

MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN LINEA DE DECAPADO DE SIDERAR – PLANTA GS¹

Desana José Luis²
Cerutti Daniel³
Rodríguez Daniel⁴

Resumen

El trabajo actual se focalizó en mejorar la productividad de una línea de decapado continua de bobinas, por medio del análisis de diferentes estrategias de proceso, la detección de oportunidades de mejora y la implementación de los automatismos y controles realizados, para obtener los resultados. Los datos de proceso analizados, corresponden a productos de distintas características dimensionales y uso final, para detectar en cada caso las pérdidas de velocidad respecto a la máxima velocidad que permita obtener un óptimo decapado. Las diferentes fases de la línea fueron separadas para detectar las causas de pérdida de velocidad y dispersión en cada una de ellas durante el proceso. El estudio fue direccionado a determinar las velocidades óptimas de los carros acumuladores de la sección de entrada, durante el llenado y vaciado y disminución de los tiempos muertos de entrada, mediante un algoritmo que permite calcular la velocidad óptima en función de la evolución del tiempo muerto de entrada. Además se realizó un seguimiento de la soldadura de unión de las bobinas de modo de poder automatizar los comienzos y fines de cada fase eliminando de esta forma la dispersión en cada una de ellas. El impacto de estas mejoras se reflejó en un aumento de la eficiencia neta de la línea, pasando de un 98% a un 108%, adicionalmente se logró una mejora en la caída cualitativa por el defecto de oxidación en interrupciones y una mejora en el uso del carro acumulador que minimizó las interrupciones por roturas en los mismos.

Palabras claves: Mejora de productividad; Algoritmos de automatización suponiendo carros infinitos.

INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE NO PROCESSO DECAPAGEM EM SIDERAR - PLANTA G. SAVIO

Resumo

O trabalho atual é focalizado em melhoramento a produtividade de uma linha do processo da decapagem contínua da tira, por meio de uma análise dos estágios diferentes do processo e detecte das oportunidades da melhoria e da execução do automatism e dos controles feitos para obter os resultados. Os dados do processo analisado corresponden aos produtos de características e da aplicação dimensionais diferentes ou uso final, para detectar nos cada um perdido da velocidade com respeito a uma optimal decapagem e uma produtividade máxima. As fases diferentes da linha foi separadas para detecta as causas do perdido da velocidade e da dispersão em cada um delas, durante o processo. O estudo foi direcionado para determinar as velocidades optimal dos carros acumuladores da seção da entrada nos estágios de enchimento e drenou, diminuindo os tempos mortos, além de isso, uma função de um algoritmo do calculo da velocidade da previsão da entrada e de tempo morto da entrada. Pela maneira, foi feito a um seguimento da união pela solda das tiras, aquela permitida para automatizar os começos e os alvos das fases diferentes do processo, sendo eliminado a dispersão de cada uma delas. O impacto destas melhorias foi refletido em um aumento da eficiência da linha a passagem de 93% ao 108%, adicionalmente uma abaixa na queda qualitativa pelo sobreoxidation induzido por paradas não programadas do processo e finalmente um melhora no uso do carro acumulador. Estas evoluções técnicas encontram-se com as exigências do custo – eficacia, da qualidade de produto melhorada e da mínima exigência de manutenção da equipe.

Palavras-chave: Melhoria da produtividade da linha de decapagem; Algoritmos da automatização suposta dos carros infinitos.

¹ *Contribucion técnica a 44º Seminário de Laminación – Procesos y Productos Laminados Y Revstidos, 16 al 19 de Octubre de 2007, Campos do Jordão – SP, Brasil.*

² *Ingeniero Mecánico*

³ *Ingeniero Electrónico*

⁴ *Ingeniero Electromecánico*

1 INTRODUCCION

La línea de decapado de SIDERAR, planta Gral Savio es una línea continua, que consta de una estación preparadora de puntas, una soldadora a tope, un carro acumulador de entrada de 310 mts, 5 tanques de decapado con solución de HCL y 2 tanques de lavado, un foso acumulador de salida de 30 mts, refiladora, aceitadora electroestática y 2 mandriles de salida (Figura 1).

Su velocidad máxima de proceso es de 170 mts/min.

La línea procesa tanto productos para laminar en frío como hot pickling. Los rangos de dimensiones van de espesores de 1,6 mm a 4,5 mm en anchos de 720 mm a 1450 mm.

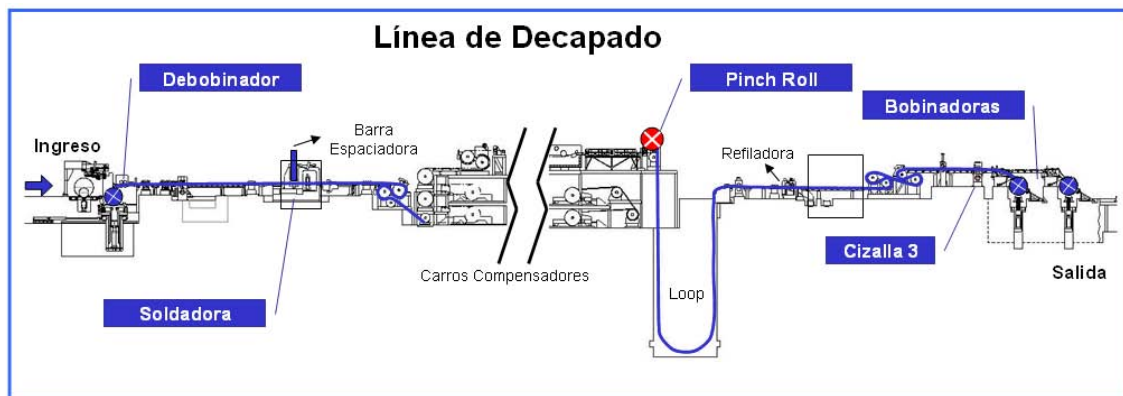


Figura 1. Fases del Proceso

Las características de este proceso, con el adicional que las soldaduras que se realizan deben ser aptas para laminar en frío, hace que se generen tiempos muertos en las distintas fases de la línea que no son compensados en forma óptima por la chapa acumulada en el carro de entrada.

El objetivo de este trabajo es implementar los automatismos y controles en la línea, que permitan eliminar la dispersión en los fines e inicios de cada fase del proceso y establecer un control de la velocidad del carro acumulador de entrada que maximice su aprovechamiento, obteniendo una mejora en la productividad neta de la línea.

2 DESARROLLO

2.1 Análisis del Funcionamiento de la Línea

Para este análisis se tomo una base de datos de 59710 bobinas separadas por dimensiones y tipo de producto.

En lugar de hablar de productividad neta vamos a hablar de velocidad media que es un concepto equivalente pero más simple.

Haremos una abstracción y supondremos que los carros acumuladores tanto de entrada como de salida son infinitos. Luego la línea se limita a los tanques de ácido y nuestro mandril de salida es el pinch roll, pintado de color azul en la Figura 2. Así la medición de la productividad neta se limita a medir la velocidad media de proceso para una bobina (la medición se hace en el pinch roll).

Cuando el P.R gira hay producción y cuando está parado hay demoras o microdemoras.

Para carros infinitos la velocidad media de proceso coincide con su velocidad instantánea = 170 m/min, ya que no hay ningún motivo externo que haga parar o reducir su velocidad.

Si ahora consideramos los acumuladores reales el modelo nos dará la velocidad media real, (ejemplo producto CS, espesor 3 mm) $v= 111$ m/min, luego vemos que se pierden 59 m/min por los acumuladores reales. Para ver en donde y cuanto se pierde veamos el siguiente esquema (Figura 2).

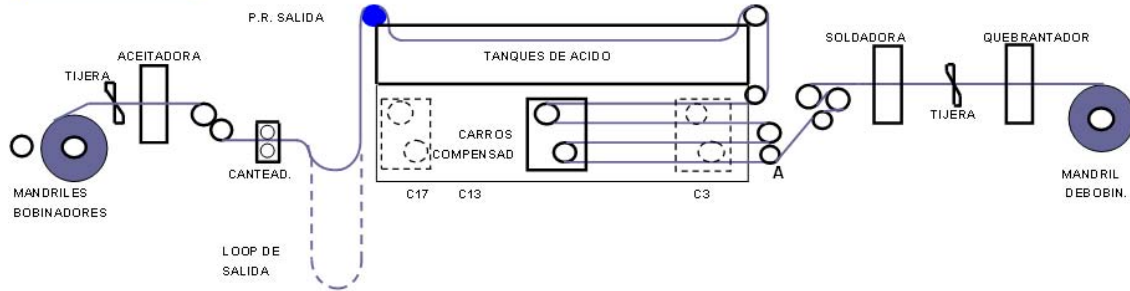
- A la velocidad media del ciclo la separamos en velocidad media de proceso cuando los carros avanzan y velocidad media de proceso cuando los carros retroceden, siempre la velocidad está medida en el PR. En el esquema se observa que cuando los carros avanzan no hay ninguna pérdida de velocidad media, ya que en esta etapa de llenado no hay razón para una parada de línea o baja de velocidad por el proceso, $v= 170$ m/min.
- En cambio cuando los carros retroceden es donde ocurren todos los problemas. En el caso de San Nicolás que se cargan dos bobinas y se obtiene una; en ambos retrocesos la velocidad $v=85$ m/min
- Si uno analiza estos dos retrocesos verá que en el primer caso hay una baja de velocidad por pasaje de soldadura en la refiladora a 57 m/min y un vaciado a 98 m/min. Para esta acumulación el tiempo de vaciado + el tiempo de pasaje de soldadura por refiladora debe ser mayor o igual que el tiempo muerto de entrada, de lo contrario el proceso se para; o sea que el tener un tiempo muerto de entrada muy alto reduce la velocidad de proceso en el vaciado para evitar que el proceso en los tanques se detenga.
- En el segundo retroceso se debe parar la salida para cortar, el vaciado tiene dos reducciones de velocidad de proceso: 1- al pasar la soldadura por la refiladora, 2- al cortar y cambiar de mandril. El resto de retroceso debe cumplir la premisa de que sumado a los otros dos, el tiempo de retroceso sea mayor o igual que el tiempo muerto de entrada.
- En el retroceso de carro se observa como intervienen “tiempo muerto de entrada”, “tiempo muerto de salida”, “velocidad de pasaje de soldadura por refiladora”, “velocidad de proceso” y “longitud de acumuladores” para evitar que la chapa dentro de los tanques de ácido se detenga.
- Como se ve en el modelo, existe un hilo conductor que partiendo de la velocidad media de proceso (acumuladores infinitos =170m/min y acumuladores reales =111 m/min): se visualiza que hechos hacen bajar la velocidad y que impacto tienen.

PRODUCTO = CS
 ESPESOR = 3.0

Veloc. Media = 111 m/min
 Tpo (bob doble) = 6.33 min

Productividad Neta Std = 157.2 t/h

Tamaño Bob = Doble



DESCRIPCIÓN

AVANCE DE CARROS (1a ó 2a BOBINA)

V. P.R. (m/min) = 170
 T. P.R. (min) = 0.92

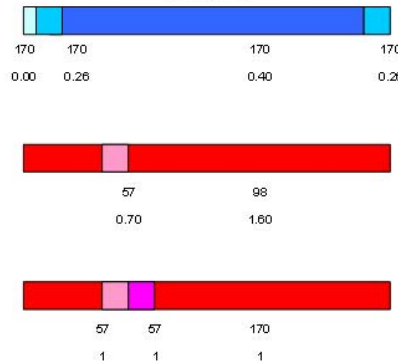
RETROCESO DE CARROS 1a BOB. (NO SE CORTA)

V. P.R. (m/min) = 85
 T. P.R. (min) = 2.30
 T.M.E. = 2.30

RETROCESO DE CARROS 2a BOB. (SE CORTA)

V. P.R. (m/min) = 85
 T. P.R. (min) = 2.30
 T.M.E. = 2.30

ESQUEMA



REFERENCIAS

- Avance carros Entrada/Salida en Alta
- Aceleración o desaceleración
- Carros llenos (V.Ent=V.Sal)
- Retroceso carros Entr/Sal. en Alta
- Baja por pasaje de soldadura
- Baja por corte y enhebrado

Figura 2. Análisis de tiempos y velocidades durante el Avance y Retroceso de los carros.

2.2 Explicación de la Optimización

- Vamos a darle otro enfoque a la productividad, reemplazando la velocidad de proceso por el tiempo de ciclo, esto nos va a permitir ver en un gráfico el impacto del tiempo muerto de entrada con el vaciado de carros y como influye en todos los espesores.
- Como afecta en la productividad el tiempo muerto de entrada no sólo por su valor medio, sino también por la forma de su distribución.
- Vemos como los carros sub absorben o sobre absorben el tiempo muerto de entrada durante el retroceso de acuerdo a el espesor de chapa.
- Para que productos es necesario buscar bajar el tiempo muerto de entrada y para que productos es mas importante trabajar sobre el tiempo muerto de salida, pasaje de soldadura o velocidad de retroceso.
- Conviene automatizar la velocidad de proceso de manera que cuando los carros avancen vallan a la mayor velocidad posible compatible con un buen decapado.
- Durante el retroceso es conveniente un diálogo permanente entre el retroceso del carro (posición y velocidad instante a instante) y el tiempo muerto de entrada (posición durante el faseo instante a instante) de manera de regular el retroceso de carros para completar el vaciado en el mismo momento que finaliza el tiempo muerto de entrada. Esto permite no sólo aumentar la productividad sino también mejorar la continuidad.

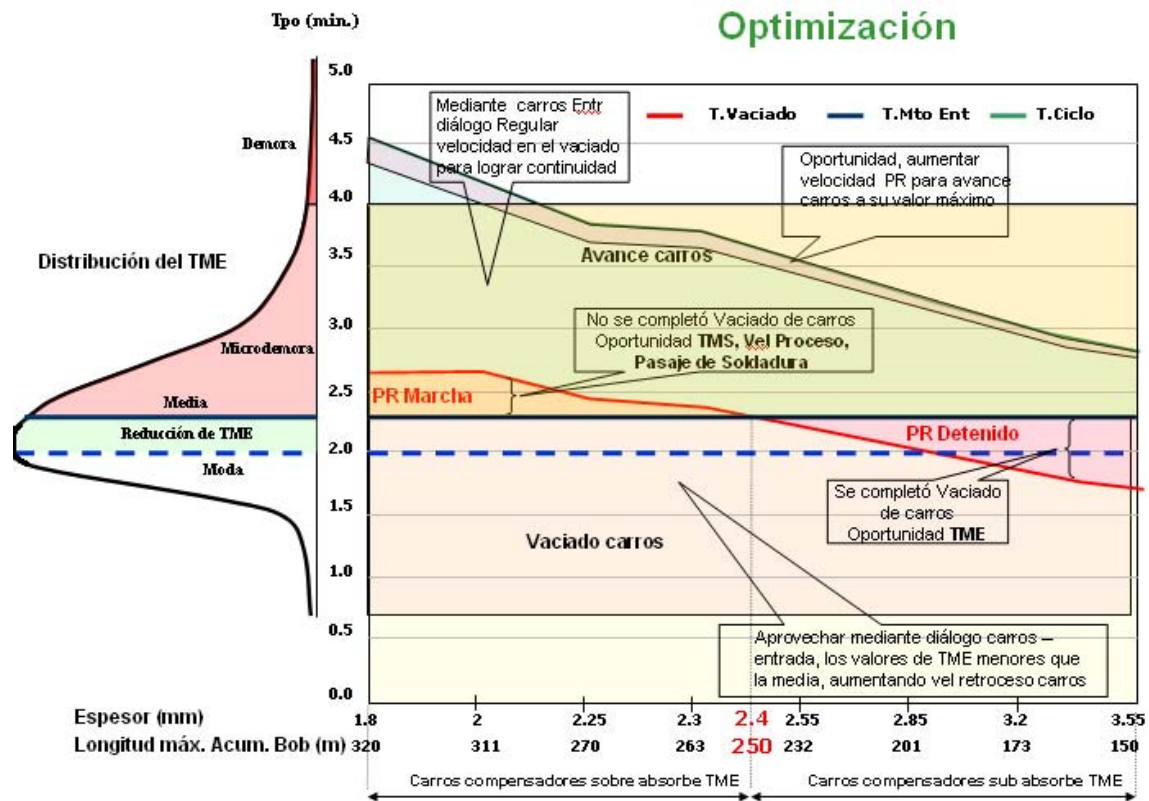


Figura 3. Análisis de Optimización

2.3 Tareas Ejecutadas

- Algoritmo de cálculo de la velocidad de entrada, que optimiza el llenado del carro de acumulación para que se llene al tiempo en que se termina la bobina en el debobinador.

En función del diámetro actual de la bobina y del espesor de la chapa, se calcula la longitud remanente en el debobinador

$$n_{esp} = \frac{Diam - 762}{2 \cdot e \cdot k_{ap}}$$

Donde :

n_{esp} = número de espiras en el debobinador

e = espesor de la chapa [mm]

k_{ap} = factor de apilamiento entre espiras

Para calcular la longitud de la bobina se desarrolla una serie de n espiras concéntricas cada una de un diámetro incrementado en dos veces el espesor de la chapa. La solución es la siguiente:

$$L_{Debo} = (2 \cdot e \cdot k_{ap} + 762) \cdot n \cdot \pi$$

Donde :

$$L_{Debo} = \text{longitud de la bobina en el debobinador [m]}$$

El control se activa si la longitud de chapa que queda en el debobinador es mayor que la cantidad que falta para llenar los carros de acumulación.

Si esta condición es cierta, se estima el tiempo que falta para terminar la bobina en función de la velocidad del proceso, y con esto se calcula la velocidad a la que se deberían llenar los carros para llegar al 100% al tiempo que se termina la bobina en el debobinador.

$$t_f = \frac{L_{Debo} - L_{Carro}}{V_{sal}}$$

Donde :

t_f = tiempo faltante estimado para terminar bobina [min]

L_{Carro} = cantidad de chapa faltante para llenar los carros [m]

V_{proc} = Velocidad del proceso [MPM]

Entonces la referencia de velocidad para la entrada es :

$$SPV_{elEnt} = \frac{L_{Debo}}{t_f}$$

- Predicción de la velocidad de la salida en función del TME estimado y el remanente de chapa en los carros. De esta manera se evitan detenciones innecesarias de la línea por carros vacíos sin perder productividad.

El primer paso para calcular la referencia de velocidad del proceso y no parar la línea cuando la entrada está detenida debido a que los carros se vacían es lograr una buena estimación del tiempo muerto de entrada (TME).

Para ello se divide el TME en cuatro fases fácilmente identificables:

1. Fase 1: desde que la entrada para hasta que la cabeza sale del procesador.
2. Fase 2: hasta el corte de escuadrado de la cabeza.
3. Fase 3: hasta que la chapa llega a la soldadora.
4. Fase 4: hasta que arranca la entrada.

Se almacenan en una tabla los datos de las últimas 10 bobinas y se realiza un promedio de cada fase y del TME total.

Luego, al comienzo del TME y al finalizar cada fase se realiza una actualización del cálculo de la referencia de velocidad, teniendo en cuenta los desvíos del TME actual versus el promedio.

Por lo tanto, la referencia de velocidad se actualiza cuatro veces por bobina con la siguiente fórmula.

$$SPVelSal = \frac{LCarro \cdot 60}{TMEprom}$$

Donde :

$LCarro$ = cantidad de chapa acumulada en los carros [m]

TME_{prom} = TME promedio actualizado al fin de cada fase [seg]

- Arranque automático de la entrada cuando ésta para por carro lleno y problemas en la salida.
- Arranque automático de la salida cuando ésta para por carro vacío y problemas en la entrada.

En ambos casos se generó una lógica que arranca la línea en automático si, la entrada o la salida según corresponda, arranca dentro de un tiempo de 200 seg. y se cumplen una serie de requisitos y enclavamientos de seguridad.

- Uso del foso de salida en baja para evitar paradas en material HP, donde se oxida la superficie.
- Velocidad mínima (30 MPM) en la salida cuando se procesa HP y los carros se vacían por debajo de un nivel crítico.
- Selección automática de Velocidad Alta de Salida si el operador de bobinadora arranca y las condiciones operativas y de seguridad están dadas.
- Bajada de velocidad automática cuando los extremos de bobina entran en los tanques, para el caso de material con óxido.

El operador tiene un selector mediante el cual selecciona el “Modo Oxido” cuando tiene problemas con el material. Para esto el operador tiene tres parámetros para ajustar:

1. Referencia de velocidad a la cual baja el proceso al estar el óxido en los tanques.
2. Metros de cabeza: cantidad de chapa que debe pasar en baja velocidad antes de la soldadura.
3. Metros de cola: cantidad de chapa que debe pasar en baja velocidad después de la soldadura.

Se realiza un tracking de la soldadura a lo largo de la línea para bajar la velocidad cuando corresponda.

- Automatización de las operaciones de salida, cortes de chatarreo en la tijera de salida y enhebrado de los bobinadores.
- Detención automática de la salida cuando la soldadura o el diámetro selectado llega a la tijera.

Se utiliza la cámara de detección de soldadura para poder parar la soldadura justo en la tijera automáticamente y dar inicio a las secuencias automáticas.

- Movimiento cíclico de las cuchillas de la picadora de chatarra, evitando que se gaste el filo siempre en el mismo lugar.

Se instalo en la canteadora un encoder para medir el ancho de canteo, y en la picadora de chatarra un LASER de medición de distancia para conocer la posición de las cuchillas de corte.

En función de estas dos mediciones se puede calcular los límites para mover las cuchillas y que el refil no se salga, y de este modo gastar el filo parejo. Se incrementó la duración de las cuchillas de poco más de un turno a casi una semana según el material.

- Bajada automática de velocidad para el pasaje de la soldadura por la refiladora, y aumento a la velocidad anterior ni bien sale. Evita salidas de refil y pérdidas de productividad.

Para lograr esto se instaló una cámara para detectar la soldadura a la salida. Como la cámara está después de la refiladora se realiza un tracking de la soldadura con la Brida 3, de modo de predecirla unos metros antes y poder bajar la velocidad

3 CONCLUSIONES

Con los automatismos implementados se logro una notable disminución de la dispersión de todos los inicios de cada ciclo que dependían de la intervención humana. Los controles de velocidades del carro de entrada permitieron un mayor aprovechamiento del mismo evitando la sub-utilización de este y las paradas de línea.

Confeccionando una evolución de la eficiencia neta de la línea se observa un aumento del 93% al 108% (Figura 4).

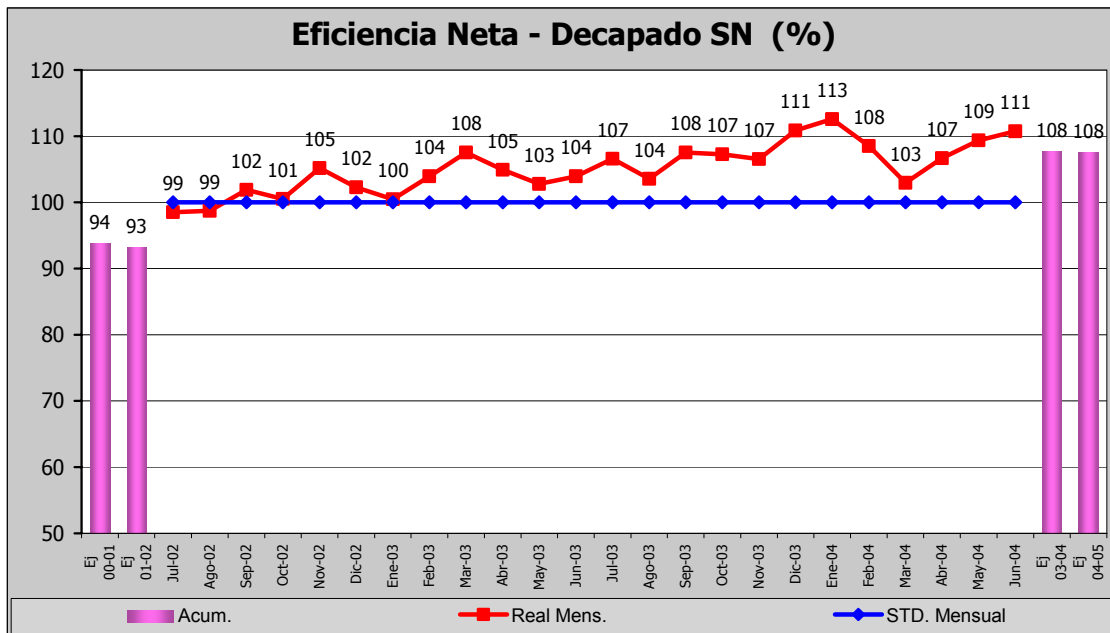


Figura 4. Gráfico de Eficiencia Neta

Como beneficios adicionales de los automatismos y controles de velocidades la línea mejoro su caída cualitativa fundamentalmente por el defecto sobre-oxidación por paradas y además influyo en la disminución de las rayas generadas por los brazos de los carros compensadores por lograr un funcionamiento más estable de los mismos (Figura 5).

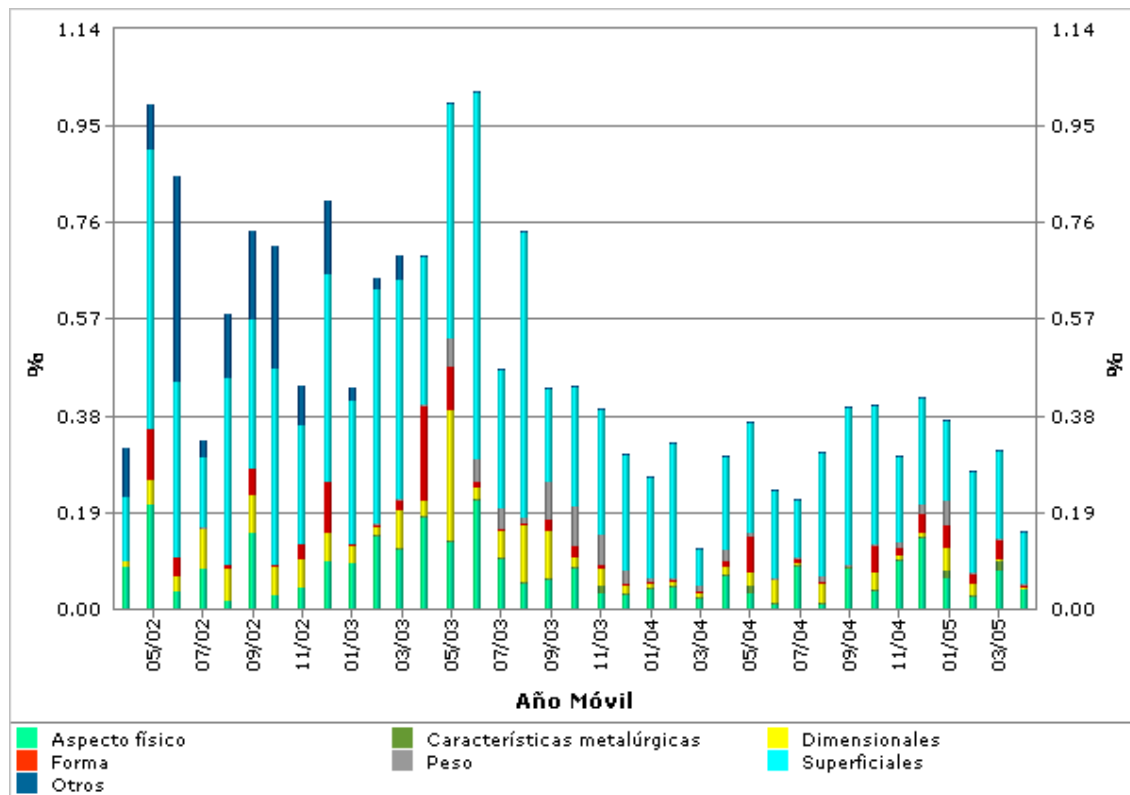


Figura 5. Grafico de defectos