

## EXCIPIENTES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMBURENTE DE MOTOR HÍBRIDO INVERSO PARA MICROSATÉLITE

Pedro F. Pomilio <sup>1</sup>, Álvaro F. Jiménez Kairuz <sup>2</sup>, Eugenio S. Galian <sup>1</sup>, Gustavo J. Torresán <sup>1</sup>, Lucio D. Lafata <sup>1</sup>, David P. Carrasco <sup>1</sup>, Tomás A. Jaime <sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento Vehículos Espaciales, Centro de Investigaciones Aplicadas, Instituto Universitario Aeronáutico, Fuerza Aérea Argentina, Av. Fuerza Aérea Argentina 6500, X5018JMX Córdoba, Argentina. Tel.: 0054 351 4435000 int 34357, [fabianpomilio@iua.edu.ar](mailto:fabianpomilio@iua.edu.ar)*

<sup>2</sup>*Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, Haya de la Torre y Medina Allende, Edificio Ciencias 2, Laboratorio 210, Ciudad Universitaria, X5000HUA, Teléfono: 0054 351 4334163, Córdoba, Argentina, [alvaro@fcq.unc.edu.ar](mailto:alvaro@fcq.unc.edu.ar)*

**Palabras clave:** Excipientes, Comburente, Motor Híbrido Inverso, Microsatélite, Partículas Discretas.

**RESUMEN.** El presente trabajo describe el Estudio de Preformulación para la optimización de formulaciones de comburente, seleccionadas en investigaciones previas, de un Motor Híbrido Inverso para Microsatélite, con aportes transdisciplinarios de la Farmacotecnia y la Tecnología Farmacéutica, disciplinas pertenecientes a las Ciencias Farmacéuticas. En el citado estudio se planteó como objetivo optimizar la velocidad de quemado del bloque oxidante mediante la puesta a punto de las fórmulas candidatas con excipientes adecuados de categoría funcional aglutinante y disgregante, que permiten la adecuada aglutinación de la fórmula en condiciones normales y una desintegración rápida de la superficie de contacto durante la ignición y régimen de trabajo del motor. Para este objetivo se formularon los excipientes, seleccionados por sus características físicas y químicas, como partículas discretas especializadas para aglutinación / disgregación, mediante la metodología de granulación vía húmeda, con aglutinantes temporales como vehículos para la adsorción de los mismos, la tamización conforme al tamaño de partícula del compuesto oxidante (principio fundamental) y la integración homogénea para la compresión o formulación en pasta, con aglutinante temporal, y tableteado en moldes adecuados.

## 1 INTRODUCCION

El Motor Híbrido Inverso para Microsatélite – MHM, es un proyecto destinado a dotar a los microsatélites de un propulsor de funcionamiento seguro, para que pueda ser aceptado como carga útil secundaria en un lanzador de satélites. Su uso potencial es como propulsor para desorbitar el satélite al final de su vida útil o para efectuar maniobras tendientes a mejorar su órbita mediante un incremento en la altura de perigeo de la misma (Carrasco, Pomilio, Lafata, Garay y Torresán, 2009).

El uso del motor “*híbrido inverso*” se planteo a raíz de la extrema seguridad que presenta su manipulación, integración, transporte y funcionamiento, ya que el oxidante se encuentra confinado en un recipiente de presión y el combustible está separado del mismo y en general se trata de alcohol o algún otro liquido no corrosivo y de manipuleo seguro y mínimo impacto ambiental. La mezcla entre combustible y oxidante se pueden realizar solo luego de que el satélite se haya separado del vector y la ignición usa un sistema de extrema seguridad. Es preciso añadir que la mezcla de combustible y oxidante no produce una ignición espontánea ni ningún tipo de reacción exotérmica ni producción de gases, sin un accionamiento intencional preprogramado. (Carrasco, Pomilio, Lafata, Garay y Torresán, 2009).

En el marco del proyecto citado precedentemente, se recibió la consigna de investigar, diseñar químicamente y formular la sal del oxidante (comburente) Perclorato de Amonio (PCA) con el reductor (combustible) Metanol, como motor químico híbrido inverso para microsatélite, debiendo formularse el comburente como comprimido. Además, se debía resolver la selección de excipientes adecuados, métodos y técnicas de elaboración y controles de calidad, que se usarían para validar las materias primas y el producto terminado, conforme a lo establecido en la normativa, Nacional e Internacional, vigente (Pomilio, 2008).

Para el logro de los objetivos planificados se realizó la investigación conforme a los protocolos establecidos, en el *Proceso de Obtención de Formulaciones*, para cada etapa de la investigación, a fin de obtener las propiedades del oxidante (Perclorato de Amonio) y el reductor (metanol) seleccionados por el equipo de trabajo por las características de la propulsión que producen, como así también de los excipientes disponibles para optimizar las formulaciones, de manera tal que adquieran las características de eficiencia, seguridad y calidad requeridas (Pomilio, 2008).

Luego del primer Ciclo de Trabajo I: de Investigación, del Proceso de Obtención de Formulaciones, se planteó como objetivo optimizar la velocidad de quemado del bloque oxidante mediante la puesta a punto de las fórmulas candidatas. Para este objetivo se formulan los excipientes, seleccionados por sus características físicas y químicas, como partículas discretas especializadas para aglutinación / disgregación, mediante la metodología de granulación vía húmeda con aglutinantes temporales como vehículos para la adsorción de los mismos, secado de gránulos, la tamización conforme al tamaño de partícula del compuesto oxidante (principio fundamental) y la integración homogénea por mezclado para la compresión en matrices, tanto de pequeños comprimidos para micro ensayos como de comprimidos a escala real diseñados para el motor. También se consideró la formulación en pasta (con aglutinante temporal) y tableteado en moldes adecuados, como alternativa a la formulación por compresión, método por el cual se pueden obtener pastillas con vibración (sin compresión) o en su defecto con pequeñas fuerzas de compactación, de manera tal que se

facilite la disgregación y disponibilidad del principio fundamental en el momento de su funcionamiento. Este último método de obtención permite, al igual que los comprimidos para micro pruebas, la realización de ensayos del propulsante en escala micro del motor y de pruebas preliminares a pequeña escala (de calificación, funcionamiento y calidad) respectivamente, permitiendo una mayor rapidez de trabajo y un importante ahorro de productos químicos en ciclos de investigación y optimización (Gennaro, 1992; Vila Jato, 2001; Aulton, 2004).

Estas fórmulas se estudiaron mediante análisis térmico por gravimetría, contra testigo de las formulaciones sin optimizar y el compuesto oxidante sin agregados. La información obtenida de los citados estudios posibilitó la toma de decisiones respecto a las formulaciones más óptimas que permitan, aprobando los ensayos pertinentes, cumplir las pautas establecidas, de seguridad, eficiencia y calidad del bloque oxidante que se investiga en relación a su velocidad de quemado.

## **2 MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 Proceso para obtención de formulaciones.**

La investigación química de formulas (protección térmica, comburente, combustible y arranque) se planificó mediante un *Proceso para Obtención de Formulaciones*, que integradas constituirán el MHM, compuesto de dos ciclos de trabajo (que comprenden etapas o fases), a saber:

1. Ciclo de Trabajo I: de Investigación.
2. Ciclo de Trabajo II: de Optimización (Pomilio, 2008).

Al momento del presente trabajo se lleva ejecutado el segundo ciclo de trabajo I: de Investigación, siendo del primer ciclo de trabajo I: de investigación, del cual surgieron las formulaciones *Potenciales Líderes* que pasaron al primer ciclo de trabajo II: de optimización, para su puesta a punto y obtención de las respectivas formulaciones *Líderes Optimizadas*, que aquí se tratan en detalle (Carrasco, Pomilio, Lafata, Garay y Torresán, 2009).

### **2.2 Materiales para el bloque oxidante.**

El bloque oxidante está situado dentro de la cámara de combustión y debe reaccionar con el combustible, ya que de la descomposición del perclorato (principio fundamental) incluido en su formulación depende la continuidad del proceso de combustión. Se debe señalar que las sollicitaciones de presión, calentamiento, choques y vibraciones, en condiciones de funcionamiento, requieren que el material tenga resistencia mecánica aceptable. Además se deben incluir los aditivos necesarios para permitir su disgregación u otra forma de facilitar la combustión en su superficie (Carrasco, Pomilio, Lafata, Garay y Torresán, 2009).

Los materiales de las formulaciones Potenciales Líderes obtenidas en el Primer Ciclo de Trabajo I: de Investigación, del Proceso de Obtención de las mismas, se detallan a continuación (Carrasco, Pomilio, Lafata, Garay y Torresán, 2009). Ver *Tabla 1*.

<b>Denominación de la Formulación</b>	<b>Composición Química</b>
F5	Perclorato de Amonio (PCA) + Caolín.
F10	Perclorato de Amonio (PCA) + Caolín + Bentonita.
F1 (75% PCA / 25% Mascarilla Bentonítica)	Perclorato de Amonio (PCA) + Mascarilla Bentonítica Hidroalcohólica.

Tabla 1: Denominación y Composición Química de Formulaciones Potenciales Líderes – Primer Ciclo de Trabajo I: de Investigación – Proceso de Obtención de Formulaciones.

### **2.3 Estudio de preformulación para optimización del bloque oxidante.**

La Etapa de Preformulación del Primer Ciclo de Trabajo II: de Optimización, tuvo como objetivo la selección de excipientes para la optimización de formulaciones de comburente líderes (F5, F10 y F1(75/25)), obtenidas en el Primer Ciclo de Trabajo I: de Investigación. La selección se realizó conforme a las características físicas y químicas con el objetivo de optimizar la velocidad de quemado del bloque oxidante mediante la puesta a punto de las fórmulas candidatas con excipientes adecuados de categoría funcional aglutinante y disgregante, que permiten la adecuada aglutinación de la fórmula en condiciones normales (CN) y una desintegración rápida de la superficie de contacto durante la ignición y régimen de trabajo del motor.

La búsqueda se centró en información técnica y de seguridad de compuestos inorgánicos y orgánicos que pudieran ser integrados, como líquidos aglutinantes temporales y polvos adyuvantes de la disgregación mediante descomposición térmica con producción de gases, a las combinaciones aglutinantes de bentonita y caolín de las fórmulas candidatas, para obtener Partículas Discretas Especializadas en aglutinación / disgregación por granulación vía húmeda.

Las partículas detalladas, mediante la estrategia de disgregación rápida y producción gases con efervescencia, permiten el aumento de la superficie de contacto, en la superficie del grano, con rampas de temperaturas de trabajo que facilitan la liberación y disponibilidad de los compuestos que integran el propulsante. Al mismo tiempo, durante el régimen de trabajo del motor, mediante la generación de porosidades o intersticios en la superficie del grano por efervescencia de los excipientes, se consiguen beneficios optimizando el propulsante en dos sentidos: 1ro) la retención del calor por disminución de la transmisión térmica, esto es, optimización del balance térmico, creando mejores condiciones para la regresión de la superficie de quemado y 2do) la disminución de la transmisión térmica hacia el exterior, que contribuye exigiendo menos a la protección térmica de la cámara de combustión.

Realizado el estudio de excipientes, se seleccionaron compuestos que producen efervescencia con liberación de gases, que en algunos casos favorecen la llama y en otros son controladores o inhibidores de llama. Ver [Tabla 2](#).

<b>Excipiente Seleccionado</b>	<b>Densidad</b>	<b>Temperatura de Descomposición</b>	<b>Solubilidad en Etanol</b>	<b>Categoría Funcional y Productos de Descomposición Gaseoso</b>	<b>pH</b>	<b>Observaciones</b>
Hidróxido de Amonio (Amoníaco al 30%).	0.892 - 0.901 g/mL.	PF: Descompone (con Fe, Ni, Zn a 300 °C), Autoignición 651 °C.	Miscible en Agua y soluble en Etanol.	Aglutinante Temporal y Desintegrante con producción de Amoníaco (g).	14.	Ligeramente Inflamable.
Carbonato de Amonio	1,6 g/mL.	PF: Descompone 58 °C.	Insoluble.	Desintegrante con producción de Amoníaco (g) y Dióxido de Carbono (g).	Solución acuosa al 1% > 8.5	Incombustible.
Carbonato de Magnesio.	2.958 g/mL, sólido. Densidad Aparente: 0.075-0.12 g/mL.	P.F: 350°C Descomposición. Descomposición térmica: 850 °C.	Practicamente Insoluble.	Antiapelmazante del Carbonato de Amonio y Desintegrante con producción de Dióxido de Carbono (g) y Oxido de Magnesio.	Solución acuosa al 10%: 10	No inflamable. Incompatible con Hidróxidos Alcalinos.
Bicarbonato de Sodio	2.16 g/mL.	Descomposición: > 50 °C, Punto de Fusión: 270 °C.	Practicamente Insoluble.	Desintegrante con producción de Dióxido de Carbono (g).	A 50 g/L de agua y 20 °C: aprox. 8.2	Incombustible.
Tartrato de Sodio y Potasio Tetrahidratado.	A 20 ° C: 0,98-1,05 g/mL. Densidad Aparente: se aproxima a 1 g/mL.	P.F: 70 - 80 °C.; P.E: 100 °C (Descomposición Térmica).	Practicamente Insoluble.	Desintegrante con producción de Dióxido de Carbono (g).	Solución al 5%: 6-8.5	Incombustible.

Citrato de Sodio Dihidratado.	A 20 ° C: 1,7-1,9 g/mL.	P.F: 150 °C (Descomposición Térmica empieza a 150 °C con pérdida de agua (se eliminan dos moléculas de agua). P.E: > 300°C (se descompone).	Insoluble.	Desintegrante con producción de Monóxido de Carbono (g) y Dióxido de Carbono (g).	Solución al 5%: 6.8-9.2 Solución al 10%: 8-9,5	No combustible.
Fosfato Dibásico de Amonio Anhidro.	1.62 g/mL	Descomposición a 100 °C. P.F: 155 °C (Descomposición). Descomposición Térmica: > 155 °C.	Insoluble	Desintegrante con producción de Amoníaco (g) y Pentóxido de Fósforo. Retardante de llama.	Solución al 5%: 7.5-8.5	No combustible.
Perborato de Sodio.	Densidad Aparente: 0.72 g/mL.	P.F: 63 °C (Descomposición). Temperatura de Descomposición: > 60 °C.	Insoluble.	Desintegrante con producción de Oxígeno (g) efervescente; Óxidos de Boro.	Solución acuosa al 1.5%: 9.0-11.0	No calentar las soluciones de perborato sódico a más de 40°C, para evitar la descomposición y pérdida de oxígeno. No combustible.
(Acofarma, 2009; Carfi, 2009; Panreac Química, 2009; Productos Químicos Monterrey, 2009; Winkler, 2009; Wikipedia, 2009; Solvay Chemicals, 2009).						

Tabla 2: Excipientes seleccionados para la optimización del bloque oxidante de Motor Híbrido Inverso para Microsatélite – M.H.M.

## 2.4 Ensayos de descomposición térmica.

Las formulaciones optimizadas fueron sometidas a ensayos de Análisis Térmico por Gravimetría, en equipo **Hi-Res Modulated TGA 2950 Thermogravimetric Analyzer**, para comprobación de las rampas de temperaturas de descomposición térmica planificadas en su diseño químico, de acuerdo a las Partículas Discretas de excipientes que acompañan al principio fundamental en cada una de ellas. Ver [Tabla 3](#).

Denominación de la Formulación	Composición Química
F15	Perclorato de Amonio (PCA) + Caolín + Óxido Férrico + Hidróxido de Amonio.
F16	Perclorato de Amonio (PCA) + Caolín + Permanganato de Potasio + Carbonato de Amonio + Carbonato de Magnesio + Etanol.
F21	Perclorato de Amonio (PCA) + Caolín + Óxido Férrico + Permanganato de Potasio + Fosfato Diamónico + Tartrato de Potasio y Sodio Tetrahidratado + Bicarbonato de Sodio + Etanol.
F24	Perclorato de Amonio (PCA) + Caolín + Óxido Férrico + Permanganato de Potasio + Fosfato Diamónico + Citrato de Sodio + Bicarbonato de Sodio + Etanol.
F36	Perclorato de Amonio (PCA) + Bentonita + Caolín + Óxido Férrico + Permanganato de Potasio + Fosfato Diamónico + Etanol.
F40	Perclorato de Amonio (PCA) + Bentonita + Caolín + Óxido Férrico + Permanganato de Potasio + Fosfato Diamónico + Citrato de Sodio + Bicarbonato de Sodio + Etanol.
PD-13d (Partícula Discreta perteneciente a la Fórmula N° 62)	Bentonita + Caolín + Perborato de Sodio + Etanol.

Tabla 3: Denominación y Composición Química de Formulaciones Optimizadas – Primer Ciclo de Trabajo II: de Optimización – Proceso de Obtención de Formulaciones.

## 3 RESULTADOS

Los resultados de la descomposición térmica para calificación de las formulas optimizadas analizadas, se resumen seguidamente. Ver [Tabla 4](#).

Ciclo de Trabajo	Formulación Protocolizada	Uso Protocolizado	Formulada en:	Probada	Calificación
1° Ciclo de Optimización	Testigo PCA (Ver <a href="#">Figura 1</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada (optimizar).

1° Ciclo de Optimización	Testigo F10 (Ver <a href="#">Figura 2</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada (optimizar).
1° Ciclo de Optimización	F15 (Ver <a href="#">Figura 3</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada (optimizar).
1° Ciclo de Optimización	F16 (Ver <a href="#">Figura 4</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada (optimizar).
1° Ciclo de Optimización	F21 (Ver <a href="#">Figura 5</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada.
1° Ciclo de Optimización	F24 (Ver <a href="#">Figura 6</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada.
1° Ciclo de Optimización	F36 (Ver <a href="#">Figura 7</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada.
1° Ciclo de Optimización	F40 (Ver <a href="#">Figura 8</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada.
1° Ciclo de Optimización	PD-13d (Ver <a href="#">Figura 9</a> )	Comburente	Tableta Moldeada	SI	Aprobada.

Tabla 4: Detalle de Formulaciones Optimizadas Calificadas.

Las muestras presentaron eventos de descomposición de los distintos materiales constituyentes, conforme a lo planificado en el diseño químico, por sus propiedades fisicoquímicas, habiéndose comprobado las temperaturas a las cuales se producen, como así también la magnitud de la pérdida de masa, según se puede observar en los gráficos de % de peso versus temperatura (°C), que se muestran a continuación en las respectivas figuras. Ver [Tabla 5](#).

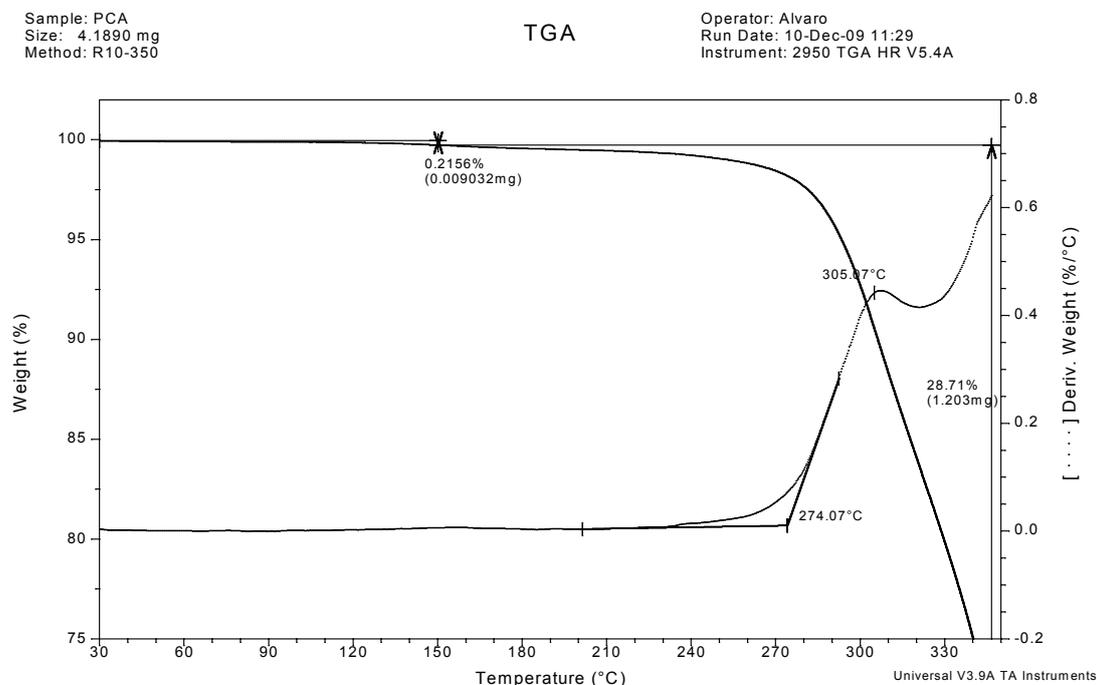


Figura 1: Análisis Térmico por Gravimetría: Perclorato de Amonio – PCA (Testigo).

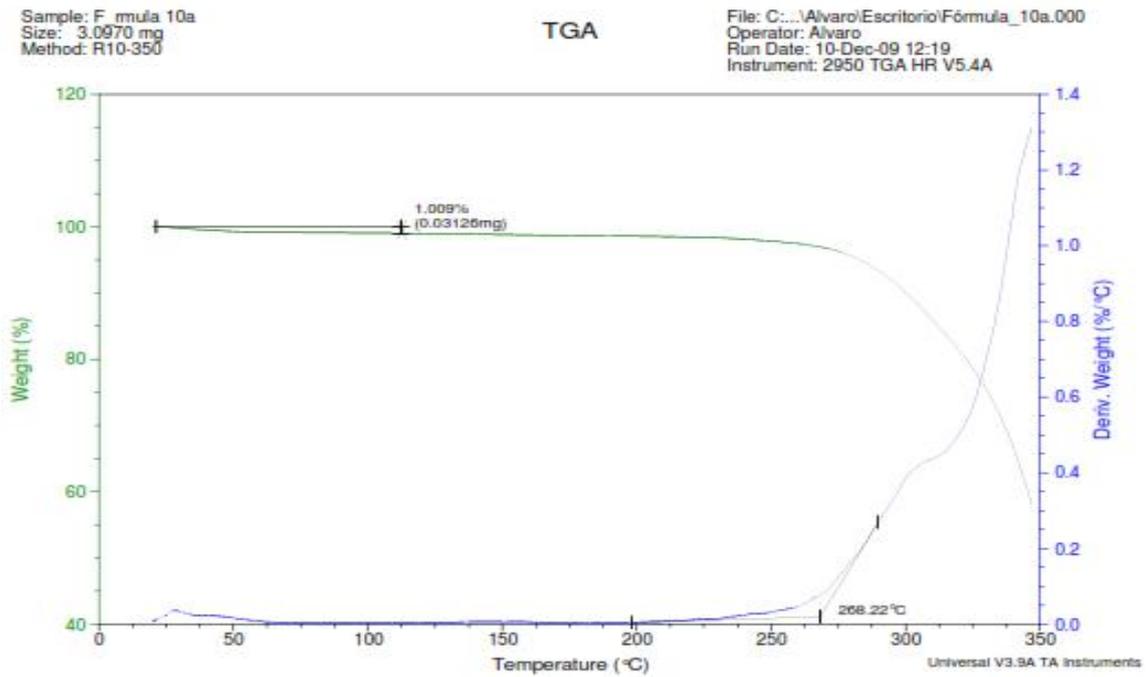


Figura 2: Análisis Térmico por Gravimetría: F'ormula 10<sup>a</sup> (Testigo).

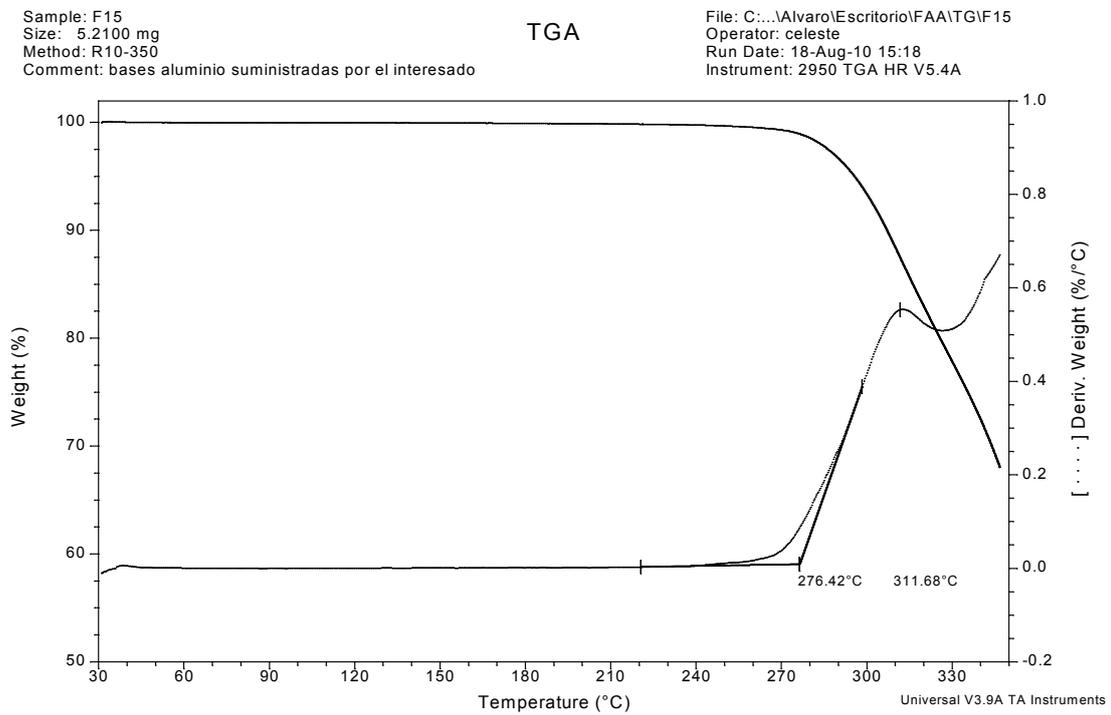


Figura 3: Análisis Térmico por Gravimetría: F'ormula 15.

Sample: F16  
 Size: 4.6010 mg  
 Method: R10-350  
 Comment: bases aluminio suministradas por el interesado

TGA

File: C:\...Alvaro\Escritorio\FAA\TG\F16  
 Operator: celeste  
 Run Date: 19-Aug-10 10:58  
 Instrument: 2950 TGA HR V5.4A

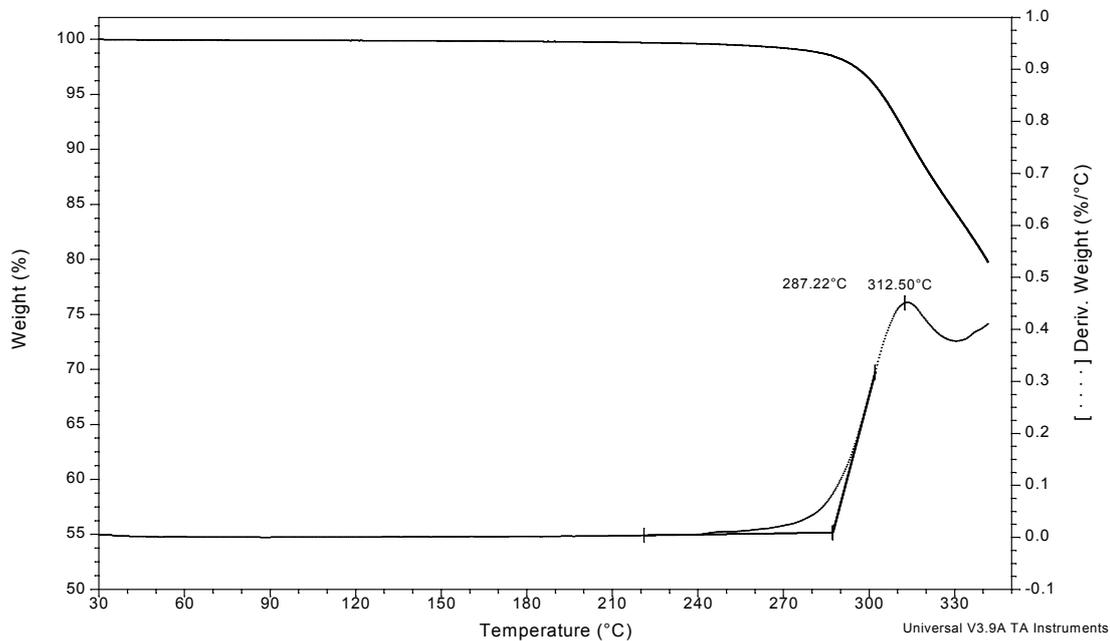


Figura 4: Análisis Térmico por Gravimetría: Fórmula 16.

Sample: F21  
 Size: 4.8990 mg  
 Method: R10-350  
 Comment: bases aluminio suministradas por el interesado

TGA

File: C:\...Alvaro\Escritorio\FAA\TG\F21  
 Operator: celeste  
 Run Date: 18-Aug-10 16:21  
 Instrument: 2950 TGA HR V5.4A

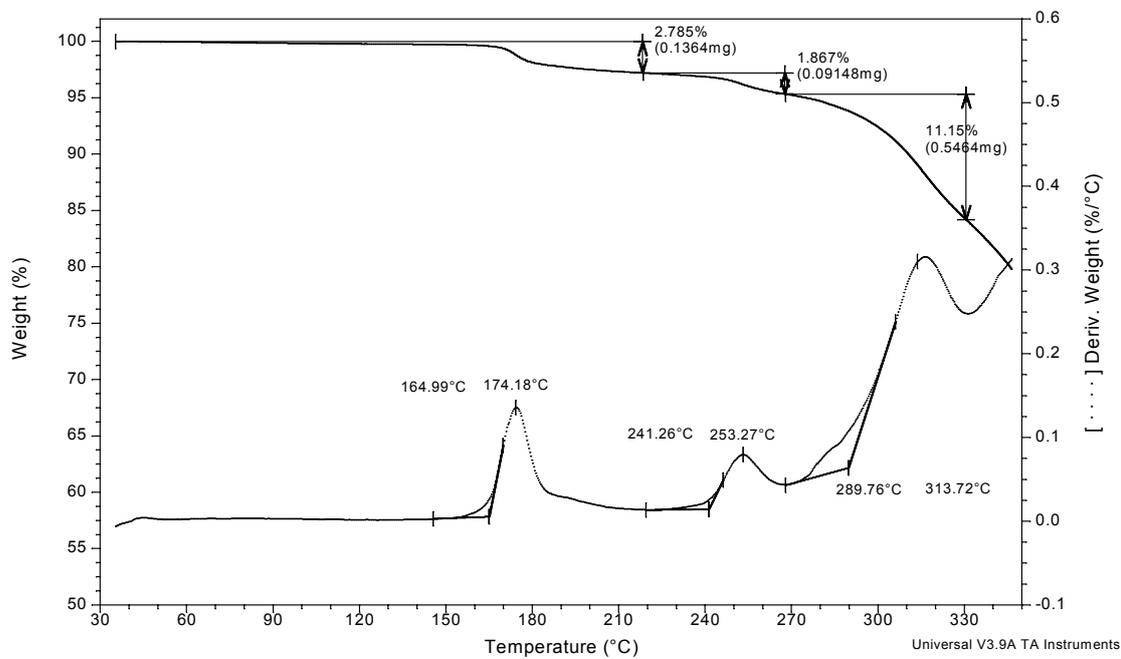


Figura 5: Análisis Térmico por Gravimetría: Fórmula 21.

Sample: F24  
Size: 5.7110 mg  
Method: R10-350  
Comment: bases aluminio suministradas por el interesado

### TGA

File: C:\...Alvaro\Escritorio\FAAITG\F24  
Operator: celeste  
Run Date: 19-Aug-10 13:08  
Instrument: 2950 TGA HR V5.4A

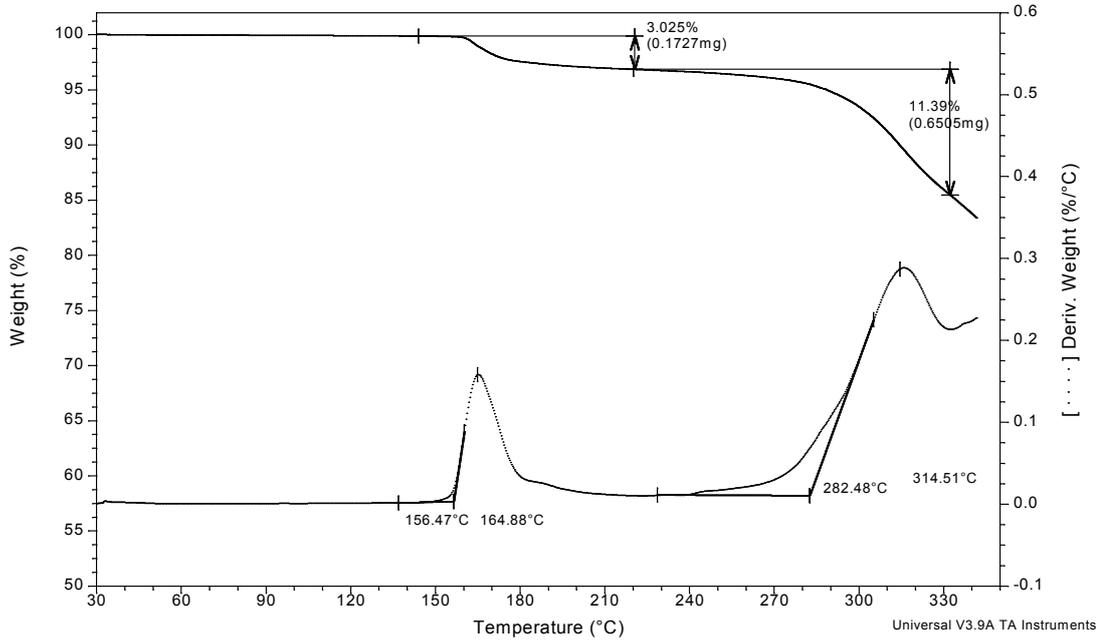


Figura 6: Análisis Térmico por Gravimetría: Fórmula 24.

Sample: F-36  
Size: 2.4090 mg  
Method: R10-300  
Comment: c/retardante

### TGA

File: C:\...Alvaro\Escritorio\FAAITG\F-36  
Operator: Alvaro  
Run Date: 27-Aug-10 10:29  
Instrument: 2950 TGA HR V5.4A

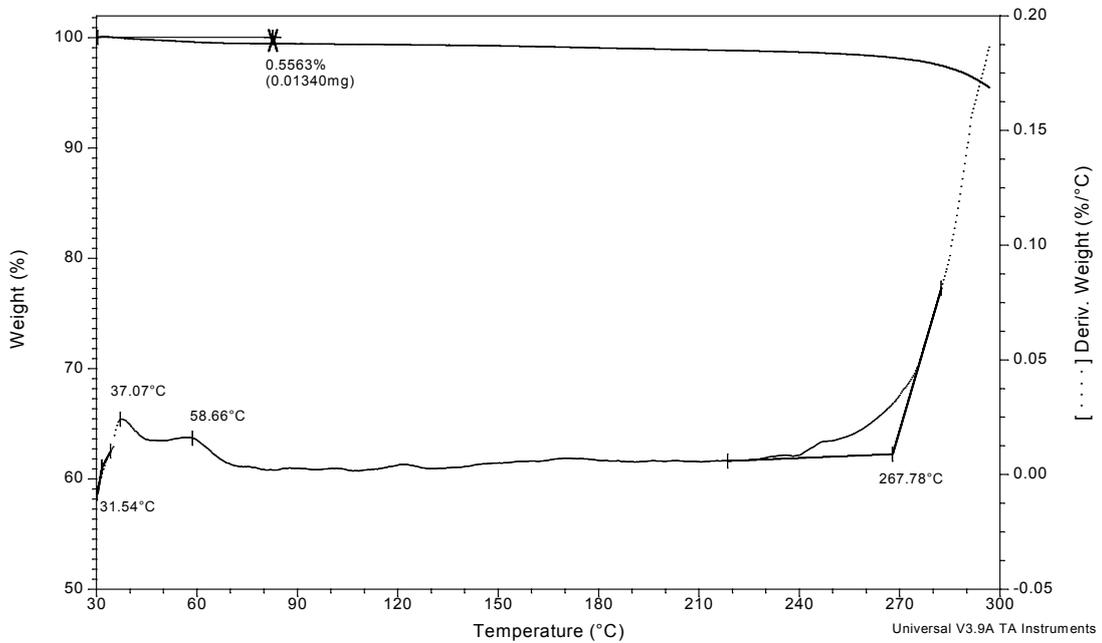


Figura 7: Análisis Térmico por Gravimetría: Fórmula 36.

Sample: F-40  
Size: 4.9720 mg  
Method: R10-300  
Comment: c/retardante + efervescente

### TGA

File: C:\...Alvaro\Escritorio\FAA\TGIF-40  
Operator: Alvaro  
Run Date: 27-Aug-10 11:12  
Instrument: 2950 TGA HR V5.4A

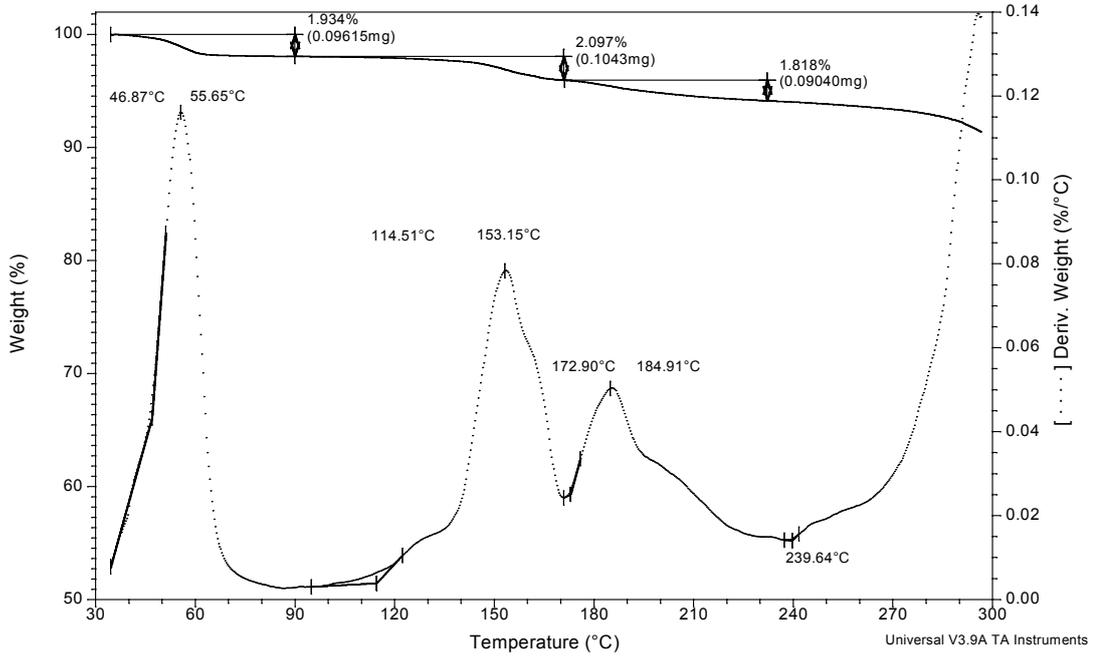


Figura 8: Análisis Térmico por Gravimetría: Fórmula 40.

Sample: PD-13d  
Size: 4.1460 mg  
Method: R10-300  
Comment: c/efervescente-oxidante

### TGA

File: C:\...Alvaro\Escritorio\FAA\TGIPD-13d  
Operator: Alvaro  
Run Date: 27-Aug-10 12:00  
Instrument: 2950 TGA HR V5.4A

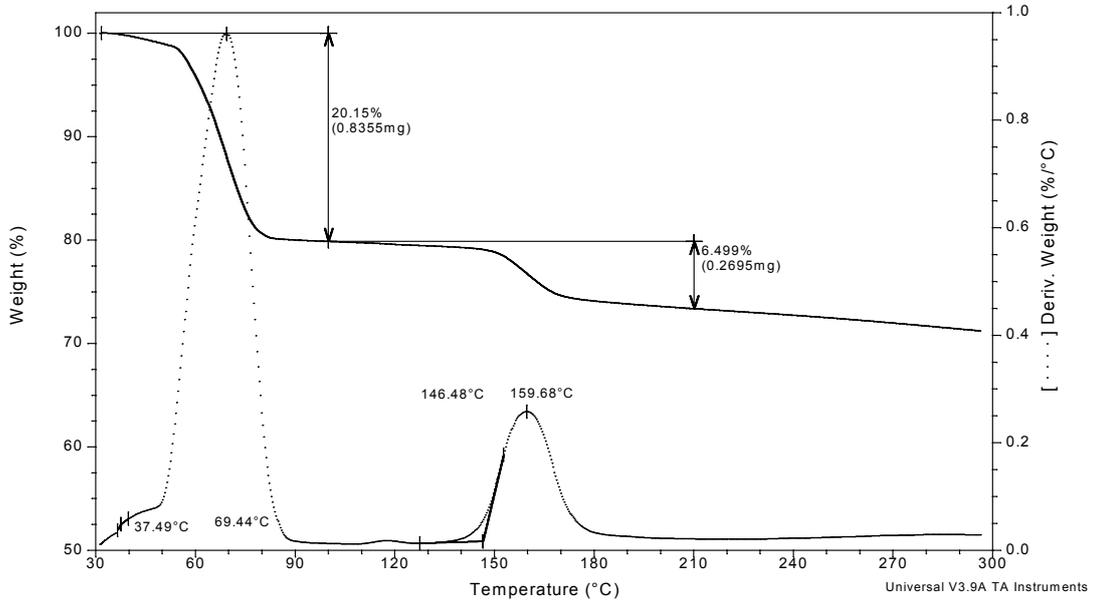


Figura 9: Análisis Térmico por Gravimetría: PD-13d (Fórmula 62).

Muestra	Temperatura del Evento (°C)		Pérdida de peso (%)	Atribuciones y observaciones
	Inicio	Máximo		
PCA	inicio	150	0,22	Evaporación de residuos volátiles (ej.: agua)
	274,1	305,1	> 28	Descomposición del material
F-10 <sup>a</sup>	100,0		1,01	Evaporación de residuos volátiles (ej.: agua, etanol, otros)
	268,2		> 40	Descomposición del material
F-15	276,4	311,7	> 30	Descomposición del material
F-16	287,2	312,5	> 20	Descomposición del material
F-21	165,0	174,2	2,79	Pérdida de masa
	241,3	253,3	1,87	Inicio de la descomposición del material
	274,5	313,7	11,15	Segunda etapa de descomposición
F-24	156,5	154,9	3,03	Pérdida de masa
	241,8 282,5	314,5	0,17 11,39	Descomposición del material
F-36	31,5	37,1 – 58,7	0,56	Evaporación de residuos volátiles (ej.: etanol, otros)
	236,8 267,8	> 300	0,14 > 5	Descomposición del material: evento con dos principales etapas, no bien diferenciadas.
F-40	46,9	55,7	1,93	Evaporación de residuos volátiles (ej.: etanol, otros)
	114,5	153,2	2,10	Evaporación de residuos volátiles (ej.: agua unida más fuertemente)
	172,9	184,9	1,82	Inicio de la descomposición del material
	239,6	> 300	> 2,75	Segunda etapa de descomposición
PD-13d	37,5	69,4	20,15	Evaporación de residuos volátiles (ej.: etanol, otros)
	146,5	159,7	6,50	Descomposición del material

Tabla 5: Resultados de Análisis Térmico por Gravimetría.

#### 4 CONCLUSIONES

Las conclusiones fueron que se observó una mejora en la descomposición térmica de

las formulaciones del comburente, optimizadas con partículas discretas especializadas y la consecuente posibilidad de optimización de la velocidad de quemado, encontrando como resultado que las formulaciones optimizadas presentan temperatura de descomposición (punto de convergencia) menor que los testigos, conforme a la performance planificada estratégicamente.

Para comprobar el impacto de estos agregados en el impulso específico de la mezcla básica de propelentes, se planea una exhaustiva campaña de ensayos en micromotores, cuyos resultados serán determinantes para la formulación a adoptar.

## REFERENCIAS

ACOFARMA, S.C.L., Productos Químicos – Fichas de Seguridad. Disponible en: [http://www.acofarma.com/portal/index.php?option=com\\_fds&task=buscar&Itemid=49](http://www.acofarma.com/portal/index.php?option=com_fds&task=buscar&Itemid=49). Con acceso 15/09/2009.

ACOFARMA, S.C.L. Productos Químicos – Fichas Técnicas. Disponible en: [http://www.acofarma.com/portal/index.php?option=com\\_fichas\\_tecnicas&task=buscar&Itemid=54](http://www.acofarma.com/portal/index.php?option=com_fichas_tecnicas&task=buscar&Itemid=54). Con acceso 15/09/2009.

Alfonso R. Gennaro. Remington FARMACIA. 17<sup>a</sup> Edición. Editorial Médica Panamericana S.A.. Buenos Aires, Argentina. 1992.

Carfi S.A., Amoníaco, Ficha técnica / Seguridad. Disponible en: [http://www.carfiamoniaco.com.ar/ftecnica\\_seguridad.htm](http://www.carfiamoniaco.com.ar/ftecnica_seguridad.htm). Con acceso 20/09/2009.

David P. Carrasco, Pedro F. Pomilio, Lucio D. Lafata, Roberto J. Garay, Gustavo Torresán. Ponencia “Estudio Preliminar para Definición de Propelentes Candidatos para Motor Híbrido Microsatélite”. V Congreso Argentino de Tecnología Espacial – AATE y CPIAE. Mar del Plata, Argentina. 2009.

José Luis Vila Jato. Editor. Tecnología Farmacéutica. Volumen I. Aspectos fundamentales de los sistemas farmacéuticos y operaciones básicas. Editorial Síntesis, S.A.. España. 2001.

Michel E. Aulton. Farmacia. La ciencia del diseño de las formas farmacéuticas. 2<sup>a</sup> Edición. Elsevier España, S.A.. Madrid, España. 2004.

Panreac Química, S.A.U., Potasio Sodio Tartrato 4-hidrato, Ficha de Datos de Seguridad. Disponible en: [http://ge-iic.com/files/fichas\\_productos/sal\\_de\\_la\\_Rochelle.pdf](http://ge-iic.com/files/fichas_productos/sal_de_la_Rochelle.pdf). Con acceso 22/09/2009.

Pedro F. Pomilio. Informe Técnico N° 35/08 “Diseño y Formulación Química de: Motor Híbrido Inverso para Microsatélite – MHM.”, Centro de Investigaciones Aplicadas del Instituto Universitario Aeronáutico de la Fuerza Aérea Argentina. Córdoba, Argentina. 2008.

Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V., Hidróxido de Amonio, Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas. Disponible en: [http://antiguo.itson.mx/laboratorios/HIDROXIDO\\_DE\\_AMONIO.pdf](http://antiguo.itson.mx/laboratorios/HIDROXIDO_DE_AMONIO.pdf). Con acceso 20/09/2009.

Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V., Hidróxido de Amonio, Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas. Disponible en: [http://antiguo.itson.mx/laboratorios/HIDROXIDO\\_DE\\_AMONIO.pdf](http://antiguo.itson.mx/laboratorios/HIDROXIDO_DE_AMONIO.pdf). Con acceso 20/09/2009.

Solvay Chemicals, Inc, Perborato Sódico Tetrahidratado, Ficha de Datos de Seguridad. Disponible en: [www.solvaychemicals.us/static/wma/pdf/1/5/4/6/6/PBS4\\_SP.pdf](http://www.solvaychemicals.us/static/wma/pdf/1/5/4/6/6/PBS4_SP.pdf). Con

acceso 23/09/2009.

Wikipedia org.es, Artículo Carbonato de Magnesio. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato\\_de\\_magnesio](http://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato_de_magnesio). Con acceso 22/09/2009.

Winkler Ltda., Amonio Carbonato, Ficha de Seguridad Química. Disponible en: [www.winklerltda.com/ficha\\_new.php?id=1439](http://www.winklerltda.com/ficha_new.php?id=1439). Con acceso 22/09/2009.

Winkler Ltda., Amonio Fosfato Dibásico, Ficha de Seguridad Química. Disponible en: [www.winklerltda.com/ficha\\_new.php?id=1445](http://www.winklerltda.com/ficha_new.php?id=1445). Con acceso 23/09/2009.

Winkler Ltda., Sodio Citrato 2-Hidrato, Ficha de Seguridad Química. Disponible en: [www.winklerltda.com/ficha\\_new.php?id=1954](http://www.winklerltda.com/ficha_new.php?id=1954). Con acceso 23/09/2009.