

SARRALLE EQUIPOS SIDERURGICOS

EAF BEYOND THE OPTIMUM MELTING PROCESS

Autores:

**Jon Serrano
Eneko Sedano**



CONTENIDO

1. SARCON, SISTEMA DE REGULACIÓN ELECTRODOS

- **SET POINTS DINÁMICOS**
- **HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS**

2. SARJET, CONCEPTO DE INYECTOR SUPERSÓNICO ADAPTADO

1. SARCON, ELECTRODES REGULATION SYSTEM

Set Points dinámicos

A.S.P.I, Arc Stable Power Increment:

Criterio de estabilidad de arco → Indicadores de estabilidad → Tiempo → Incremento de set point

Dynamic power profile:

Criterio de estabilidad de arco → Indicadores de estabilidad → Tiempo → Ajuste automático del perfil de fusión

Short circuit Extinction Function:

Sobrecorriente → Incrementar lectura actual de las fases sin CC % → Simular la futura evolución del cortocircuito

Constant Power Regulation Mode:

Diseñado especialmente para operación DRI → evolución a modo potencia constante → Optimizar la adición de DRI

Panels protection tool:

Tº Panel / Escoria espumosa/ caudal O₂ & índice de radiación → Ajuste automático de set point

1. SARCON, ELECTRODES REGULATION SYSTEM

Herramienta Analítica

Automatic speed measure, speed configuration mode:

Obtener curva “velocidad frente a salida servo” → PID intuitivos mediante ajuste en mm/sec frente a error

Prueba de cortocircuito y diagramas circulares reales:

Sarcon guía paso a paso para realizar el test → Obtener diagramas circulares reales → calculadora de set points

Herramienta consumo de electrodos y cálculo de fuerzas electrodinámicas:

Cálculo instantáneo y por colada del consumo de electrodos y las fuerzas electrodinámicas entre ellos

Herramienta de calidad de energía y flicker:

Lectura detallada de contenido armónico/ escoria espumosa y Flicker

Indicador de electrodo corto con calculo de perdida de tiempo:

Ayuda a decidir cual es el mejor momento para alargar o cambiar el electrodo

1. SARCON, ELECTRODES REGULATION SYSTEM

Screening

☰

SARCON EAF CONTROL

17:45:13 2016/06/09

-
-
-
-
-
-
-
-
- Admin

	PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3
VOLTAGE	0 V	0 V	0 V
CURRENT	0,0 KA	0,0 KA	0,0 KA
POWER	0,00 MW	0,00 MW	0,00 MW
VOLTAGE	0 V	0 V	0 V
ROTATION	0	0	0
CAPABILITY	0,00	0,00	0,00
PRESSURE	0 bar	0 bar	0 bar

POWER ON :

TAP TO TAP :

REG. MODE

ENERGY [Kwh]

TRAFO TAP

REACTOR TAP

HEAT NUMBER

BUCKET NUMBER

SERVOVALVE 1

SERVOVALVE 2

SERVOVALVE 3

POWER

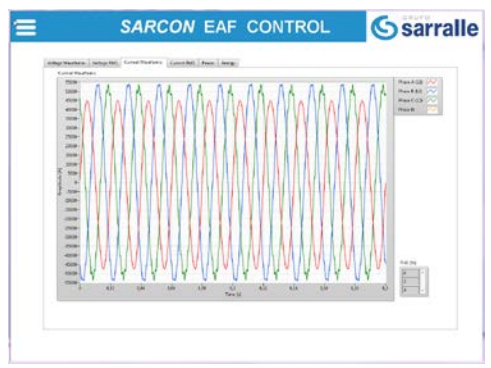
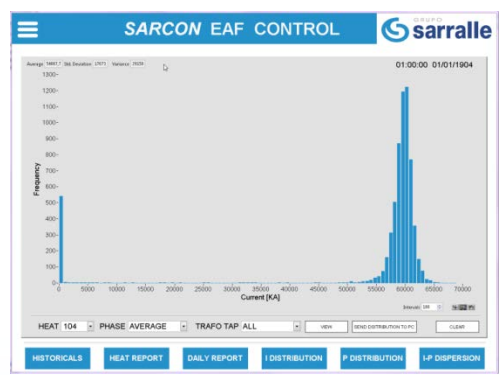
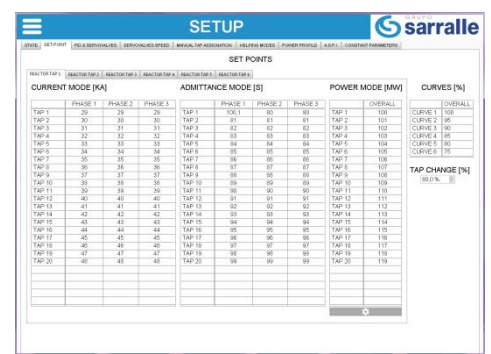
CURRENT

ADMITTANCE

C. POWER

1. SARCON, ELECTRODES REGULATION SYSTEM

Screening

SETUP

SET POINTS

PHASE/TAP	CURRENT MODE [kA]	ADMITTANCE MODE [S]	POWER MODE [MW]	CURVES [%]
TAP 1	20	20	20	100
TAP 2	30	30	30	100
TAP 3	31	31	31	100
TAP 4	32	32	32	100
TAP 5	33	33	33	100
TAP 6	34	34	34	100
TAP 7	35	35	35	100
TAP 8	36	36	36	100
TAP 9	37	37	37	100
TAP 10	38	38	38	100
TAP 11	39	39	39	100
TAP 12	40	40	40	100
TAP 13	41	41	41	100
TAP 14	42	42	42	100
TAP 15	43	43	43	100
TAP 16	44	44	44	100
TAP 17	45	45	45	100
TAP 18	46	46	46	100
TAP 19	47	47	47	100
TAP 20	48	48	48	100



SETUP

A.S.P.I. ARC STABLE - POWER INCREMENT

A.S.P.I. CONDITIONS

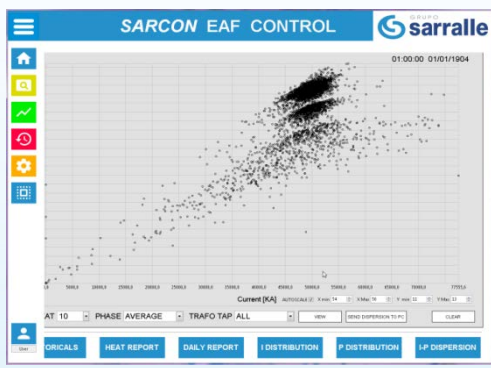
CURVE	THD [%]	STABILITY INDEX	SETPOINT DEVIATION [%]	DURATION [min]	SET POINT VARIATION [%]	<input checked="" type="checkbox"/> THD	<input checked="" type="checkbox"/> STABILITY INDEX	<input checked="" type="checkbox"/> SP DEVIATION	<input checked="" type="checkbox"/> MINIMUM ENERGY
CURVE 1	20	20	10	10	10				
CURVE 2	10	10	10	10	10				
CURVE 3	10	10	15	10	10				
CURVE 4	5	5	20	10	10				
CURVE 5	0	0	0	0	0				
CURVE 6	0	0	0	0	0				

Set-Point Adjustment Curve ASPi

Initial Set-Point Phase 1: 29, Actual Set-Point Phase 1: 29

Initial Set-Point Phase 2: 29, Actual Set-Point Phase 2: 29

Initial Set-Point Phase 3: 29, Actual Set-Point Phase 3: 29




SARCON EAF CONTROL

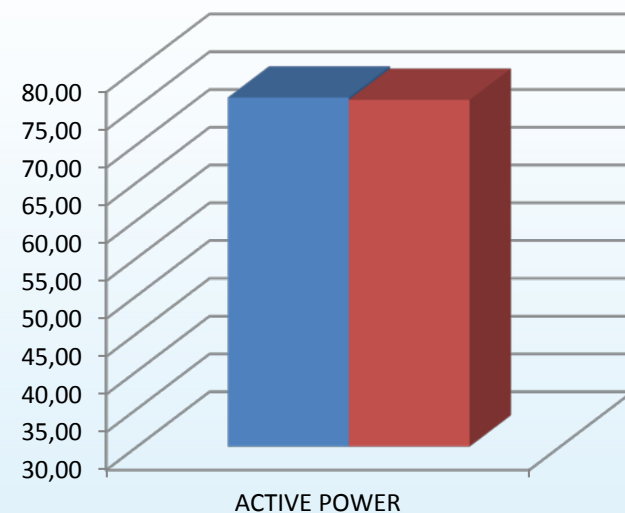
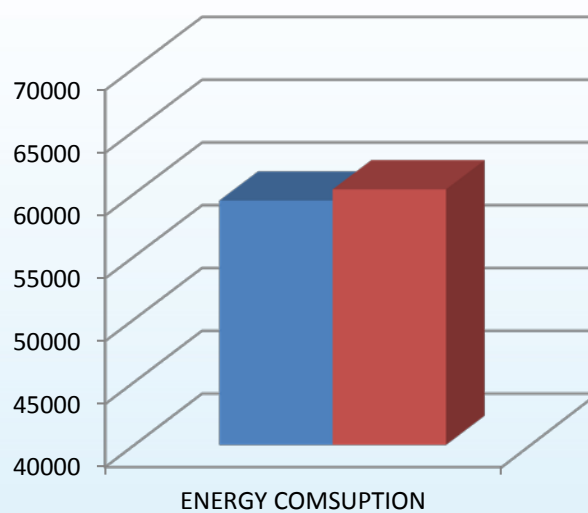
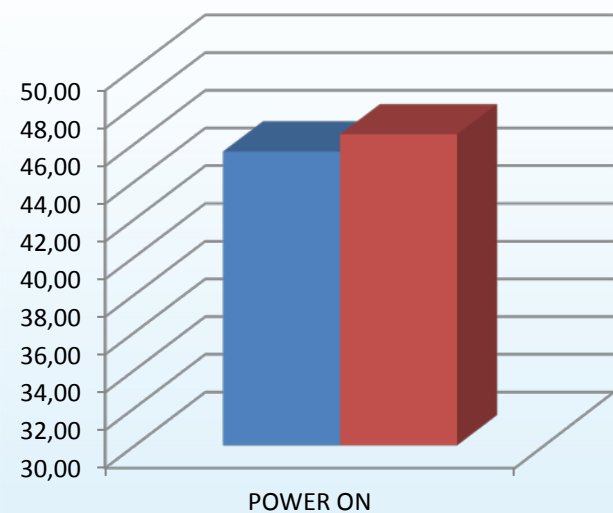
START: 102 01:00:00 01/01/1904 END: 278 01:00:00 01/01/1904

NO	Date & Time	THD [%]	Stability Index	Setpoint Deviation [%]	Duration [min]	Setpoint Variation [%]	THD	Stability Index	SP Deviation	Minimum Energy
102	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
103	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
104	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
105	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
106	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
107	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
108	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
109	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
110	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
111	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
112	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
113	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
114	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
115	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
116	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
117	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
118	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
119	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
120	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
121	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
122	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
123	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
124	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
125	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
126	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
127	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
128	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
129	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
130	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
131	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
132	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
133	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
134	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
135	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
136	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
137	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
138	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
139	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
140	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
141	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
142	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
143	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
144	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
145	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
146	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
147	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
148	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
149	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
150	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
151	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
152	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
153	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
154	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
155	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
156	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
157	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
158	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
159	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
160	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
161	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
162	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
163	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
164	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
165	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
166	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
167	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
168	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
169	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
170	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
171	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
172	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00	10.00	10.00	10.00	100	100	100	100
173	01/01/2019 01:00:00	17.00	17.00							

1. SARCON, ELECTRODES REGULATION SYSTEM

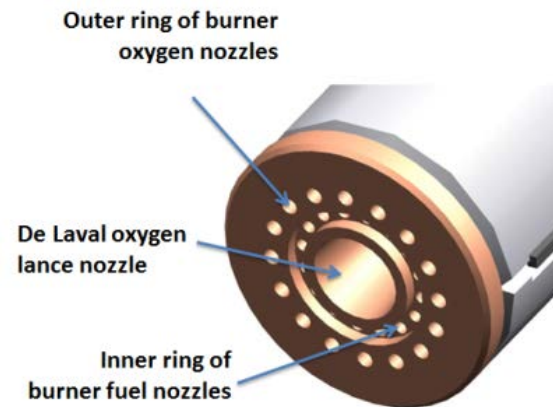
Ejemplo práctico A

REGULATION	HEATS	POWER ON	ENERGY CONSUMPTION	POWER
A	208	46,47	60339	75,87
SARCON	249	45,56	59440	76,18
		-2,0%	-1,5%	0,4%



2. SARJET, CONCEPTO DE INYECTOR SUPERSÓNICO ADAPTADO

DISEÑO COMBINADO DE PUNTA DE INYECTOR

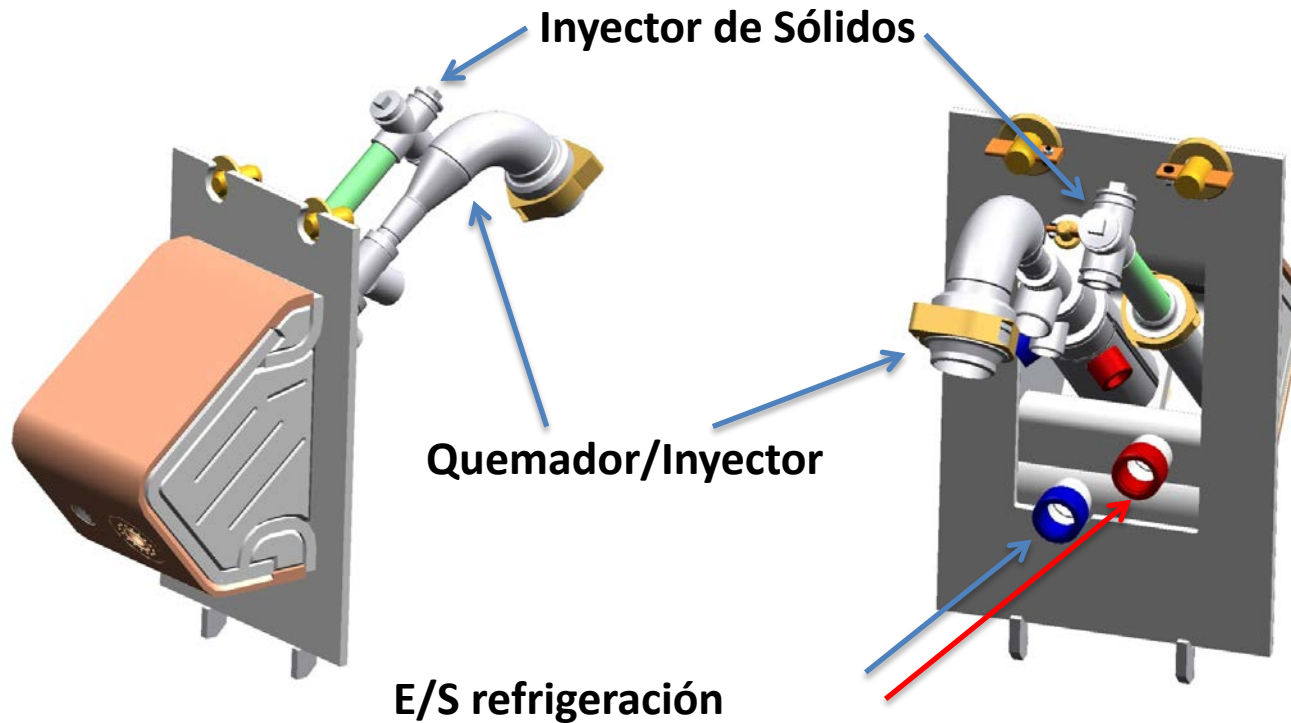


Los mejores inyectoros de oxígeno de cabezal de cobre mecanizado
Con y sin gas natural o GLP
Diseño tipo Tobera de Laval
Erigido en paneles de alta velocidad

Soporta los impactos de grandes piezas de chatarra de acero
Funciona en situación de alto estrés térmico en la fusión de arrabio líquido
Refuerzo estructural
Ubicación próxima al acero para optimizar eficiencia

Altamente eficiente con Chatarra, DRI e incluso Arrabio Líquido

BOX DE COBRE REFRIGERADO PARA INYECTORES



Resultado de ciclo vida:

Inyector: hasta 7000 coladas

Box cobre: hasta 12000 coladas

✓ **Peso Inyector 16 kg**

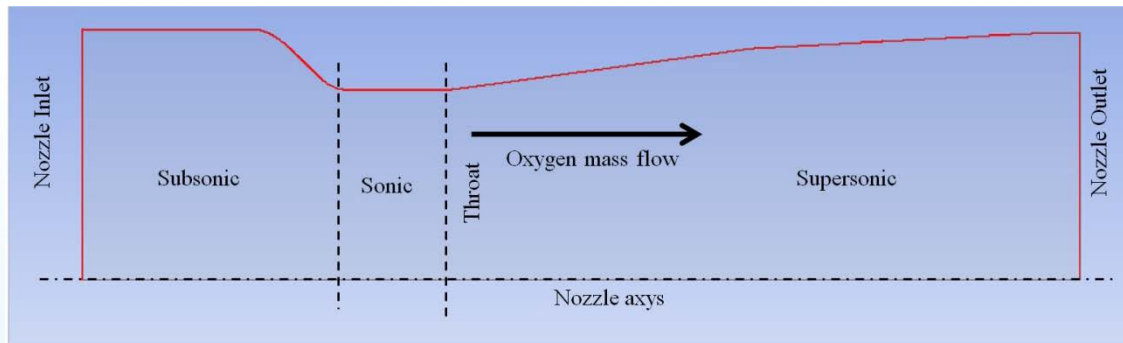
✓ **Peso lanza-C 5 kg**

DISEÑO TOBERA DE LAVAL

El principio de un inyector supersónico es el diseño de una boquilla que acelera un gas a una velocidad mayor que la del sonido modificando sus presiones.

La boquilla se compone de tres partes:

- ✓ zona de entrada de baja velocidad (subsónico)
- ✓ zona de compresión (sónica)
- ✓ zona de salida con la aceleración de chorro (supersónico)



Diseño de garganta

- Cabeza de cobre mecanizado CNC para una refrigeración óptima y funcionamiento seguro
- Diseño especial de la tobera de Laval para lograr un perfil de flujo de oxígeno óptimo
- Quemadores con boquillas de fácil mantenimiento y limpieza
- Refrigeración fiable de todo el inyector

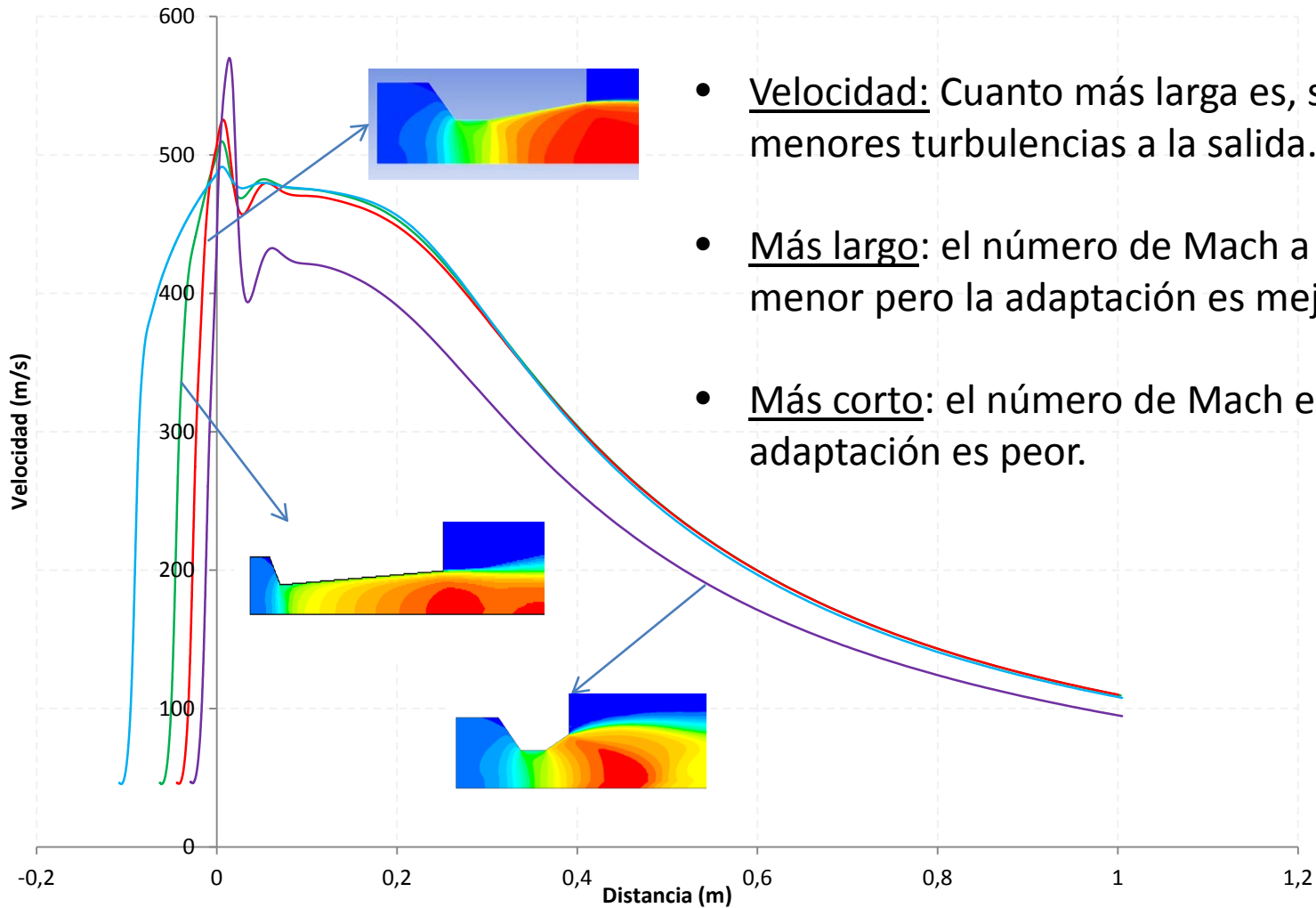
SARJET REENGINEERING

Empezar a cuestionar todas y cada una de las partes funcionales del inyector.

La forma de la boquilla se ha rediseñado:

- ✓ **Según la teoría de flujo compresible teniendo en cuenta el caudal de oxígeno, la presión de descarga y presión ambiente y temperatura de entrada en la entrada de la boquilla.**
- ✓ **De acuerdo con el modelo de turbulencia k- ω Concept**

ANÁLISIS DE LA LONGITUD DE LA PORCIÓN DIVERGENTE



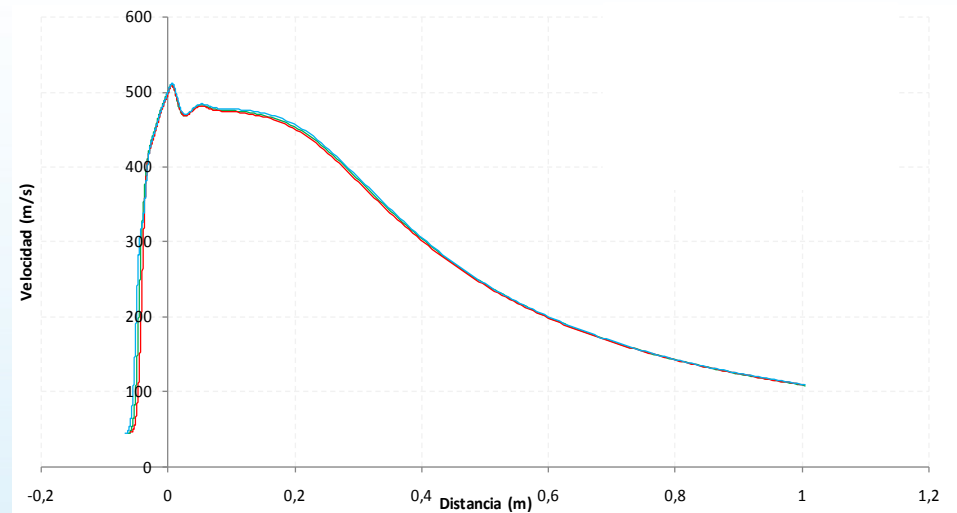
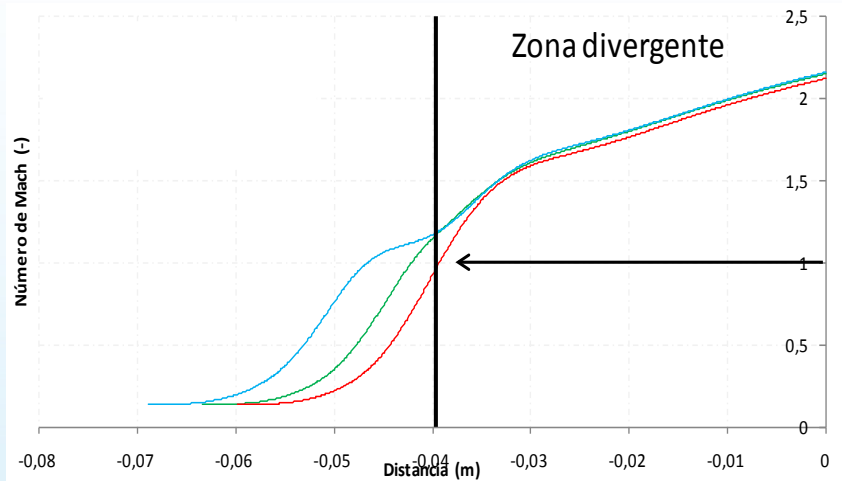
- Velocidad: Cuanto más larga es, se generan menores turbulencias a la salida.
- Más largo: el número de Mach a la salida es menor pero la adaptación es mejor.
- Más corto: el número de Mach es mayor pero la adaptación es peor.

ANÁLISIS DE LA LONGITUD DE ESTRECHAMIENTO

Velocidad: No se observa ninguna diferencia remarkable en la velocidad en la salida.

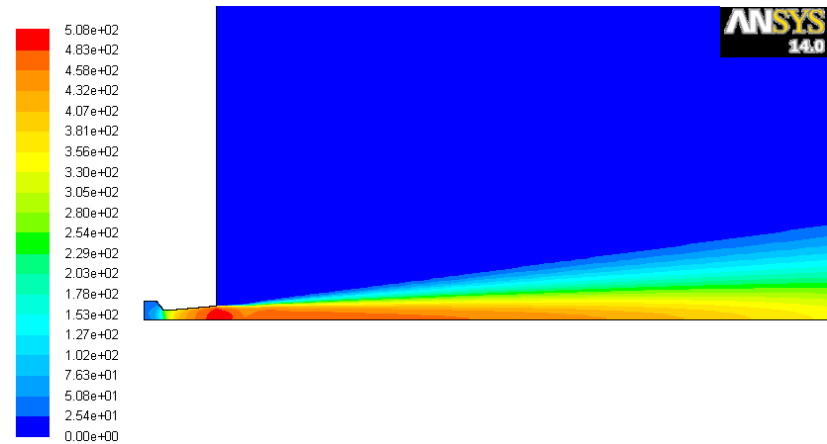
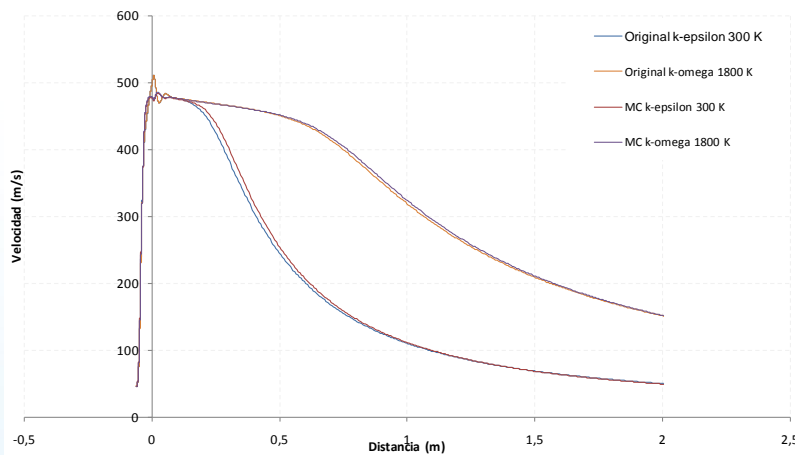
Long. Estrechamiento corta, Mach=1 ocurre en la parte divergente. Pérdida de carga baja

Long. Estrechamiento larga, Mach=1 ocurre antes que la divergencia. Pérdida de carga alta



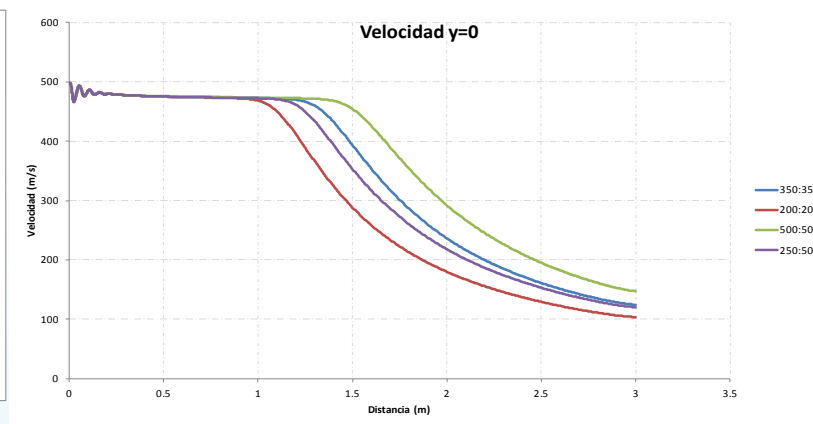
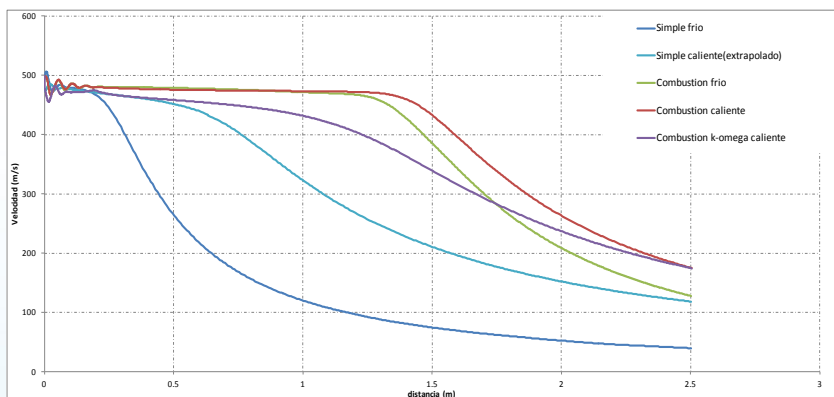
INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA

La temperatura tiene un efecto muy beneficioso en el alargamiento del haz supersónico



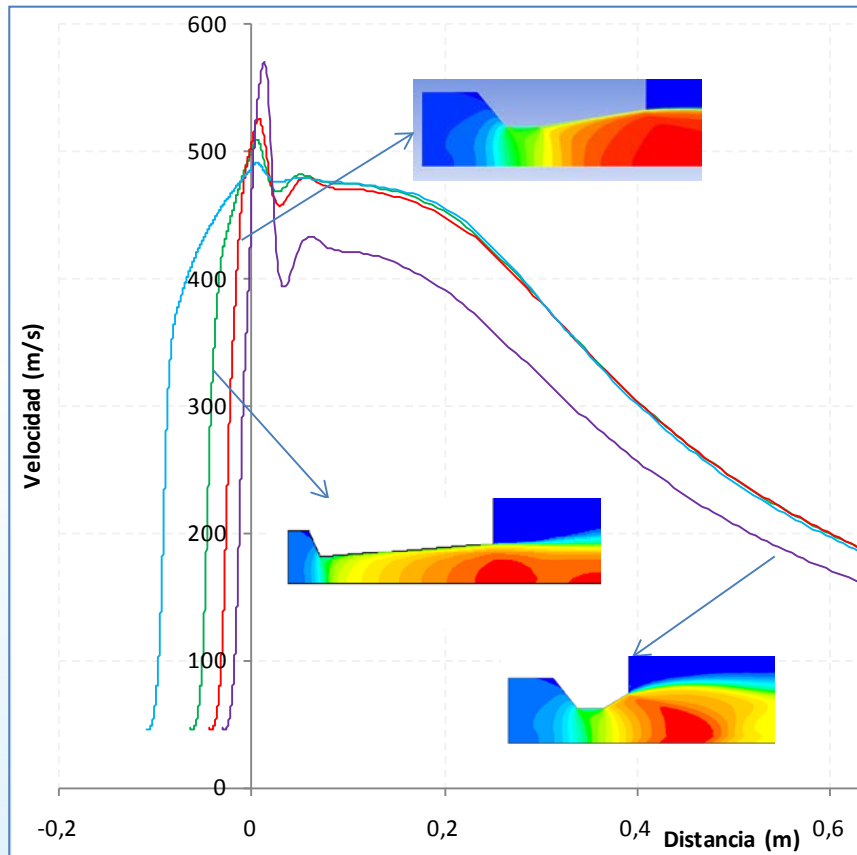
CON PROTECCIÓN DE GAS / SIN PROTECCIÓN DE GAS

La longitud coherente es proporcional al caudal de gas protector



ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE SALIDA DE LA TOBERA

Mach Geométrico (Mg)



Para diferentes geometrías, el flujo intenta alcanzar el número de Mach que la geometría impone.

Pero la presión de flujo no está adaptada a la presión de salida del inyector y por lo tanto, se crean ondas de choque y consecuentes turbulencias.

No óptimo por presión

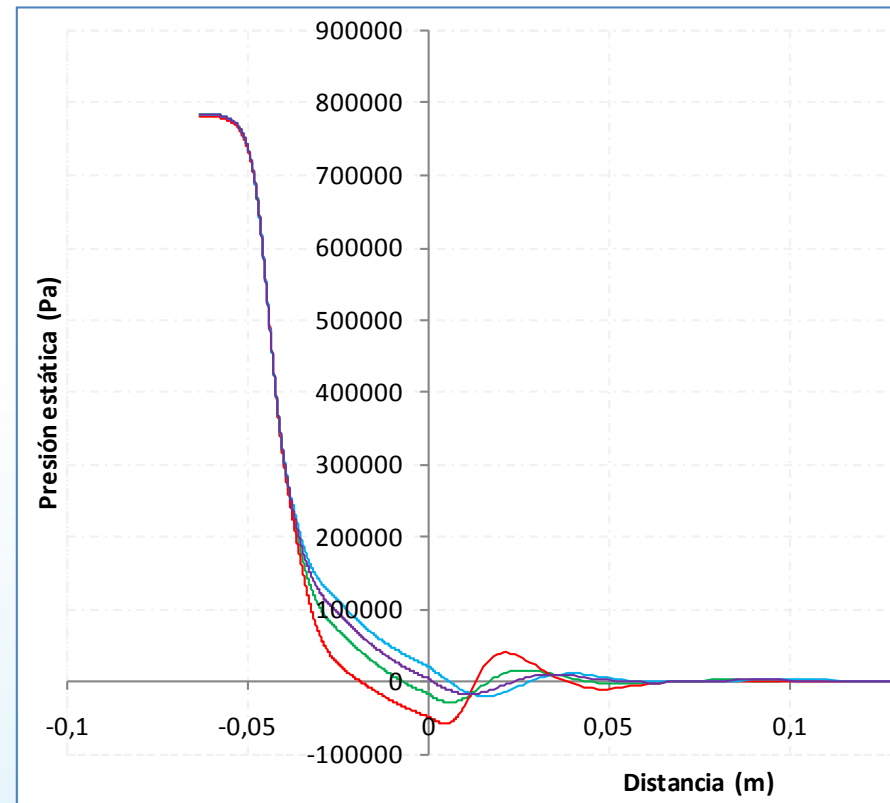
ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE SALIDA DE LA TOBERA

Mach Presión (Mp)

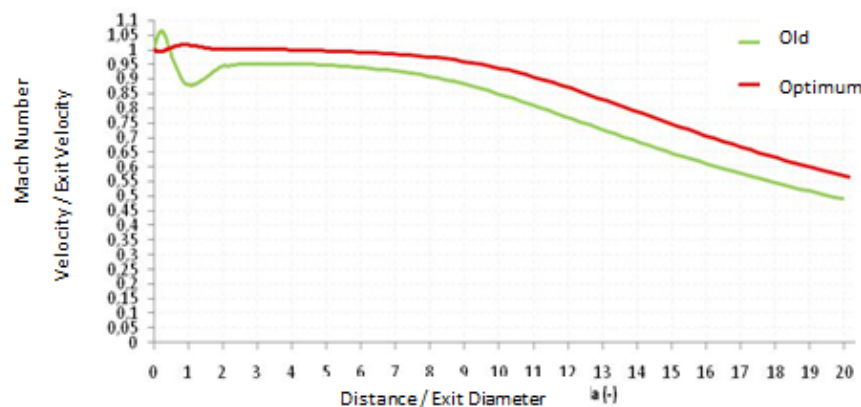
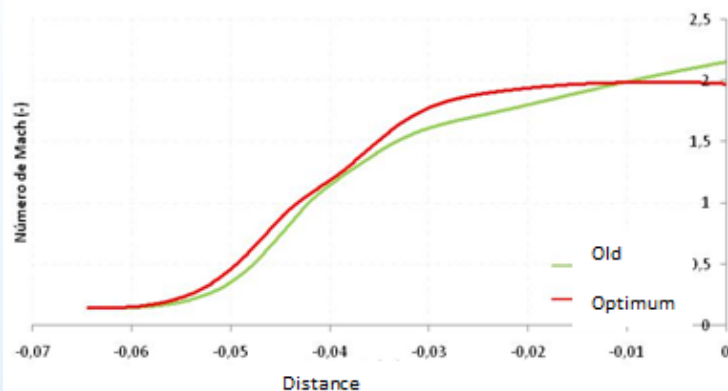
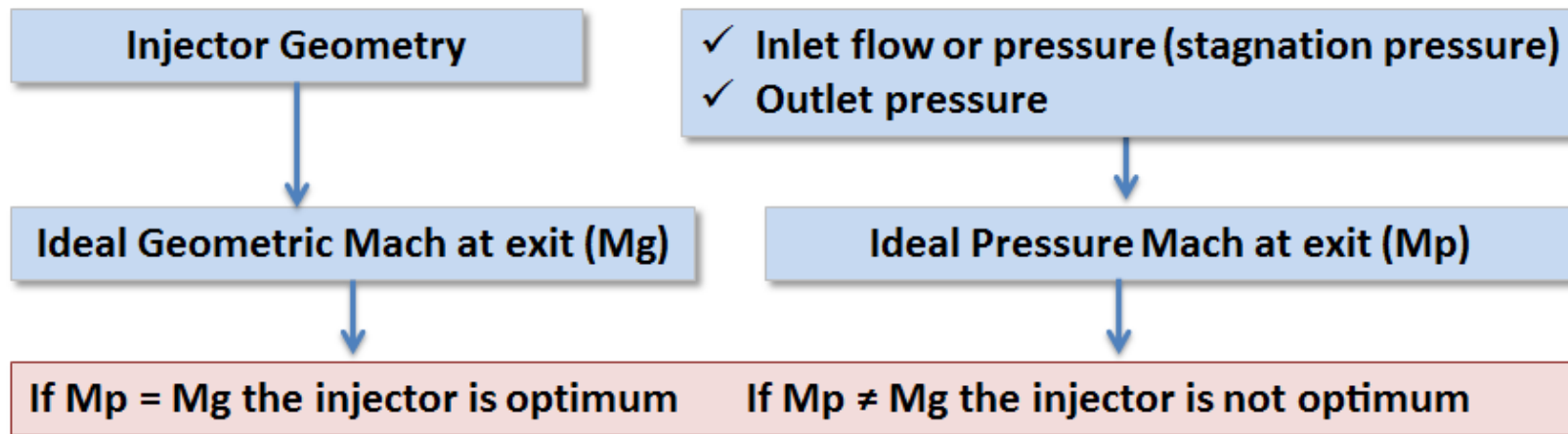
Cuanto mayor sea la diferencia entre el Mach geométrico y la presión, la optimización del inyector es peor debido a que la presión en la salida de los mismos no es igual a la presión exterior.

Las gráficas muestran que la diferencia de presión es prácticamente "0", pero debido a la geometría del inyector hay una falta de optimización

No óptimo por geometría






ANÁLISIS DE DIÁMETRO DE SALIDA DE LA TOBERA



CASO PRACTICO B

Please find below EAF-A **previous** characteristics:

Furnace Type	AC-EAF
Diam.(mm)	Ø6300
Tapping tns	100
Charging Mix	100% Scrap
Product Mix	Low-Mid carbon steel
Transformer (MVA)	80
SarJet system (Nm ³ /h)	3x1800 + 1x1200
Power On (min)	35
Energy (kWh/tn)	370-380
Oxygen (Nm ³ h/tn)	26

-  Performance with 3 new injectors
-  Performance with 2 new injectors
-  Performance with 3 old injectors

IMPORTANTE: Estos resultados se han obtenido y confirmado utilizando únicamente el periodo de tiempo comprendido entre el muestreo y la muestra de acero CELOX final, por lo que estos son los resultados en un tiempo promedio de 3-4 min

CASO PRÁCTICO B

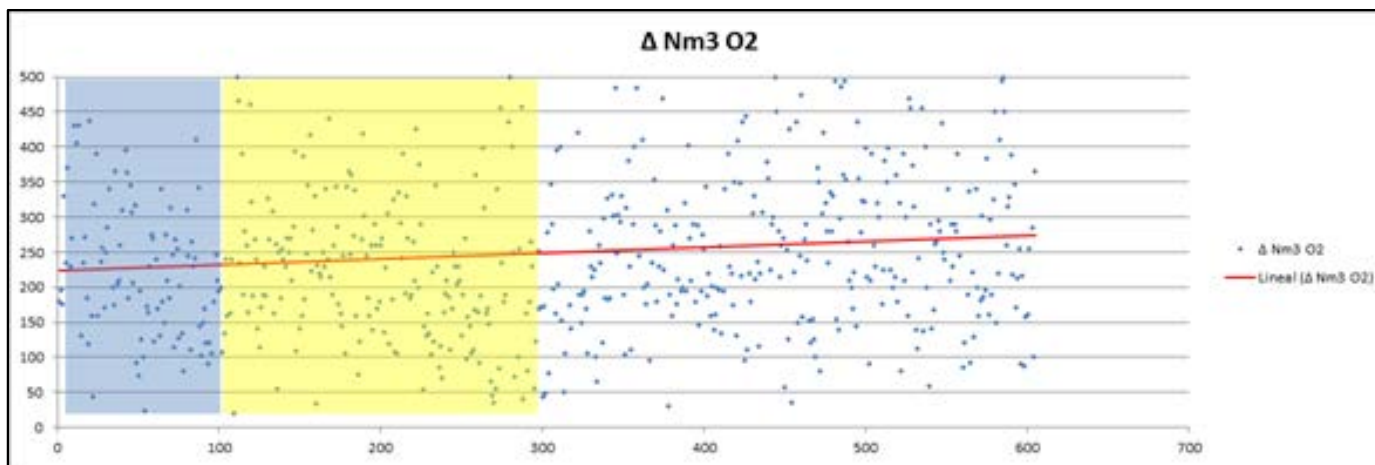


Fig. 19 – Trend of reducing oxygen consumption

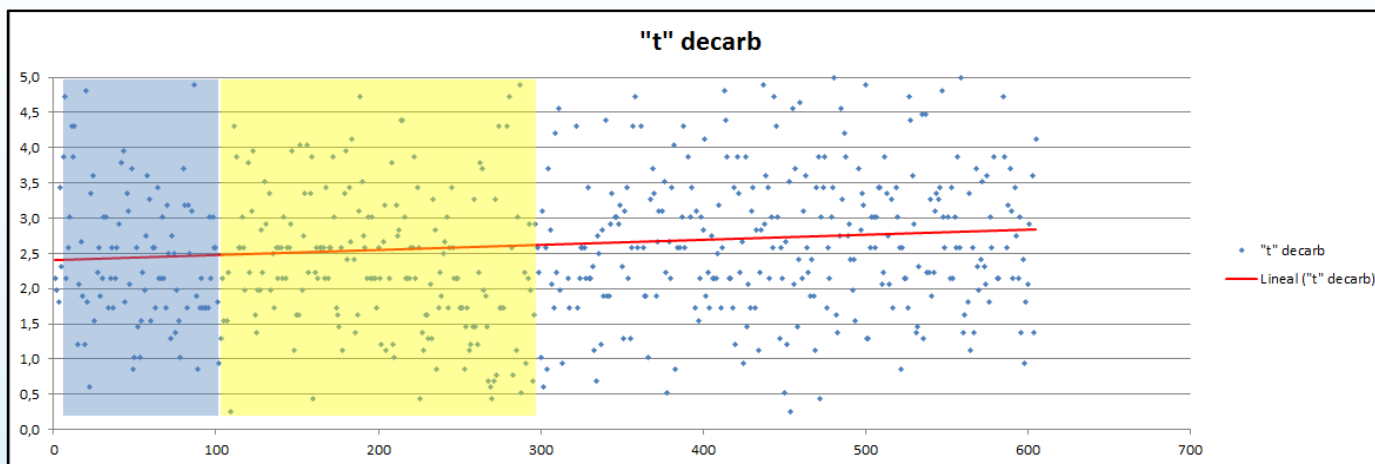


Fig. 20 – Time reduction trend decarburization

CASO PRÁCTICO B

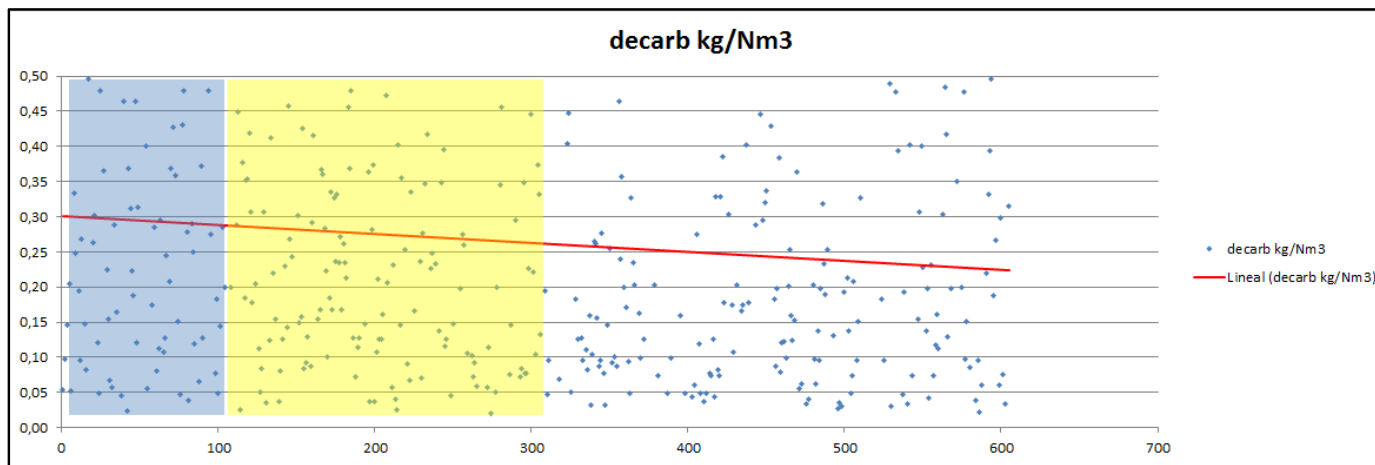


Fig. 21 – Trend of increasing oxygen decarbonization rate used

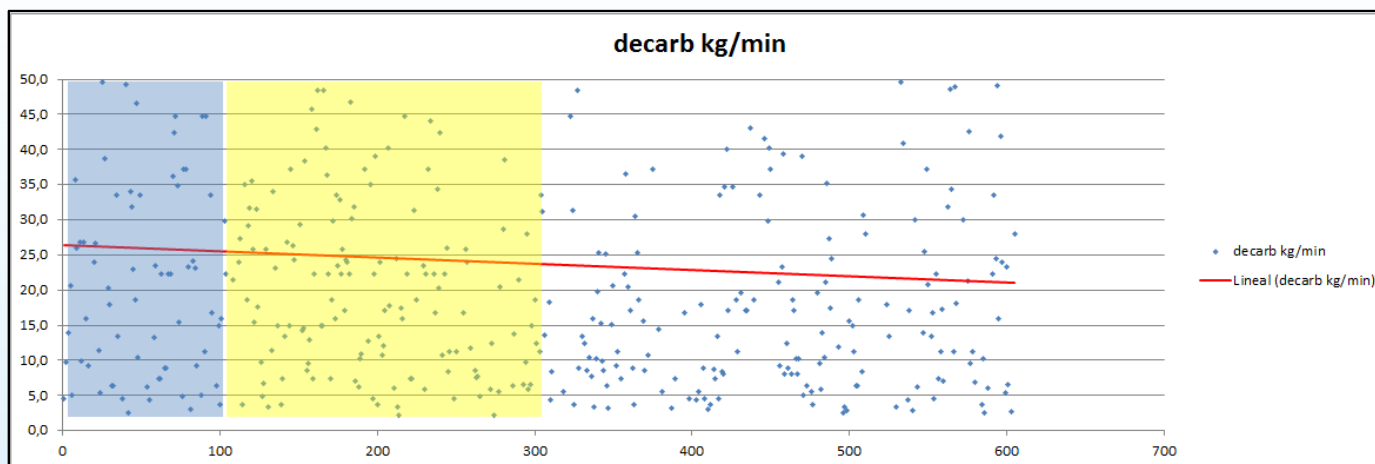


Fig. 22 – Trend of increasing speed ratio decarburization

CASO PRÁCTICO B

RESULTADOS:

1. 12-15% ahorro medio de O_2 /Colada \rightarrow 1,5-2Nm³/tn
2. 15% reducción “t”min en ajuste final de carbono \rightarrow 0,5min
3. 20-25% incremento medio en el ratio de velocidad de ajuste de carbono final kg/min



WE KNOW HOW

THANK YOU

Jon Serrano: jserrano@sarralle.com
Eneko Sedano: esedano@sarralle.com