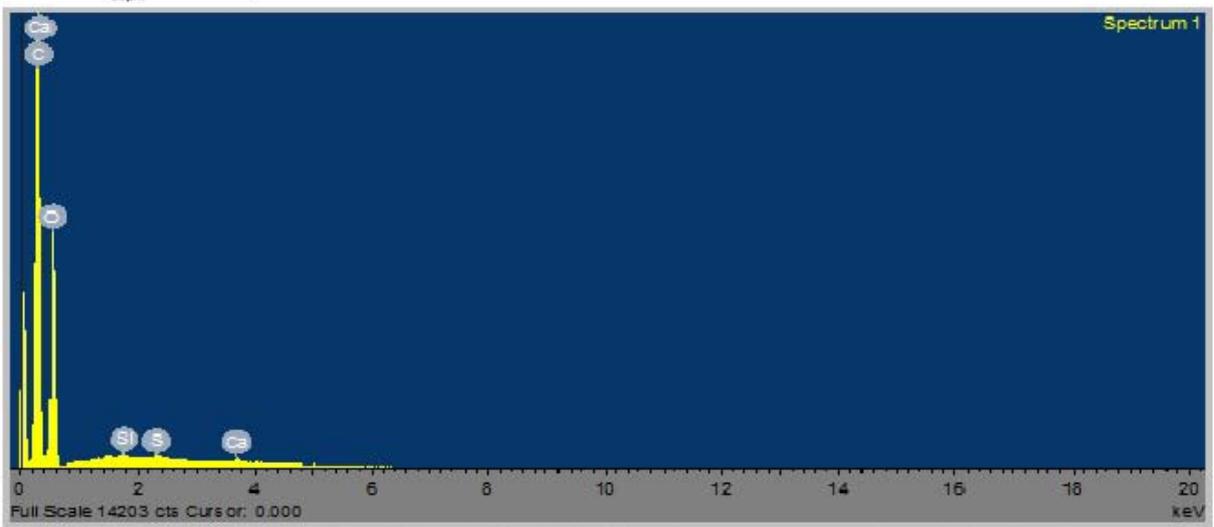


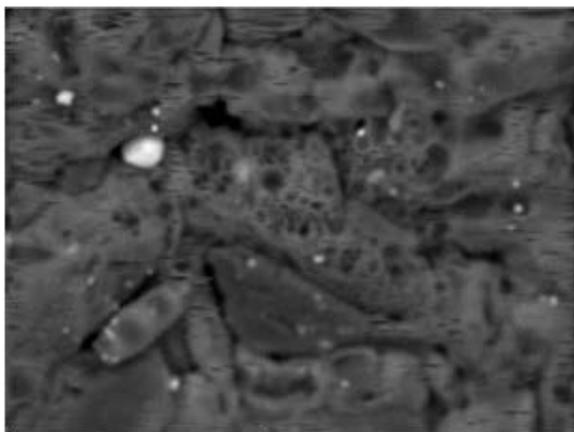
P029 Pólvora



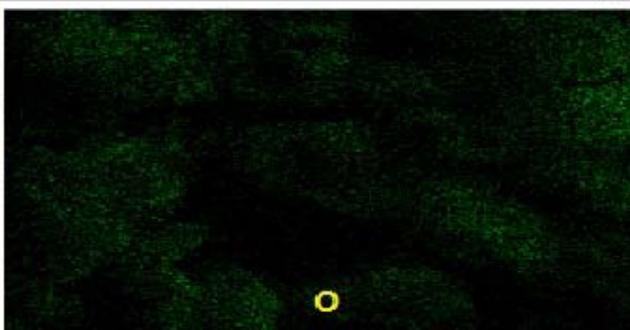
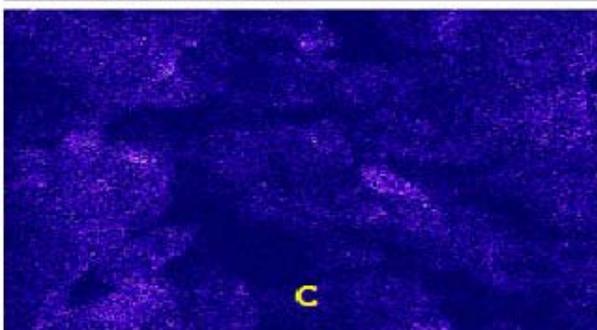
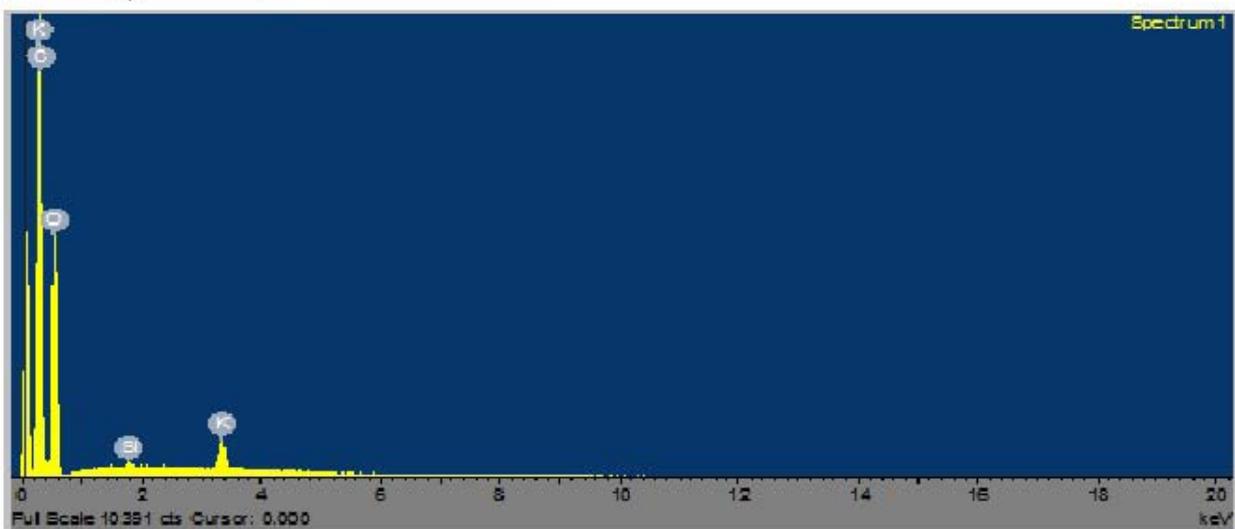


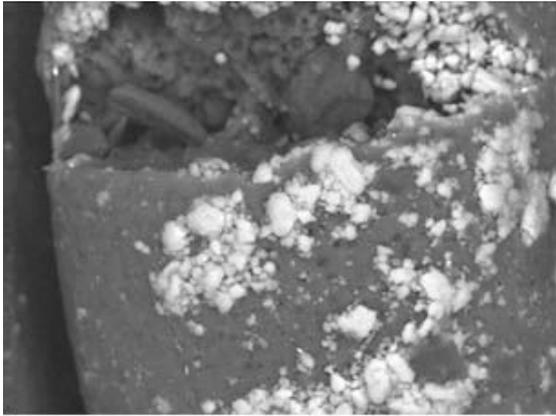
P030 Pólvora



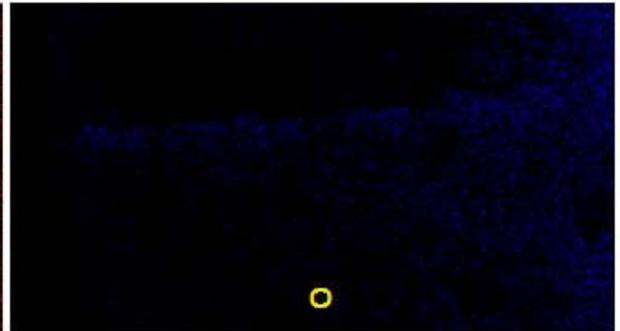
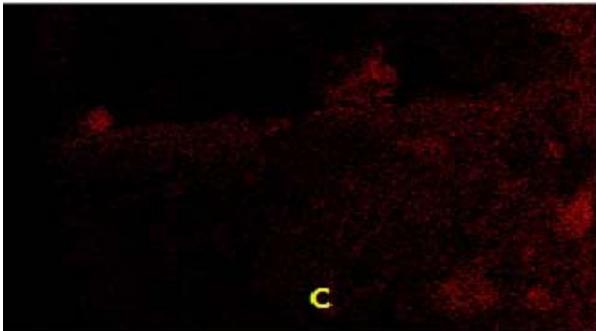
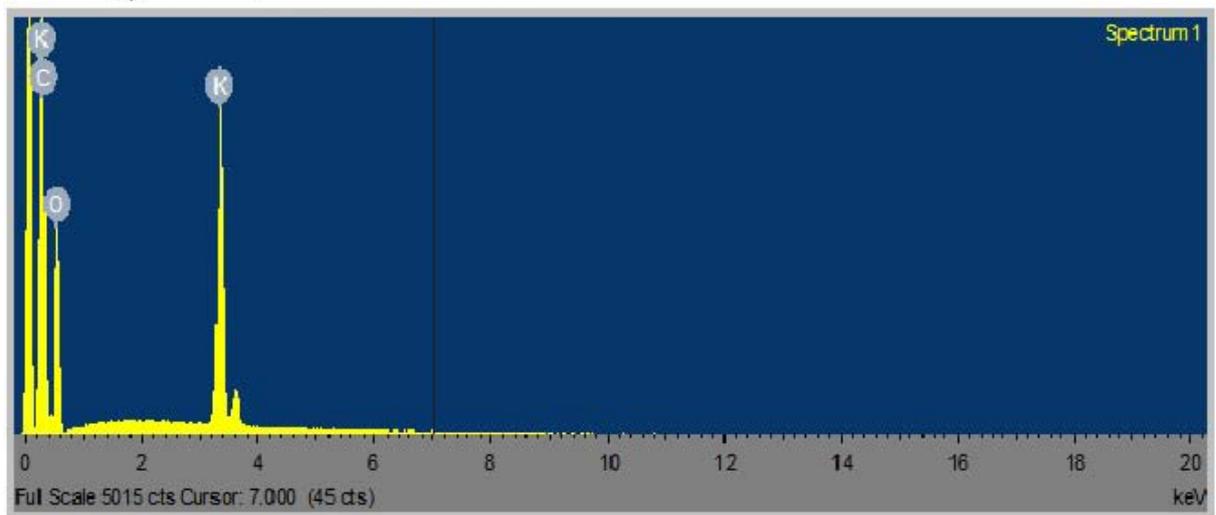


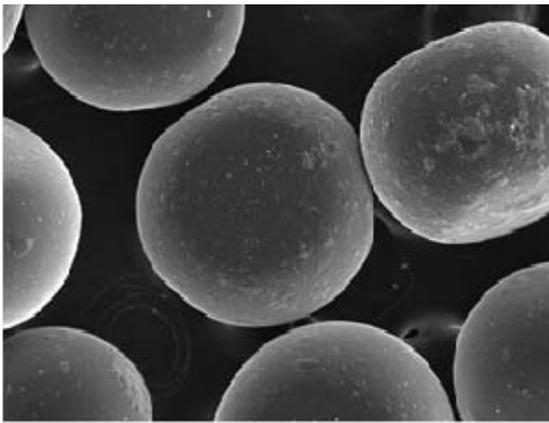
P031 Pólvora



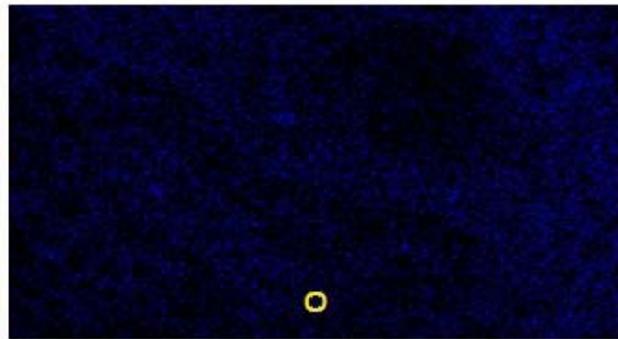
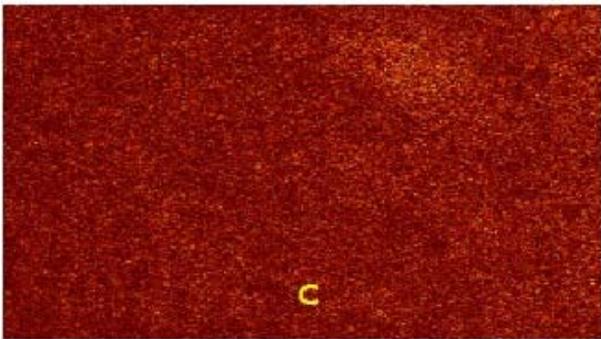
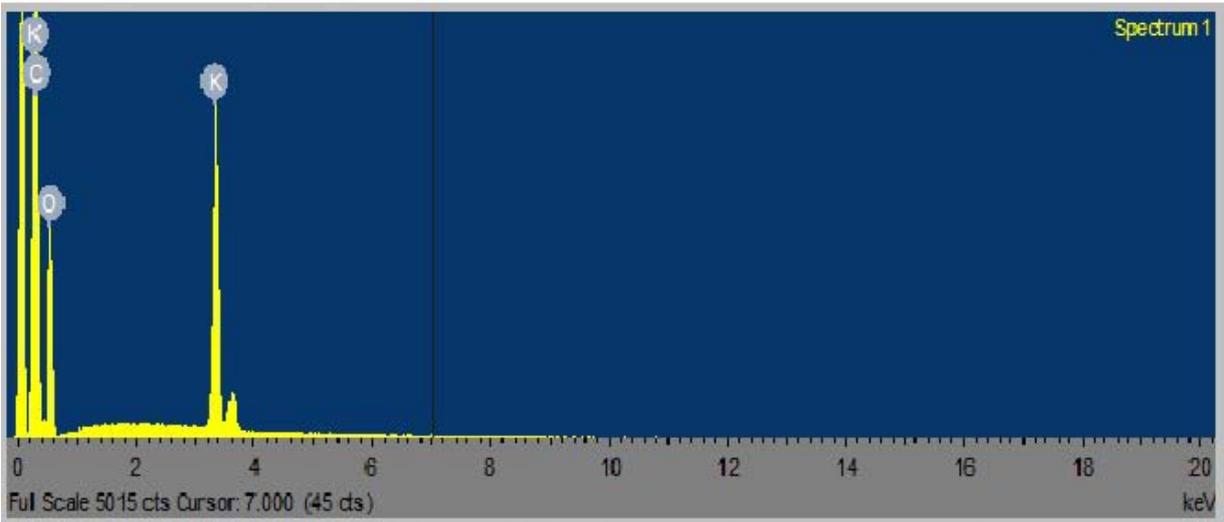


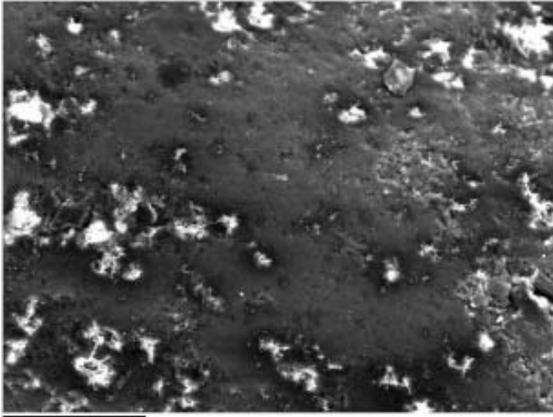
P032 Pólvora



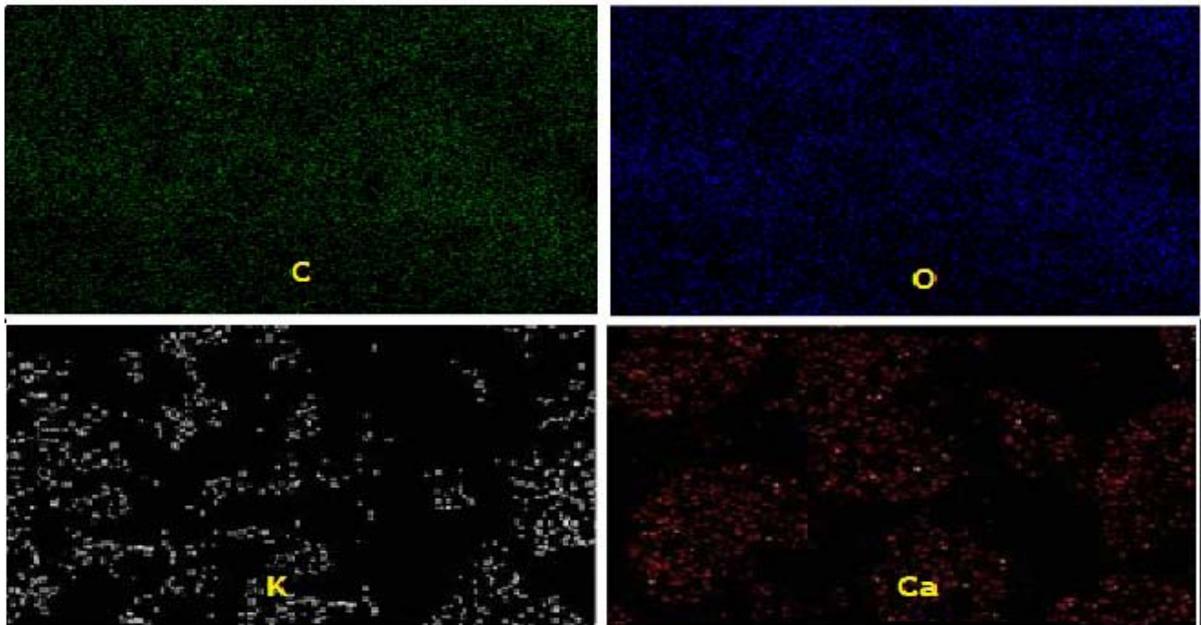
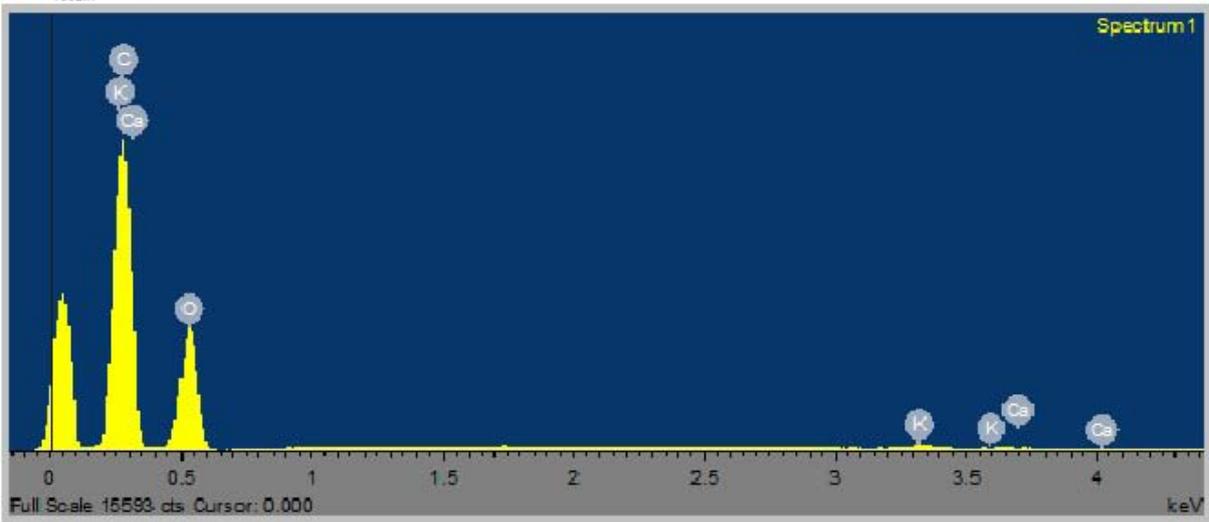


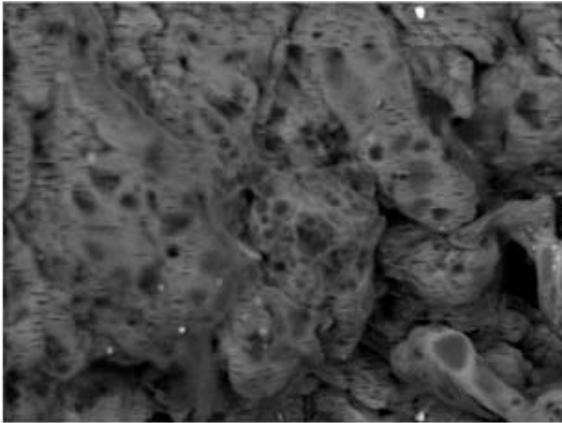
P033 Pólvora



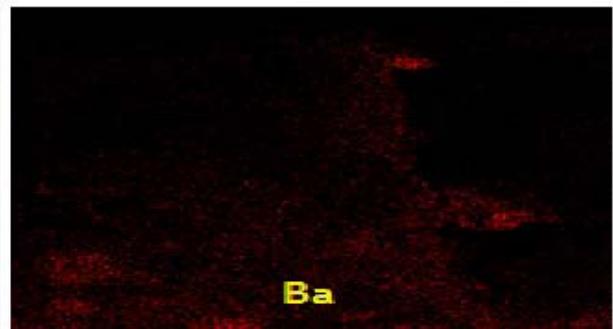
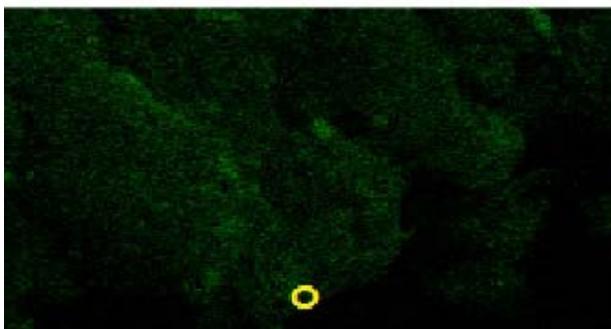
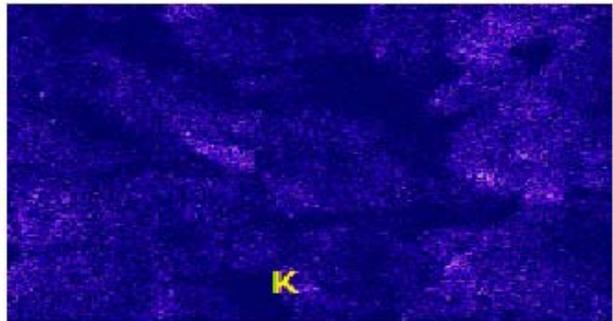
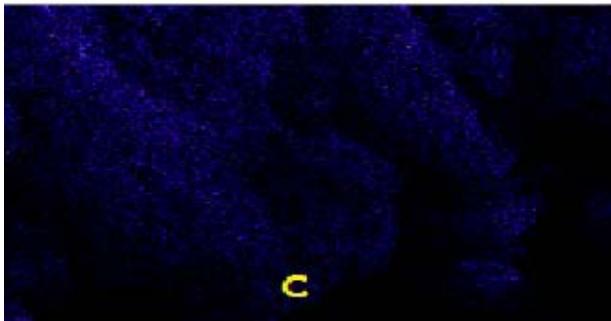
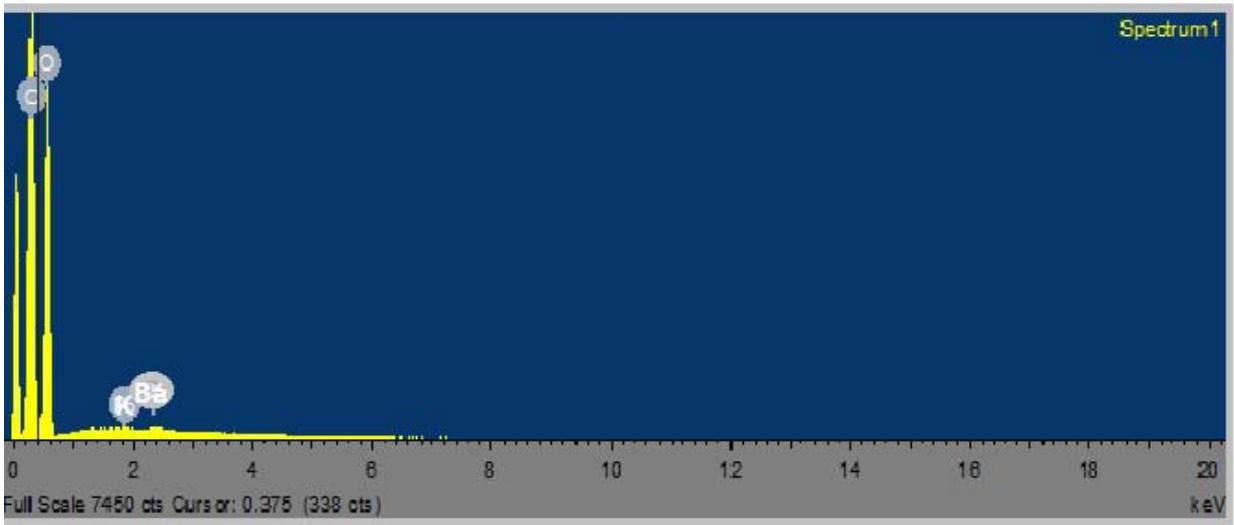


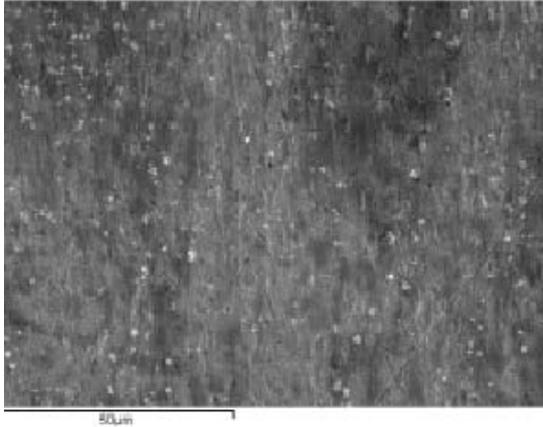
P034 Pólvora



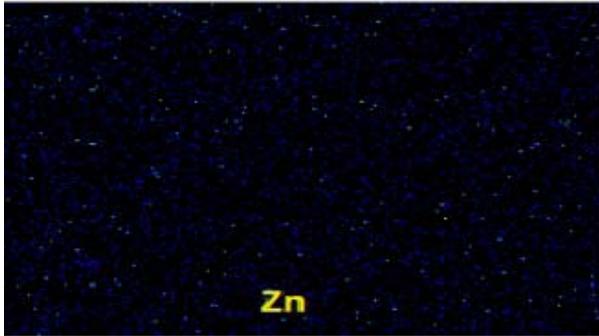
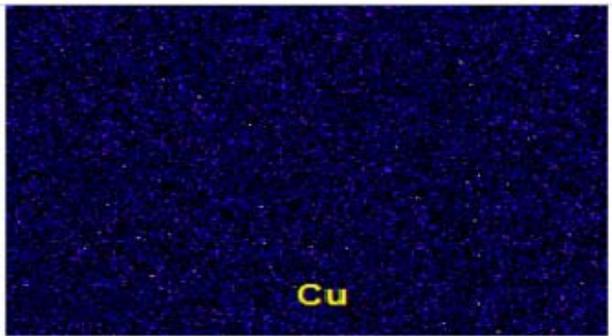
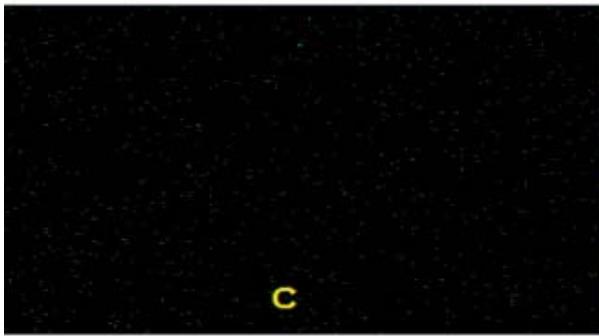
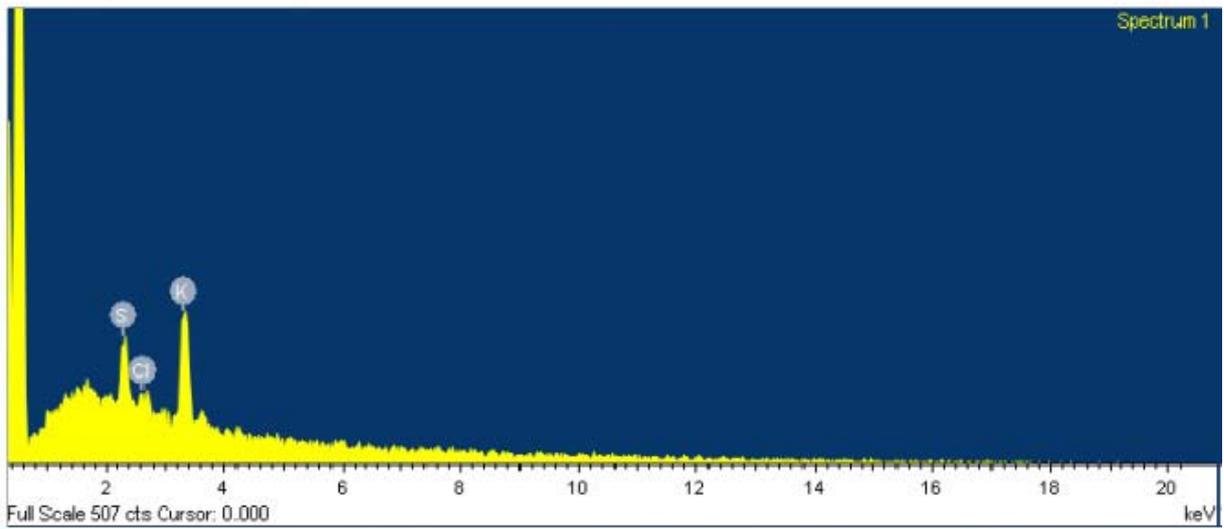


P035 Pólvora

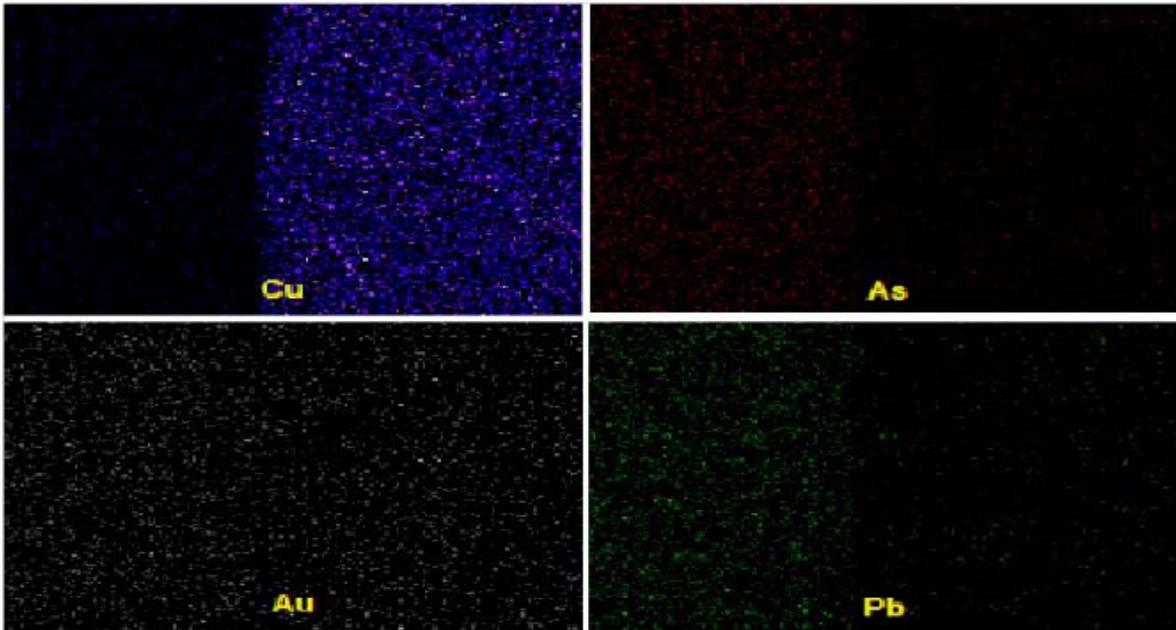
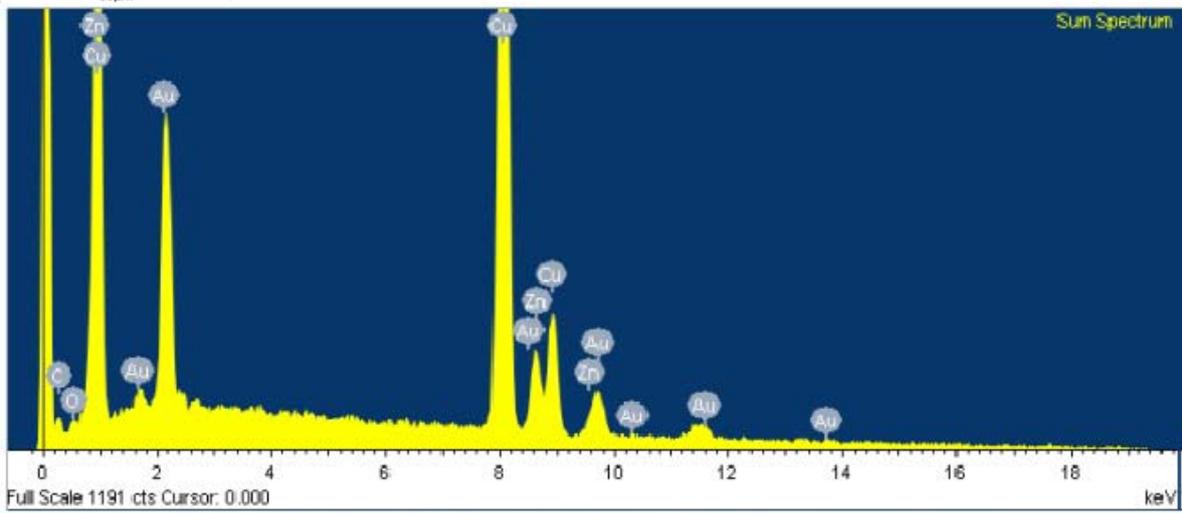
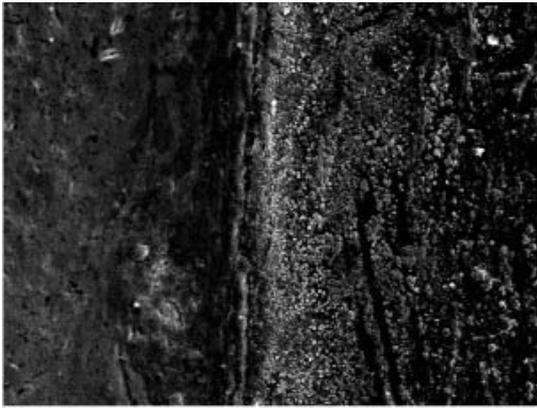


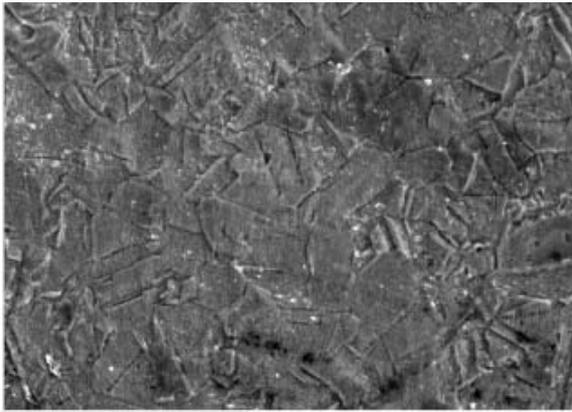


M001 Projectil

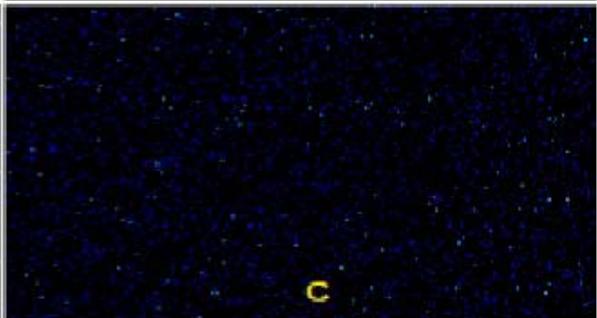
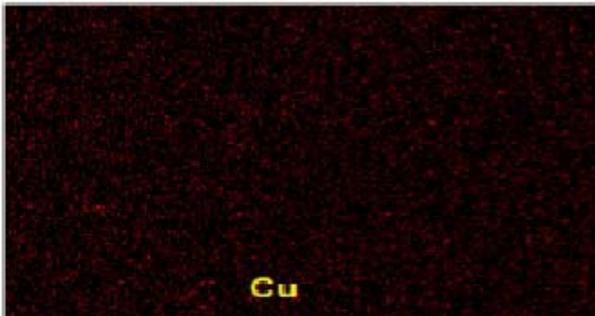
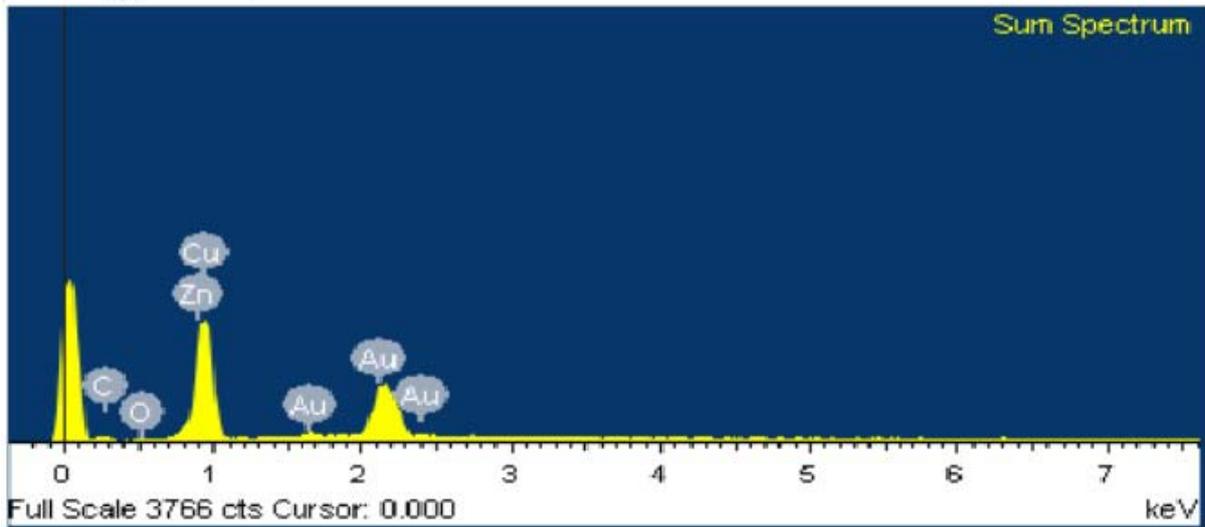


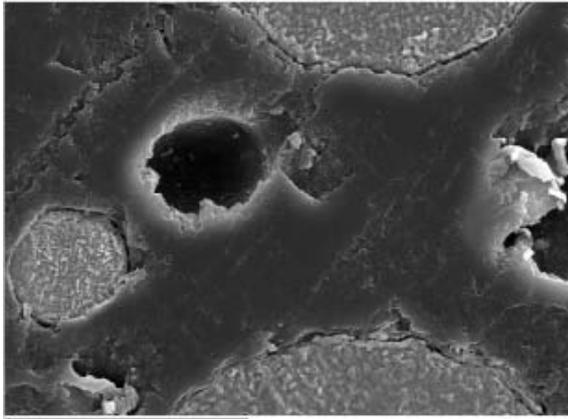
P002 Proyectil



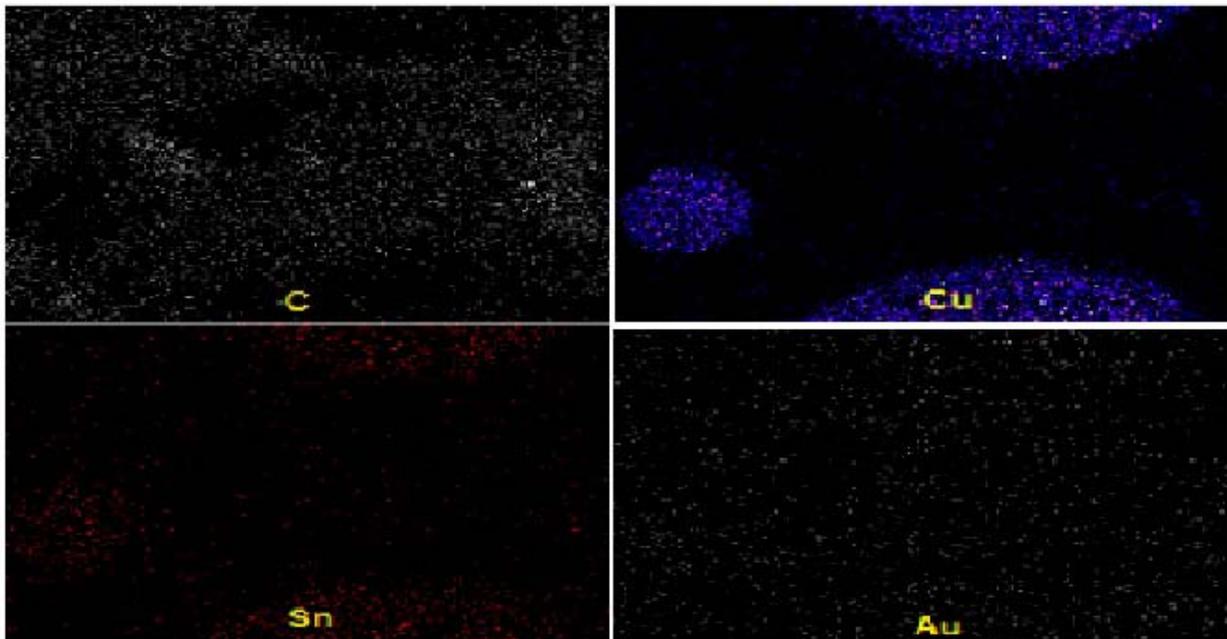
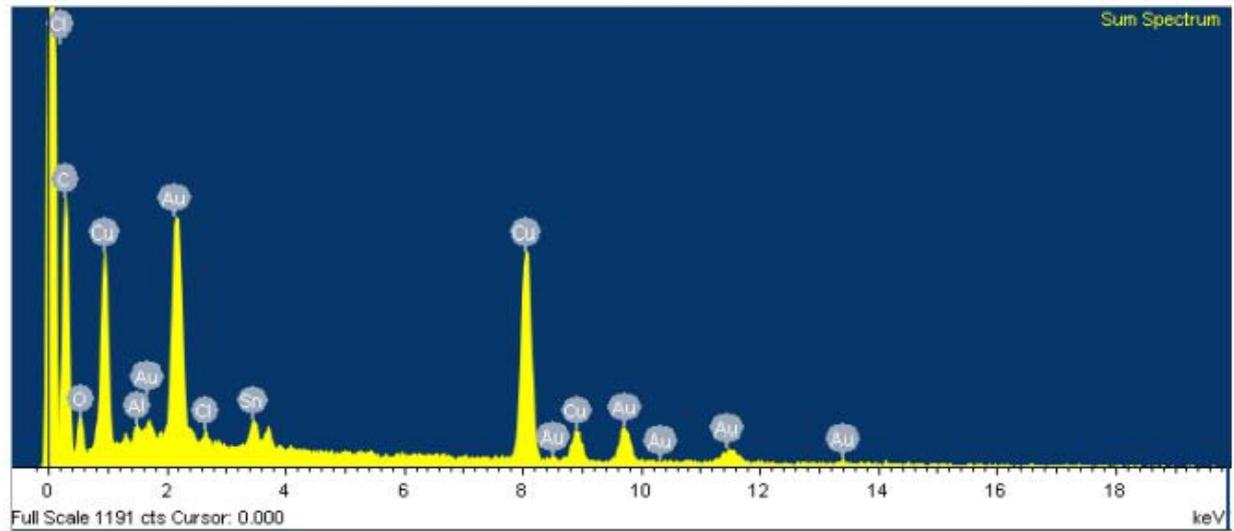


P003 Projectil

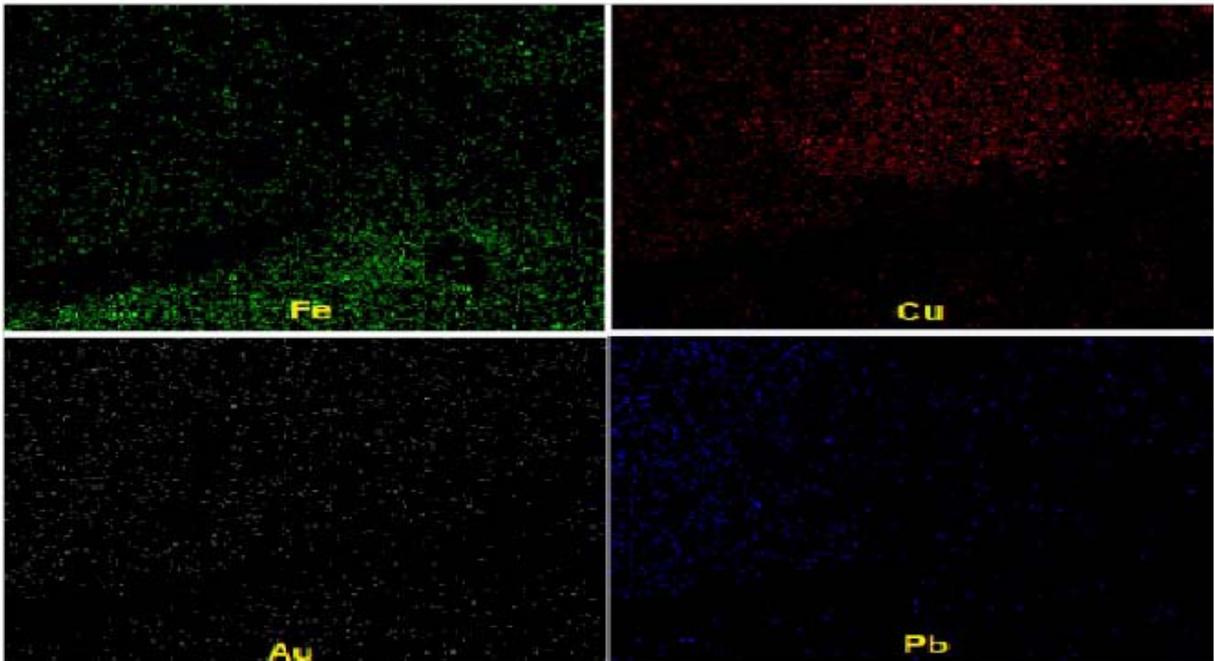
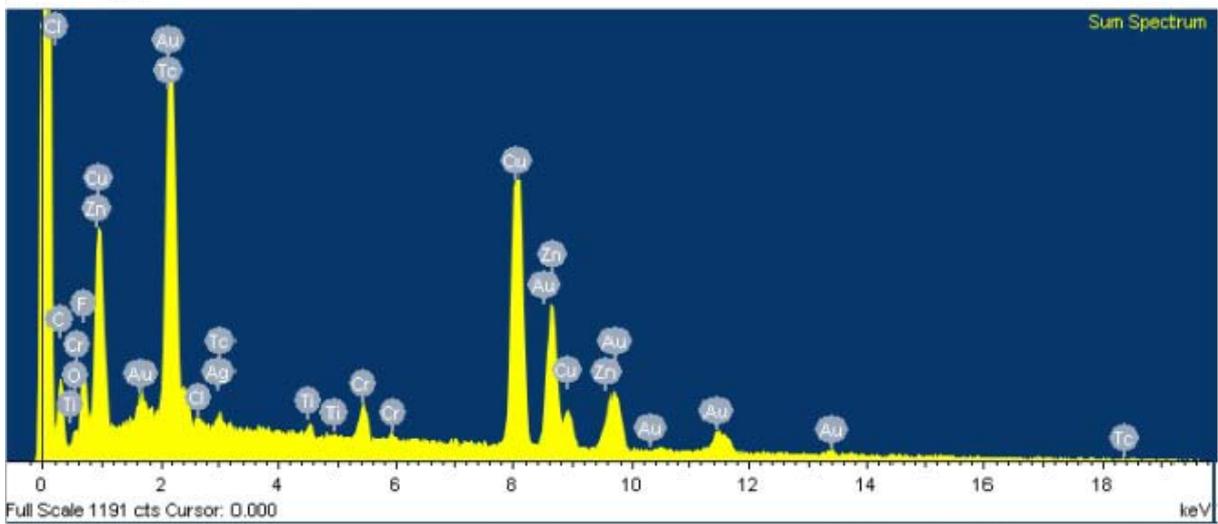
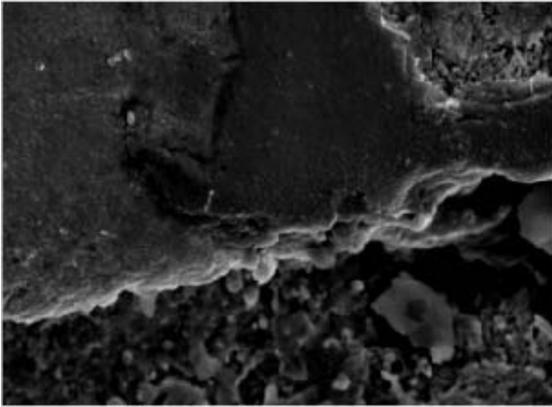


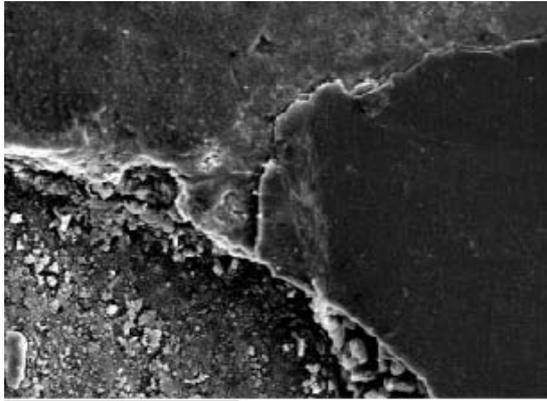


P004 Projectil

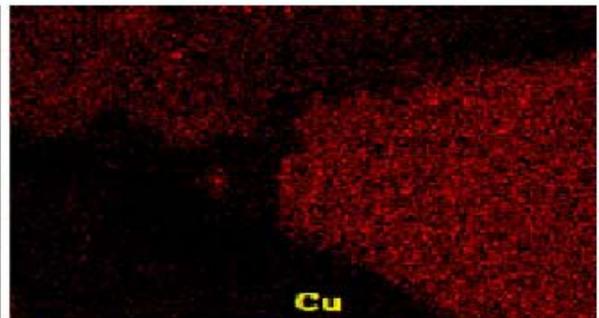
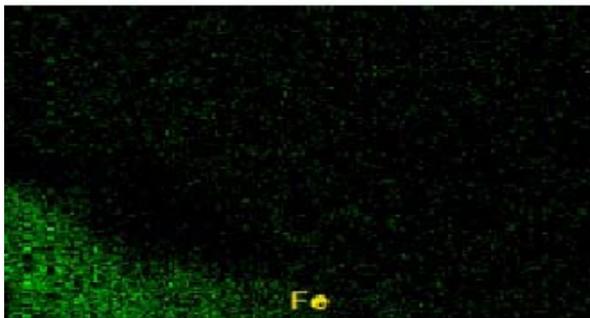
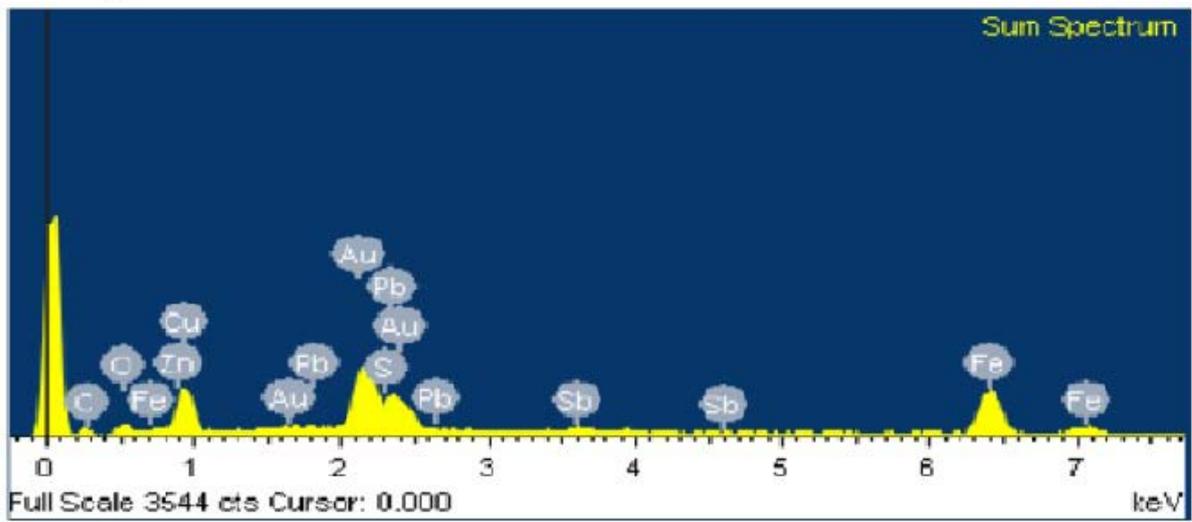


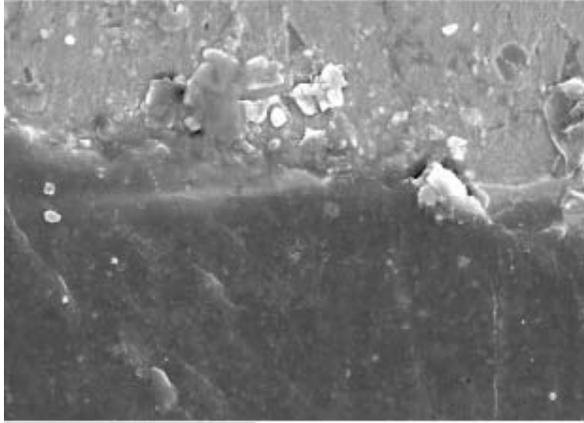
P005 Projectil



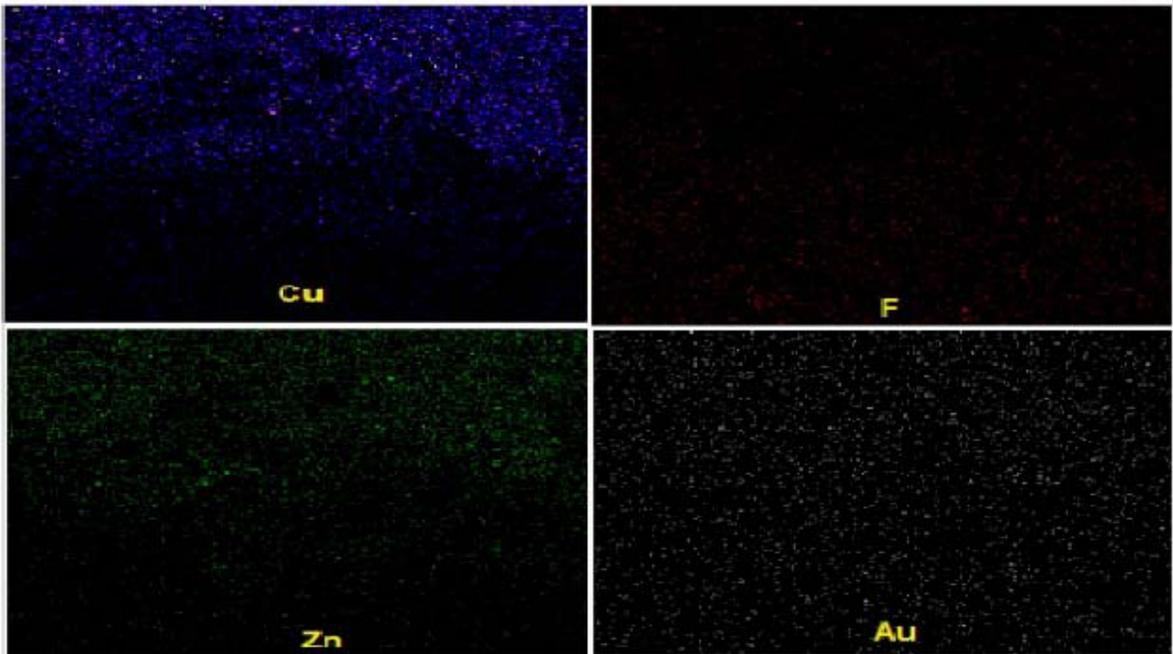
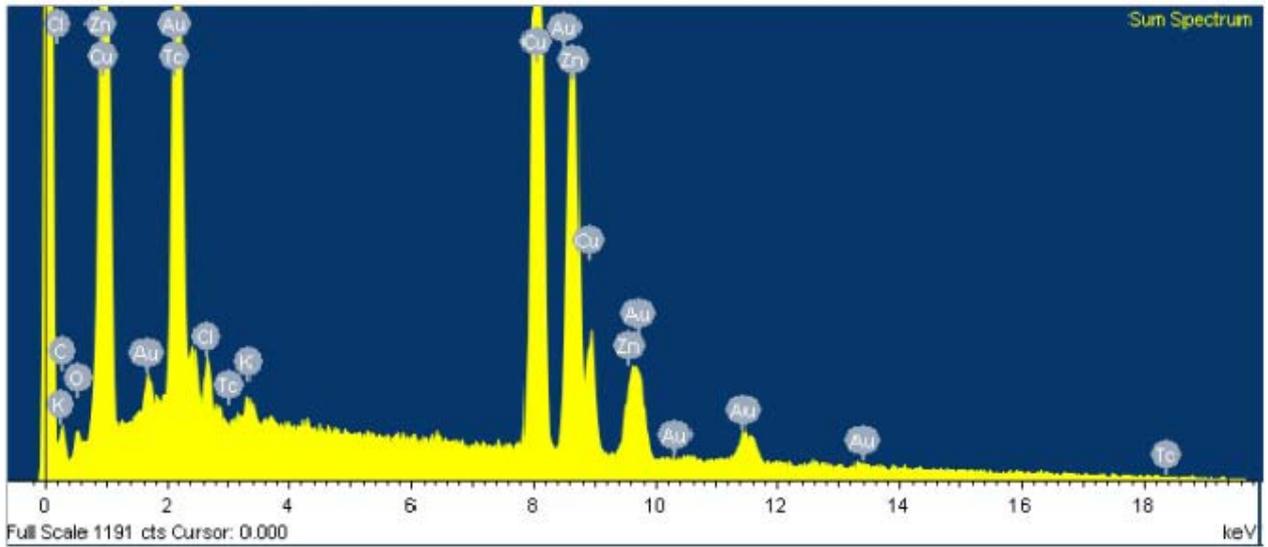


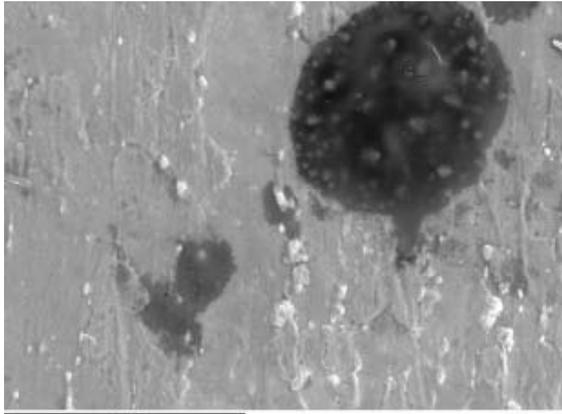
M005 Proyectil



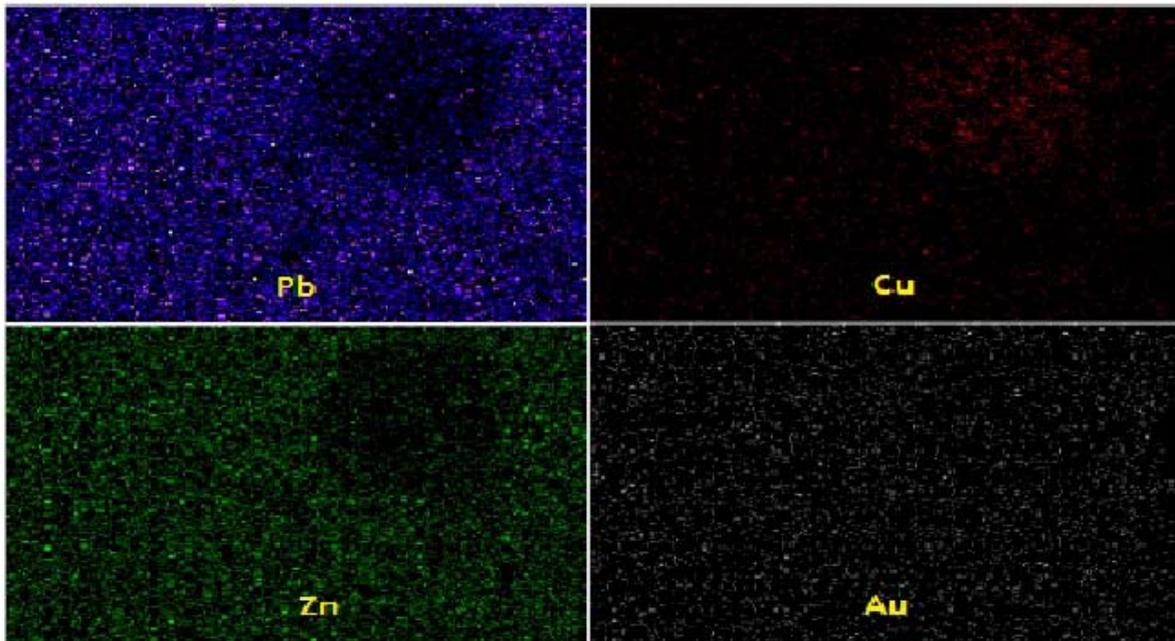
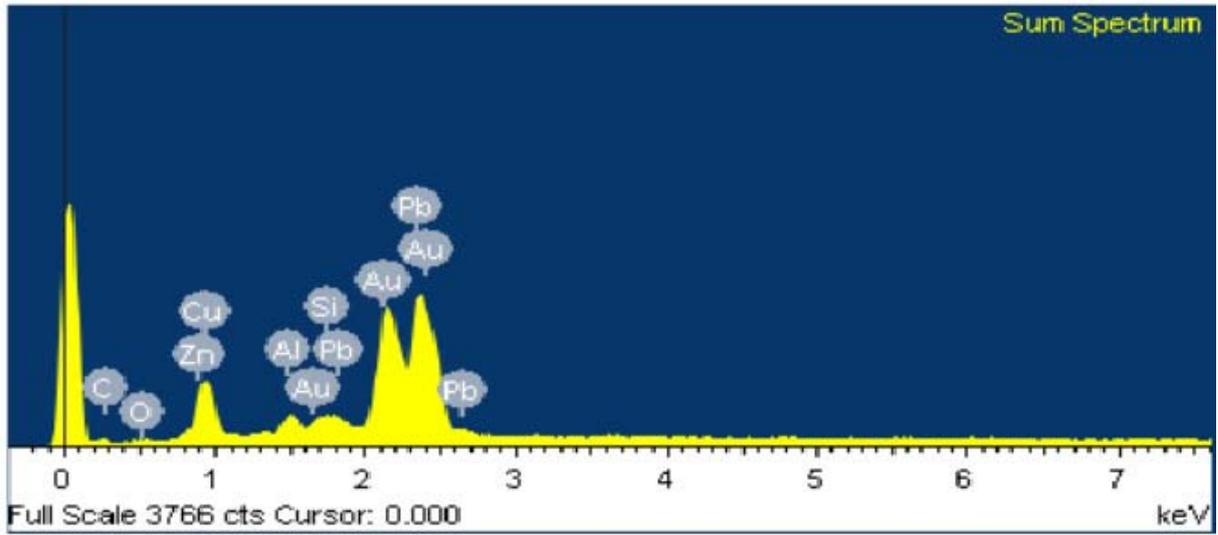


P006 Projectil

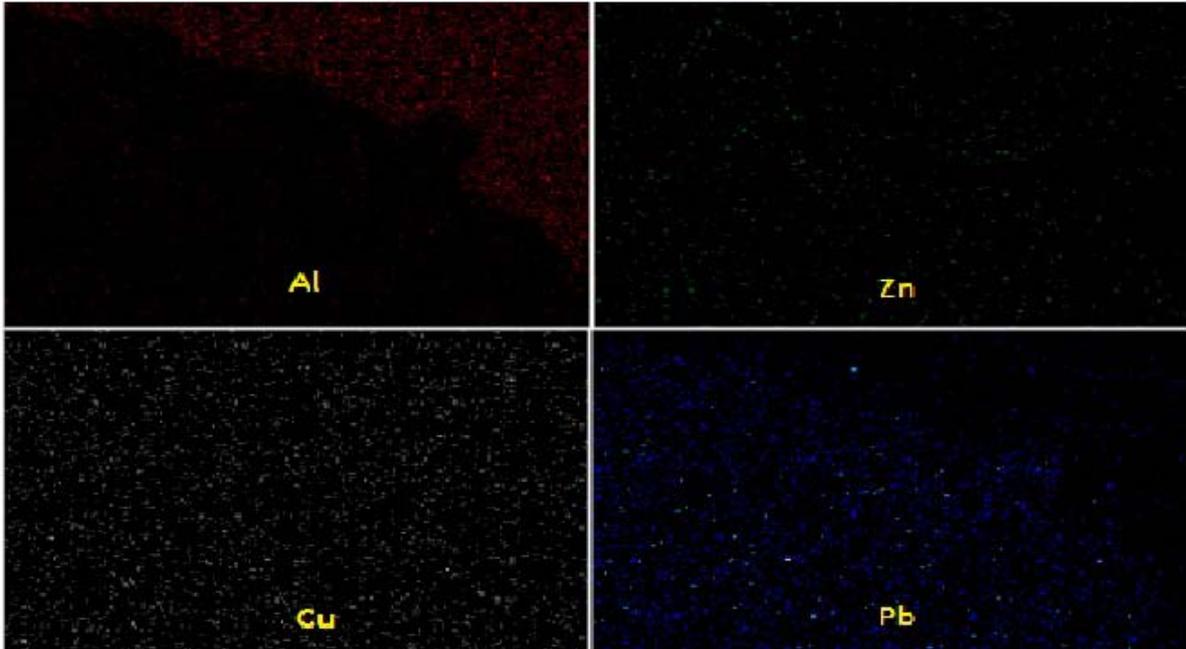
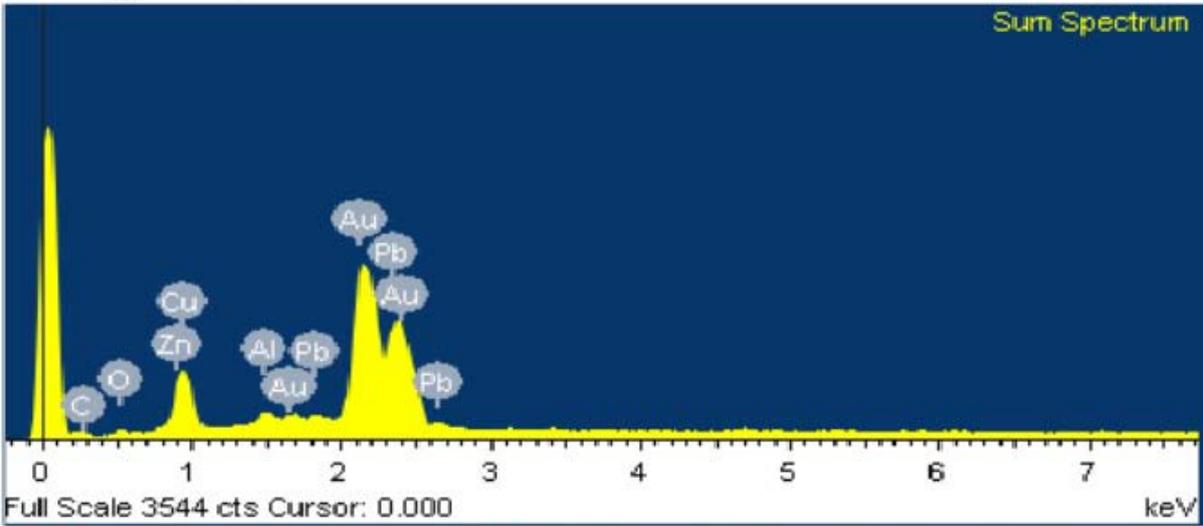
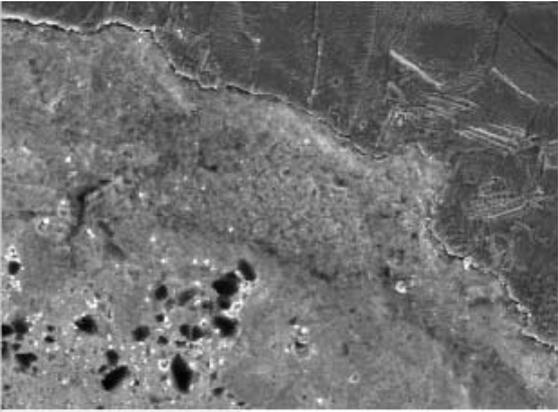


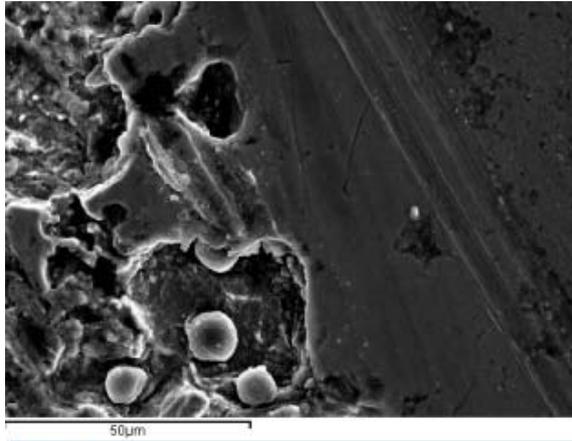


P007 Projecitl

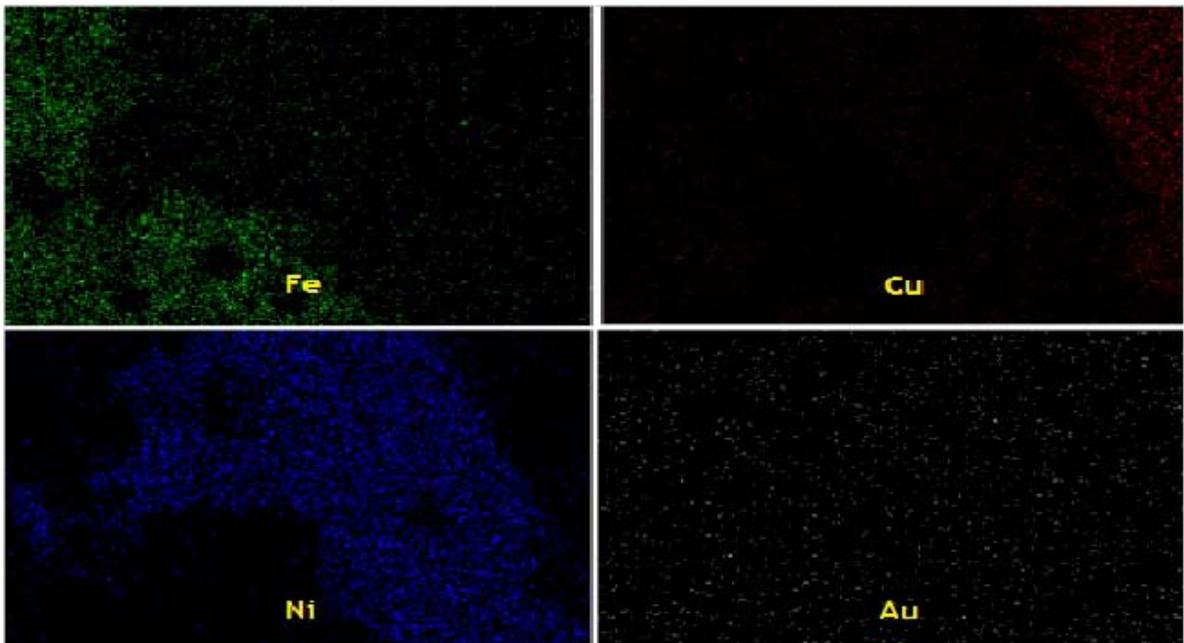
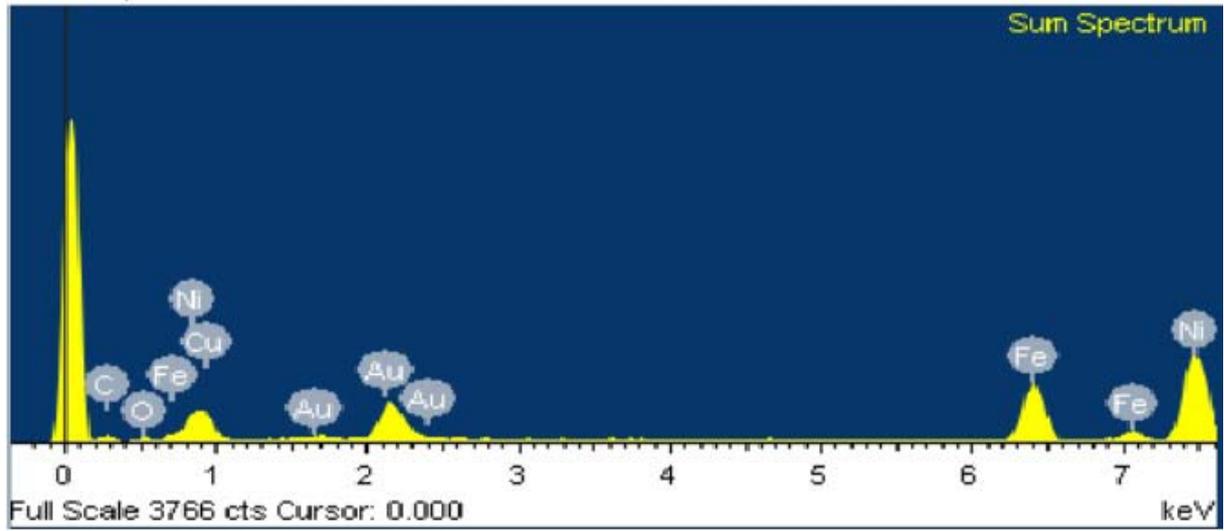


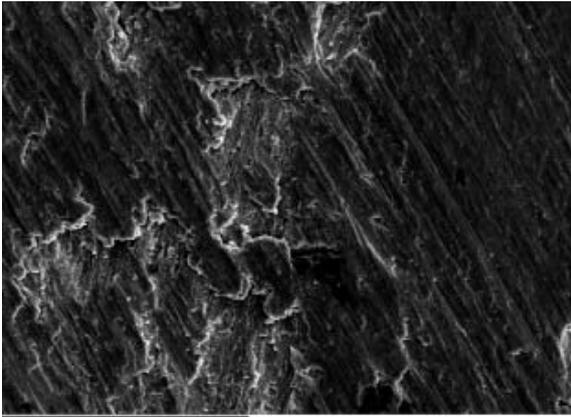
P008 Projecatil



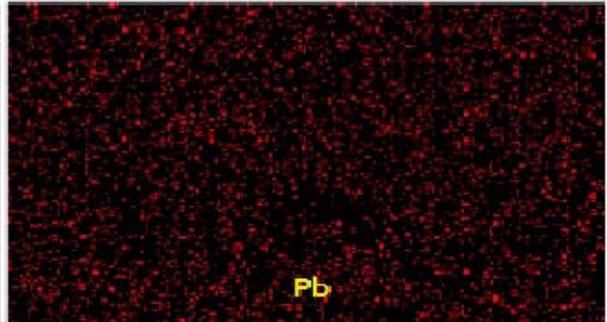
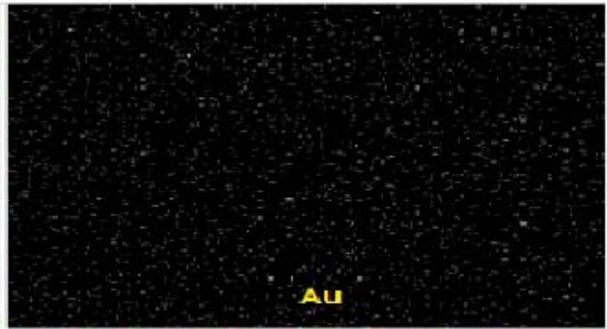
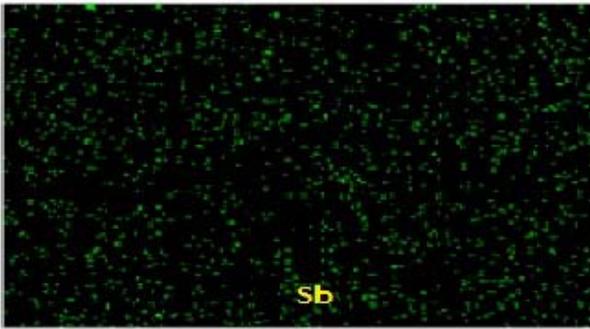
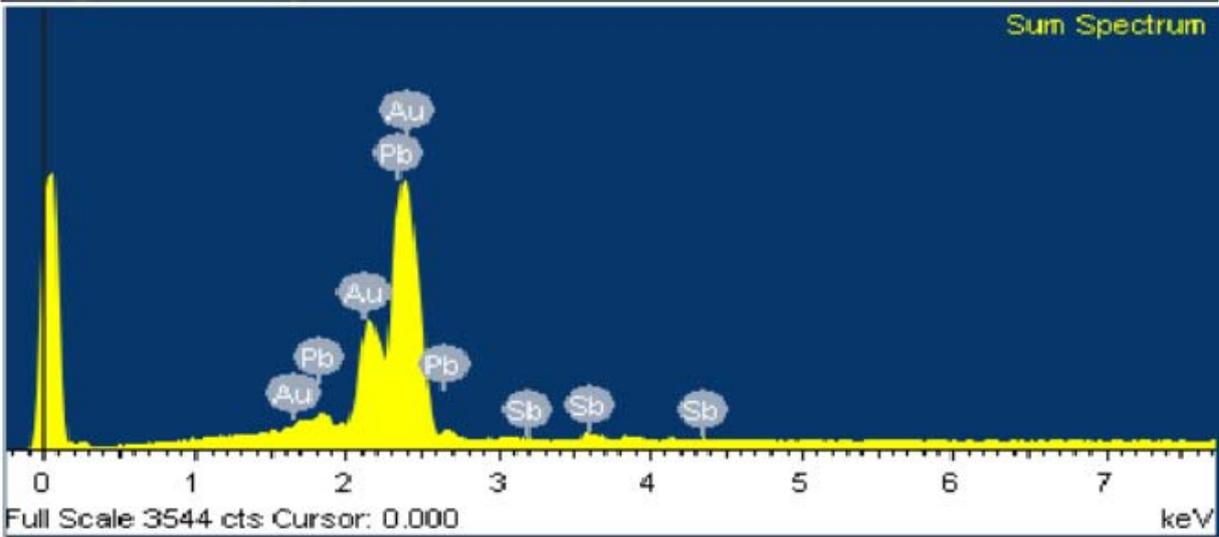


P009 Projectil



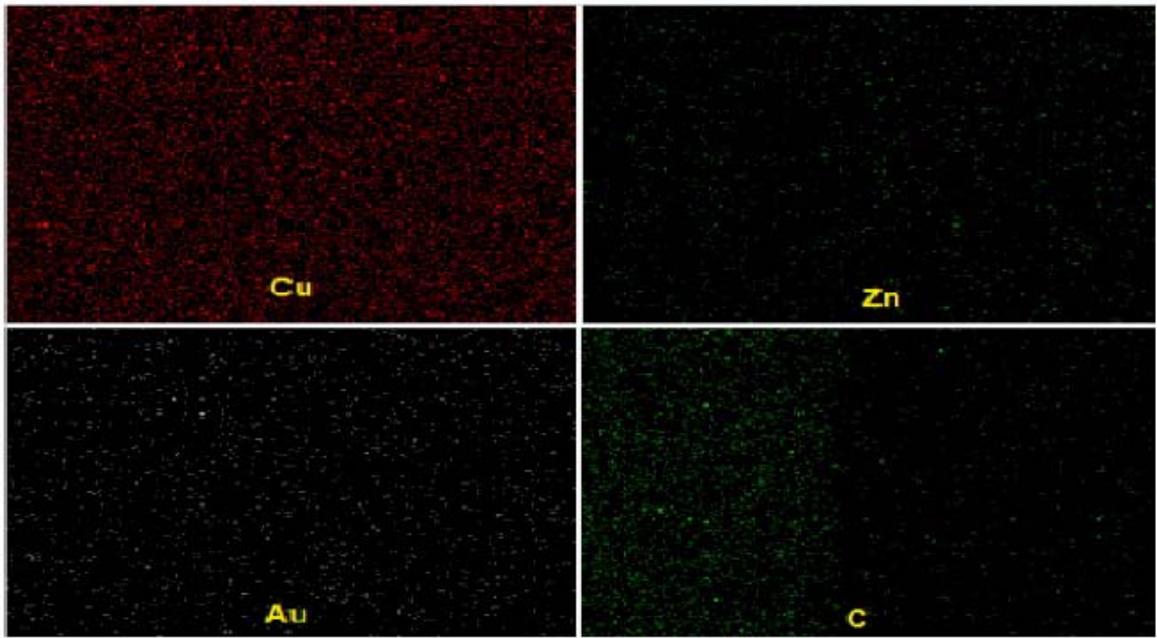
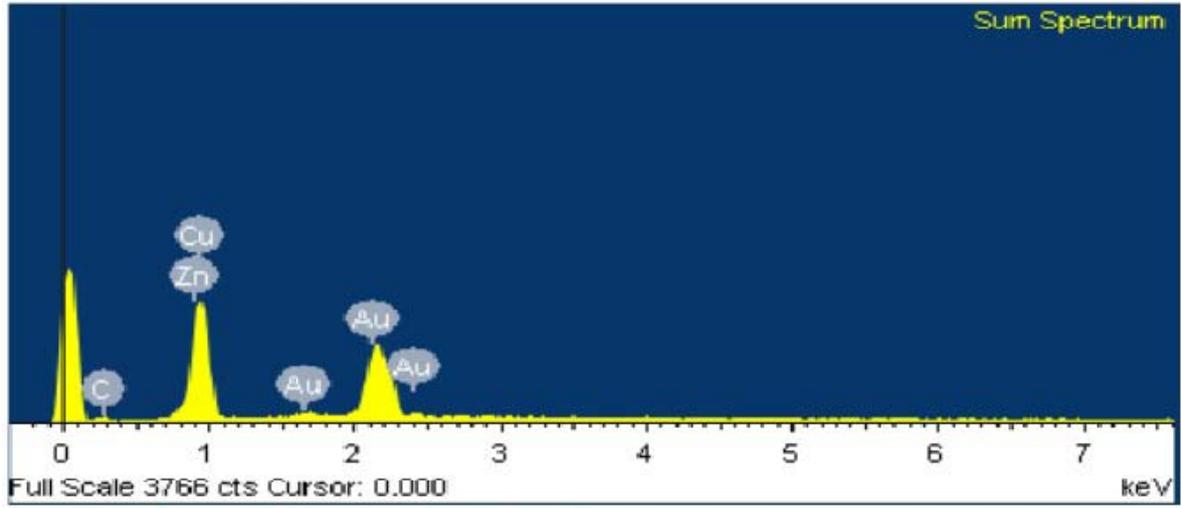


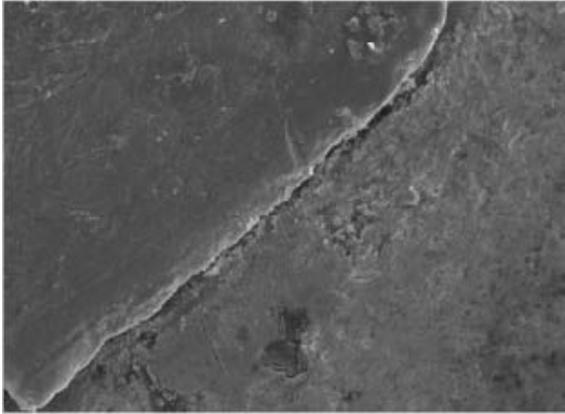
P010 Projectil



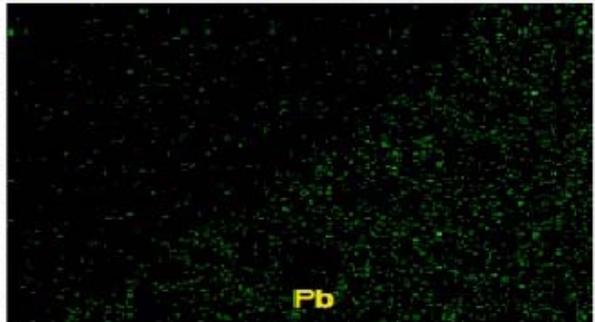
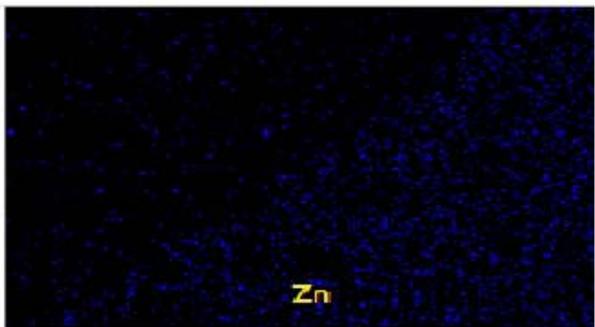
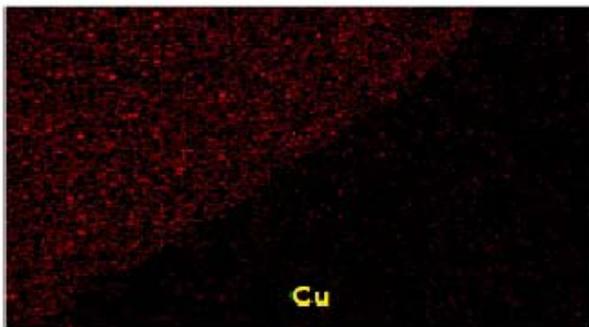
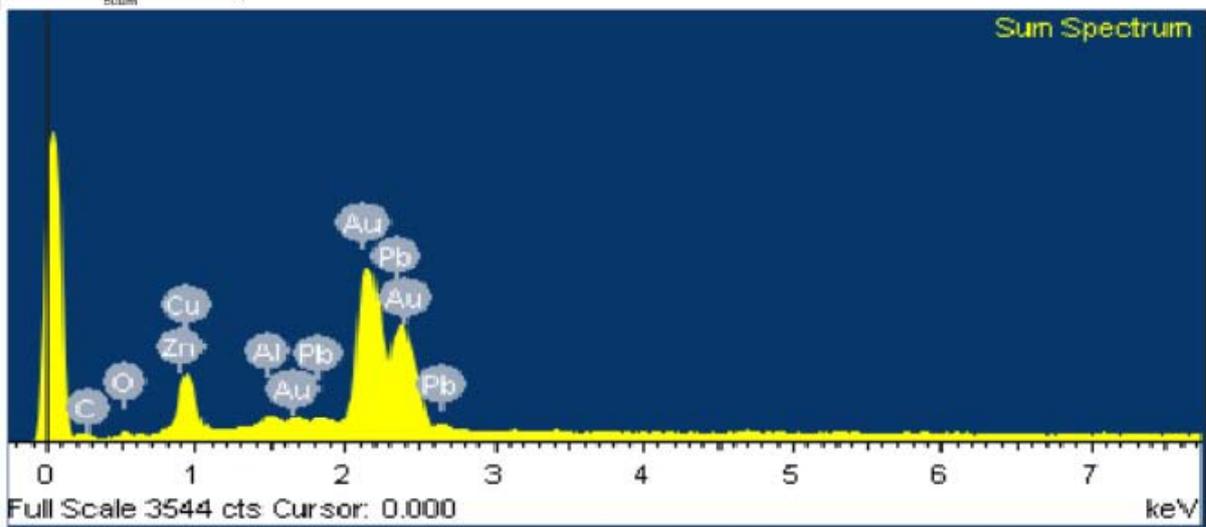


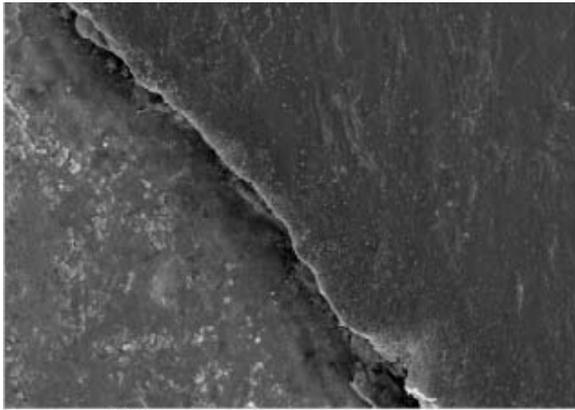
P011 Projectil



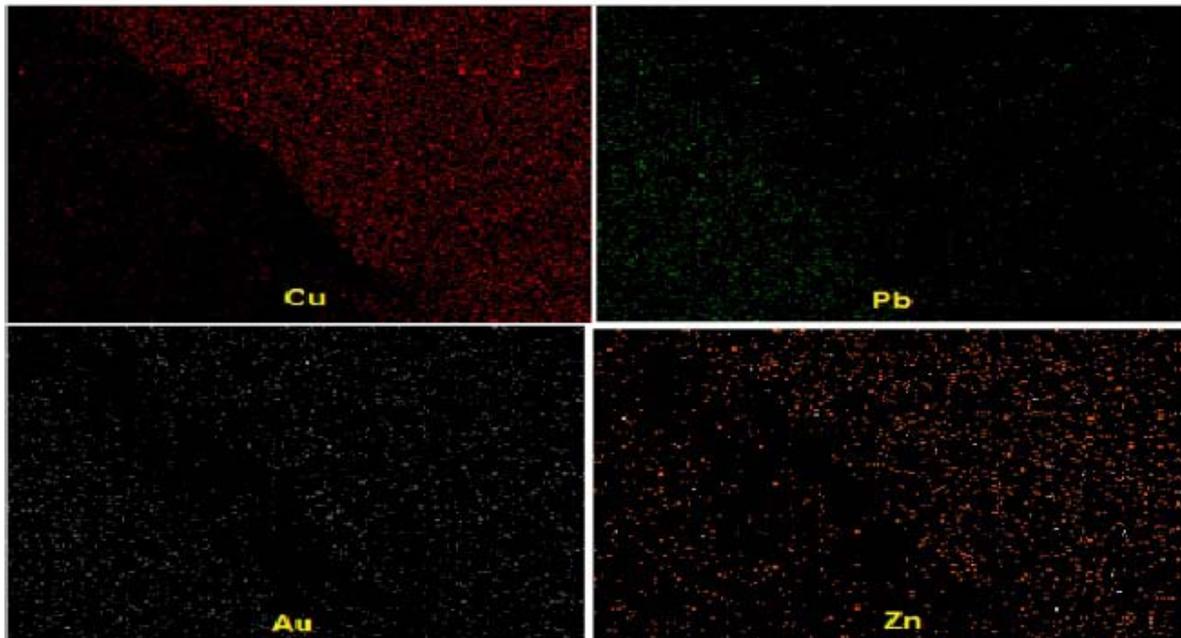
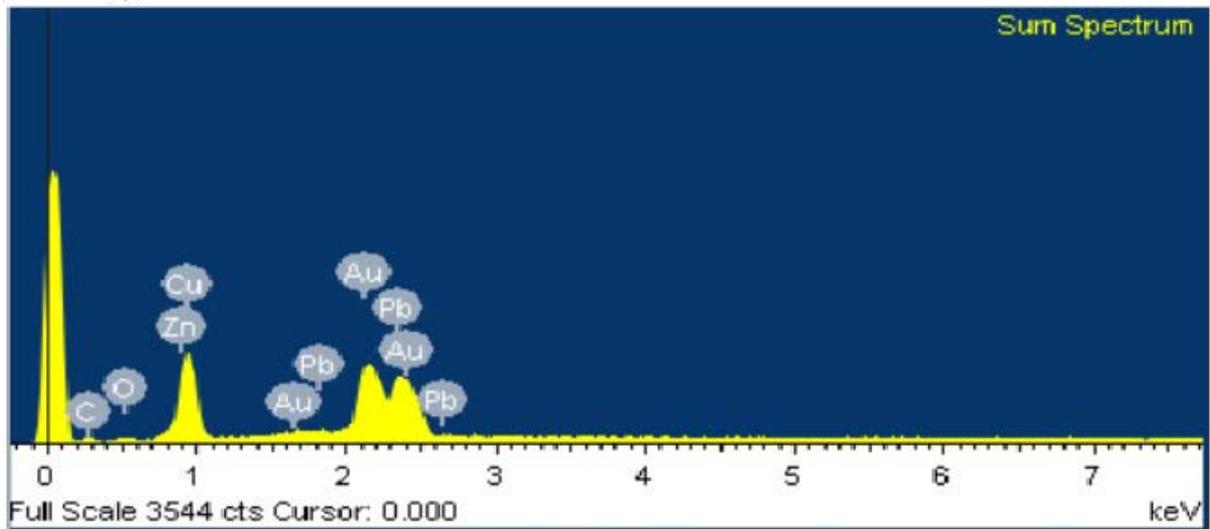


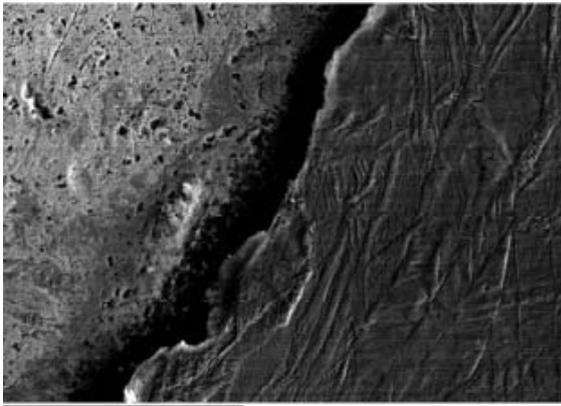
P012 Projectil



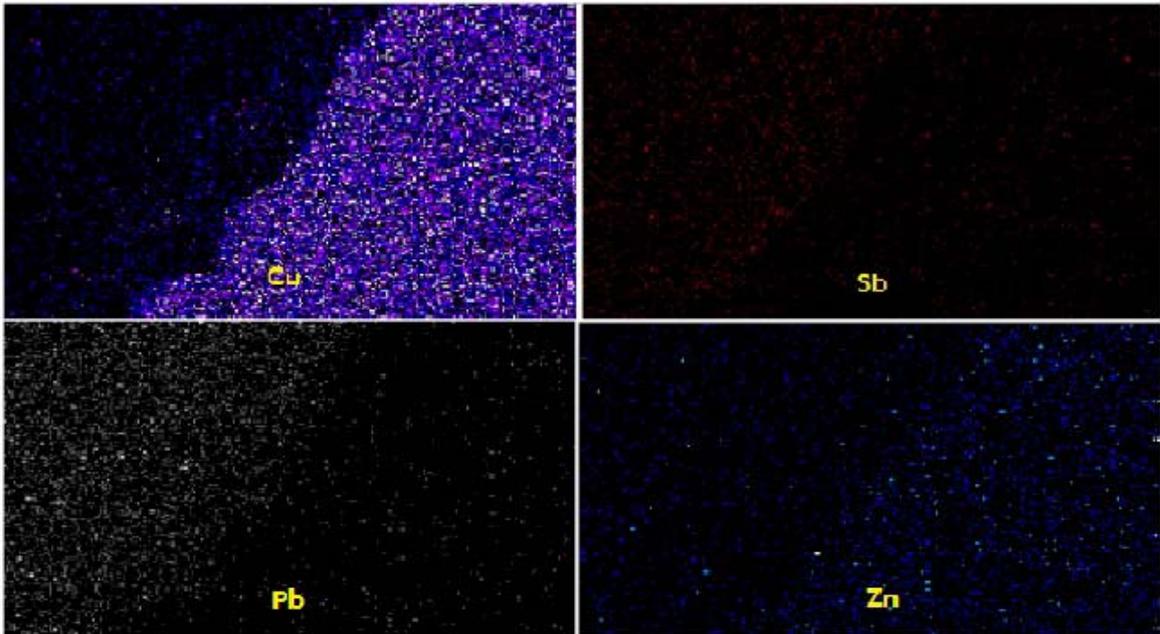
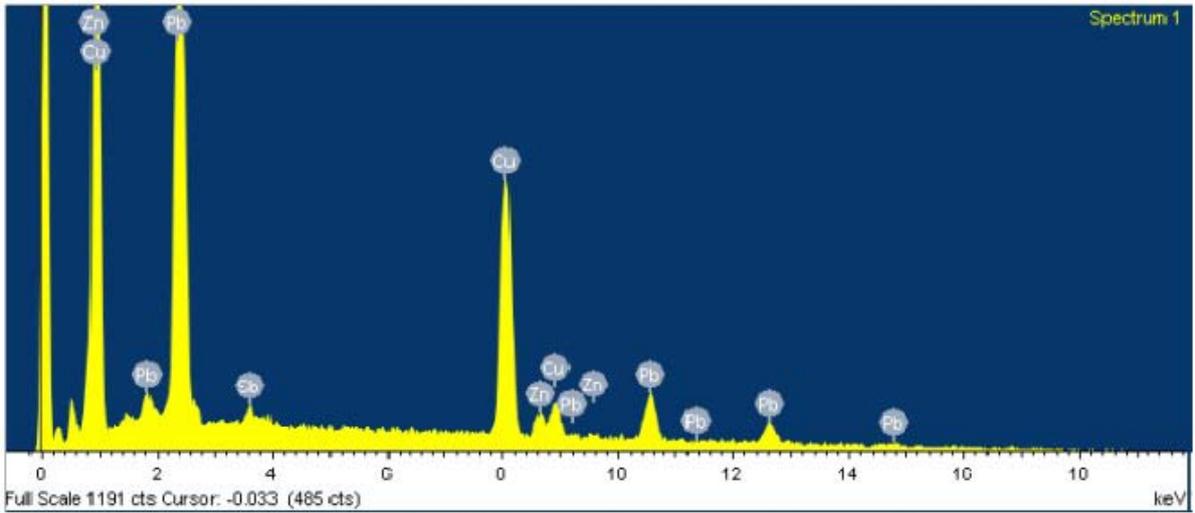


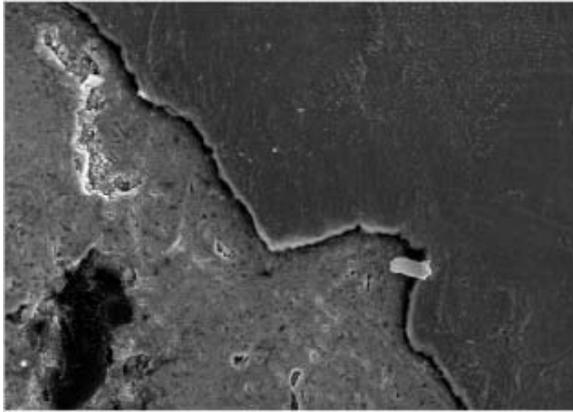
P013 Projectil



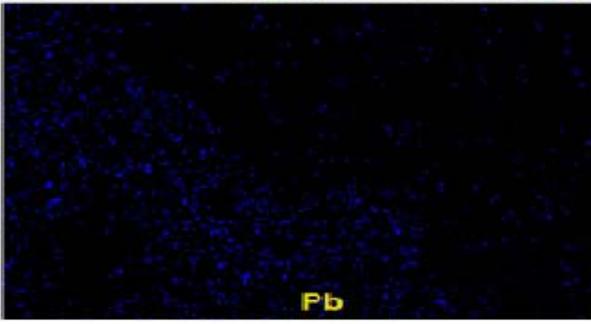
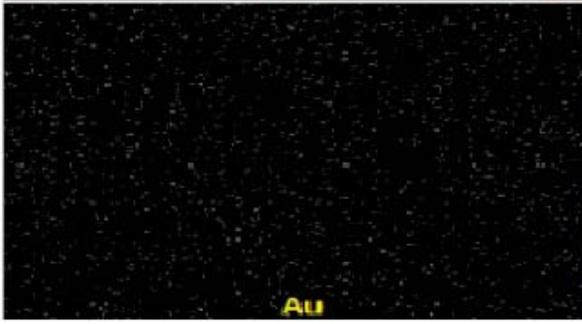
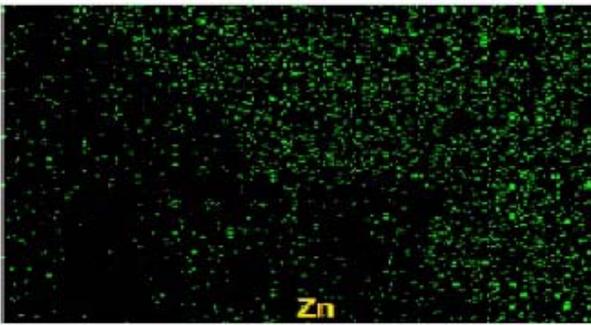
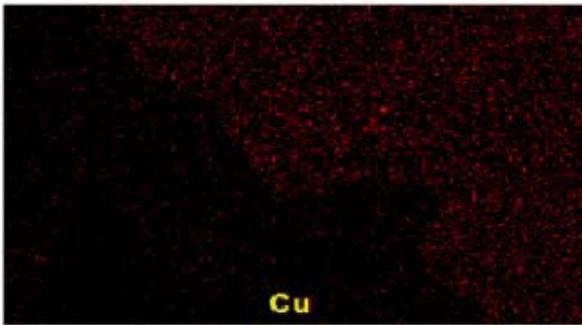
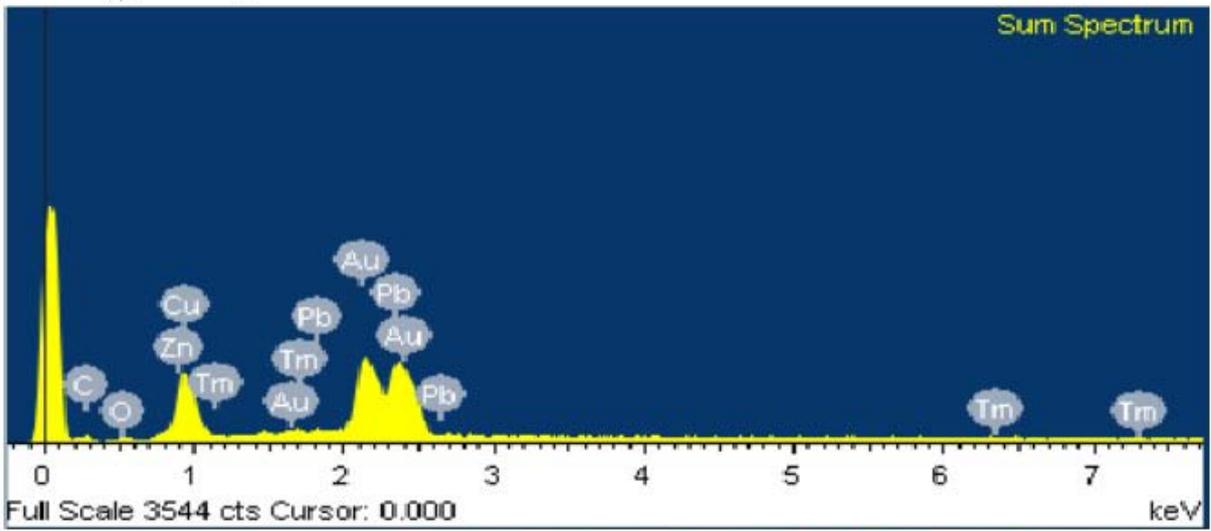


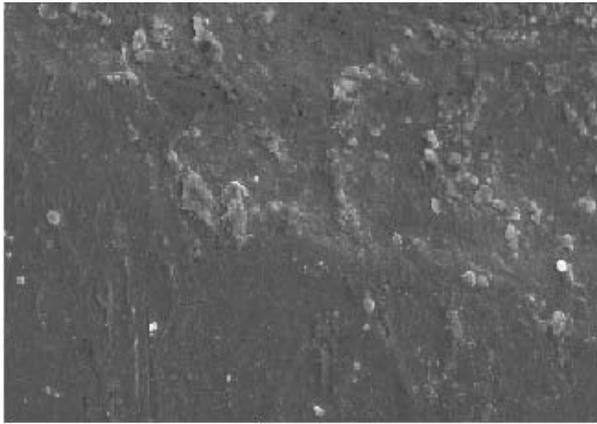
P014 Proyectoil



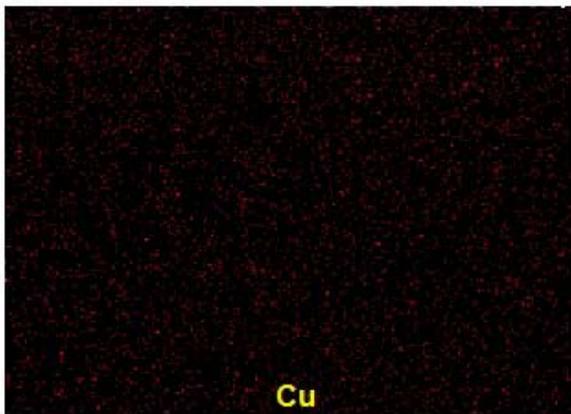
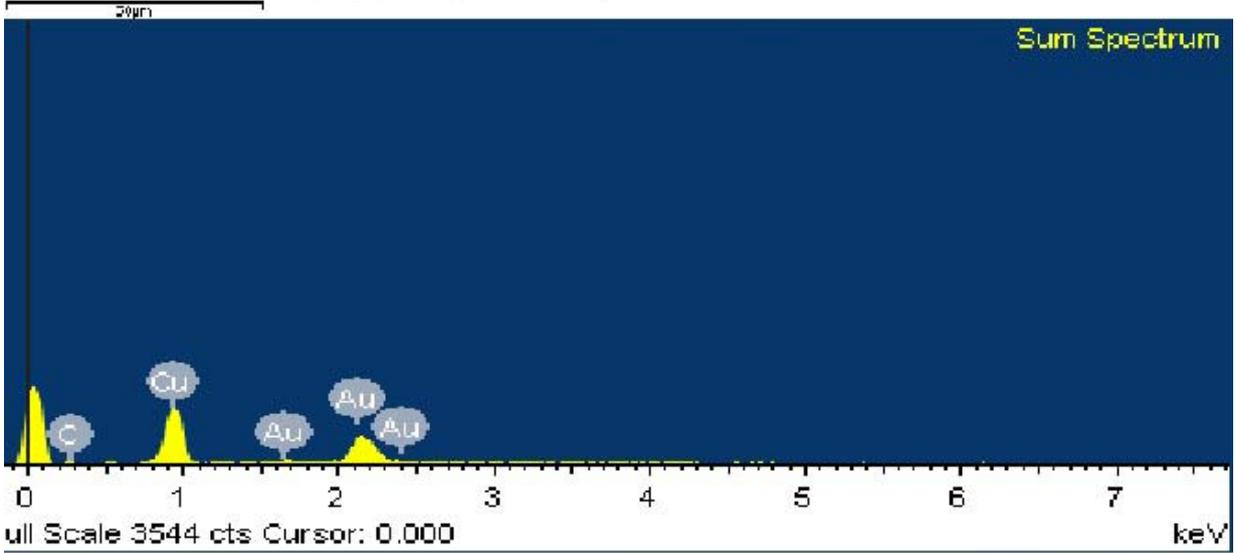


P015 Proyectoil

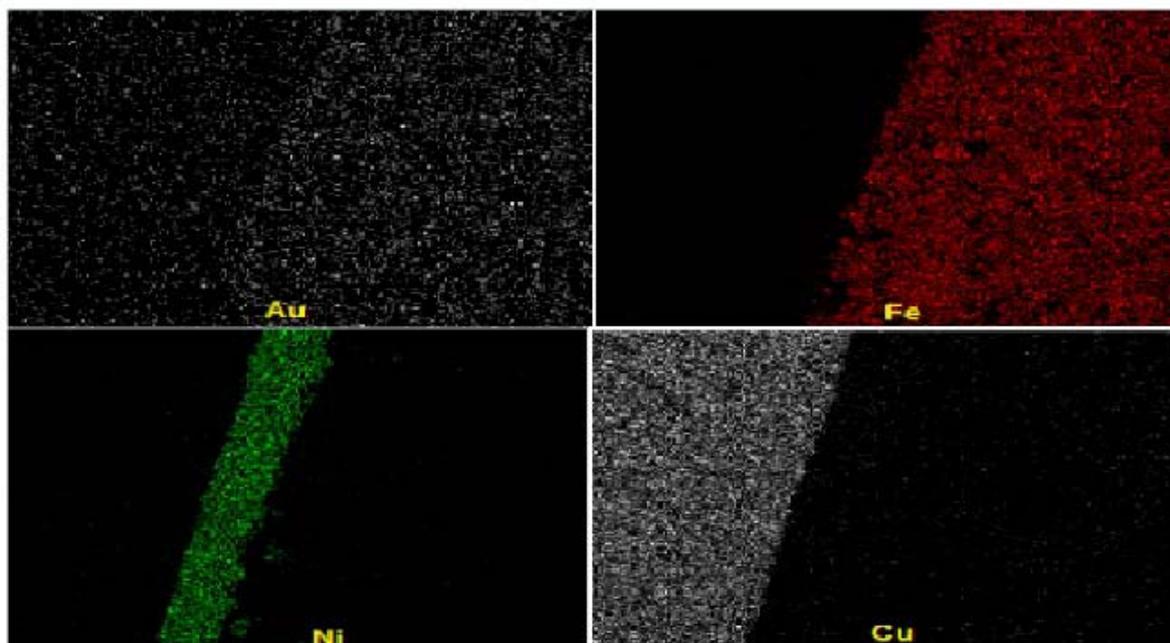
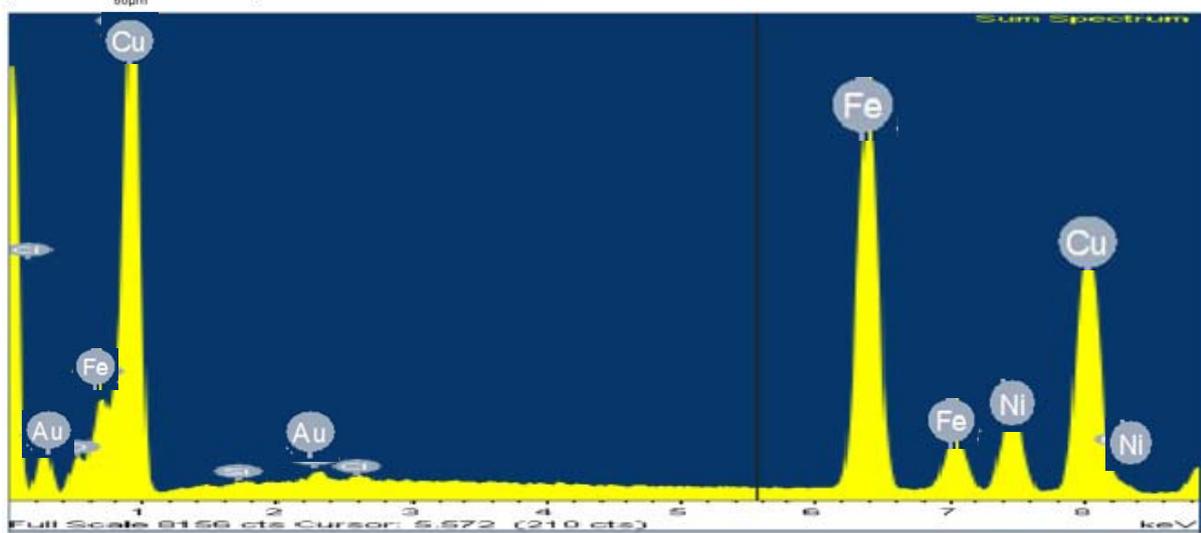
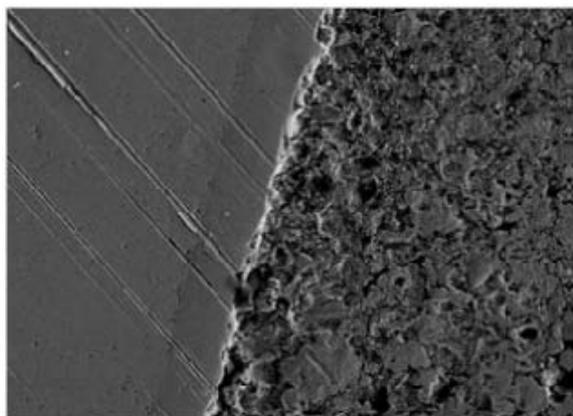


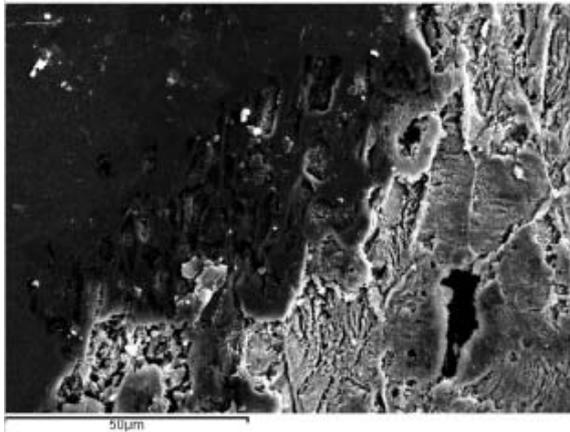


P016 Proyectil

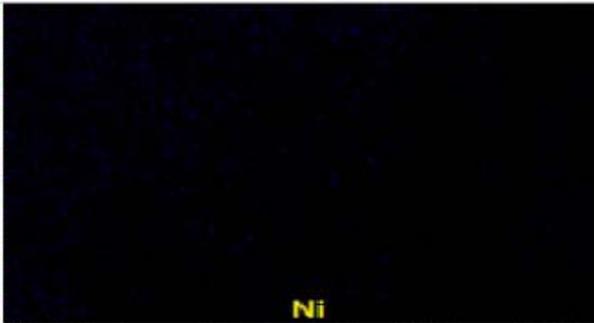
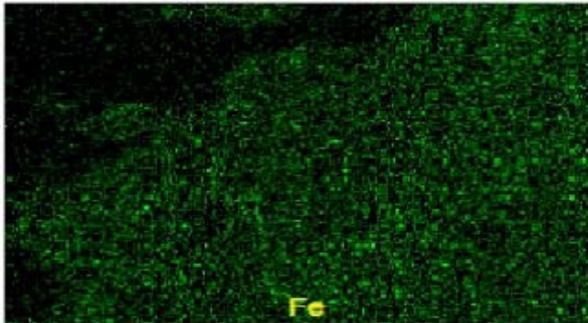
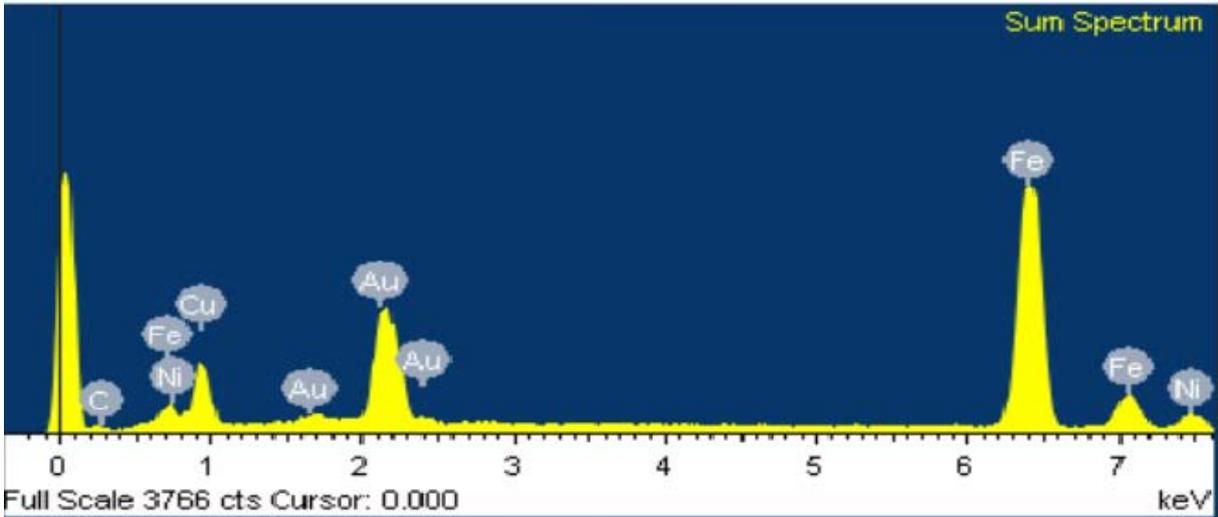


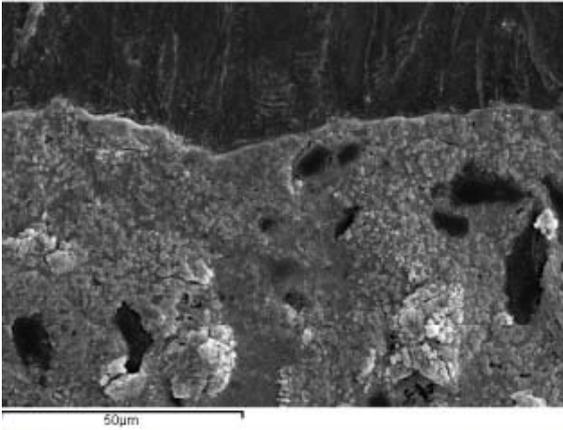
P017 Projectil



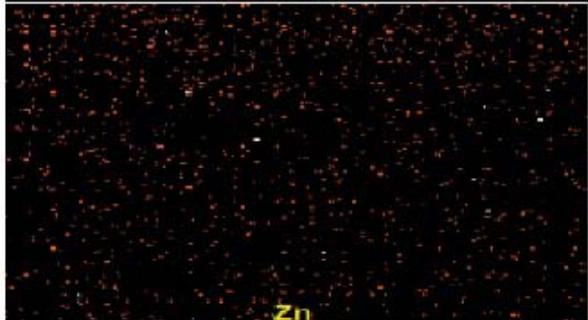
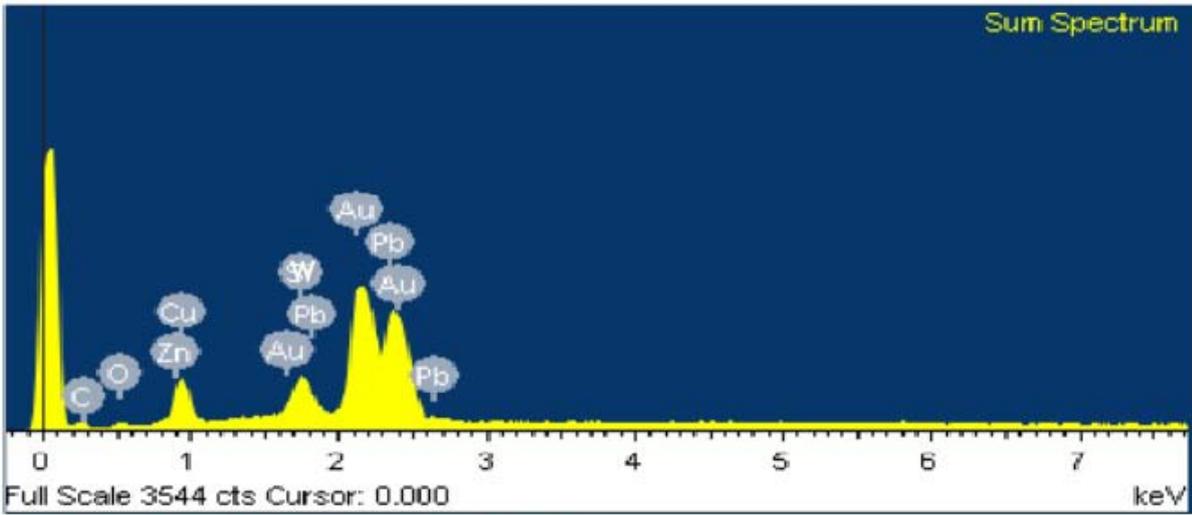


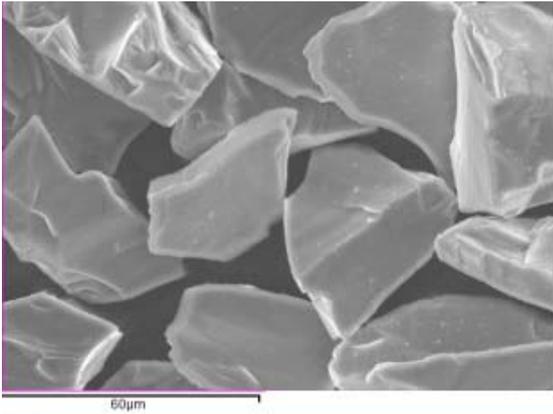
P018 Proyectoil



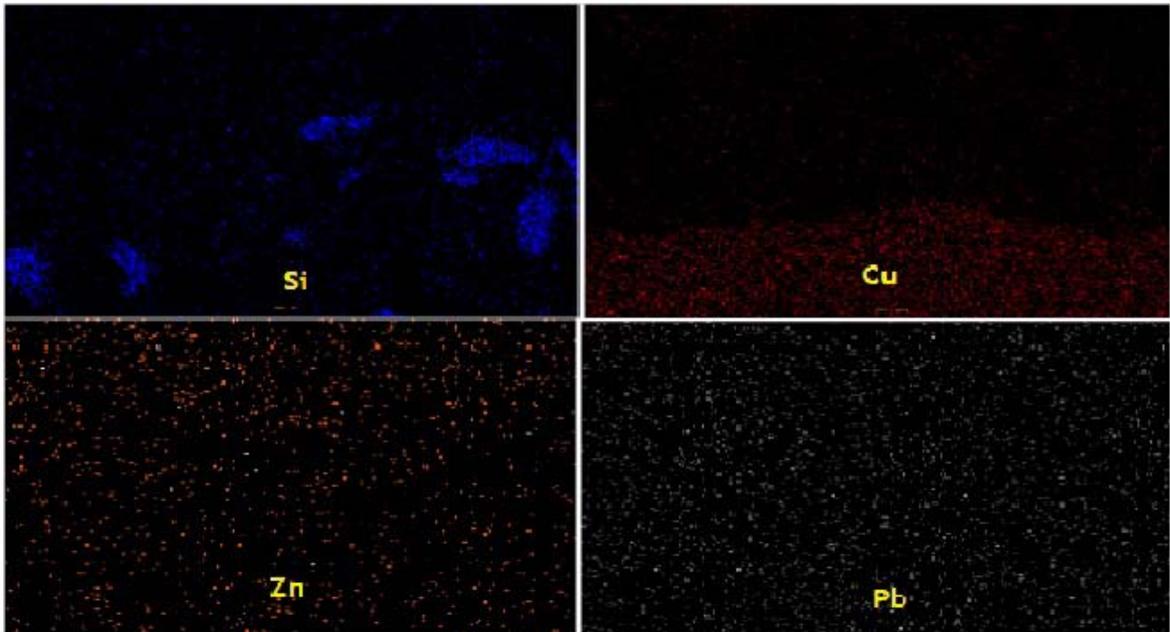
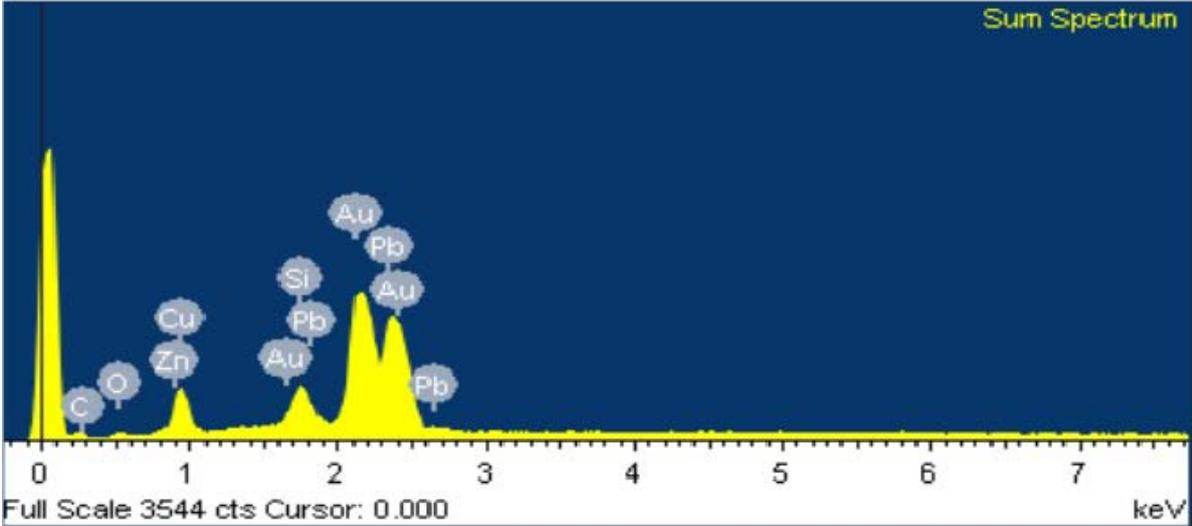


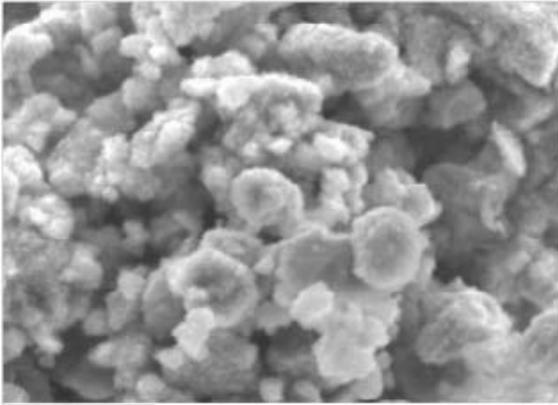
P019 Projectil



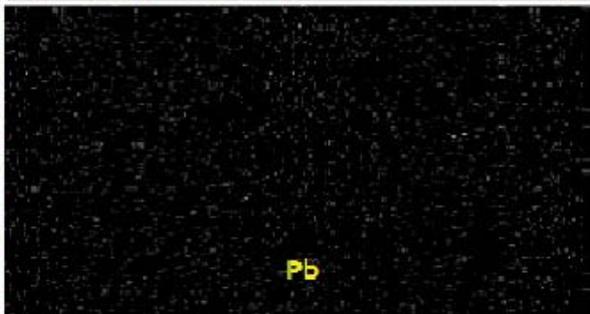
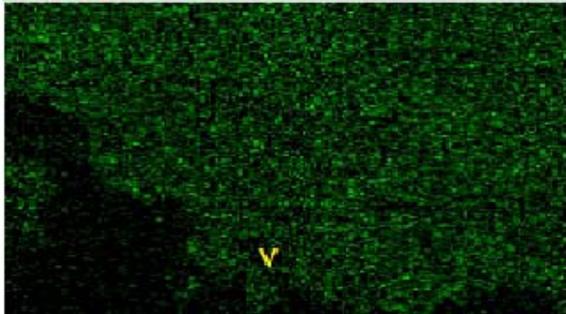
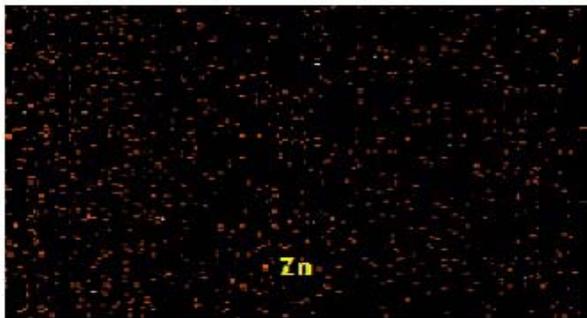
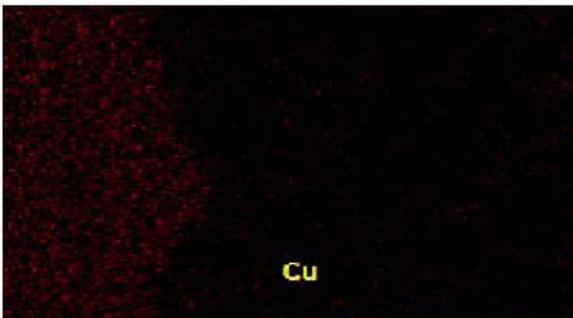
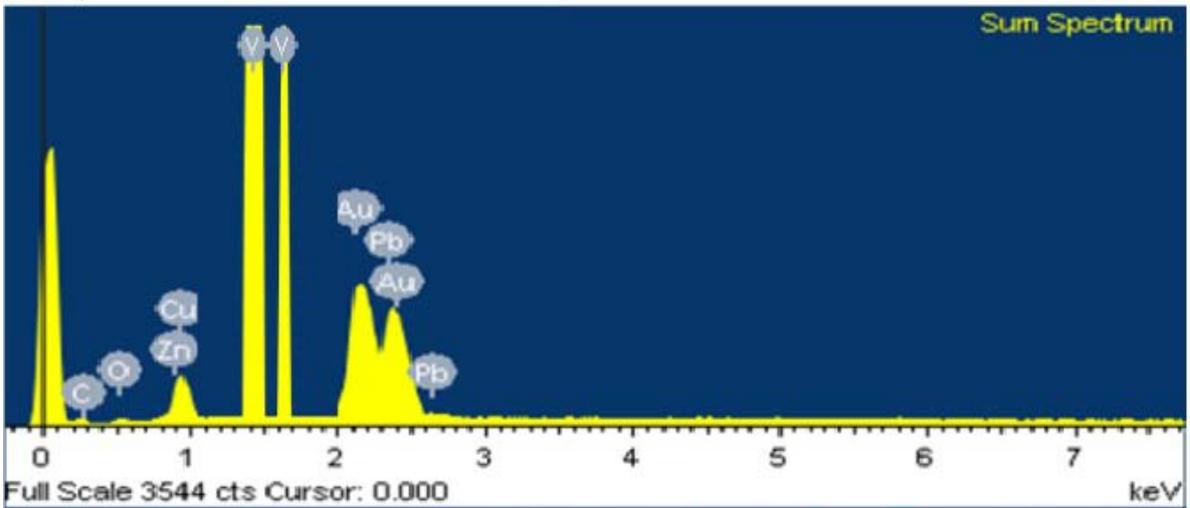


P020 Projectil

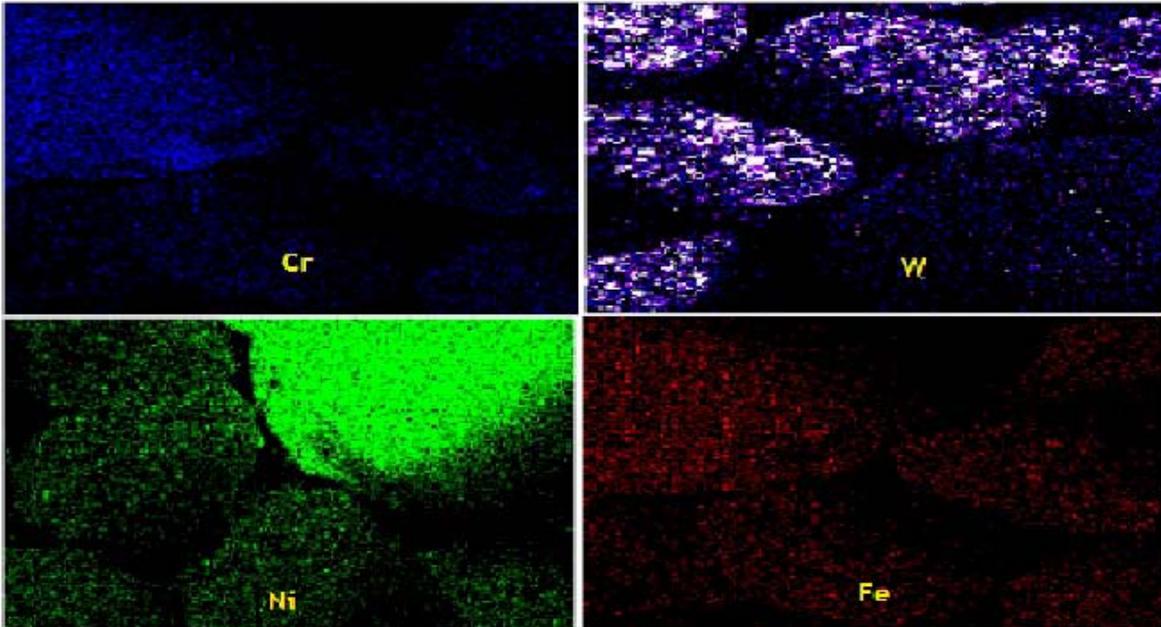
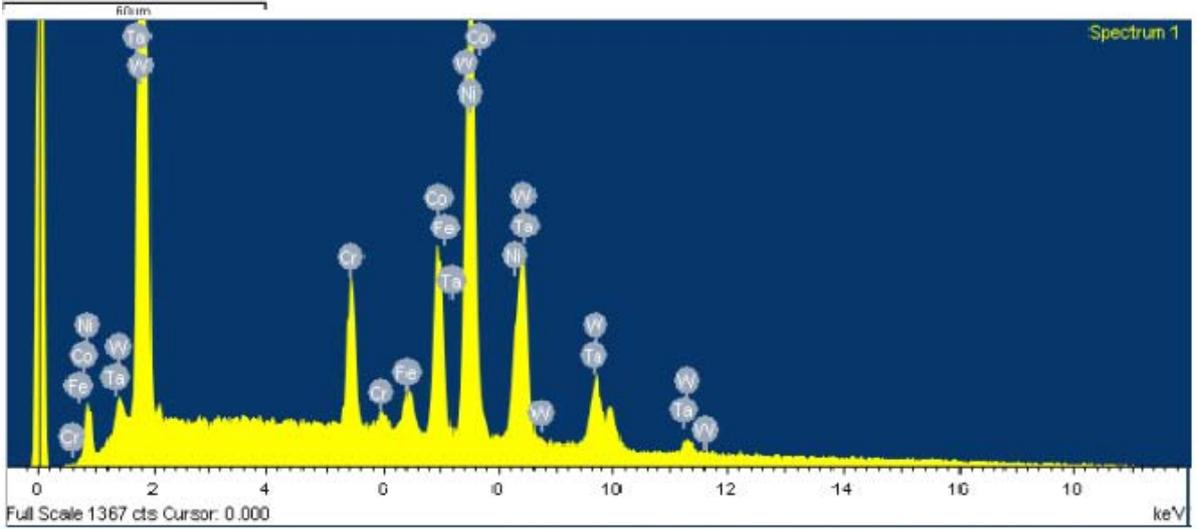
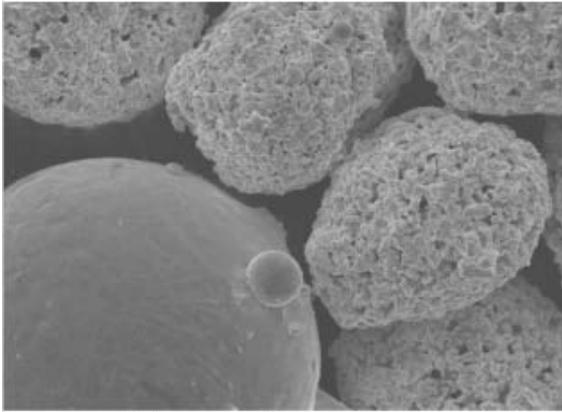




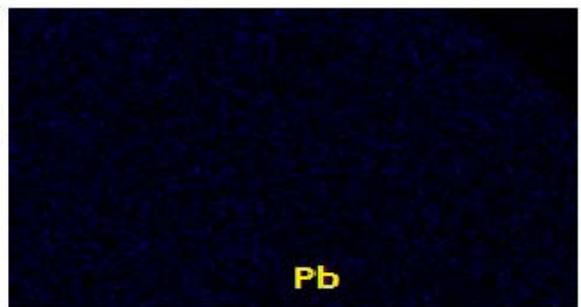
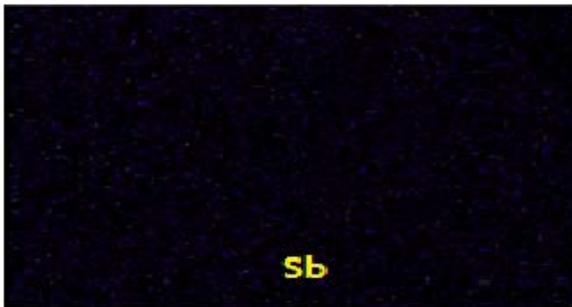
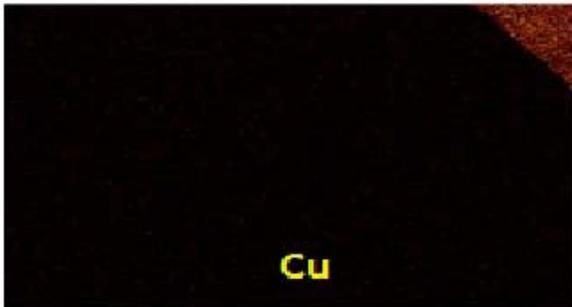
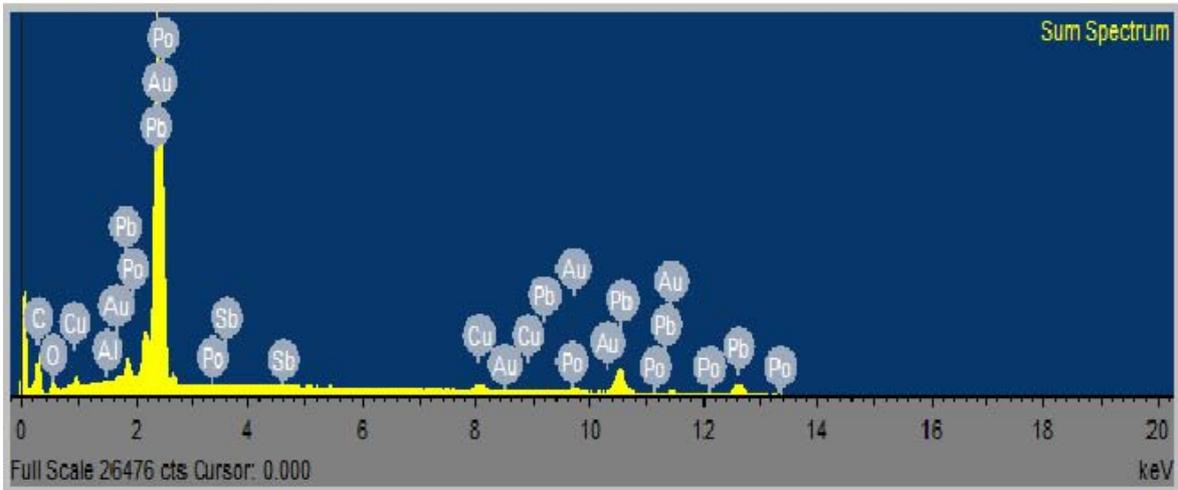
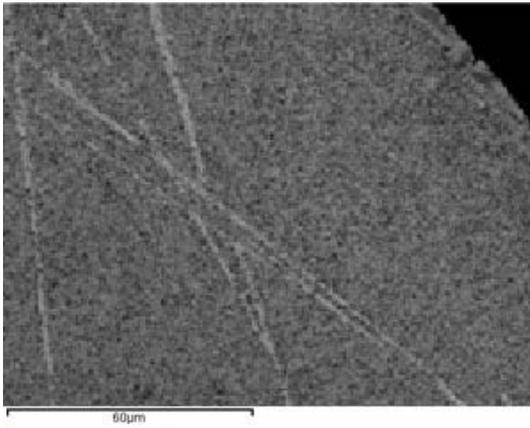
P021 Projectil

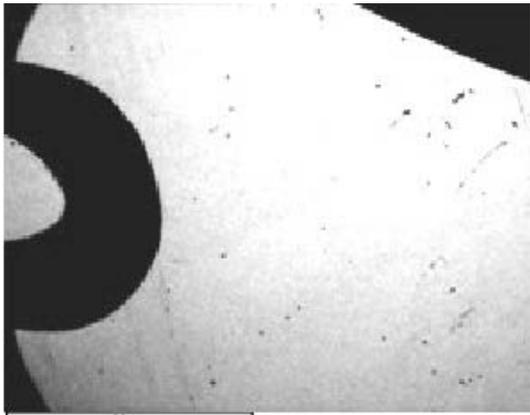


P022 Projecitl

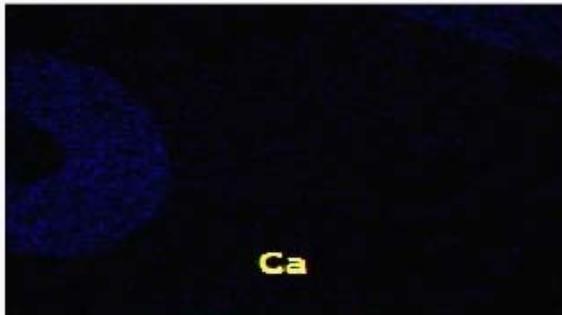
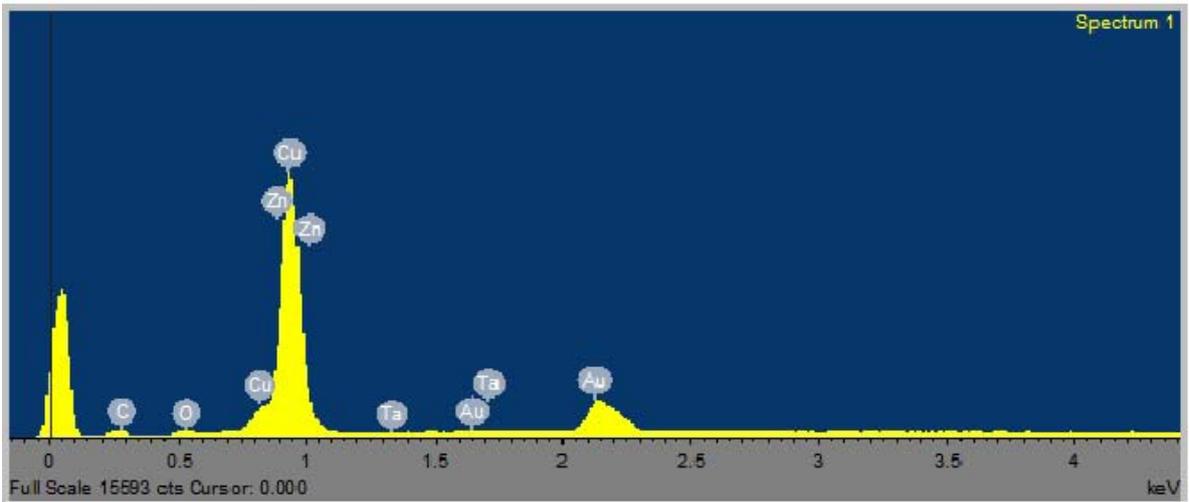


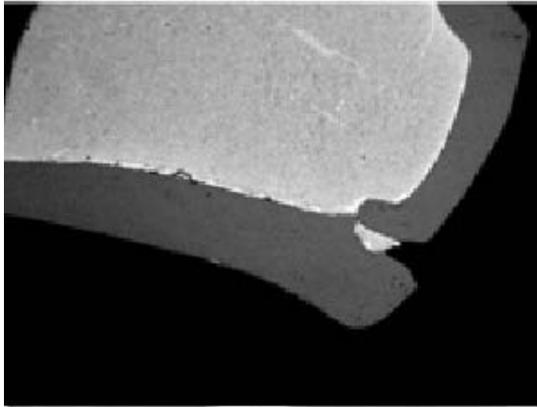
P023 Proyectoil



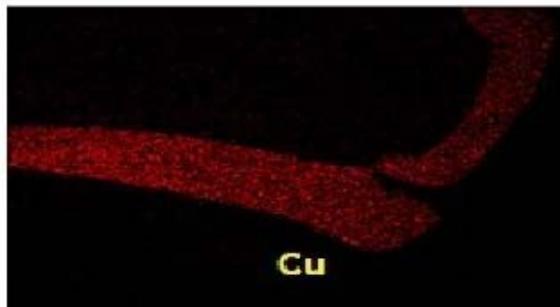
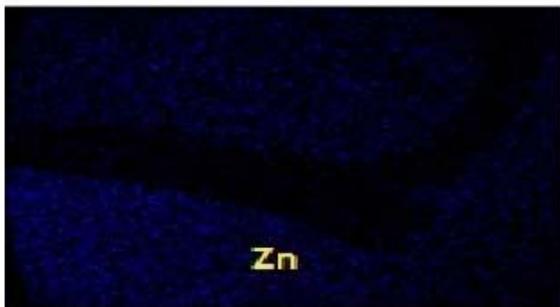
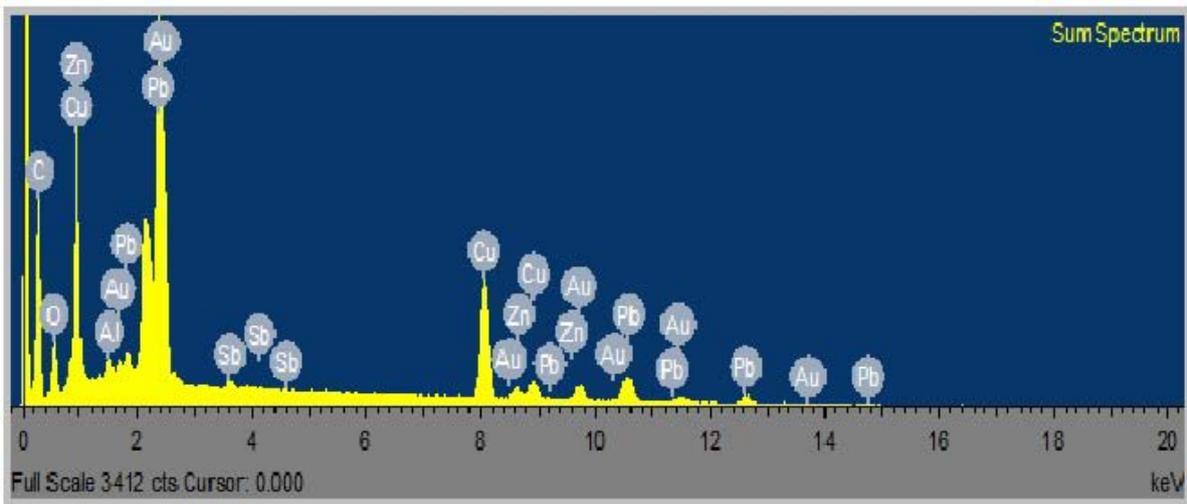


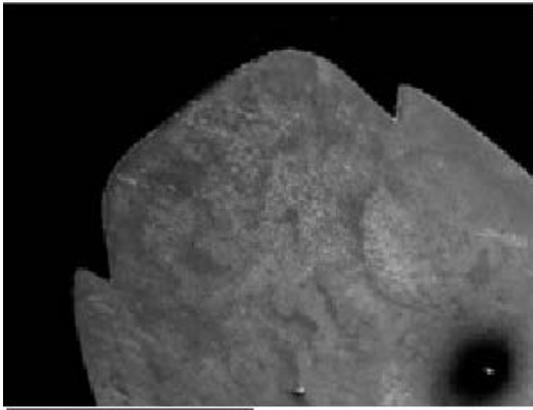
P024 Projectil



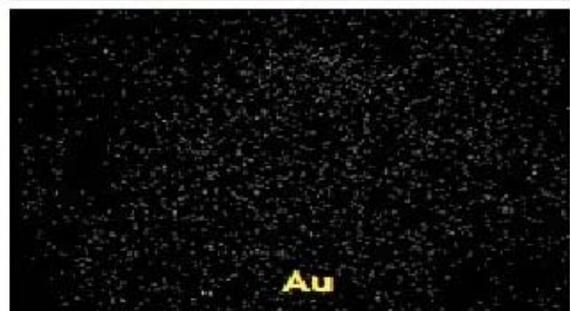
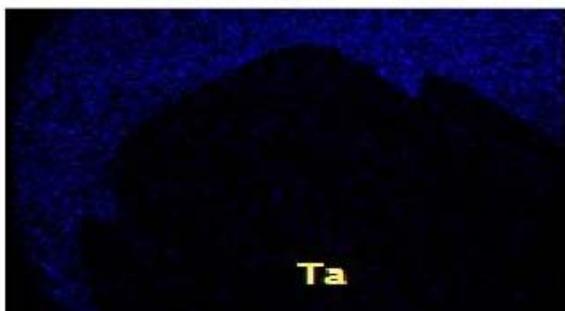
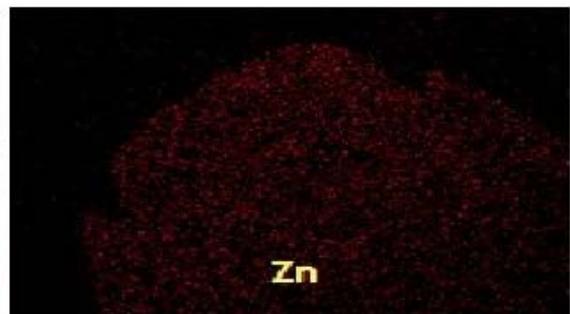
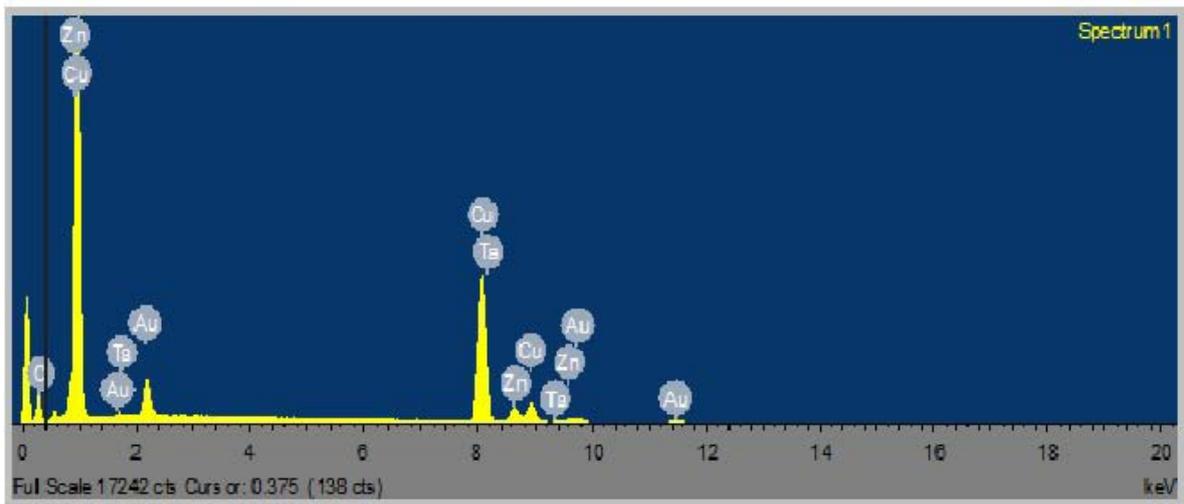


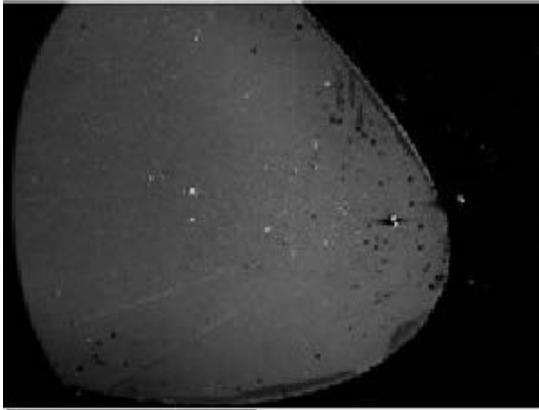
P025 Projectil



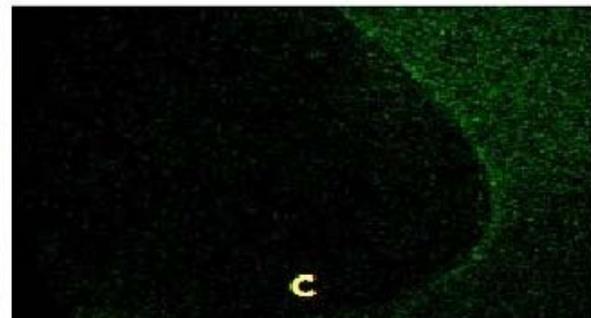
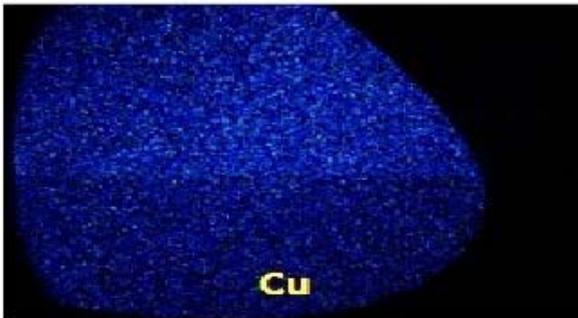
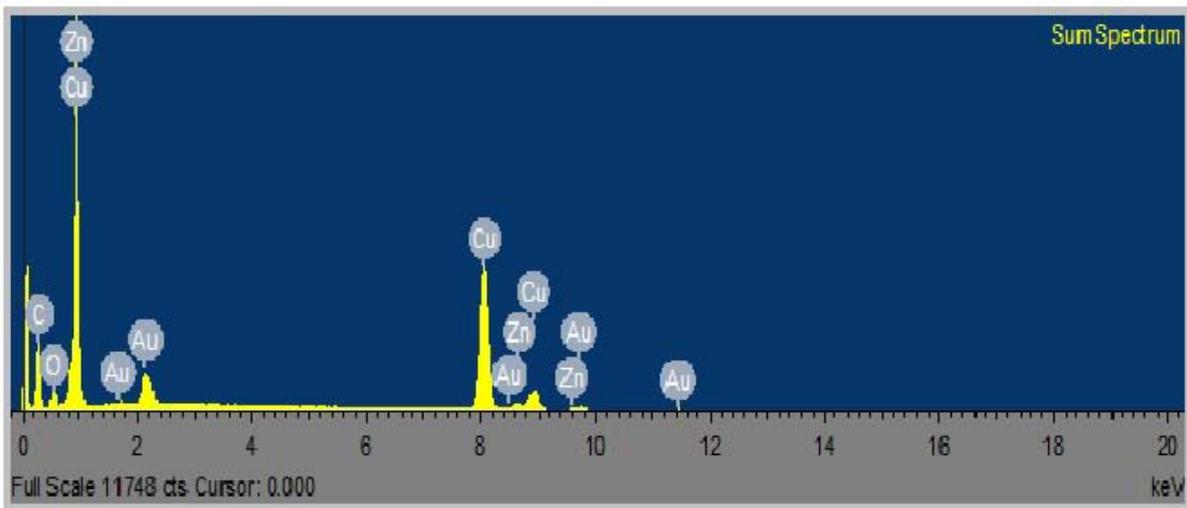


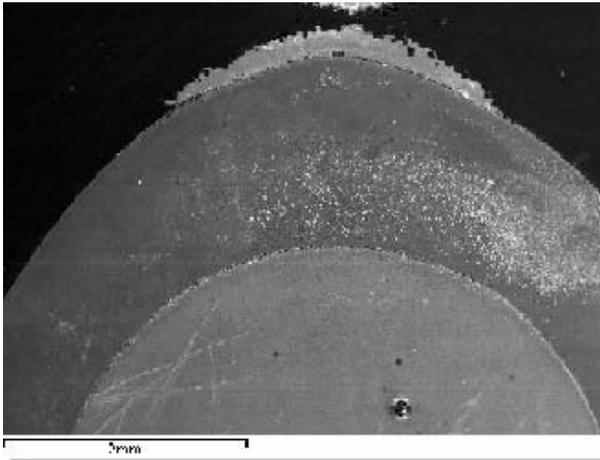
P026 Proyectoil



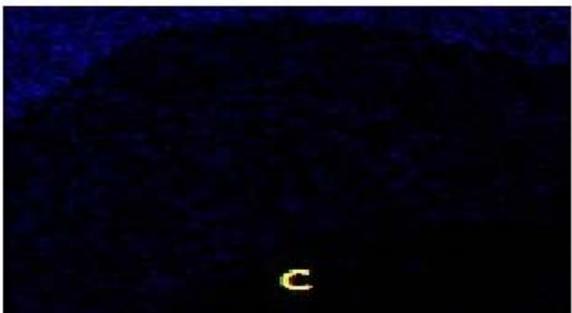
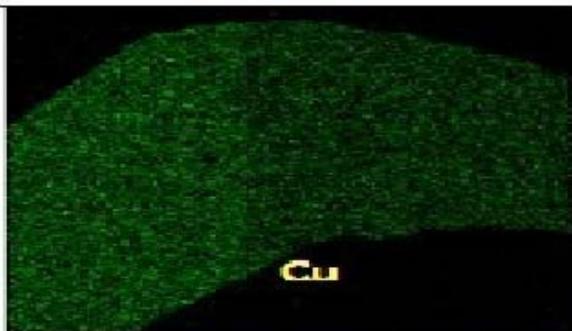
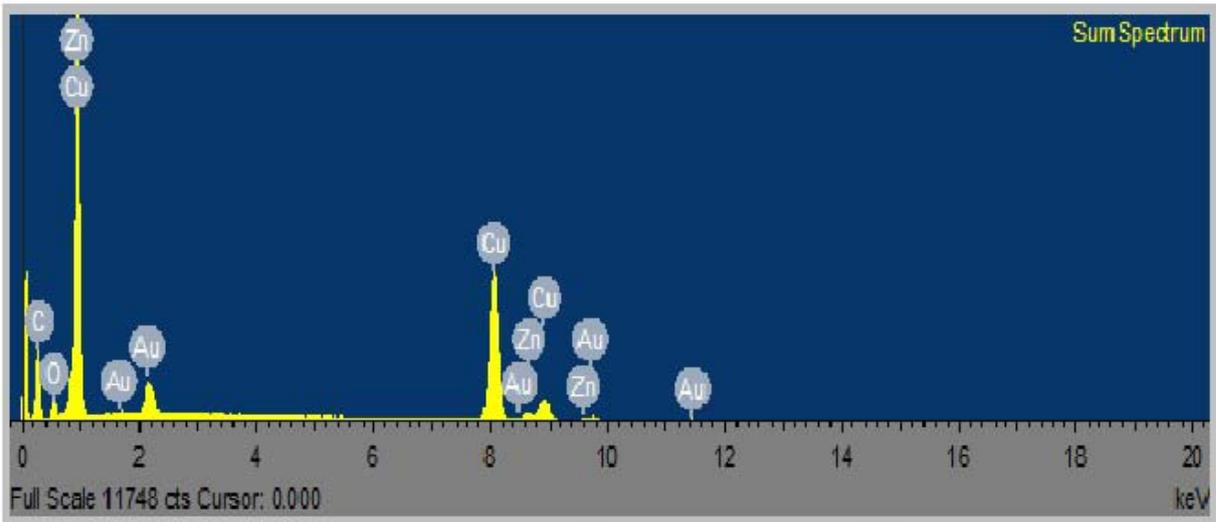


P027 Projectil

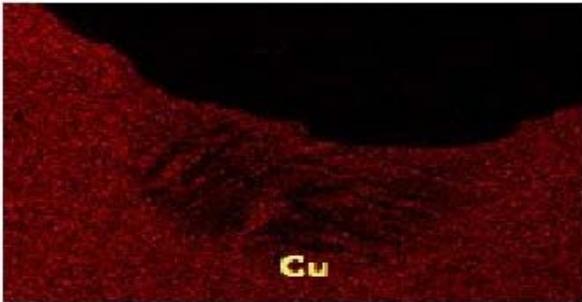
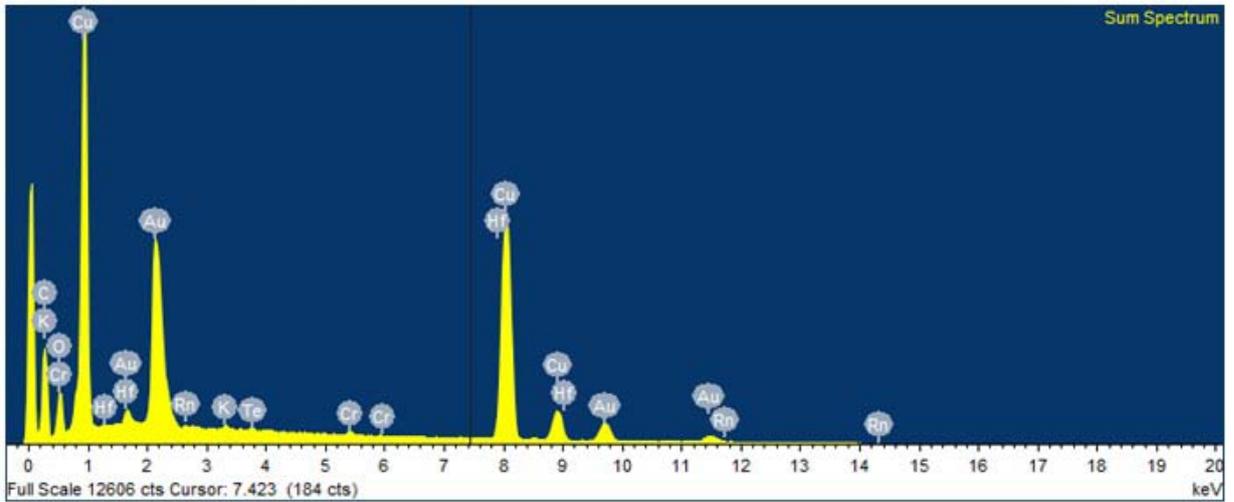


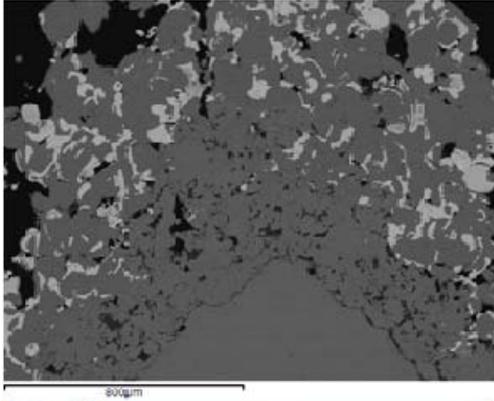


P028 Projectil

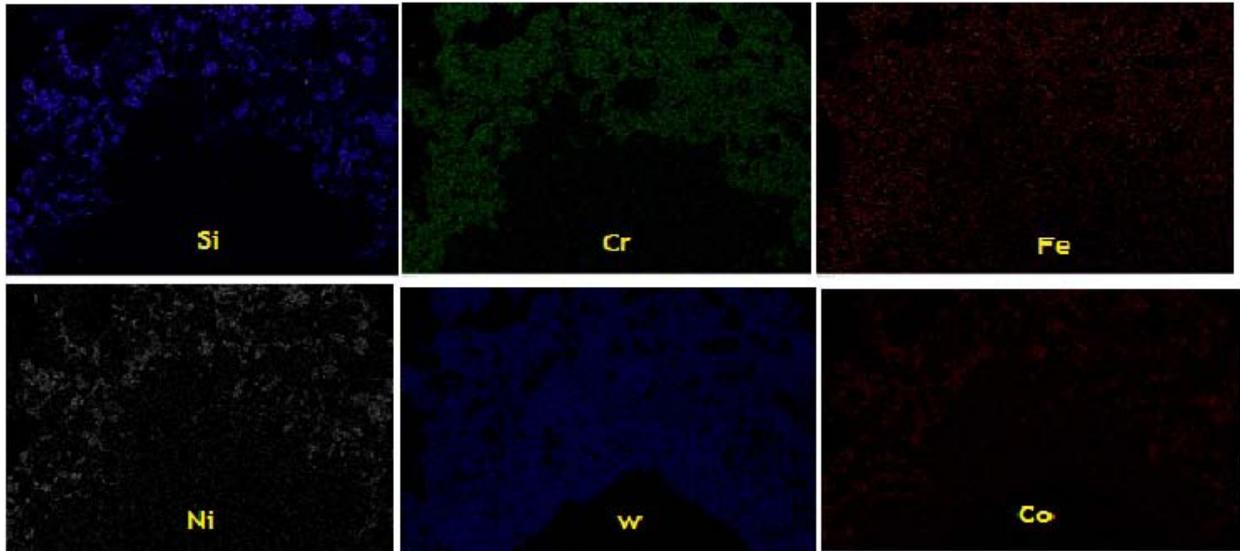
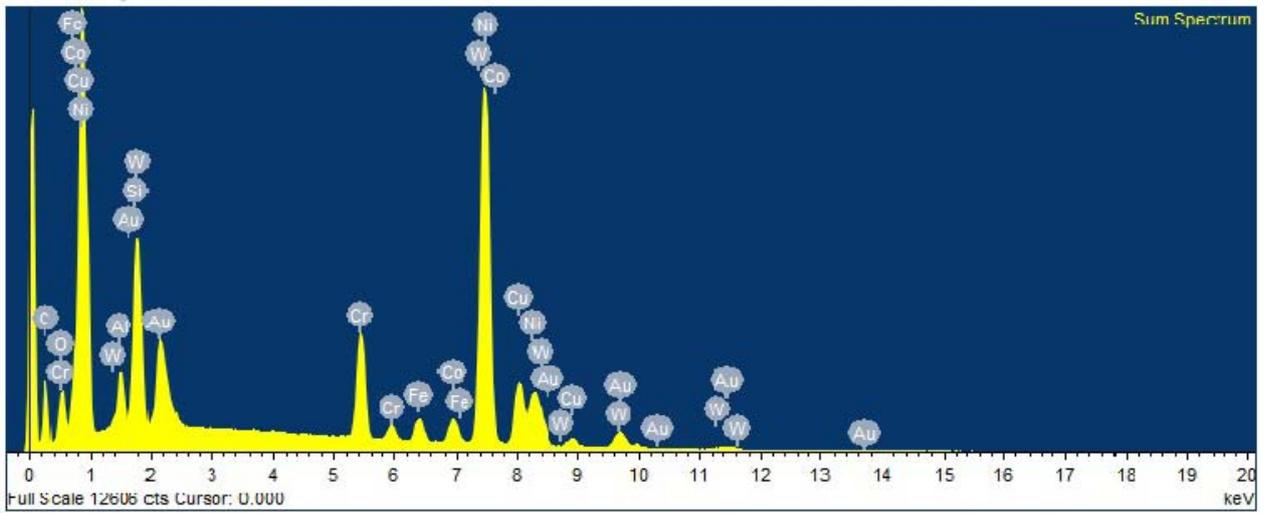


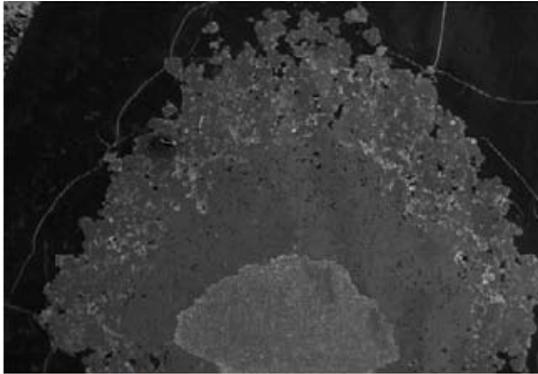
P029 Projectil



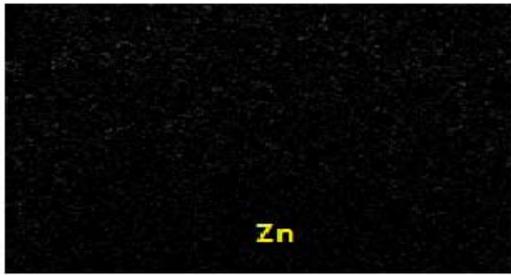
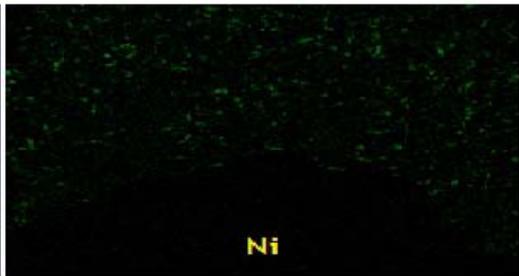
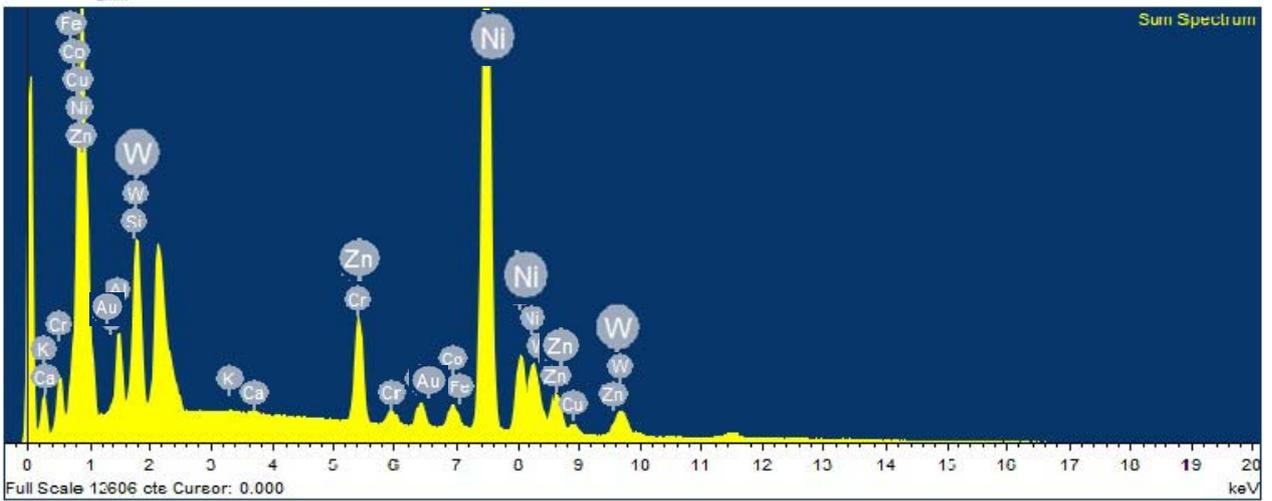


P030 Projectile

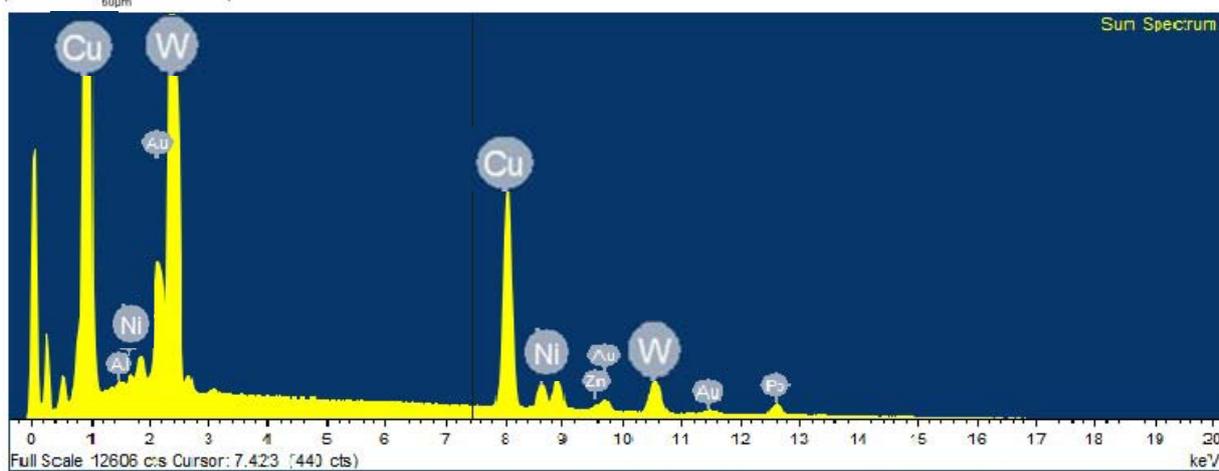
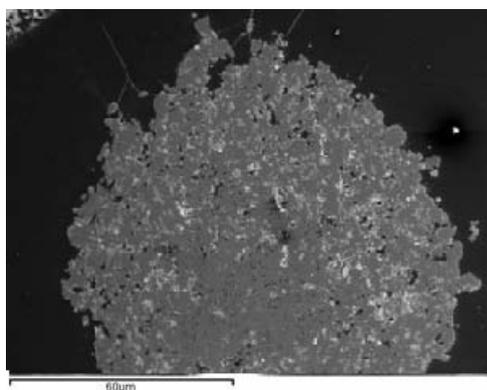


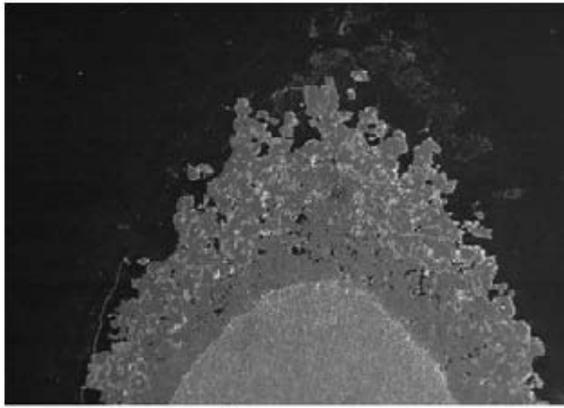


P031 Projectil

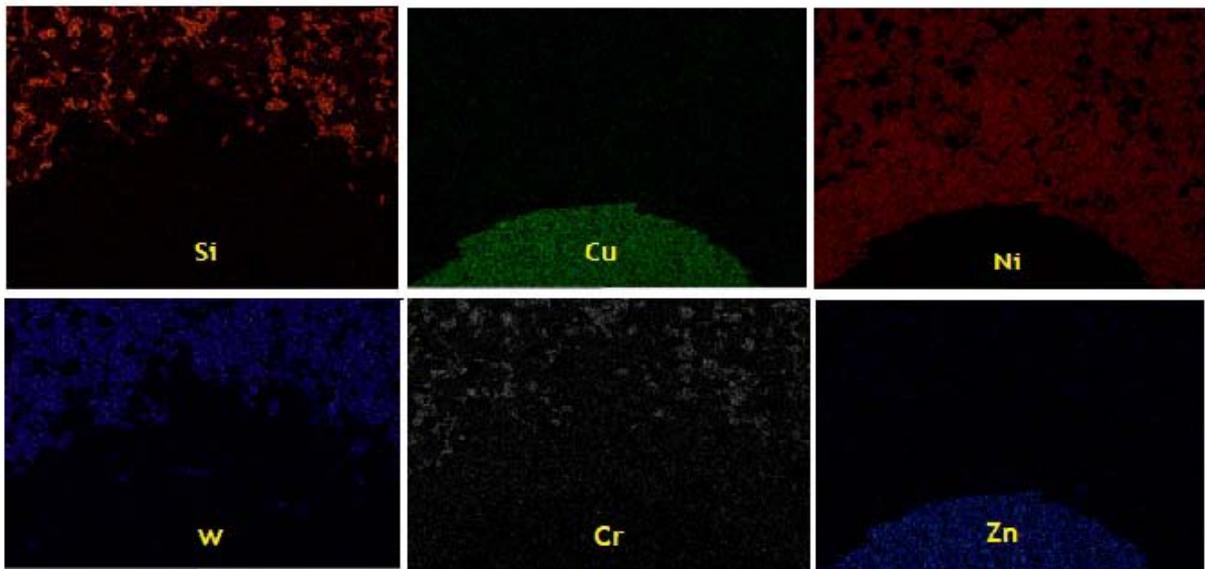
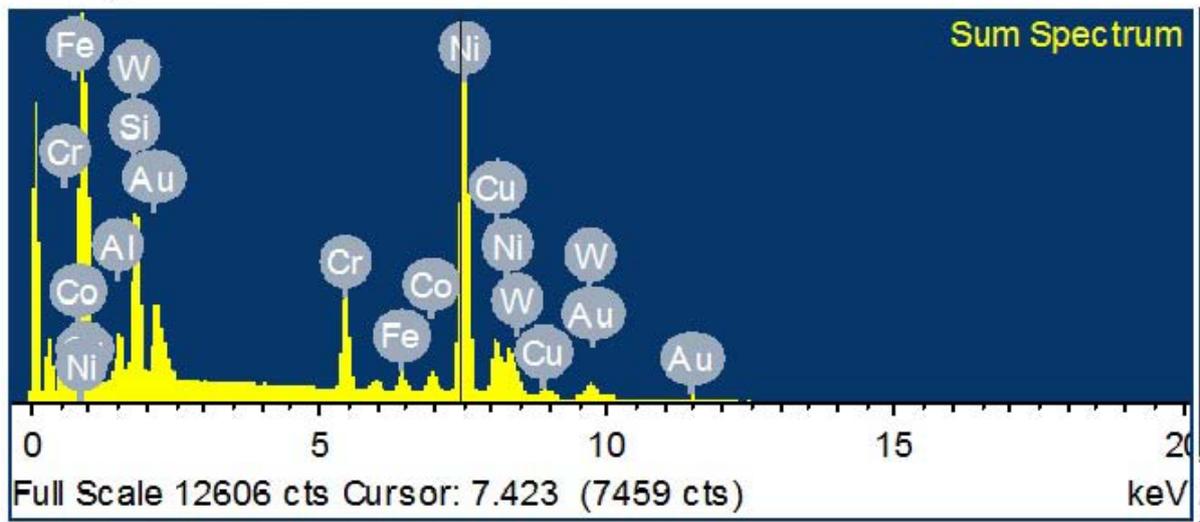


P032 Proyectoil

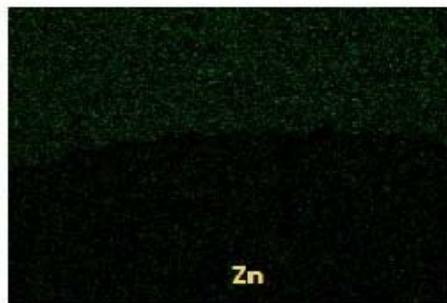
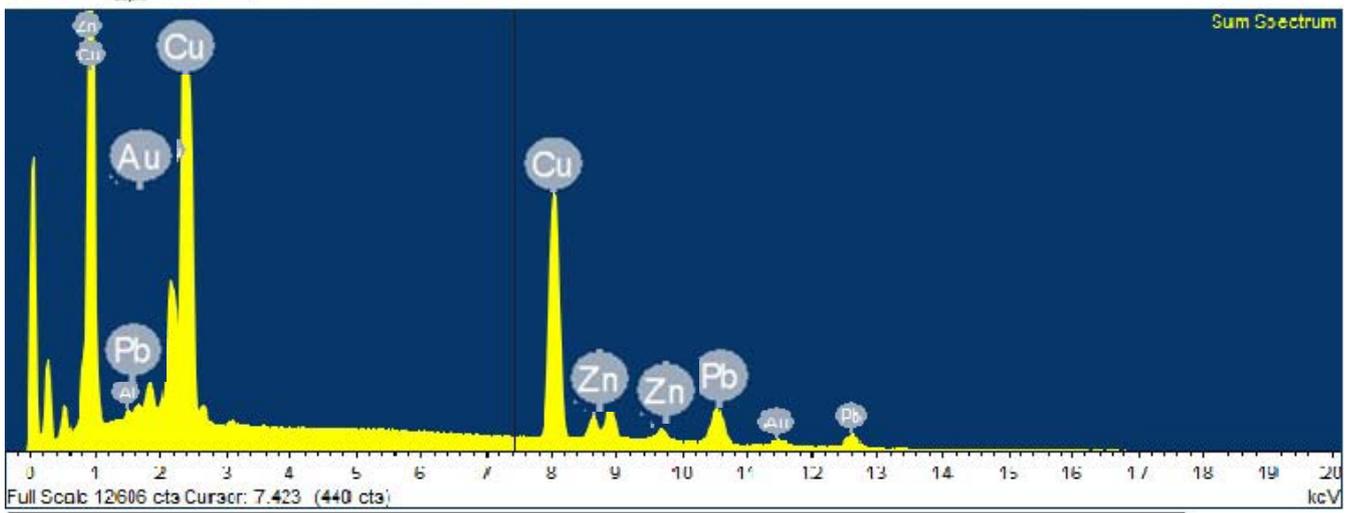
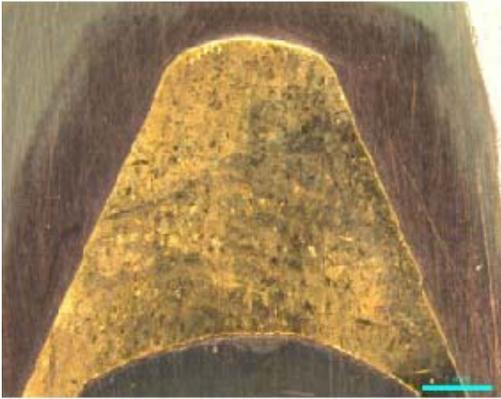


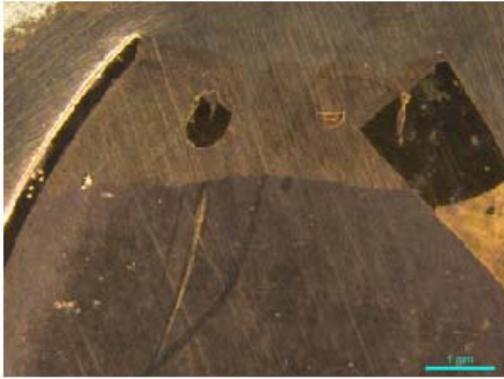


P033 Projectil

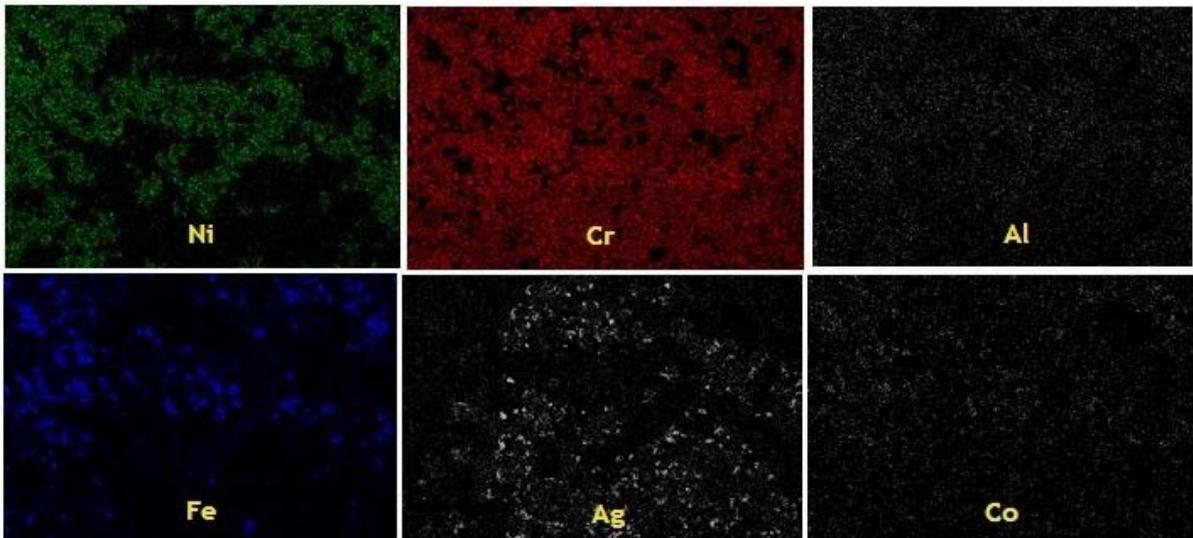
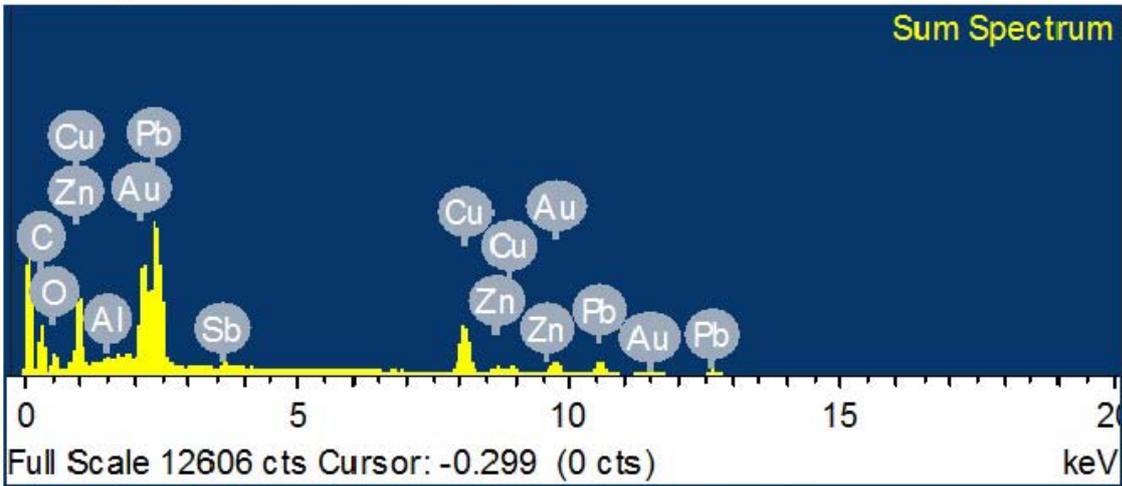


P034 Projectil





P035 Proyectoil



## **DISCUSIÓN**

Cada uno de los procesos experimentales que hemos llevado a cabo, tienen como consecuencia el poder demostrar, que la interacción de diferentes metales, pueden conducir a la convergencia de resultados opuestos, en este caso el poder de parada y la penetración en los proyectiles experimentales.

Estos resultados no hubiesen sido factibles, si se hubiese dado la aleación de los mismos en las puntas de los proyectiles, dado que para conseguir los resultados óptimos de penetración los metales que interactúan deben ser independientes para permitir la movilidad de estos y que fuercen de esta forma la deformación en el proyectil.

Las bolas de los diferentes carburos, dejan patente la extrema dureza, que permite un alto grado de penetración de los proyectiles en blindajes de todo tipo, así como en materiales textiles de alta resistencia.

Los cuerpos de materiales blandos, como son los de plomo y en su sustitución los de estaño, así como los materiales que se utilizan para su contención, como son las camisas de cobre y cuproníquel, dieron como resultado en las pruebas de dureza, valores ideales para permitir la deformación del proyectil necesaria, para conseguir un alto poder de parada en los blancos.

Las puntas proyectadas con carburos adquieren una dureza extraordinaria que conlleva a que el soporte en el que se sustentan se deforme en el momento del impacto sobre un blanco, entendiéndose un cuerpo como podría ser un chaleco táctico, el cual traspasaría y después se deformaría.

El uso de una pólvora de nueva generación como es la Vectan BA10, que tiene como característica principal, una deflagración progresiva, pero casi instantánea, ha conseguido que los cartuchos experimentales montados con puntas mixtas de carburos, que exista un valor muy alto de compresión de

gases de combustión, lo que ha conducido a un elevado poder de proyección del proyectil.

La estabilidad del proyectil se ha conseguido, gracias al equilibrio existente, entre los materiales que lo componen, y a la vez, el conseguir un eje de simetría y un equilibrio en el peso entre la punta y el culote del mismo.

Los cartuchos 5.56 x 45, montados con puntas Lightning, de características aerodinámicas excelentes, han conseguido dar unos resultados en los test de dureza elevados y además la proporción peso, velocidad que pueden alcanzar dichos proyectiles dado que las vainas contienen una carga de proyección sobrepresionada, les ha conseguido dar una estabilidad y un alcance, que sobrepasa a los proyectiles y cargas ordinarias.

Por otro lado, los baños electrolíticos a los cuales se han sometido las vainas, han dado como resultado una elasticidad y durezas óptimas a la hora de contener la deflagración del disparo, lo que nos lleva a afirmar que estos proyectiles superan en mucho a los ordinarios o perforantes comunes.

## **CONCLUSIONES**

- 1.- La mayoría de los proyectiles tienen unas características lesivas muy parecidas, tanto en las pruebas de dureza como en las de elasticidad.
- 2.- Los proyectiles, en especial los de punta hueca, con cargas en la ojiva con materiales muy duros como los carburos, tienen un poder de penetración y de deformación superior a los demás proyectiles; esto se ve en la diferencia de dureza y elasticidad entre los materiales que los constituyen.
- 3.- En las gráficas resultantes, se puede ver la gran diferencia existente entre las probetas de los proyectiles de nueva generación y los ocho proyectiles creados con carburos (Wildcat experimentales): la diferencia es muy significativa.
- 4.- No se han detectado diferencias materiales en los procesos de construcción de las vainas de los proyectiles analizados.
- 5.- El tratamiento galvánico de las vainas les confiere un poder de contención muy superior al resto de técnicas utilizadas.
- 6.- Entre las probadas, la pólvora Vectan BA10 es la más efectiva.
- 7.- La estructura de proyectil con cúspide de carburos en la ojiva podría considerarse como el de mayor poder de detención.

## Referencias y Citas Bibliográficas

### 1 | - Radioscopia de la munición

Reina Gómez, M. *"Soldadura de los Aceros: Procesos de Soldabilidad; inspección radiográfica"* Págs. 417 - 428. Universidad Complutense de Madrid 1986. Ref. 1

### 2 | - Embutición de Probetas

William Sidney, H. *"Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales"* Págs. 270-275, Mc Gran-Hill México 2004. Ref. 2 y 3

### 3 | - Desbaste y Pulido de las Probetas

Baley, A. R. *"Introducción a la Metalografía Práctica"* Págs.3 y 4 Metallurgical Services Laboratories LTD. England 1968. Ref. 4,5 y 6

### 4 | - Ataque Acido de las Probetas

Baley, A. R. *"Introducción a la Metalografía Práctica"* Págs.4 y 5 Metallurgical Services Laboratories LTD. England 1968. Ref. 7

### 5 | - Prueba de Microdureza

William D. Callister Jr. *"Introducción a la Ciencia de los Materiales"* Pág 136 y 146 Ed. Reverte, S.A. 1998 Barcelona Ref 8 y 9

### 6 | - Microscopía y Micrografías

Baley, A. R. *"Introducción a la Metalografía Práctica"* Págs.5 y 6 Metallurgical Services Laboratories LTD. England 1968. Ref. 10 y 11

### 7 | - Sinterizado de las Puntas de los proyectiles

Avner, Sidney H. *"Introducción a la Metalurgia Física"* Págs. 612-615 Mc Gran-Hill México 2004. Ref. 12,13,14,15

### 8 | - Proyección Térmica de Carburo de Wolframio y Níquel

Ferrer, C. Guillamon, M.P. et al *"Análisis del Proceso de Deformación y Fractura por tensiones cortantes del Recubrimiento de níquel y Carburo de Wolframio sobre sustrato de acero aplicado por técnicas de proyección a la llama mediante emisión acústica"* Págs.40, 44, 49 y 51 Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Universidad Politécnica de Valencia.2010 Ref 16, 17, 18 y 19

### 9 | - Ensayos presión y Tracción

William Sidney, H. *"Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales"* Págs.287-298 Mc Gran-Hill México 2004. Ref.20

### 10 | - Recubrimientos Electrolíticos en Vainas

Ambioma Consult, SL. *"Guía sobre las mejores técnicas disponibles en España del Sector de Tratamiento de Superficies Metálicas y Plásticas"* Págs.26, 38, 58, 148, 188 y 189 Barcelona 2007. Ref.21

### 11 | - Pruebas de Microscopio de Barrido (SEM-MBE)

González R, Pareja. R, Ballesteros. C, *"Microscopía Electrónica"*. Págs. 53 á 59 y 75 á 79 Ed. Eudena Universidad. Universidad Complutense, Madrid, 1991 Ref. 22

### 12 | - Revestimiento por Pulverización Catódica

Ojeda Sahagún J. L. *"Métodos de Microscopia Electrónica de Barrido en Biología"* Pág. 168-171 Universidad de Cantabria 1997. Ref. 23

### 13 | - Descripción de la Cartuchería

En la realización de las fichas de datos aparte de los recogidos en los laboratorios, se ha utilizado los manuales:

- Molina Orea, A. Orea Maestro, A. *"Cartuchería Española"* Ed. V. Merino S.L. Palencia 1999.
- Jorió S. , Regenstreif P. *"Culots de Munitions"* 2 Tomos Ed. Cépaduès Editions. Toulouse (France).

## Bibliografía

- Ambioma Consult, SL. Guía sobre las mejores técnicas disponibles en España del Sector de Tratamiento de Superficies Metálicas y Plásticas  
Ed. Ambioma Consult, SL. Barcelona 2007.
- Avner. Sidney H. Introducción a la Metalurgia Física.  
Ed. Mc Graw-Hill. Ciudad de México 1988  
ISBN: 968-6046-01-1
- Amelinckx. S, Van Dyck. D, Van Landuyt. J, Van Tendeloo. G.  
Handbook of Microscopy Applications in Materials Science, Solid-state  
Physics and Chemistry 1996  
Ed. Ed. Butterworth-Heinemann. Jordan Hill, Oxford OX2 8DP Reino  
Unido ISBN: 3-527-29479-1
- Bailey, A.R. Introducción a la Metalografía Práctica  
Metallurgical Services Laboratories LTD.  
Ed. The Getty Conservation Institute The J. Paul Getty Museum, 1991  
England I.SBN: 0-89236-195-6
- Bin Othman. R.  
Finite Element Analysis of Composite Ballistic Helmet Subjected to high  
Velocity Impact .  
Ed. Universiti Sains Malaysia 2009  
Kota Bharu - Kelantan (Malaysia)
- Bresson. F, Franck. O.  
Comparing ballistic wounds with experiments on body simulator  
Forensic Science International 2010  
Elsevier Ireland Ltd. Published by Elsevier Inc.
- Burbano de Ercilla, S.  
Física General Teoría y Problemas  
Editorial Librería General - Zaragoza  
ISBN: 84-7078-376-9
- Cebrian Vidrio. Octavio.  
Balística Técnica y Pericia.  
Editorial La Rocca Buenos Aires. (República de Argentina) 2014  
ISBN:978-987-517-104-6

- Christian Walter Albert Schyma  
Colour contrast in ballistic gelatine  
Forensic Science International 2009  
Elsevier Ireland Ltd. Published by Elsevier Inc.
- Dalmau Jorda, D.  
Métodos galvánicos en la industria química  
Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona  
ED. Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona) 2005.
- De Luis Turegano, J.V. Antón Barberá, F. Policía Científica. Tomo II.  
Ed. Tirant Lo Blanch. 5º Edición 2012 Valencia  
ISBN: 978-84-9004-653-1.
- Di Maio, Vicent J. M.  
Heridas por Armas de Fuego.  
Editorial La Rocca Buenos Aires (Republica de Argentina) 2007  
ISBN: 978-987-517-021-6
- Donald R. Askeland  
Ciencia e Ingeniería de los Materiales.  
Universidad de Missouri, USA, Internacional  
Thomson Editores, 1998  
ISBN: 968-7529-36-9
- Frank C. Barnes.  
Cartridges of the World.  
Edited by Layne Simpson, Chicago, Illinois (United States), 2012.  
13 th. Edition  
ISBN: 978-1-4402-3059-2
- Fernández, G.J.  
Los proyectiles y sus efectos. 4 Tomos  
Ed. Gral. Artigas. Montevideo (República Oriental de Uruguay). 1962  
ISBN: Carece. (Academia de Policía)

- Ferrer, C. Guillamon, M.P. et al Análisis del Proceso de Deformación y Fractura por tensiones cortantes del Recubrimiento de níquel y Carburo de Wolframio sobre sustrato de acero aplicado por técnicas de proyección a la llama mediante emisión acústica  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica  
Universidad Politécnica de Valencia 2010
- Ferreyro María Fernanda.  
Manual de Balística.  
Editorial IB&F. Buenos Aires (República de Argentina) 2007  
ISBN: 978-9974-578-93-7
- Field, S., Dudlev Weill, A.  
Recubrimientos Electrolíticos.  
Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1955.
- Garasini, Alfredo R.  
Manual de Balística Elemental Aplicada  
Buenos Aires (Republica Argentina) 2002  
Ed. del Autor  
ISBN: 987-43-2052-4
- Garasini, Alfredo R. Poder de Detención Stopping Power  
Buenos Aires (Republica Argentina) 2002  
Ed. Departamento de Ingeniería de Producto de Fábrica Militar Fray L. Beltrán.  
ISBN: Carece
- Geers. M.G.D, Van Dommelen. J.A.W, De Lange. H.C, Huizinga. A.T.M.  
Numerical simulation of ballistic impacts on ceramic material  
Eindhoven University of Technology Department of Mechanical Engineering Materials Technology (2007)
- George Nonte Js.  
Combat Handuns  
Ediciones Técnicas REDE, S.A. Barcelona España. 1987  
ISBN: 84-247-0241-87
- Gisbert Calabuig, J.A. et al.  
Medicina Legal y Toxicología 6ª Edición  
Ed. Masson , Barcelona 2005  
ISBN: 978-84-4581-415-4

- González R, Pareja. R, Ballesteros. C.  
Microscopía Electrónica.  
Ed. Eudena Universidad. Universidad Complutense, Madrid, 1991,  
ISBN: 84-7754-075-6.
- Groover. Mikell P.  
Fundamentos de Manufactura Moderna - Materiales, Procesos y Sistemas  
Ed. Pearson Educación Madrid  
ISBN: 968-880-846-6
- Guzmán Carlos A. Tratado de Balística II.  
Editorial B de F, Limitada. Buenos Aires (República de Argentina) 2013  
ISBN: 978-9974-708-10-5
- Guzmán Carlos A. Tratado de Balística III.  
Editorial B de F, Limitada. Buenos Aires (República de Argentina) 2013  
ISBN: 978-9974-708-11-2
- Ibañez Peinado José et al.  
Técnicas de Investigación Criminal.  
Editorial Dykinson, S.L. Madrid 2012  
ISBN: 978-84-9031-118-9
- Ionescu. I, Guilkey. J. E, Berzins. M, Kirby. R. M.  
Simulation of Soft Tissue Failure Using the Material Point Method  
University of Utah, Salt Lake City, UT 84112 2006
- Jorió S. , Regenstreif P.  
Culots de Munitions 2 Tomos 2007  
Ed. Cépaduès Editions. Toulouse (France)  
ISBN: 2854283511
- Jürgen Thorwald.  
El Siglo de la Investigación Criminal.  
Editorial Labor, S.A. 1966 Barcelona  
ISBN: 84-01-33081-5
- Locles. Roberto J.  
Balística y Pericia.  
Editorial La Rocca Buenos Aires (República de Argentina) 2006  
ISBN: 987-517-032-1

- Locles. Roberto J.  
Tratado de Balística Tomo 1.  
Editorial La Rocca Buenos Aires (República de Argentina) 2014  
ISBN: 978-987-517-051-3.
- Locles. Roberto J.  
Tratado de Balística Tomo 2.  
Editorial La Rocca Buenos Aires (República de Argentina) 2005  
ISBN: 987-517-086-0.
- Locles. Roberto J.  
Tratado de Balística Tomo 3.  
Editorial La Rocca Buenos Aires (República de Argentina) 2009  
ISBN: 978-987-517-120-6.
- Locles. Roberto J.  
Tratado de Balística Tomo 4.  
Editorial La Rocca Buenos Aires (República de Argentina) 2012  
ISBN: 978-987-517-135-0.
- Locles. Roberto J.  
Trayectoria y efectos de los proyectiles en las armas  
Editorial La Rocca Buenos Aires (República de Argentina) 2006  
ISBN: 987-517-097-6
- López Calvo. P y Gómez Silva P.  
Investigación Crim. y Criminalística.  
ED. Temis S.A. Santa Fé de Bogota (Colombia) 2003  
ISBN: 958-35-0445-9
- Molina Orea, A. Orea Maestro, A.  
Cartuchería Española  
Ed V. Merino S.L. Palencia 1999,  
ISBN: 84-604-3013-8
- Moreno Gonzalez, M Rafael.  
Balística Forense.  
Ed. Porrúa. Ciudad de Mexico (México) 2003  
ISBN: 978-970-074120-8.

- Muñoz- Quiros Caballero, J. M., Giner Alberola, S.  
Manual de Medicina y Toxicología Forense.  
Ed. Universitat d'Alacant Alicante 2014  
ISBN: 978-84-9717-342-1
- Ojeda Sahagún J. L.  
Métodos de Microscopia Electrónica de Barrido en Biología  
Ed. Universidad de Cantabria Santander 1997  
ISBN: 84-8102-164-4
- Pirlot. M, Dyckmans. G, Bastin. I.  
Soap and Gelatine for Simulating Human Body Tissue- An experimental  
and Numerical Evaluation  
Royal Military Academy. Brussels Belgium 2001
- Potts. M.A, Lew. A, Ryckman. R, & Rangarajan. R.  
Some new Algorithmic ideas for the Simulation of Ballistic Gel  
Penetration. Memori Taller Conference Proceedings, Herndon, VA,  
Stanford University California (United States) 2010
- Reina Gómez. M,  
Soldadura de los aceros; Procesos de soldabilidad inspección, Cap. 9º  
"Inspección radiográfica"  
Ed. Universidad Complutense. Madrid 1986.  
ISBN: 84-398-6211-3.
- Smallman. R. E, Bishop. R. J,  
Modern Physical Metallurgy & Materials Engineering  
Ed. Butterworth-Heinemann. Jordan Hill, Oxford OX2 8DP  
(United Kingdom)  
ISBN: 0 7506 4564 4
- Silveyra, Jorge O.  
Investigación Científica del Delito; Armas.  
Editorial La Rocca Buenos Aires (República de Argentina) 2007  
ISBN: 978-987-517-114-5
- Toccheto Domingos.  
Balística Forense.  
Millennium Editora. 7ª edição.  
Campinas - São Paulo (Republica de Brasil) 2013  
ISBN: 8-576-2529-5

- Toccheto Domingos.  
Estudos de casos em Balística  
Millennium Editora.  
Campinas - São Paulo (Republica de Brasil) 2011  
ISBN: 978-85-7625-218-4
  
- Ugolini Antonio.  
L'Esperto Balistico Tomo 1  
Editoriale Olimpia. Firenze (Italia) 1987  
ISBN: 887-07-8369-3
  
- Ugolini Antonio.  
L'Esperto Balistico Tomo 2  
Editoriale Olimpia. Firenze (Italia) 1987  
ISBN: 887-07-8369-3
  
- William D. Callister Jr.,  
Introducción a la Ciencia de los Materiales.  
Editorial Reverte, S.A., 1998 Barcelona  
IBSN: 8-429-17254-8
  
- William Sidney, H.  
Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales.  
Ed. Mc Gran-Hill Ciudad de México (México) 2004.  
ISBN: 84-7615-940-4