



Consumer Driven **6-Sigma**

Mejora de los índices de Calidad y Eficiencia en el proceso de montaje del equilibrador, en el motor EcoBoost de 2,0L



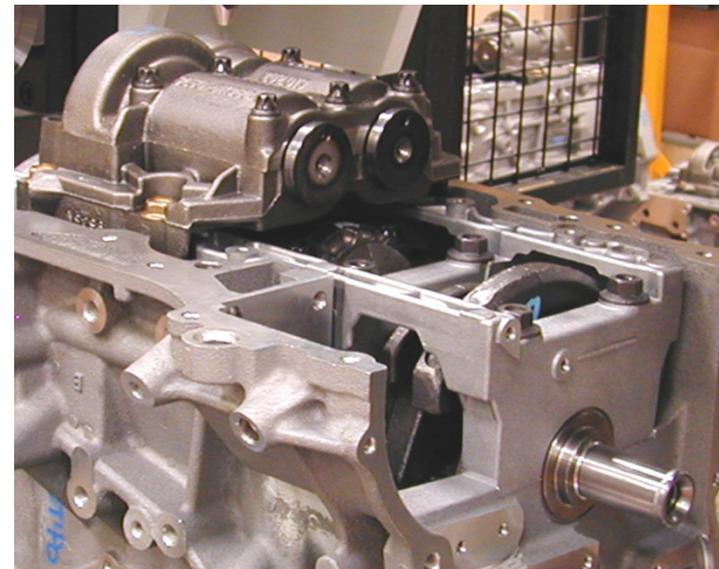
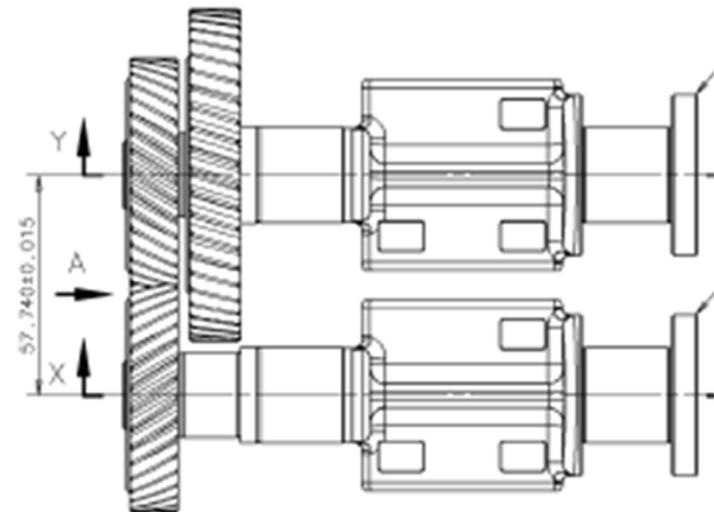
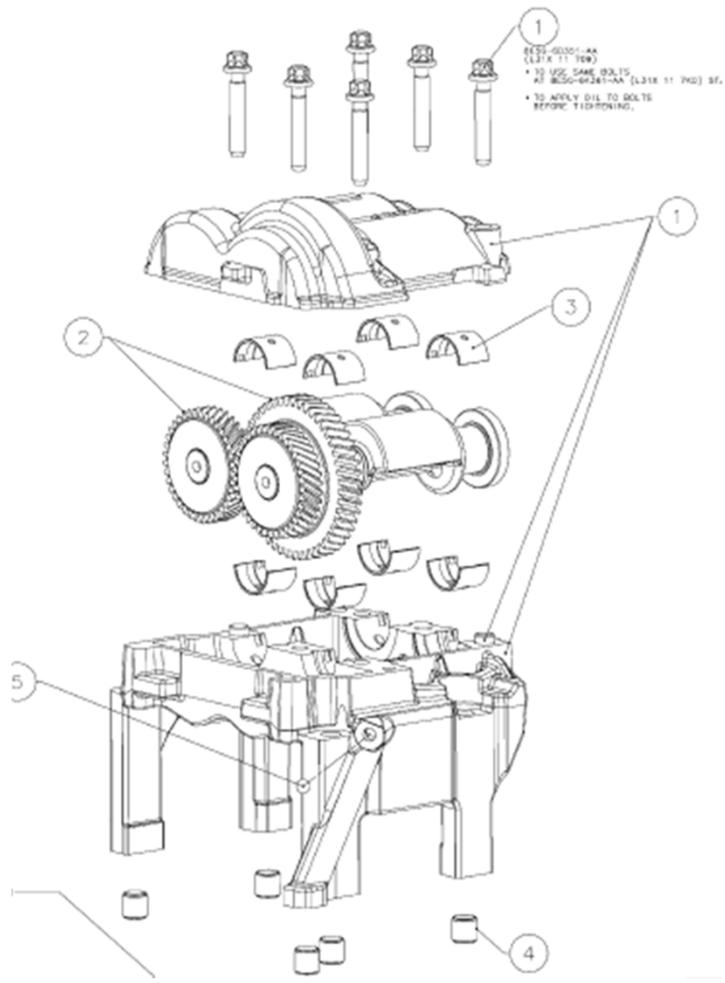
2.0 SCTi EcoBoost 203/240 PS
TURBO/DIRECT INJECTION / VVT / BALANCE
SHAFT

Mejora de los índices de Calidad y Eficiencia en el proceso de montaje del equilibrador, en el motor EcoBoost de 2,0L

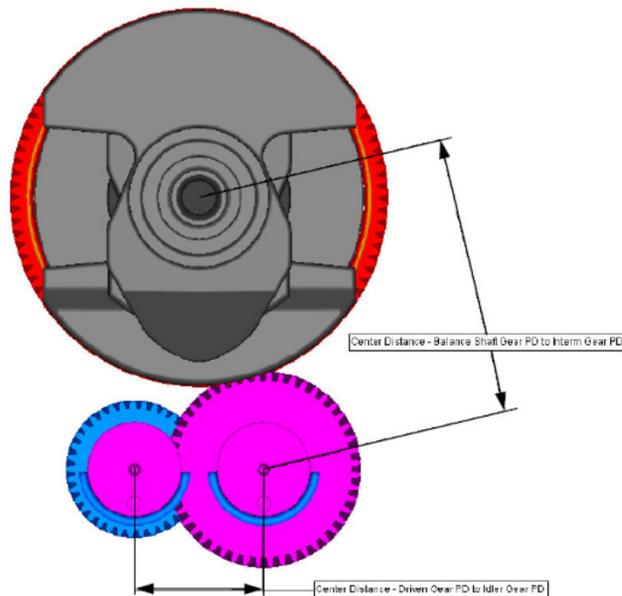
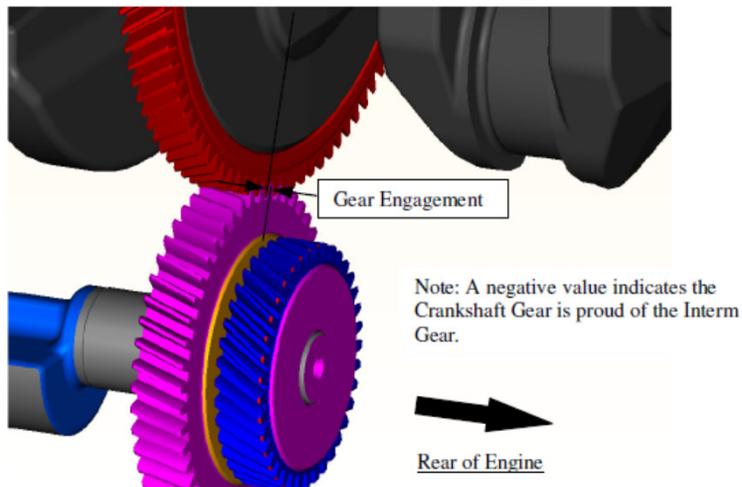
Índice:

1. Componentes y funcionamiento del equilibrador.
2. Posibles problemas que pueden aparecer.
3. 6-Sigma
 1. Procesos de montaje y medición.
 2. Calidad y eficiencia de línea al inicio del proyecto.
 - Rechazos en verificación de holgura (FTT)
 - Rechazos por ruido en Hot-test (reproceso/chatarra)
 - Fallos en selección de shims (OEE)
 3. Acciones de mejora en la línea de montaje.
 4. Calidad y eficiencia de línea después de las acciones realizadas.
4. Acciones de mejora en diseño y en el proveedor.

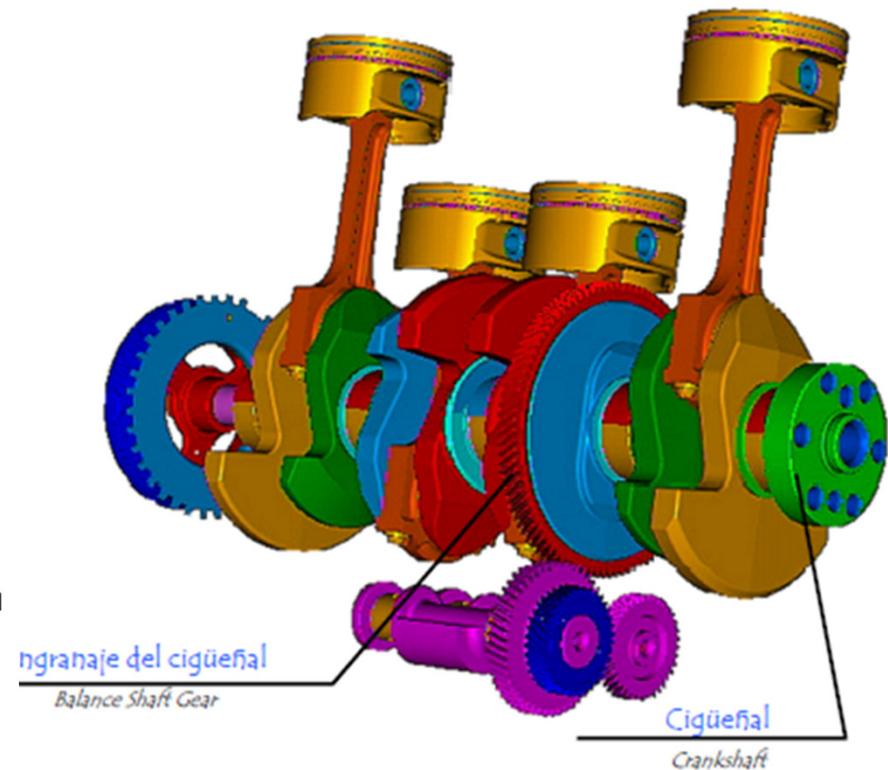
1. Componentes del equilibrador



1. Funcionamiento del equilibrador en el motor



Balance Shaft
 El Balance Shaft mejora los niveles de Ruido y Vibraciones (NVH/ Noise, Vibration, and Harshness) en el motor
Balance shafts to improve NVH behaviour



2. Posibles problemas que pueden aparecer

1. Rotura en funcionamiento:
 1. Motivo: falta de holgura entre engranajes (cigüeñal-equilibrador o entre los ejes del equilibrador)

2. Ruido:
 1. Silbido (whine/whistle noise) debido a:
 1. Incorrecto perfil de diente.
 2. Asentamiento de engranajes descentrado.
 2. Golpeteo regular (ticking noise) debido a:
 1. Marcas en los dientes de los engranajes.
 2. Contaminación.
 3. Golpeteo aleatorio (rattle noise), debido a:
 1. Holgura entre engranajes excesiva.
 2. Holgura de ejes excesiva.

3. Proyecto 6-Sigma



Improve rejection rate in balance shaft
determination & verification, op400&op440

Project Champion:

Miguel Tajada

Process Owner:

Javier Gisbert

Team Members:

Emilio Rosa

Jaime Alcaniz

Emiliano Chumillas

Manolo Zafra

Black Belt

Team leader / Green Belt

Team leader / Green Belt

Team leader / Green Belt

3.1 Proceso de montaje

Op400
 Measurement of initial backlash with master shims and determination of shim family
 Program in determination mode

Op420
 Shim installation

Op440
 Backlash verification

OK?
 Y
 N

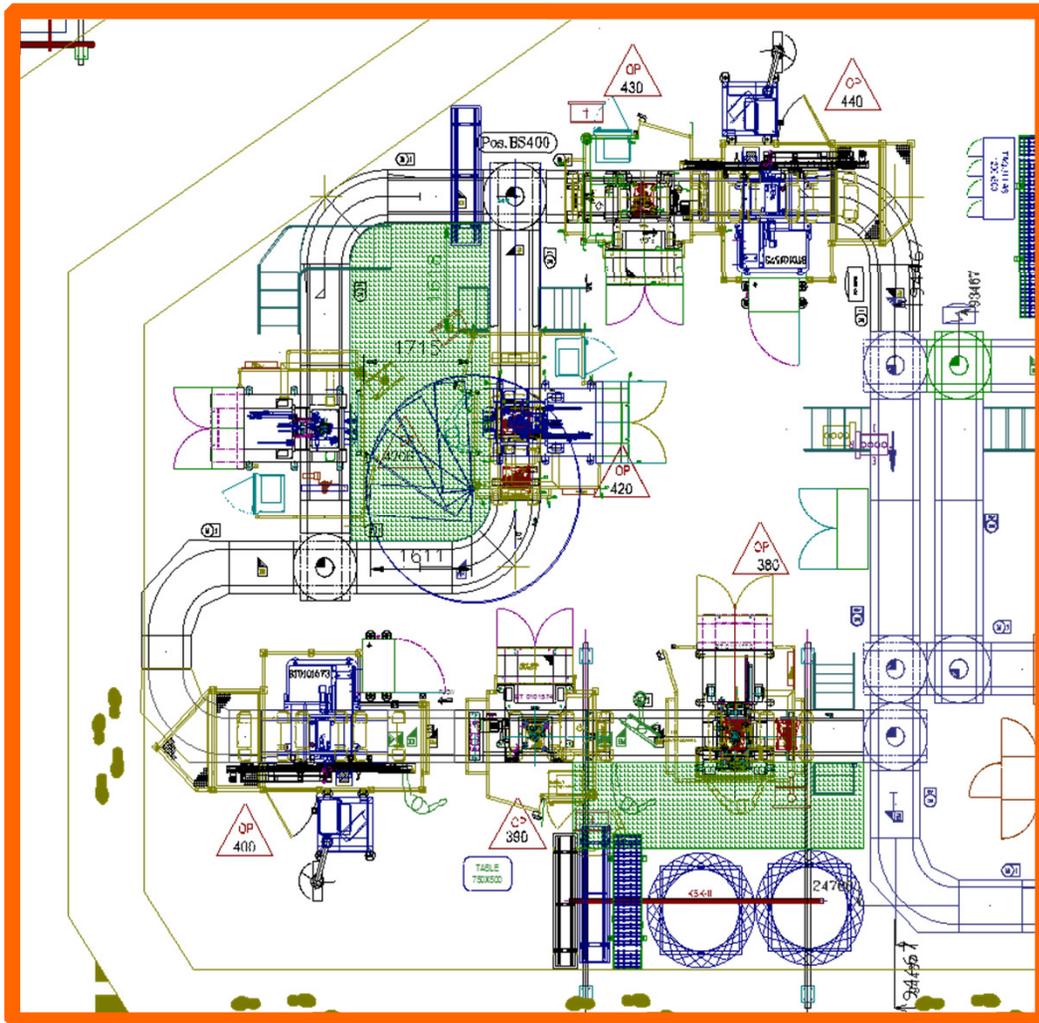
Continue production

Rejected

Op400
 Second verification of backlash
 Program in verification mode

OK?
 Y
 N

Rejected



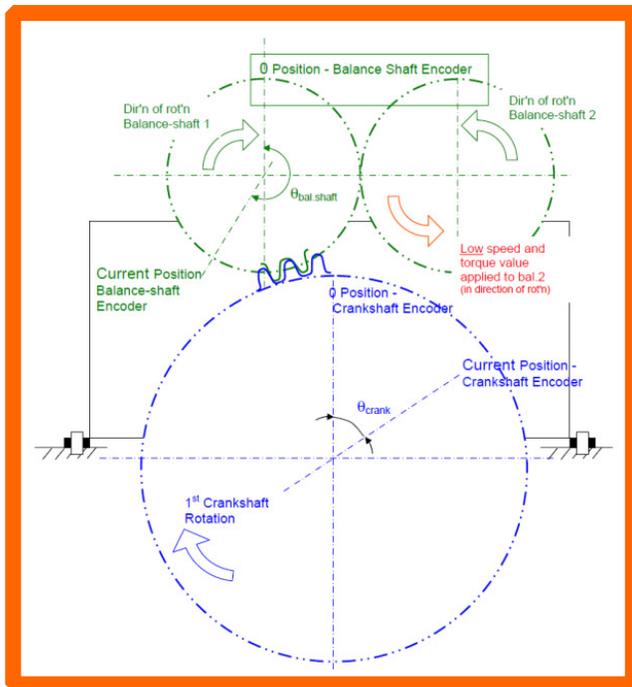
3.1 Proceso de medición

La máquina gira el cigüeñal a velocidad constante; este movimiento se transmite a los ejes principal y secundario de equilibrador.

Al mismo tiempo, se aplica una fuerza sobre el eje del equilibrador, para “frenarlo” y forzar el contacto con los dientes de la corona en el cigüeñal.

Esto se hace en los dos sentidos de giro, para medir los datos de holgura en la cara de empuje (drive) y la cara de seguimiento (coast)

Se mide la posición angular de los ejes del equilibrador para cada décima de grado de giro del cigüeñal (3600 datos)

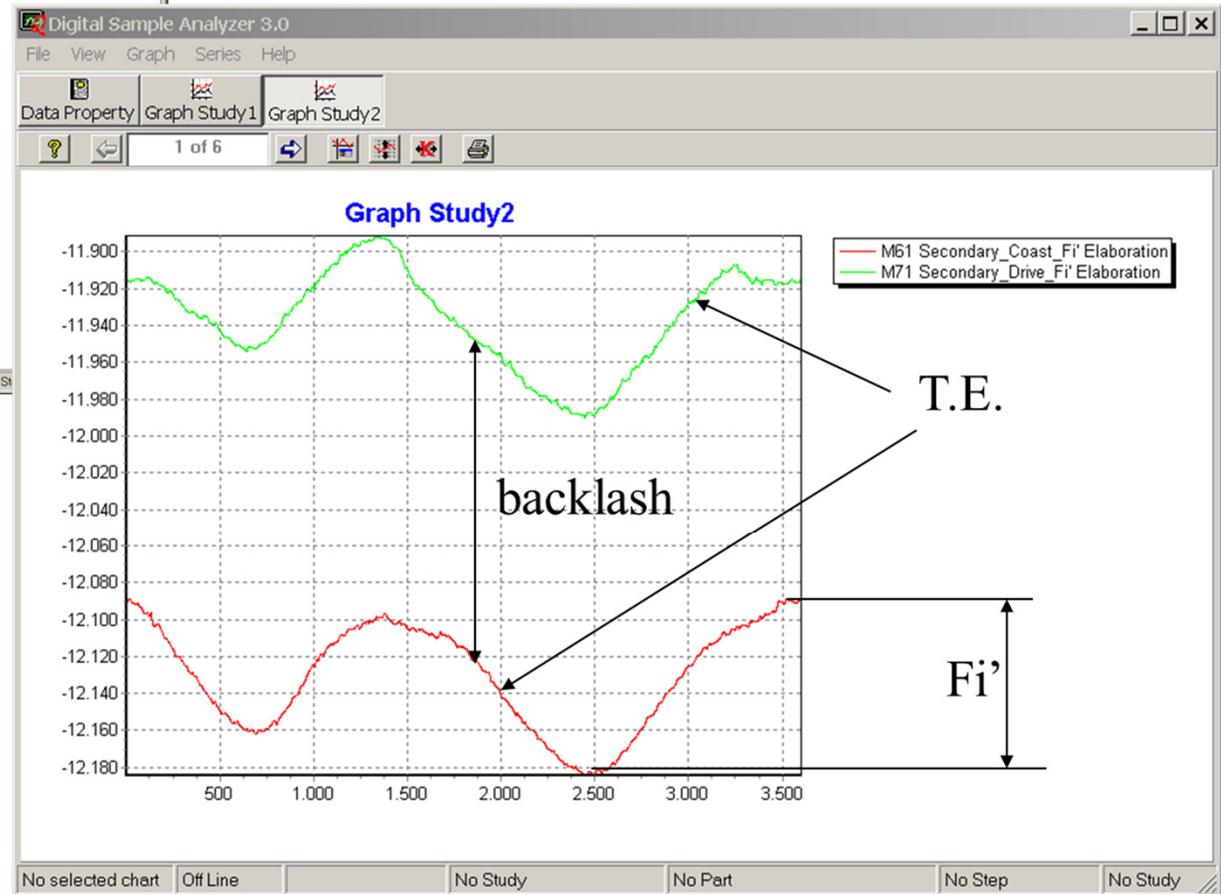
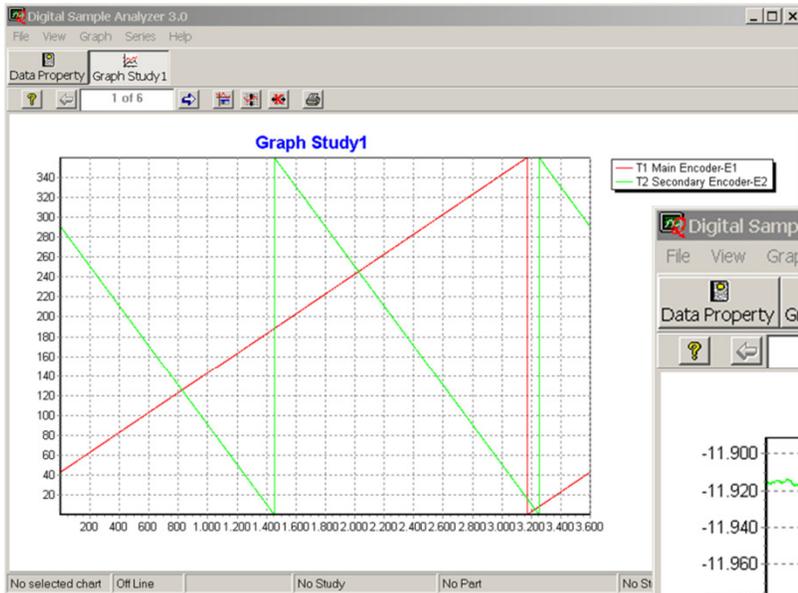


Punto clave:

Todos los fallos de determinación y/o medición, vienen dados por fallos en el trazado de estas gráficas (saltos debidos a golpes o contaminación, pérdida de contacto de dientes, empuje excesivo de un engranaje sobre su par, etc)

El proyecto se centra en eliminar este tipo de errores.

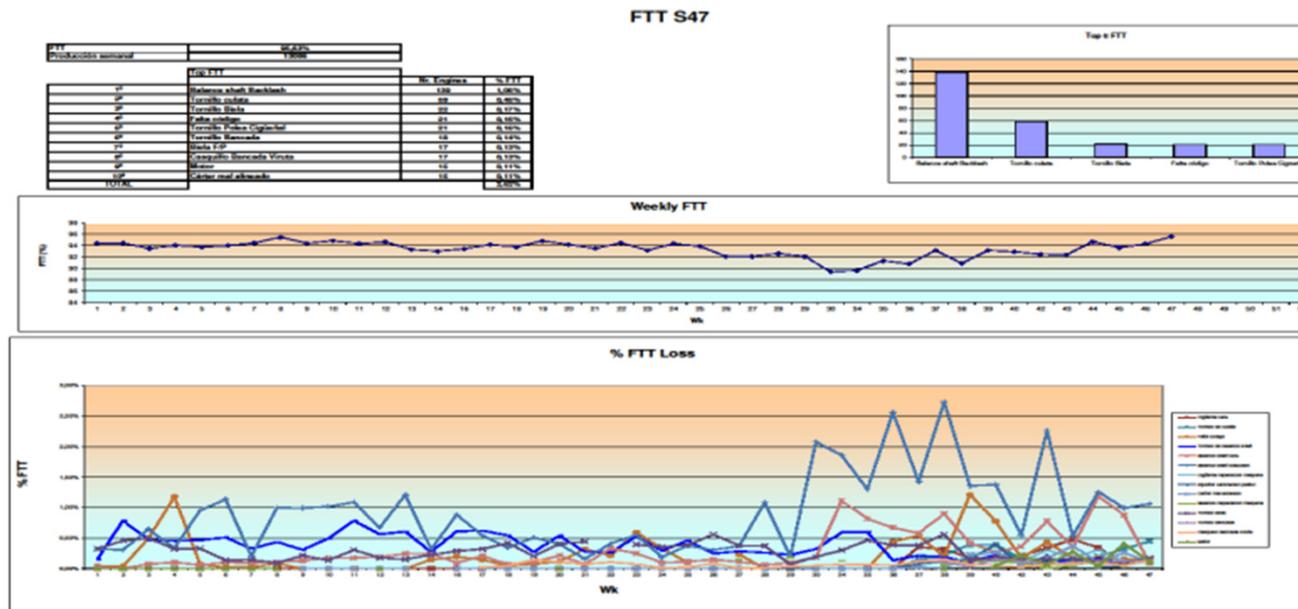
3.1 Proceso de medición



3.2 Resultados de calidad al inicio del proyecto

ANTES

Antes de iniciar las mejoras, el nivel de rechazo medio en la verificación de la holgura en la op440 era del 1,05%

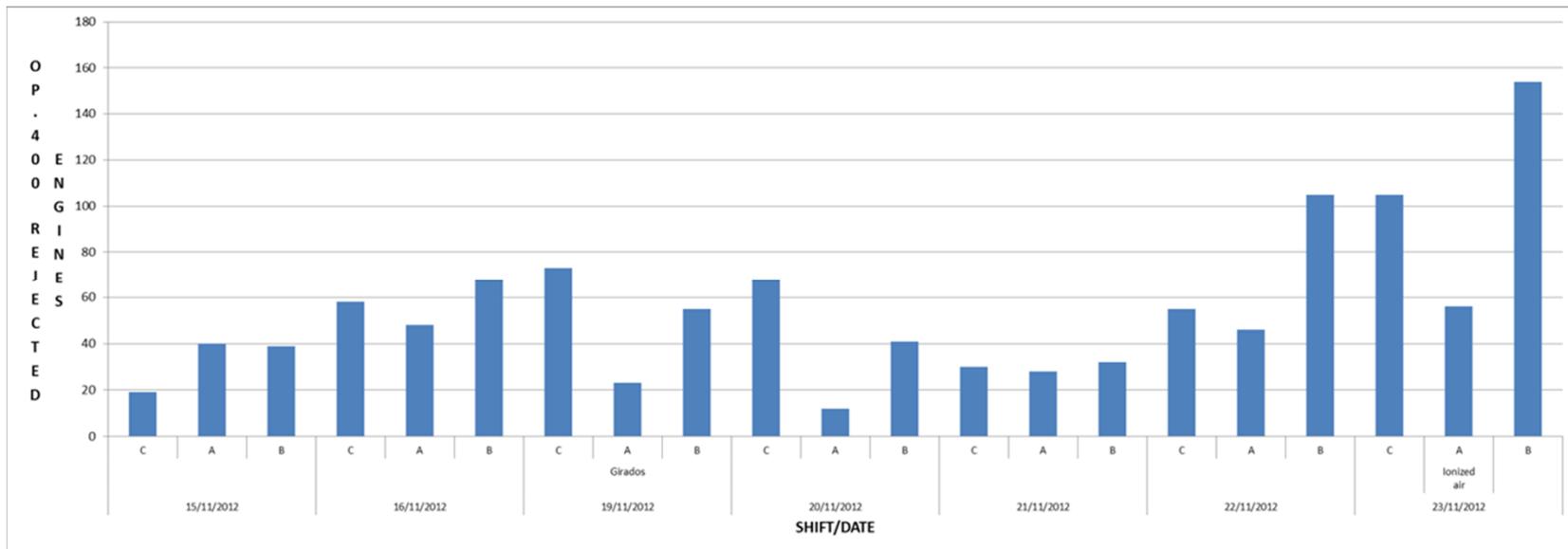


El promedio de motores rechazados por ruido en Hot-test oscilaba entre 3 y 5 al día.

3.2 Resultados de eficiencia al inicio del proyecto

ANTES

Antes de iniciar las mejoras, el nivel medio de fallos en la selección de shims en la op400 era de 165 motores diarios.

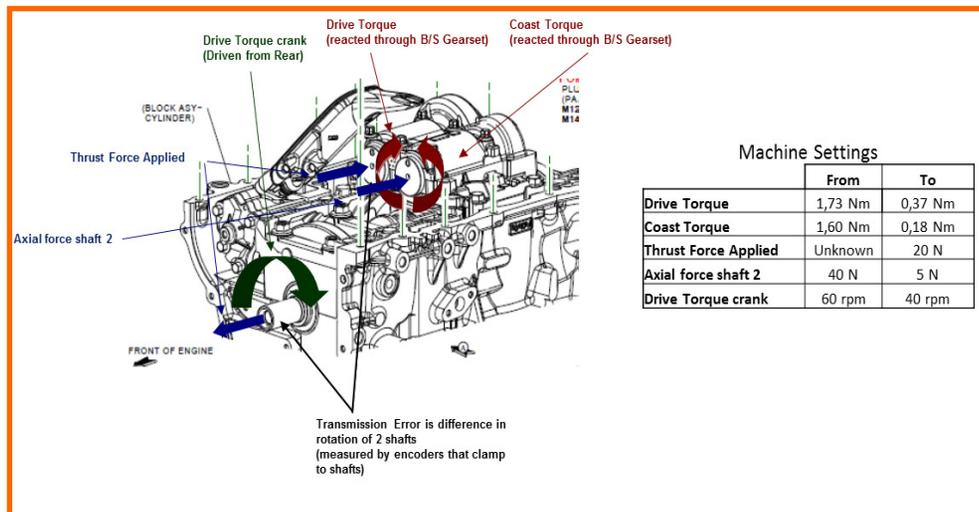


Pérdida de OEE del 7%

3.3 Acciones de mejora en la línea de montaje

MEJORAS

1. Conjuntamente con Marposs, se desarrolla un nuevo cabezal de arrastre del cigüeñal y control del equilibrador
 Esto permite reducir el par de arrastre y la velocidad de giro del conjunto.
 Lo que facilita una determinación real de la holgura resultante.



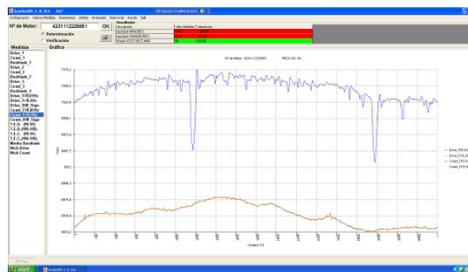
Machine Settings		
	From	To
Drive Torque	1,73 Nm	0,37 Nm
Coast Torque	1,60 Nm	0,18 Nm
Thrust Force Applied	Unknown	20 N
Axial force shaft 2	40 N	5 N
Drive Torque crank	60 rpm	40 rpm

3.3 Mejoras realizadas en el proceso de montaje

MEJORAS

2. Cálculo de holgura y selección de shim.

- ❑ La mayor fuente de error encontrada se debe a pérdida del contacto entre los dientes de los dos engranajes, durante la medición de la holgura.
- ❑ Se identifica la causa raíz en la aceleración natural del sistema cuando los contrapesos internos del equilibrador giran hacia abajo.



- ❑ Se desarrolla junto con Marposs un contrapeso en máquina para compensar dicha “caída repentina”.

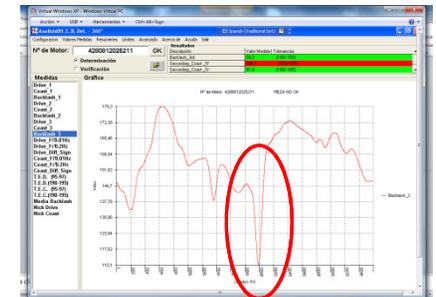


3.3 Mejoras realizadas en el proceso de montaje

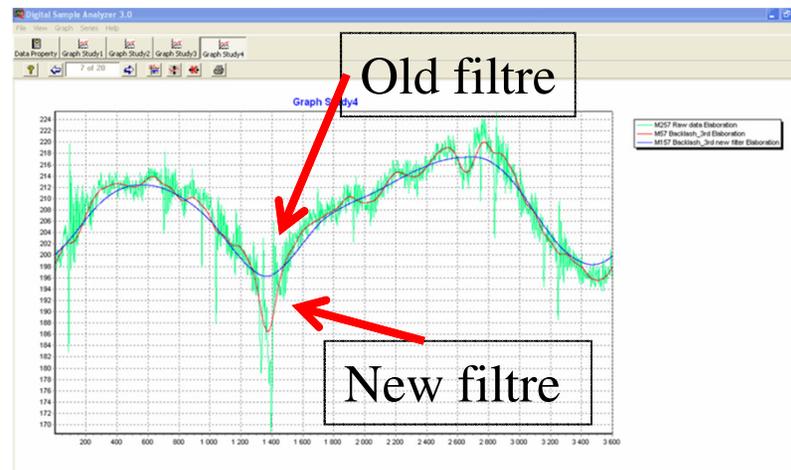
3. El mayor número de rechazos sucede en la verificación de la holgura resultante, en la op440, debido a valores máximos por encima de la tolerancia.

Se identifica la causa raíz en el proceso de determinación.

En esos casos, se observa que las curvas muestran saltos repentinos, similares a “nicks”. Se comprueba que se trata en realidad de efecto de contaminación no dañina para la función del conjunto (partículas no metálicas que se destruyen en los primeros giros sin dañar los dientes de las coronas, pero que fuerzan una mala lectura.



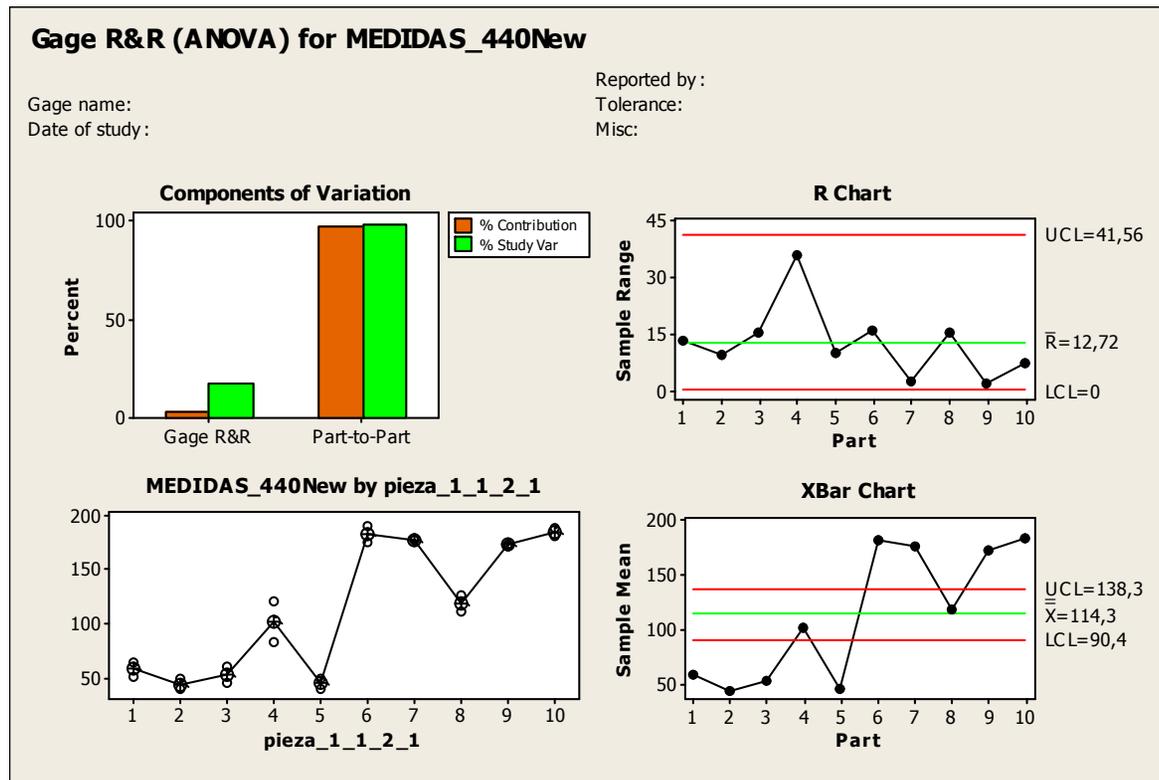
Se desarrolla un nuevo filtro para que el software de determinación, sea capaz de acotar y no usar esa parte de la curva en los cálculos.



3.3 Mejoras realizadas en el proceso de montaje

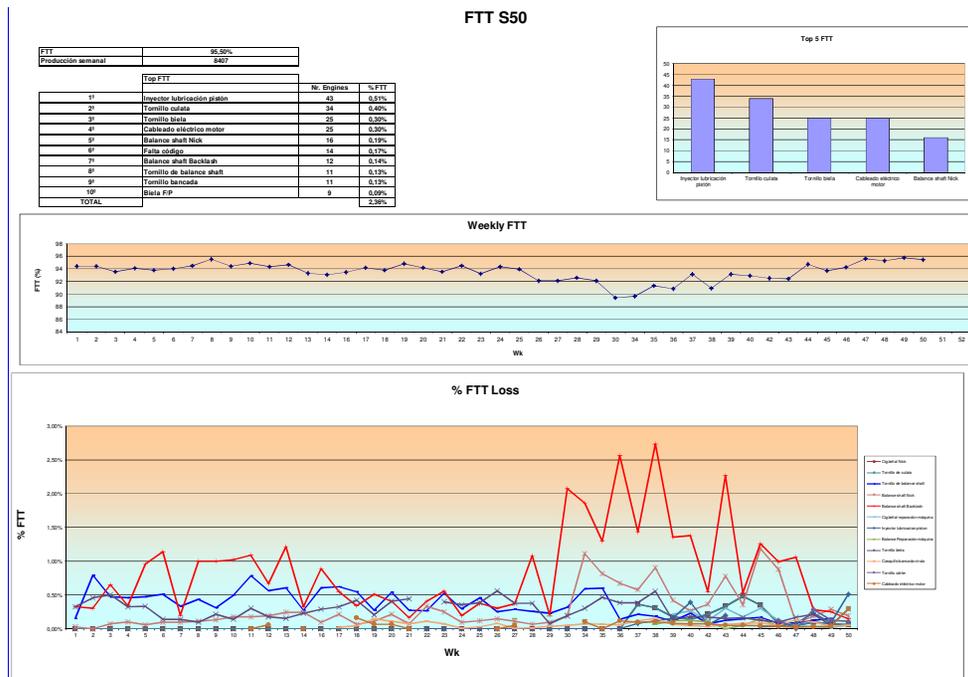
Validación de las mejoras:

tras las modificaciones realizadas (desarrollo de nuevos cabezales, diseño e implementación de contrapesos de máquina y refinamiento del software de cálculo) se realiza un análisis del sistema de medición, comprobando que aporta sólo un 3,22% de error.



3.4 Resultados de calidad tras las mejoras aplicadas.

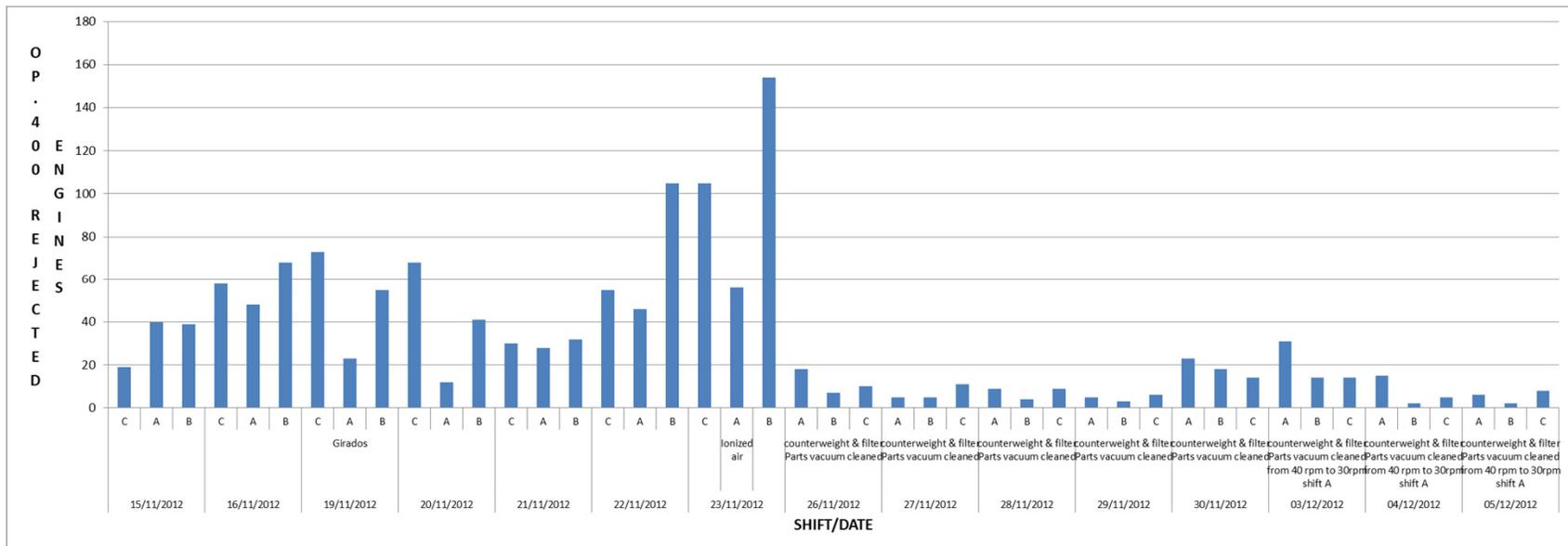
El nivel de rechazo en la verificación de la holgura en la op440 pasa a ser el 0,28% → El FTT mejora en más de un 70%



El promedio de motores rechazados por ruido en Hot-test pasa a ser inferior a 2 casos por semana. → mejora del 90%
(gracias a otras acciones paralelas, explicadas al final de la presentación)

3.4 Resultados de eficiencia tras las mejoras aplicadas.

Tras todas las acciones tomadas, el nivel medio de fallos en la selección de shims en la op400 pasa a estar por debajo 20 motores diarios.



La pérdida de OEE se reduce al 0,75% → mejora de más del 80%

4. Acciones de mejora de diseño.

Desarrollo conjunto de Diseño, Proveedor y VEP.

Problema #1 → rechazos por ruido en Hot-test

- Aun con holguras correctas, existe un nivel de rechazo de motores por silbido inaceptable
- Se desarrolla DOE (Diseño de Experimentos) para establecer la condición óptima de perfil de los dientes de engranaje.
- Se confirma que el perfil de los dientes es demasiado “abarrilado”, provocando asentamiento irregular entre dientes, y desalineación de engranajes.
- Se cambia el perfil de los dientes, cerrando su efecto de barril en -8 micras

4. Acciones de mejora de diseño.

Desarrollo conjunto de Diseño, Proveedor y VEP.

Problema #2 → Los cambios realizados hacen que se obtengan valores de holgura superiores a los existentes antes del proyecto (se pasa de valores medios de 30 micras, a valores de 60)

- Se lleva a cabo un VSA (Análisis Estadístico de Variabilidad) para optimizar las tolerancias de montaje de acuerdo con los nuevos parámetros de trabajo.
- Como resultado de este ejercicio, se cambian las tolerancia de:
 - 5 micras (holgura mínima) y 100 micras (holgura máxima)
 - a 20 y 120 micras

4. Resultados de calidad y eficiencia antes y después de las mejoras.

Rechazos por ruido en Hot-test

Las acciones llevadas a cabo anteriormente reducen el nivel de rechazos por silbido y golpeteo, de un valor medio que oscilaba entre 3 y 5 casos al día, a un valor inferior a 2 casos a la semana (todos por golpeteo; ninguno por silbido)

Aún así, se continuó trabajando con PD y el proveedor, encontrando la causa raíz de los casos restantes:

Marcas de embridaje sobre los dientes de la corona del equilibrador. Esto ya está solucionado en el proveedor, con la ayuda de un proveedor de VEP; las primeras piezas con los cambios llegarán a VEP la semana 28 de 2013.

