

## G + PLUS® de Free Flow®

### ADITIVO CATALIZADOR ORGANO-METALICO PARA COMBUSTIBLES

#### -Combustión e inquemados

- I -Como se forman los inquemados en las calderas..... 02
- II -Como mejorar la combustión.....02

#### -Interés de un aditivo

- III - Funcionamiento de las calderas con y sin aditivo.....03
- IV - Elección del aditivo..... 04
  - Tipos de productos que mejoran la combustión
  - Cualidades de un catalizador eficaz

#### -Los resultados del G+PLUS

- V -Medidas de la eficacia del g+plus.....05
  - Medida del coeficiente de eficacia
  - Medida de la emisión de humos con y sin G+PLUS en función del exceso de aire
    - Sobre fuel-oil
    - Sobre gas-oil
  - Ensayos efectuados en 100 instalaciones industriales
- VI -Dosificación aconsejada.....11
- VII –Características físicas del g+plus.....12

## **G + PLUS**

### **ADITIVO CATALIZADOR ORGANO-METALICO PARA COMBUSTIBLES**

El g+plus se ha puesto a punto para mejorar la combustión del fuel-oil o el gas-oil de las calderas.

Antes de estudiar los desarrollos de este producto, recordamos sucintamente los principios de la combustión, las ventajas aportadas por un aditivo eficaz y los diferentes tipos de aditivos existentes.

### **COMBUSTION E INQUEMADOS**

#### **I - COMO SE FORMAN LOS INQUEMADOS EN LAS CALDERAS**

- a) Por falta de aire a nivel de combustión. Ya sea por falta global de aire, o por malas mezclas de aire e hidrocarburo
  
- b) Por los fenómenos de cracking y de reforming, que conllevan la formación de grafito
  
- c) El grafito o el compuesto carbonoso de alto peso molecular se forma cuando la combustión quema a poca velocidad, provocando combustión incompleta, lo que es una función exponencial de la temperatura. Es por esto, que la temperatura de la llama es importante en la emisión de inquemados.  
La temperatura a la que la velocidad de combustión del grafito es casi nula es  
Del orden de los 800 °c

#### **II – COMO MEJORAR LA COMBUSTION**

- a) Utilizando cantidades de aire por lo menos iguales a las cantidades estequiométricas
  
- b) Mejorando el funcionamiento de los inquemados mediante una mejor turbulencia, es decir, una mejor mezcla aire/fuel.
  
- c) Aumentando la velocidad de combustión del grafito, lo que lleva a disminuir la cantidad de inquemados producidos en la llama y a permitir al grafito continuar a oxidarse a temperaturas más bajas

Los productos a utilizar serán, por lo tanto, catalizadores.

## INTERES DE UN ADITIVO

### III - FUNCIONAMIENTO DE LAS CALDERAS CON Y SIN ADITIVO

Por razones económicas, así como por razones de lucha contra la contaminación (emisión de  $\text{SO}_2$ ), la combustión del fuel-oil en las calderas deberá hacerse en condiciones estequiométricas. Desgraciadamente, las condiciones prácticas no lo permiten.

A título de ejemplo hemos establecido una comparación entre el funcionamiento de una caldera con o sin aditivo y el funcionamiento ideal de la misma caldera alimentada con fuel- oil pesado.

**A**                    %  $\text{CO}_2$  = 15,6% Perdida por humo = 7,5% (sobre PCI)  
 Marcha ideal      %  $\text{O}_2$  = 0             $T^\circ$  de gas salida caldera = 195 °c  
                          Masa de inquemados carbonosos = 0

Las condiciones prácticas (velocidad de combustión del grafito, mezcla aire/fuel) obligan a los quemadores a funcionar con un mínimo de exceso de aire.

**B**                    %  $\text{CO}_2$  = 12% Perdida por humo = 10,7%  
 Marcha sin        %  $\text{O}_2$  = 5%         $T^\circ$  de gas salida caldera = 225 °c  
                          Masa de inquemados carbonosos = 150 a 300 mg/m<sup>3</sup> de gas

Para un quemador bien reglado, la utilización de un aditivo eficaz en el fuel deberá permitir a los quemadores funcionar en las condiciones siguientes.

**C**                    %  $\text{CO}_2$  = 13,5% Perdida por humo = 8,8%  
 Marcha con        %  $\text{O}_2$  = 3%         $T^\circ$  de gas salida caldera = 210 °c  
                          Masa de inquemados carbonosos = 50 a 100 mg/m<sup>3</sup> de gas

#### **¿Qué interés hay en la utilización de aditivos?**

El pasó de estado de marcha B al estado de marcha c, sin que permita realmente alcanzar las condiciones de marcha ideales (A), aporta las siguientes evidentes ventajas.

- a) El rendimiento de combustión se mejora un 2%.  
 Para el usuario esta ventaja permite, únicamente a justificar el coste del aditivo.  
 Las ventajas secundarias (limpieza y barridos o sopladros menos frecuentes, corrosión y limpieza de las cubas y las calderas), serán por tanto consideradas como gratuitas.

- b) La baja emisión de inquemados carbonosos en los humos permite mantener, sin limpieza químicas o manuales, el rendimiento inicial (del diseño) de la caldera gracias a una mayor limpieza de las superficies de intercambio. Se puede estimar esta mejora de rendimiento complementario entre 2y 3% para el fuel-oil.
- c) Los ensuciamientos menos frecuentes conllevan una economía en el hecho de precisar limpiezas menos frecuentes y más fáciles de las superficies.
- d) La presencia de los humos de cantidades relativamente importantes de inquemados y de ácido sulfúrico provoca, en las parte frías, la formación de depósitos, en particular en la chimenea.  
Estos depósitos caen en los alrededores de la chimenea, siendo muy corrosivos por el hecho de su contenido en ácido sulfúrico.  
La utilización de un aditivo catalizador anti-humos permite la reducción muy notable, si no la supresión, de la emisión de hollines.
- e) G+PLUS rebaja el contenido de  $SO_3$  (es decir de las corrosiones) en lo humos, gracias a un funcionamiento posible con un menor exceso de aire y una mayor limpieza de las superficies de intercambio.

#### IV - ELECCION DE ADITIVO

##### Tipos de productos que mejoran la combustión

Diferentes métodos físicos-químicos son precocinados para mejorar la combustión del fuel mediante su incorporación (aditivación):

- tensión activos, que por una mejor atomización de combustible provocaran una mejor superficie de contacto aire/fuel.  
La eficacia de este procedimiento es prácticamente nula con dosis económicas  
Salvo la utilización de aditivos muy concentrados (enérgicos).
- nitratos organicos o inorgánicos con inhibidor,
- peróxidos orgánicos
- productos organicos clorados la eficacia de estos productos queda relativamente débil cualquiera que sea su dosis ( ver Pág. 6)
- catalizadores órgano-metálicos que permiten la reacción de oxidación incluso a baja temperatura. Todos los aditivos eficaces de combustión los contienen.  
Desgraciadamente, el coste de este tipo de producto limita a menudo su contenido en el aditivo y por lo tanto su eficacia.

### **Cualidades de un catalizador eficaz**

Un catalizador órgano-metálico debe responder a los criterios siguientes:

- Tener una densidad parecida a aquella del fuel-oil, lo que permite una  
Dispersión fácil en el combustible
- El metal catalítico no debe tener peligro de corrosión para las instalaciones  
(Evitar los catalizadores a base de cobre)
- El metal no debe ser peligroso para el organismo humano (evitar catalizadores  
A base de bario, plomo, etc.)
- El producto por el mismo no debe ser peligroso para el usuario (el caso de  
Ciertos complejos de manganeso.
- Disminuir al máximo el contenido de partículas sólidas en los humos por  
un coste mínimo.

### **Resultados de G+PLUS**

#### V -MEDIDA DE LA EFICACIA DE G+PLUS

La eficacia (E) de un aditivo de combustión se puede medir de diferentes maneras. Hemos extraído, de nuestros numerosos ensayos, los resultados siguientes:

Medida del coeficiente de eficacia

$$E = \frac{\text{Descenso de emisión de partículas sólidas en los humos}}{\text{Costo de tratamiento en m}^3}$$

Estas medidas han sido hechas con diferentes aditivos incorporados al fuel-oil alimentando una caldera de 12 T/hora de vapor, quemador con pulverización mecánica.

Características: BABCOCK FM 9, quemador PILLARD

- Reglaje del quemador: 12% CO<sub>2</sub> a 11 T/hora.
- Alimentación: fuel pesado – viscosidad a 50 °c = 6,4 E

Los resultados dados a continuación representan medias.

Nº del ensayo	Aditivo utilizado	Concentración en volumen	* Cantidad de partículas sólidas g/Kg. de fuel		% de menos quemados en los humos con a la marcha sin aditivo	Incidencia del precio sobre el combustible	E
			Antes	después			
01	Nitrobenceno	10%	2,3	2,1	10%	4,50	$\frac{10}{1} = 2,22$ 1X4,5
02	Parafina clorada (67% cloro)	10%	2,3	2,0	15%	2,25	$\frac{15}{1} = 6,66$ 1X2,25
03	Complejo de manganeso 350g metal/1	0,1%	2,3	0,8	65%	53	$\frac{65}{0,1} = 12,25$ 0,1X53
04	<b>G + plus</b>	<b>0,3%</b>	<b>2,3</b>	<b>0,85</b>	<b>63%</b>	<b>9</b>	$\frac{63}{0,3} = 23,4$ <b>0,3X9</b>

\* Estas partículas comprenden los quemados carbonosos y las cenizas del combustible.

Medida de la emisión de humos con y sin G+PLUS en función del exceso de aire.

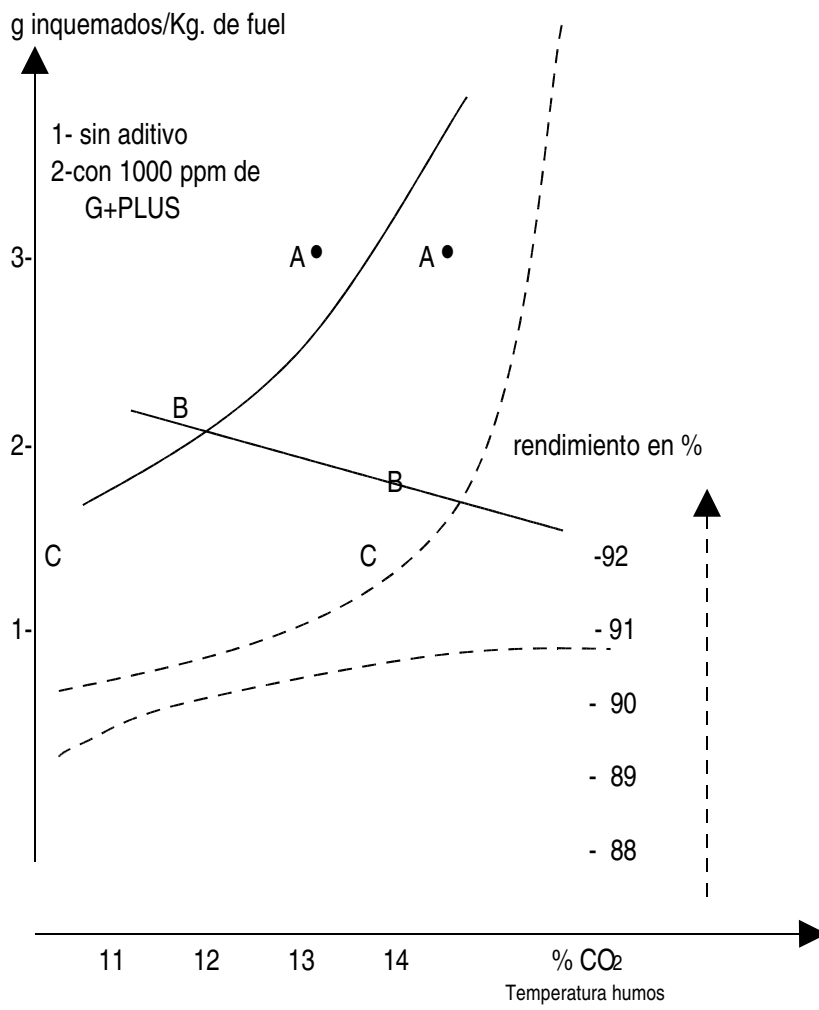
### Sobre el fuel-oil pesado

Los ensayos han sido efectuados con y sin tratamiento G+PLUS con una dosis de 1000 ppm, sobre la misma instalación que en los ejemplos anteriores.

Las medidas han sido efectuadas con diversos excesos de aire para poder trazar las curvas representativas del funcionamiento con o sin aditivo.

Estas curvas representan (ver Fig., 1) el contenido de quemados y el rendimiento en función del % CO<sub>2</sub> y de la temperatura de humos.

Figura 1



Dependiendo del límite de polución impuesto la mejora del rendimiento de combustible puede variar entre 1,5 y 4,5% como muestra la Fig., 1

Puntos representativos del reglaje		Ganancia EI Rendimiento	Contenido de partículas sólidas en los humos
Sin Aditivo	Con Aditivo		
A	A`	1,5 %	3 g/kg fuel
B	B`	2,5 %	150 mg/ Nm3
C	C`	4,5%	1,5 g/kg fuel

#### Sobre el gas-oil

Los ensayos han sido efectuados sobre caldera CREIL- BC 25 de 1 t/hora equipada con quemador con pulverización mecánica.

- características del gas- oil:

Densidad a 20 • C : 0,845  
 Viscosidad a 20 •C : 4,3 cst  
 Punto de inflamación : 65 •C

La medida de la emisión del humo ha sido efectuada con la ayuda del índice Bacharach.

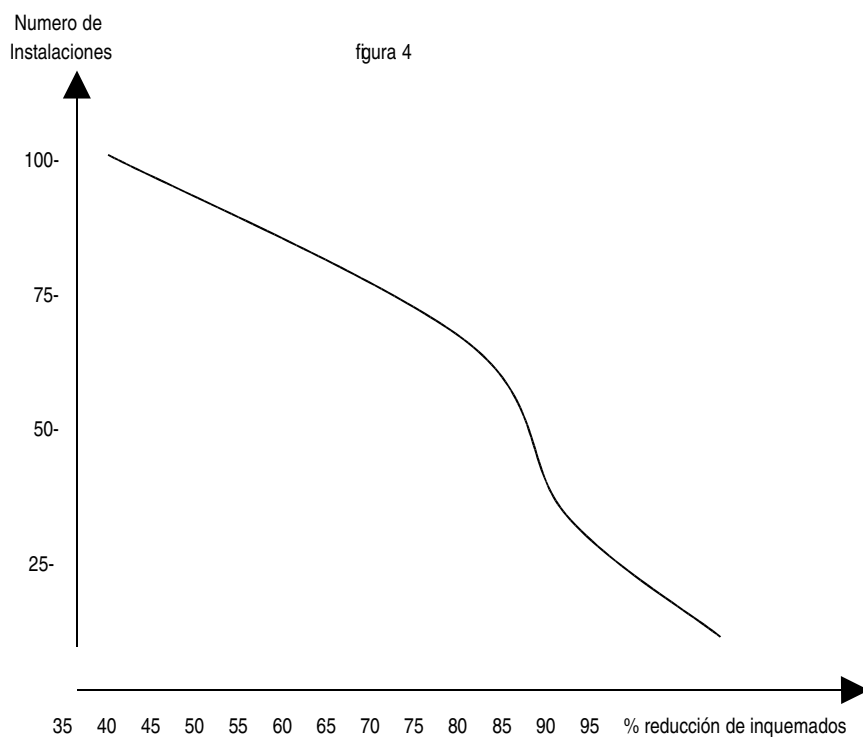
Sobre la Fig. 2 hemos trazado las curvas del índice Bacharach en función de los parámetros, rendimiento, % CO<sub>2</sub>, temperatura de humos, con el fuel tratado con una dosis de 1000 ppm y el fuel sin tratar.



- A emisión de humos con parámetros constantes, la mejora de rendimiento esta comprendida entre 1 y 3,5%.
- La adición de G+PLUS permite rebajar el índice Bacharach de 1 a 5 puntos y disminuir la cantidad de inquemados emitidos de 20 a 80%

#### ENSAYOS EFECTUADOS SOBRE 100 INSTALACIONES INDUSTRIALES

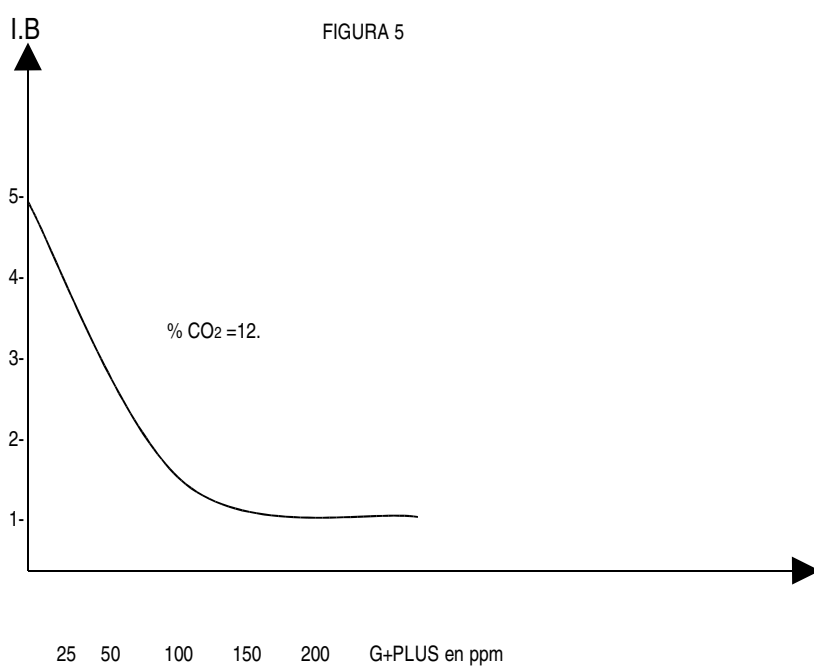
La comparación entre la emisión de inquemados de una caldera alimentada con fuel-oil y gas-oil tratado, y no tratado con un aditivo a base G+PLUS, muestra que en el 72% de los casos el aditivo ha permitido reducir la emisión de inquemados en mas del 50%.



## VI - DOSIFICACION ACONSEJADA.

Gas – oil

La figura 5 representa la variación del índice Bacharach en función del contenido de G+PLUS en el gas-oil alimentando la caldera de ensayo descrita anteriormente.

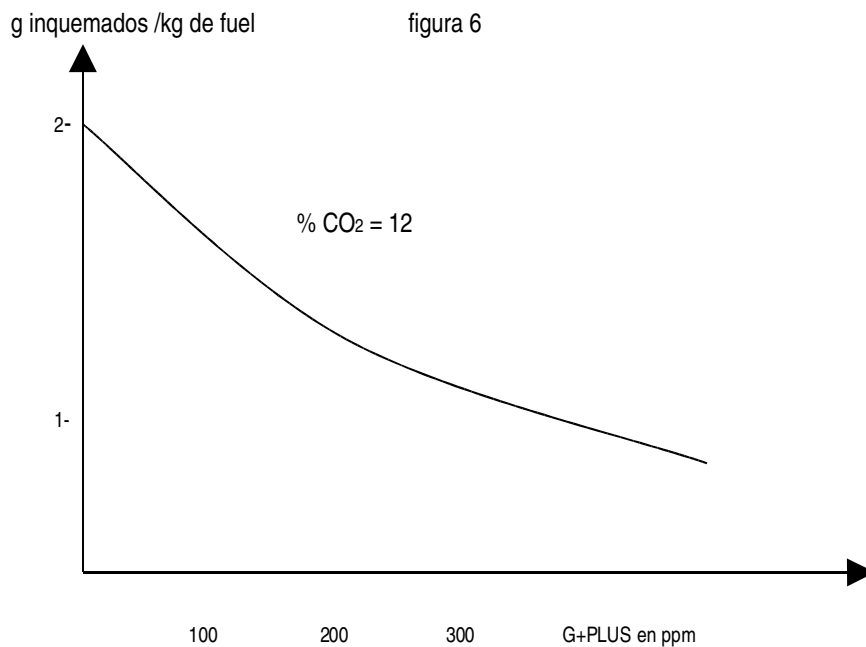


La cantidad óptima de aditivo es del orden de 100 ppm

### Fuel-oil

La figura 6 representa la variación de emisión ponderada de inquemados en los humos en función del contenido de G+PLUS en el combustible.

Estos resultados han sido obtenidos en la caldera Babcock descrita anterior mente.



La cantidad óptima de aditivo es del orden de 200 ppm

Caso general: con dosis de alrededor de 1l por 5000 litros de G+PLUS la cantidad de carbón inquemado se reduce por lo menos un 50%

En los dos casos también pueden obtener resultados nada despreciables con dosis del orden de la mitad e incluso tercios de la dosis óptima.

## VII – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL G+PLUS

- Aspecto : líquido estable de color rojo
- Densidad media : 0,9 gr. /CC
- Temperatura del punto de (clair) : > 65 • C (crisol abierto)
- Agresividad : nula respecto a metales usuales
- Residuo tras calcinación : 140 g/l mínimo.