

## ***Mejora de Productividad en Recocido Batch, a través de la optimización de geometría de carga utilizando el modelo de Punto Frío del IAS.***

**Marcelo Luccioni; Pablo Seré.**

### **Resumen**

#### *Objetivo*

Aumentar la productividad del Recocido y mejorar la calidad del producto en cargas de dos bobinas.

#### *Metodología*

Debido al cambio de mix producido en estos últimos meses en Siderar Pta EDA, hay una mayor cantidad de bobinas de ancho > a 1500mm y la limitación en la altura de las bases de Recocido 4270mm hace que sea imposible la carga de tres bobinas de este ancho, esto lleva a realizar cargas de dos bobinas ocasionando pérdidas de productividad y deterioro en la calidad del producto.

Para poder alcanzar el objetivo es necesario combinar bobinas de ancho mayor a 1500mm con bobinas de ancho menor a 1000mm logrando las condiciones térmicas que garanticen el cumplimiento de los estándares de calidad.

#### *Resultados esperados*

El presente trabajo muestra los resultados de modelar cargas de distintas geometrías con los set up de los ciclos actuales y con la premisa de cumplir con el Punto Frío predefinido en cada ciclo térmico.

Mediante el modelo se establecieron las premisas y limitaciones de carga a programación para alcanzar los objetivos prefijados.

### **Introducción**

En Siderar planta EDA se presentó la problemática de cambio de mix hacia materiales más anchos, esto generó una disminución en el peso promedio de carga debido a que la altura disponible del espacio de recocido (4260mm) imposibilitaba realizar cargas de tres bobinas cuando estas superaban el ancho de 1330mm. Además de la pérdida de productividad debido a las condiciones de flujo de gases dentro del recinto, se midieron diferencias significativas de temperatura entre puntos calientes y frío de las dos bobinas de la carga lo que resultaba en un deterioro de las propiedades mecánicas y de la limpieza superficial del material.

La metodología de control de calentamiento en recocido se basa en el cumplimiento de horas de permanencia a una temperatura prefijada y además el cumplimiento de horas

fuego determinado por tablas las cuales asignan las horas en función de la geometría de la carga, el ancho y el peso de la misma.

Para poder resolver este problema y aumentar el peso de carga, se plantea la combinación de bobinas de ancho mayor a 1400mm con bobinas de ancho menor a 1000mm.

Debido a la diferencia dimensional entre las bobinas (fuera de los límites establecidos en la P.O.) se presentan los siguientes problemas.

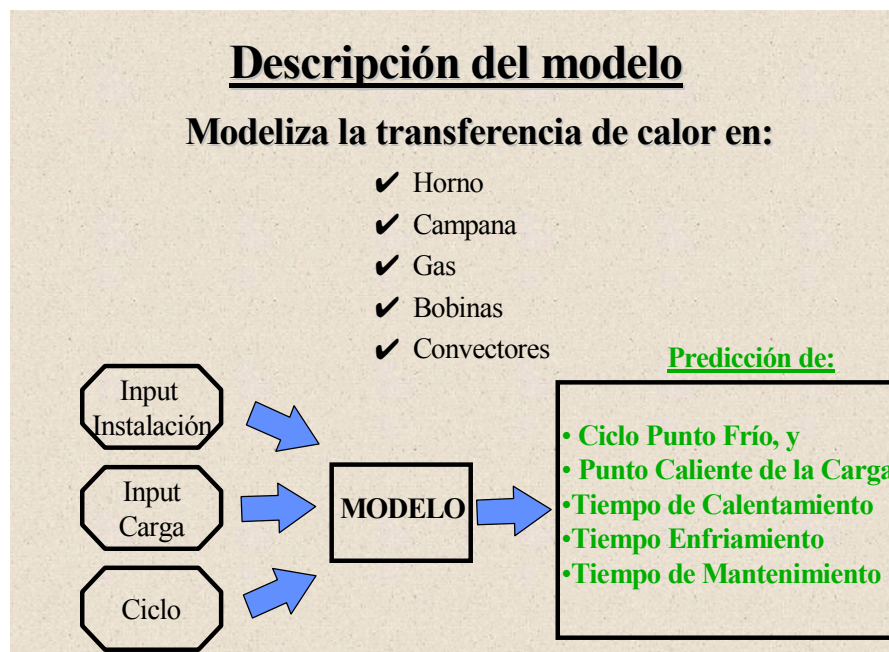
Por un lado hay que determinar las nuevas tablas de horas fuego planteando como premisa que la bobina más fría de la carga alcance un punto frío predefinido y que sea el mismo para todas las geometrías que se pudieran presentar.

Por otro lado había que definir los límites de geometría para este tipo de cargas.

Y por último para mejorar la heterogeneidad de propiedades mecánicas encontrada en cargas de dos bobinas había que disminuir la diferencia entre puntos fríos y calientes de las bobinas de la carga.

Para encontrar la solución a estos problemas se realizaron simulaciones térmicas con el modelo off line de punto frío del IAS (Intitute of Automation and Service) de Australia.

Este modelo adquirido en 1996, fue sintonizado a las instalaciones de Siderar planta EDA en forma conjunta con personal del IAS mediante la instrumentación de cargas experimentales en campo. El modelo se describe en la figura 1.



**Figura 1.**

## Desarrollo

*La estructura de trabajo fue la siguiente:*

1) Modelar cargas ideales para cada ciclo denominando carga ideal aquella que cumple con el mix promedio de la planta; una carga de tres bobinas de ancho 1200 x 1mm de espesor y 20 tn de peso cada una.

De esta carga ideal se obtuvieron los puntos fríos y calientes, los cuales fueron utilizados para la modelización.

2) Determinar las siguientes limitaciones de carga:

2a) Ubicación de las bobinas en la carga.

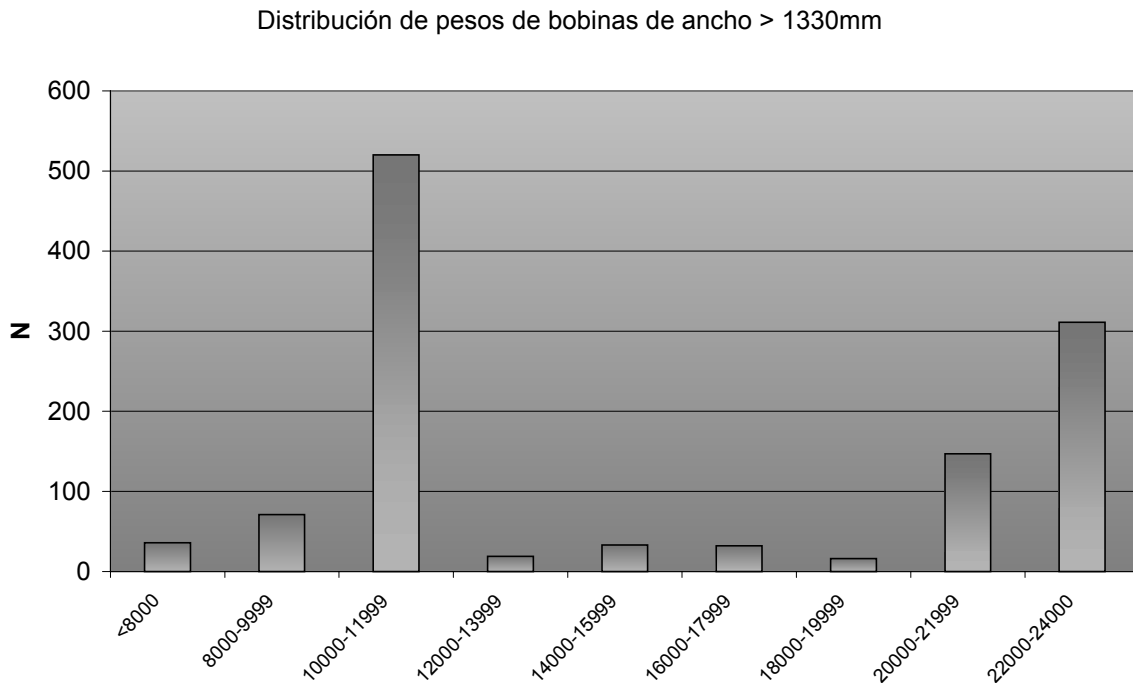
2b) Peso mínimo de la carga y de cada bobina.

2c) Diferencia de diámetro entre bobinas.

2d) Diferencia de peso entre las dos bobinas anchas.

3) Determinar las horas fuego para cada geometría de carga y cada ciclo térmico.

Por otro lado se consideró la distribución de tamaño de bobinas de ancho 1500mm producida por la planta.



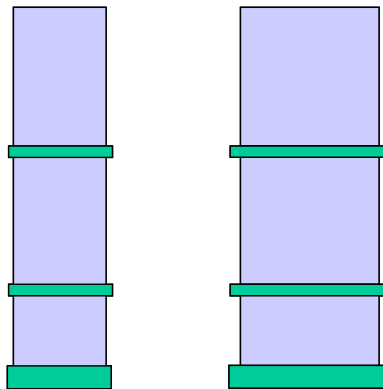
**Figura 2.**

Como se observa en la figura 2, la distribución de peso de bobinas anchas esta concentrada en dos rangos de peso bien definidos entre 10 y 12 tn y entre 22 y 24 tn.

*Debido a esta distribución se comenzó modelando dos tipos de carga:*

a) Dos bobinas de 1500 x 1mm de 11tn C/U con una de 1000 x 1mm de 8tn (para igualar diámetros)

b) Dos bobinas de 1500x1mm de 23 tn C/U con una de 1000x1 de 15.5 tn (para igualar diámetros)



**Figura 3**

### **Determinación de puntos frío para cada ciclo térmico con el modelo**

Los puntos fríos dados como resultado de correr el modelo térmico con el set-up de cada ciclo se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1**

<b>Ciclo</b>	<b>Punto frío resultante del modelado</b>
Calidad comercial	660°C
EEP	696°C
EEP-PC	705°C

### **Determinación de ubicación de las bobinas en la carga**

Para determinar la mejor configuración de las bobinas se modelaron las dos geometrías mostradas en la figura 3, ubicando la bobina angosta en la posición superior y luego en la inferior.

Los resultados se muestran en la tabla 2:

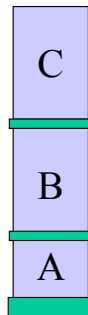
**Tabla 2.**

<b>Carga</b>	<b>PF (bob. Angosta) (°C)</b>	<b>PC (bob. Angosta) (°C)</b>	<b>Horas Fuego (PF carga = 660°C)</b>
<b>Bob. Angosta pos. superior</b>	703	745	28:55
<b>Bob. Angosta pos. inferior</b>	700	735	29:05

Del análisis de los resultados obtenidos se infiere que la mejor configuración es ubicar la bobina de ancho angosto en la posición inferior de la carga.

#### **Determinación de peso de carga y bobinas mínimo.**

Partiendo de la Práctica Operativa que fija un peso mínimo de carga de 30 tn y teniendo en cuenta los pesos típicos fabricados de bobinas anchas (Figura 2) queda determinado el peso mínimo de bobina angosta en 8 tn. Se utilizó como premisa que el diámetro de la bobina de menor ancho (pos inferior) nunca sea menor al de las bobinas anchas (figura 4).



Diámetro A  $\geq$  Diámetro B y  $\geq$  Diámetro C

**Figura 4.**

Un condicionamiento importante a tener en cuenta es que si el diámetro de la bobina inferior es menor que las bobina B y C, como el control se realiza con la termocupla de contacto en la bobina inferior “A”, hace que ésta alcance rápidamente la temperatura de mantenimiento retrazando la evolución de los puntos fríos de las bobinas anchas con una pérdida importante de productividad en el calentamiento.

#### **Diferencia de diámetro entre bobinas.**

Como se mencionó en el punto anterior Diámetro A  $\geq$  Diámetro B  $\geq$  Diámetro C.

## **Diferencia de peso entre bobinas anchas.**

Como premisa se divide los rangos de peso de las bobinas anchas en tres.

Pesos menores o iguales a 14 tn

Pesos entre 14 y 18 tn

Pesos entre 18 y 24 tn

Se establece como limitación que no se puede mezclar en la misma carga bobinas de distintos rangos de peso. Esto asegura tener controlada la temperatura de los puntos calientes de la bobina superior (más caliente de la carga).

*Correr una carga para mostrar puntos calientes.*

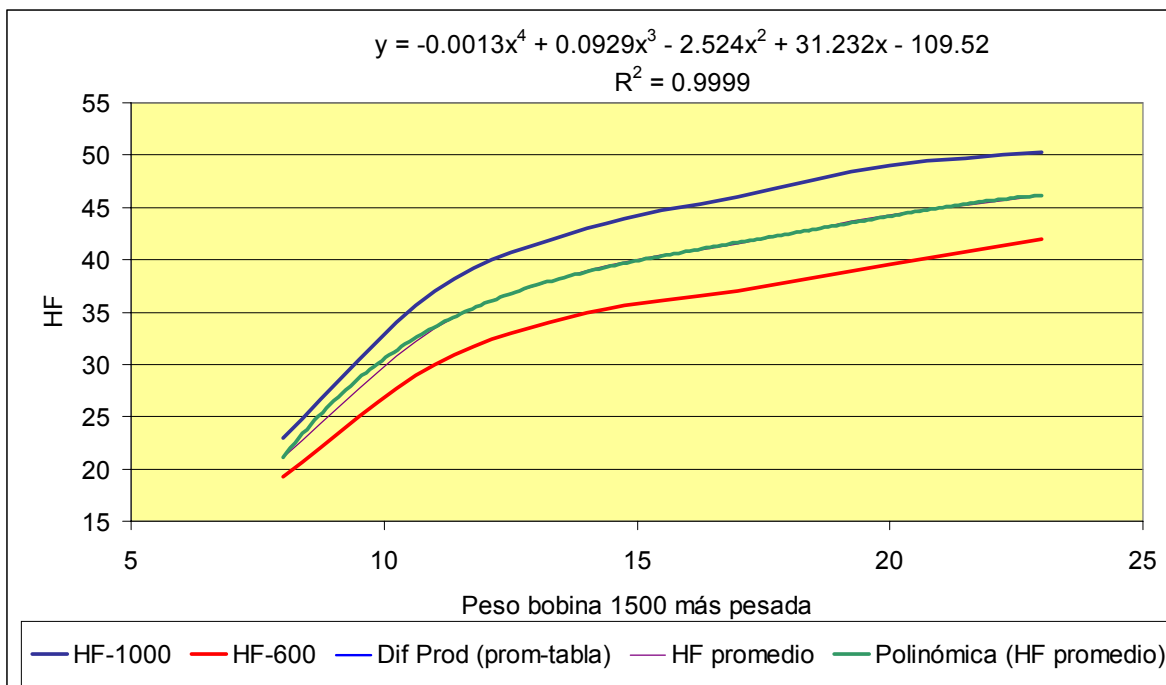
## **Resumen de limitaciones geométricas y de peso determinadas.**

- a) **Peso mínimo de carga 30 Tn.**
- b) **Peso mínimo de bobina angosta 8 tn.**
- c) **La bobina angosta debe ir en la posición inferior.**
- d) **Diámetro de A  $\geq$  Diámetro de B  $\geq$  Diámetro de C.**
- e) **Los pesos de las bobinas anchas deben estar comprendidos entre 11 y 14 tn; 14.1 y 18 tn; 18.1 y 24 tn.**

## **Determinación del cálculo de las horas fuego para cada ciclo térmico. Caso del ciclo para EEP-PC.**

El ciclo es controlado por Tc2 (toca la corona de la bobina inferior a 650mm del centro de la base). La pendiente de calentamiento es controlada a una velocidad de calentamiento máxima de 30 °C/h. La temperatura de permanencia es de 710 °C por un tiempo de 12 hs. Los puntos calientes están limitados por Tc1 (termocupla de gas) a 780°C.

Se modelaron 44 cargas de diferente geometría. Variando las dimensiones de las bobinas desde los límites definidos en el puntos anterior hasta los límites de fabricación. En la figura 5 se muestran los resultados del modelado determinando las horas fuego necesarias para llegar a obtener un PF = 705°C, donde las curvas modeladas se encuentran limitadas por dos curvas, una para anchos de bobina angosta de 600mm y otra para anchos de 1000mm. Con lo cual para determinar la función de las horas fuego en función del peso de la bobina ancha más pesada se calculó la curva media de las dos curvas límites.



**Figura 5.**

Esta función y el “valida” con los límites geométricos y de peso se cargaron en el Nivel 2 de planta con lo cual cuando se arma una carga, de acuerdo a las dimensiones se asigna en forma automática las horas fuego correspondientes y el sistema verifica que cumpla con las limitaciones impuestas.

## Resultados

Las tablas 3, 4 y 5 muestran las mejoras obtenidas en limpieza, propiedades mecánicas y limpieza luego de la implementación de la nueva geometría de carga.

**Tabla 3:** Resultados de limpieza obtenidos por el ensayo de cinta y medidos en laboratorio para el ciclo de calidad EEP-PC.

	<b>Carga de dos bobinas</b>	<b>Carga de tres bobinas</b>
<b>Promedio</b>	88	91
<b>Desv. Std.</b>	8.5	6.4
<b>%&lt; IR 70</b>	6	1.2

**Tabla 4:** Resultados de tensión de fluencia de calidad EEP.

	<b>Carga de dos bobinas</b>	<b>Carga de tres bobinas</b>
<b>Promedio</b>	17.1	17.2
<b>Desv. Std.</b>	1.2	1.1

**Tabla 5:** Resultados de productividad neta ciclo para calidad EEP-PC

	<b>Carga de dos bobinas</b>	<b>Carga de tres bobinas</b>
Tiempo total del ciclo (hs)	73	94
Peso de carga (Tn)	47	66
Productividad neta (Tn/h)	0.64	0.70

**Conclusiones.**

Se obtuvieron las limitaciones de carga y algoritmos para establecer las horas fuego en carga de tres bobinas (combinando dos bobinas anchas con una angosta) que permita obtener las propiedades mecánicas adecuadas con una mejora en la limpieza superficial (%IR<70 de 5% al 1.2%) y una mejora del 9% en la productividad.