5.1. PRUEBA 1.

5.1.PRUEBA 1 (17/12/01).

La máquina enderezadora mide cada pieza antes y después de cada fase de golpeo para determinar si la pieza cumple las especificaciones de rectitud o no. El primer paso será entonces comprobar la fiabilidad del sistema de medida de la enderezadora para determinar que el problema radica en el proceso de manufactura de la cremallera y no en dicho sistema de medida. Para comprobar que el sistema de medida cumple repetibilidad y reproducibilidad en todo el rango de variación de medidas que tenemos en el proceso de enderezado se ha hecho un isoplot de cada medida que toma la enderezadora antes y después del enderezado.

Se han introducido 30 cremalleras conforme salen del horno de revenido en la enderezadora y se han tomado los siguientes datos:

- medidas de la enderezadora M01, M02, M03 y M04 antes de enderezar una vez (Pieza), y después de enderezar dos veces (Salida 1 y Salida 2).
- el tiempo de ciclo de la enderezadora para cada pieza (Tc) en segundos
- si la máquina consigue enderezar la pieza según la especificación requerida (Buena: B) o no (Mala: M).

Las condiciones en que se ha llevado a cabo la prueba son:

- Inductora del temple de la parte posterior del dentado:

Potencia de calentamiento	70%
Monitor de energía	978
Velocidad de temple (mm/min)	620
Concentración de ducha	11,5
Temperatura ducha	33,1
Caudal de ducha (l/min)	

- Inductora del temple del dentado:

Potencia de calentamiento	5800
Monitor de energía	220
Tiempo de ducha (s)	8
Temperatura de ducha	34
Concentración de ducha	10,11
Caudal de ducha dentado (l/min)	83
Caudal de ducha back (l/min)	4

- Temperatura de revenido: 200 ºC.
- Programa de enderezado: 41.
- Colada: 57773

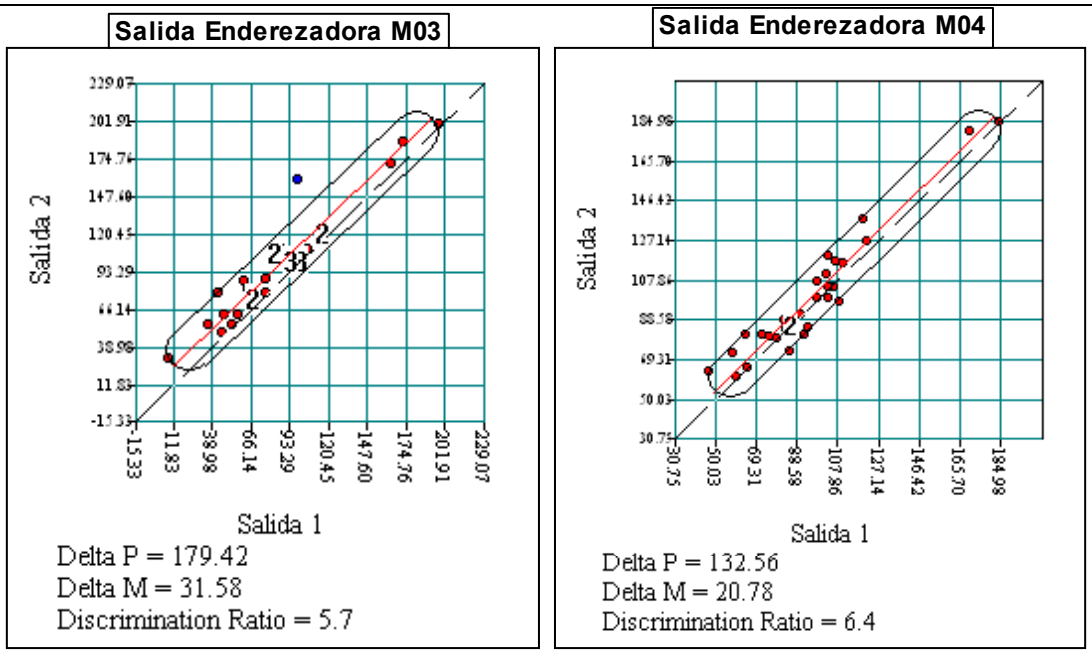
Los resultados que se han obtenido son los siguientes:

	M01	M02	M03	M04	Tc	B/M
Pieza 1	1663	2815	3274	2630	30	B
Salida 1	40	110	46	65		
Salida 2	39	108	48	65		
Pieza 2	1750	3007	3473	2814	85	B
Salida 1	72	108	101	86		
Salida 2	73	108	105	88		
Pieza 3	1626	2752	3182	2552	24	B
Salida 1	20	42	47	98		
Salida 2	23	17	62	99		
Pieza 4	1839	3220	3668	2990	102	M
Salida 1	39	70	197	184		
Salida 2	37	70	199	184		
Pieza 5	1819	3069	3498	2809	31	B
Salida 1	47	87	68	94		
Salida 2	50	87	78	85		
Pieza 6	1862	3199	3636	2946	87	B
Salida 1	34	65	117	82		
Salida 2	33	63	125	88		
Pieza 7	1852	3202	3672	3019	68	B
Salida 1	46	49	98	98		
Salida 2	43	44	103	107		
Pieza 8	1768	3067	3536	2845	38	B
Salida 1	29	45	116	102		
Salida 2	27	46	124	110		
Pieza 9	1819	3065	3547	2860	34	B
Salida 1	18	25	103	106		
Salida 2	20	24	106	104		
Pieza 10	1768	3054	3501	2871	51	B
Salida 1	59	108	52	79		
Salida 2	58	105	54	79		
Pieza 11	1804	3054	3524	2830	102	M
Salida 1	87	150	164	121		
Salida 2	89	152	171	126		
Pieza 12	1874	3188	3660	2979	105	M
Salida 1	71	75	173	170		
Salida 2	70	73	186	180		
Pieza 13	1845	3082	3495	2846	66	B
Salida 1	91	107	76	64		
Salida 2	88	96	77	81		
Pieza 14	1788	3047	3484	2833	103	M
Salida 1	35	41	98	120		
Salida 2	36	43	160	137		
Pieza 15	1761	2996	3440	2789	24	B
Salida 1	60	110	8	108		
Salida 2	44	80	30	97		
Pieza 16	1866	3189	3666	2976	61	B
Salida 1	35	85	83	107		
Salida 2	31	85	111	117		
Pieza 17	1852	3117	3554	2929	92	B
Salida 1	38	107	35	47		

Salida 2	26	87	55	63		
Pieza 18	1764	3046	3478	2828	27	B
Salida 1	66	83	69	103		
Salida 2	58	70	65	104		
Pieza 19	1786	3073	3488	2803	37	B
Salida 1	46	55	87	103		
Salida 2	37	39	109	119		
Pieza 20	1837	3136	3609	2926	58	B
Salida 1	49	48	76	86		
Salida 2	50	47	87	88		
Pieza 21	1724	2949	3404	2761	99	M
Salida 1	103	130	94	75		
Salida 2	104	132	104	80		
Pieza 22	1598	2714	3184	2534	91	M
Salida 1	84	154	97	83		
Salida 2	87	157	103	84		
Pieza 23	1506	2594	2988	2365	23	B
Salida 1	9	14	42	92		
Salida 2	25	42	77	81		
Pieza 24	1506	2572	3026	2424	60	B
Salida 1	8	16	105	110		
Salida 2	8	13	109	116		
Pieza 25	1740	2986	3446	2768	113	B
Salida 1	58	90	56	60		
Salida 2	59	89	61	61		
Pieza 26	1587	2711	3144	2538	95	B
Salida 1	41	68	61	58		
Salida 2	38	64	86	72		
Pieza 27	1475	2530	2958	2354	92	B
Salida 1	58	101	64	72		
Salida 2	47	83	80	81		
Pieza 28	1560	2659	3109	2495	29	B
Salida 1	8	10	96	90		
Salida 2	9	10	102	91		
Pieza 29	1494	2546	2862	2346	40	B
Salida 1	22	39	69	85		
Salida 2	16	28	80	73		
Pieza 30	1373	2380	2823	2273	30	B
Salida 1	61	71	93	103		
Salida 2	62	72	99	99		

Validación del sistema de medida de la enderezadora.

Para validar el sistema de medida se ha hecho un Isoplot de las medidas M03 y M04 a la salida de la máquina (después de enderezar la pieza). Es claro que si a la salida el sistema es válido también lo será a la entrada, puesto que a la entrada el rango que tenemos de variación de cualquiera de las medidas es mucho mas amplio que a la salida (implica que ΔP es mayor a la entrada que a la salida).



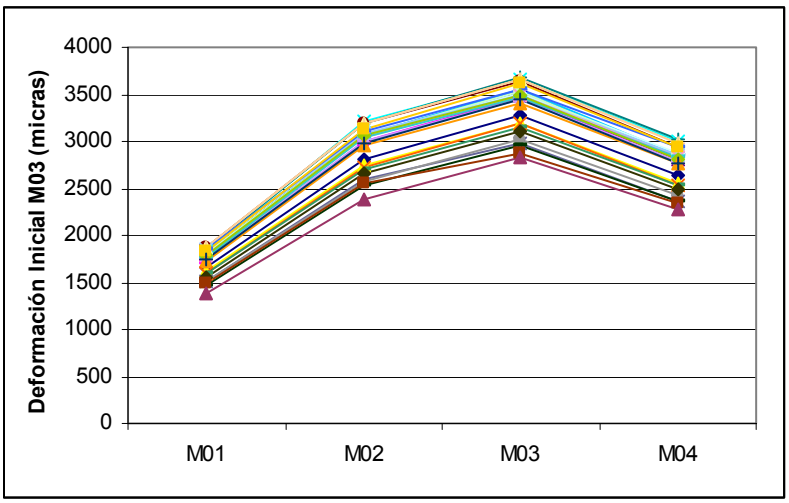
Vemos que aunque el radio de discriminación de la medida M03 no es 6 se puede dar por válido el sistema de medida de la enderezadora ya que el rango de medida es bastante pequeño. Con esto podemos deducir que, efectivamente el problema se encuentra en el proceso de manufactura que siguen las cremalleras y no en la forma de medir que tenemos.

Por tanto, podemos descartar que el problema esté en el sistema de medida y encaminarnos a estudiar el proceso de manufactura que siguen las cremalleras.

El siguiente paso en la generación de pistas es, por tanto, comprobar si nuestro problema radica en algún punto antes del proceso de enderezado ó en la ejecución del mismo.

Deformación de la pieza a la entrada de la enderezadora.

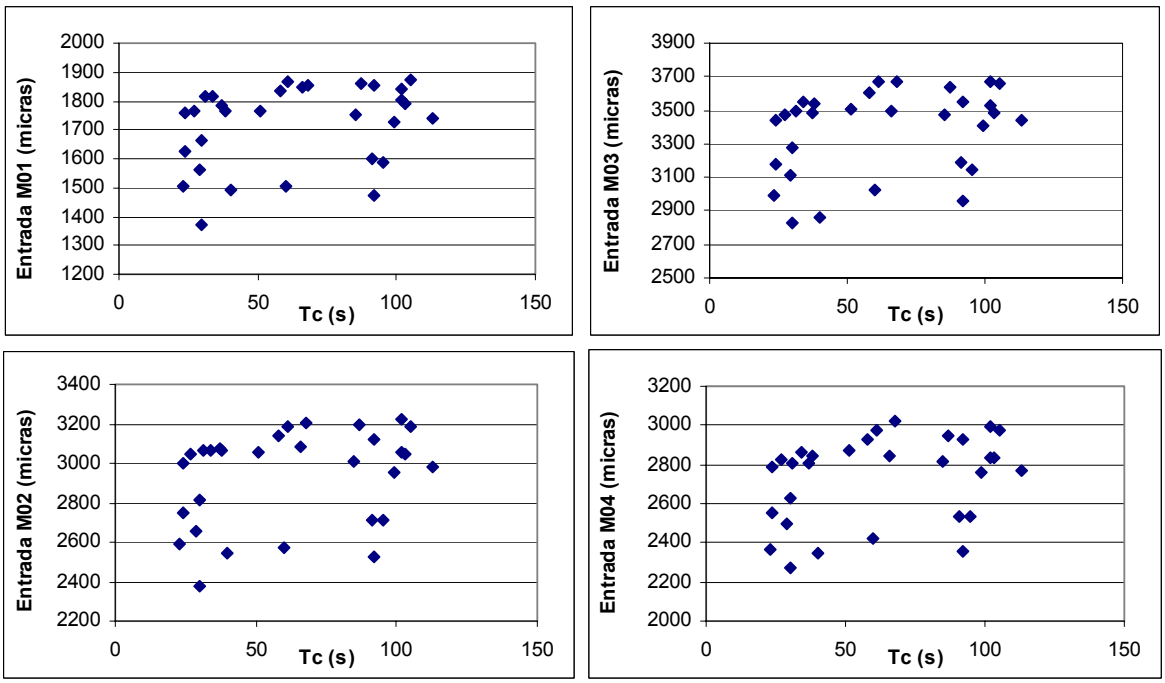
Representamos a continuación la medida que proporciona la enderezadora de cómo le llegan las piezas. Recordamos que la medida que da la enderezadora es la TIR.



De esta gráfica podemos observar que el punto de máxima deformación de la pieza es el punto 3 (o cercano a él, ya que no se controla la deformación entre los distintos puntos de medida).

Comparación entrada – tiempo de ciclo.

Representamos en una gráfica cada una de las medidas de las piezas a la entrada de la enderezadora frente al tiempo de ciclo.

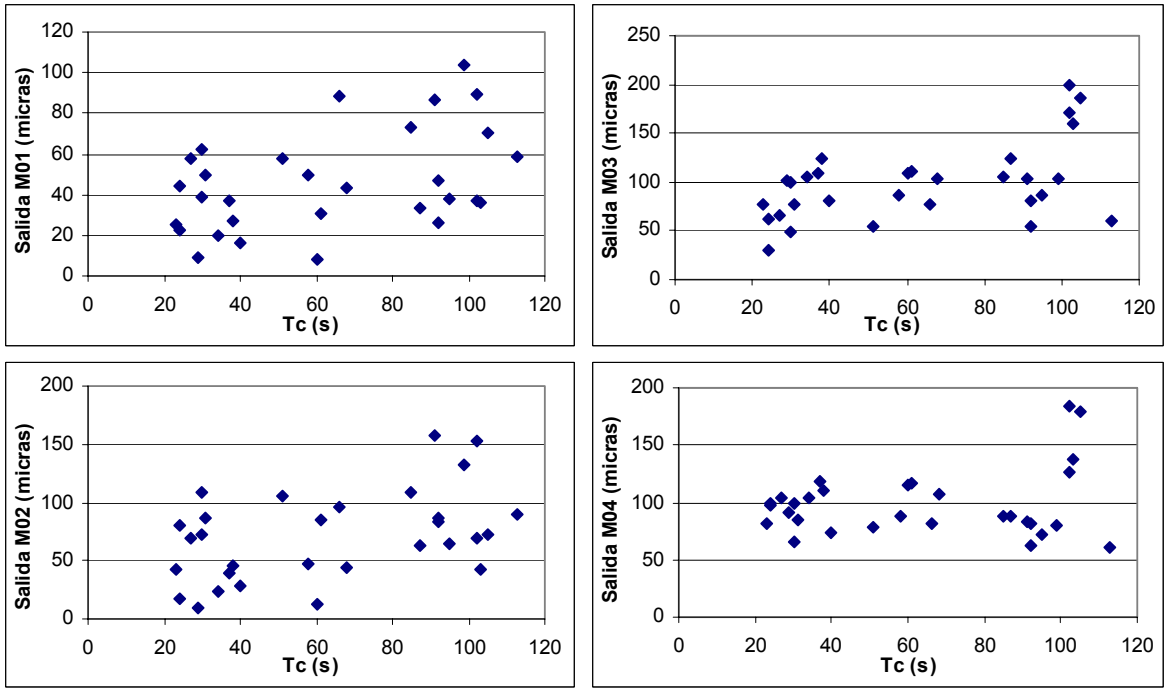


Observando cualquiera de los cuatro gráficos anteriores podemos determinar que hay claramente tres grupos de piezas en cuanto al tiempo de enderezado se refiere, uno en torno a 30s, otro en 60s y otro en torno a 100s. Obviamente cada uno de los grupos coincide con cada uno de los bucles que tiene el programa de enderezado pero tenemos que preguntarnos por qué algunas piezas se enderezan antes y otras después (y otras que la máquina no consigue enderezar: se acaba el programa sin meter a la pieza en la especificación de rectitud requerida).

Comparación salida-tiempo de ciclo

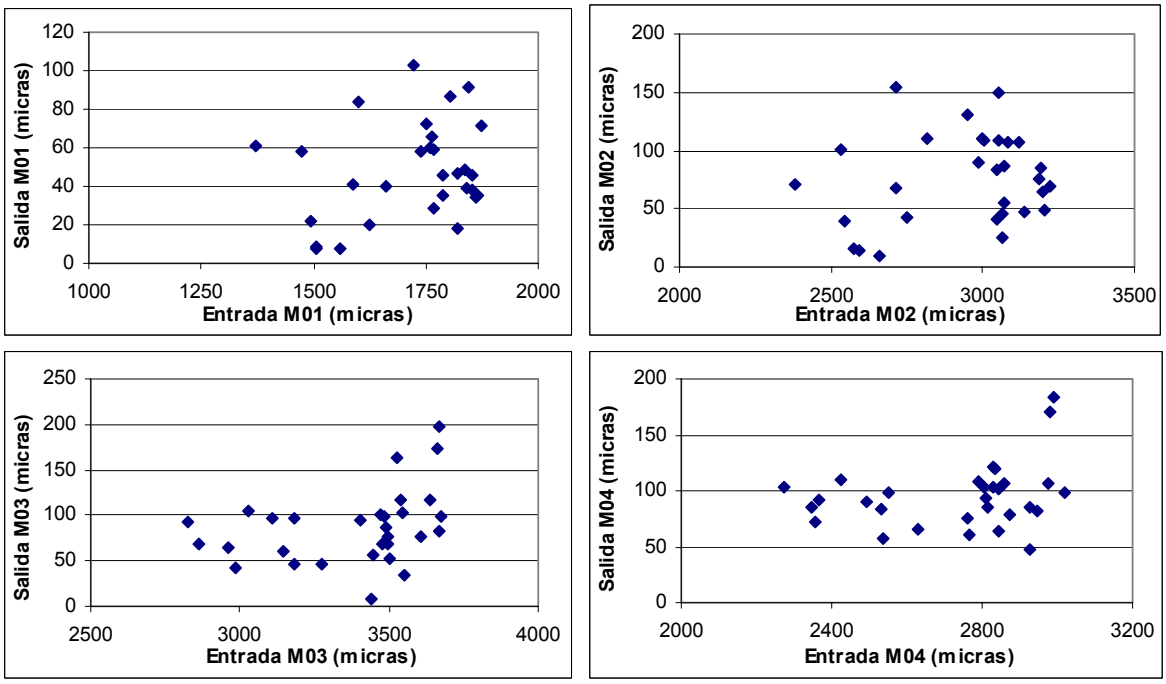
Representamos a continuación cada una de las medidas de las piezas a la salida de la enderezadora frente al tiempo de ciclo. Aquí podemos observar con facilidad cuales son las medidas de las piezas que cuando finaliza el programa de la máquina cumplen y no cumplen las especificaciones impuestas en dichas medidas.

Por supuesto, las piezas que no se consiguen enderezar del todo son las que mayor tiempo de ciclo tienen porque agotan el programa hasta el final aunque podemos observar que también hay piezas que son enderezadas con éxito pero con muy alto tiempo de enderezado.



Comparación entrada – salida.

Vamos a comparar cada una de las medidas antes y después de enderezar para ver si se sigue alguna tendencia.



Podemos observar en estos cuatro gráficos que una medida de las mas bajas a la entrada no tiene por qué dar una medida baja a la salida del enderezado, y viceversa, una medida alta a la entrada puede dar una medida alta o baja a la salida de la máquina. Esto, sin embargo, no es preocupante del todo, porque a nosotros lo que nos interesa es que

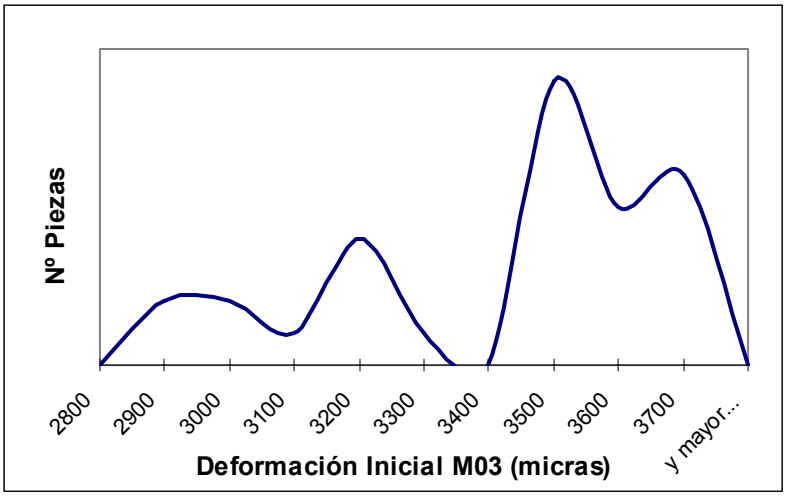
las medidas entren en especificación en el menor tiempo posible y una vez en especificación es tan válida una medida de las bajas como de las altas (por supuesto es preferible una medida baja porque así aumentamos la calidad de nuestro producto).

Situación actual.

Como resumen de todos los resultados obtenidos mostramos de una manera gráfica y rápida cual es nuestra situación actual. Para ello, agrupamos nuestras piezas en distintos rangos de valores de deformación inicial y final, y tiempo de ciclo de enderezado.

En deformación inicial tenemos:

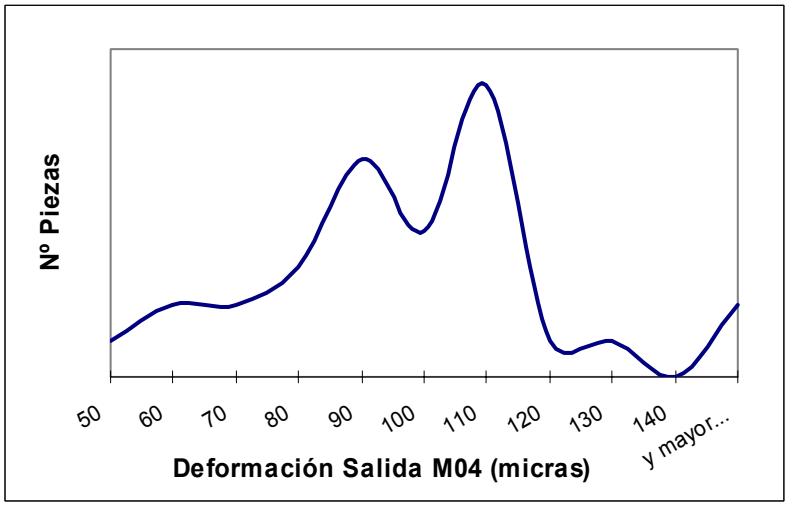
M03 Entrada	Nº Piezas
2800	0
2900	2
3000	2
3100	1
3200	4
3300	1
3400	0
3500	9
3600	5
3700	6
y mayor...	0



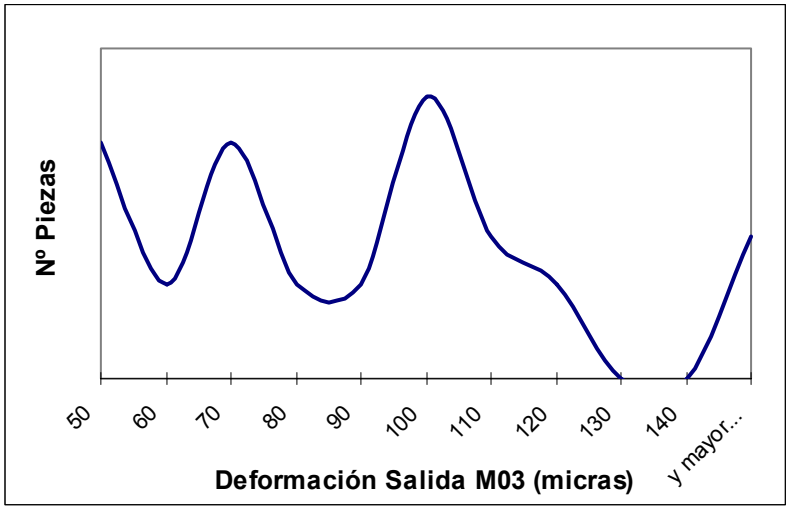
Podemos observar claramente en este gráfico la alta deformación inicial que tenemos frente a la rectitud que debemos conseguir en el enderezado.

En deformación final nuestra situación es:

M04 Salida	Nº Piezas
50	1
60	2
70	2
80	3
90	6
100	4
110	8
120	1
130	1
140	0
y mayor...	2



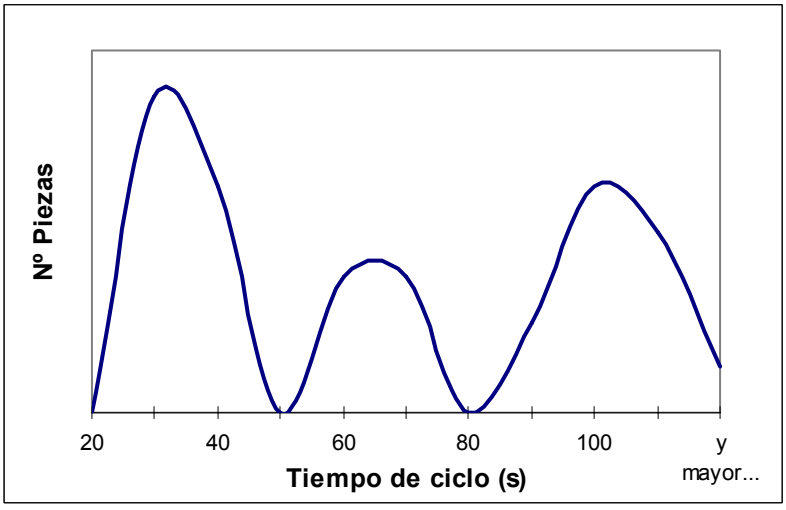
M03 Salida	Nº Piezas
50	5
60	2
70	5
80	2
90	2
100	6
110	3
120	2
130	0
140	0
y mayor...	3



Se han dibujado las gráficas correspondientes a M04 además de M03 porque hay algunas piezas que han sido rechazadas sólo por no cumplir M04.

Para el tiempo de ciclo de enderezado:

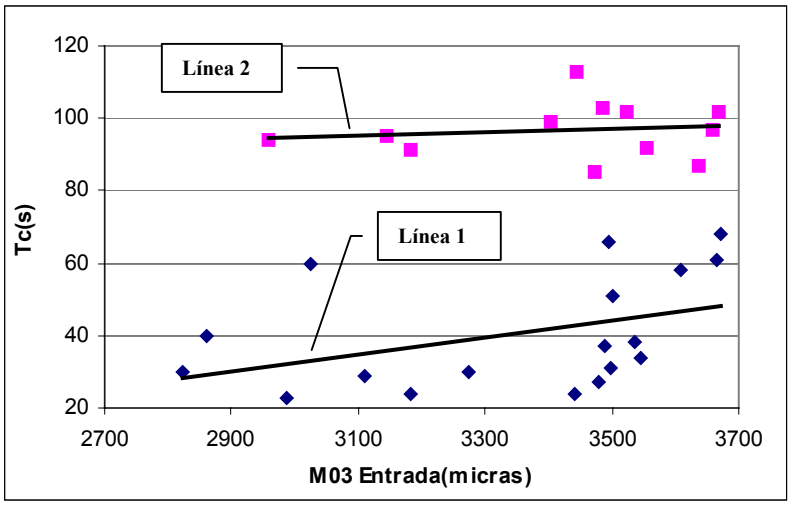
Tc	Nº Piezas
20	0
30	7
40	5
50	0
60	3
70	3
80	0
90	2
100	5
110	4
y mayor...	1



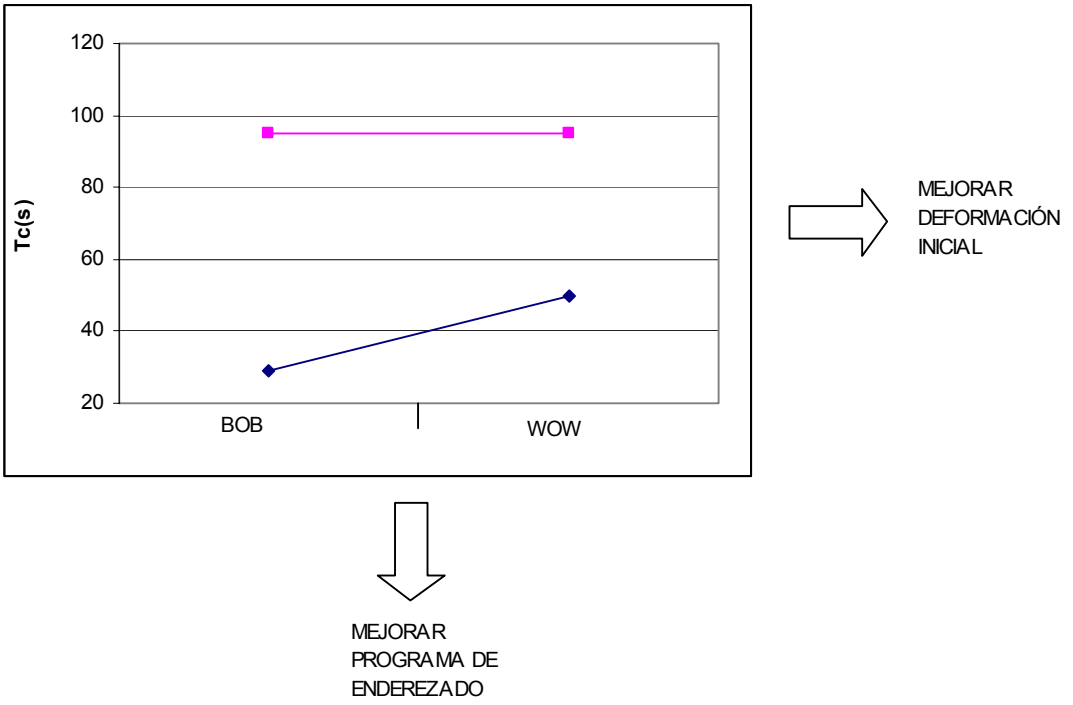
Vemos claramente las tres montañas que tenemos debidas cada una a los tres bucles que tiene el programa de enderezado. Según nuestro objetivo que es 50s observamos que, como mínimo la última de éstas montañas sobra, luego estamos bastante lejos actualmente.

Conclusión.

Analizando detenidamente el gráfico de la deformación a la entrada de la enderezadora (M03) frente al tiempo de ciclo observamos dos grupos de piezas con líneas de tendencias claramente distintas:



La línea 1 es una línea inclinada y nos dice que cuanto mayor es la deformación inicial de la pieza mas alto es el tiempo de ciclo. Por tanto debemos actuar mejorando esta deformación inicial para obtener los mejores tiempos de ciclo posible. La línea 2 es una línea prácticamente horizontal lo que nos dice que tenemos un tiempo de ciclo muy alto tanto para las mejores piezas que tenemos como para las peores. La línea de actuación en este caso irá en base a optimizar el programa de enderezado.



Luego vemos que el proyecto se divide en dos, primero necesitamos mejorar la deformación inicial de las piezas, y una vez conseguido esto optimizar el programa de enderezado para obtener el menor tiempo de ciclo posible, el menor rechazo de piezas e intentar eliminar las grietas.