Monitoreo de ejes de baja velocidad usando la tecnología ACOEM Shock Finder Index

SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem

Metodología Shock Finder

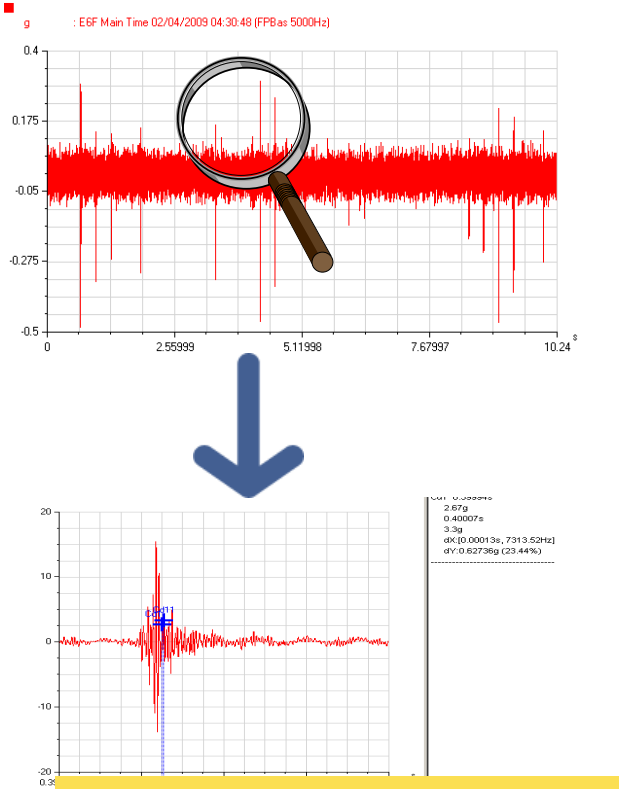
SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem

Monitoreo confiable de ejes de baja velocidad usando la tecnología Shock Finder

- Shock Finder monitorea los ejes de baja velocidad en 6 pasos:
  - Medir durante varios giros del eje de baja velocidad, para obtener datos significativos (ej. 10s en una turbina eólica)
  - Adquirir datos a altas frecuencias de muestreo para captar los impactos generados por defectos en rodamientos o engranajes (25,6 KHz mínimo)
  - Filtrar datos para separar componentes indicadoras de falla
  - Identificar impactos relacionados con modos de falla
  - Distinguir impactos generados por modos de falla desde impactos transientes generados por la operación normal del equipo
  - Mostrar los resultados de forma clara para análisis



Impactos existentes en el dominio de altas frecuencias

Captar impactos anormales es la clave para el monitoreo de equipos de baja velocidad

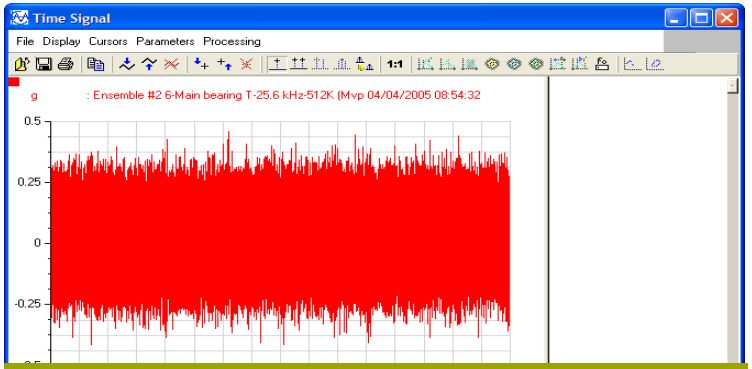
SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Monitoreo confiable de ejes de baja velocidad usando la tecnología Shock Finder

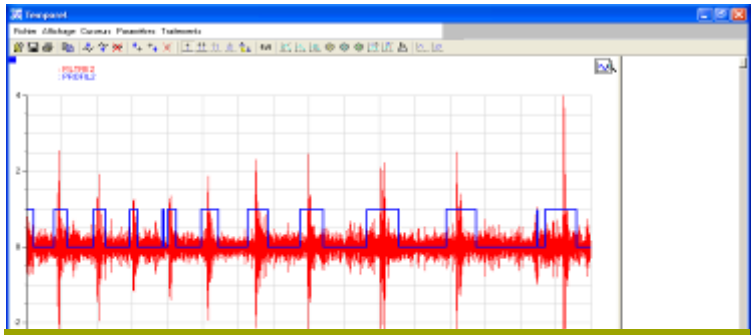
Tecnología ShockFinder™

❶



Datos en bruto adquiridos durante varias rotaciones de la turbina

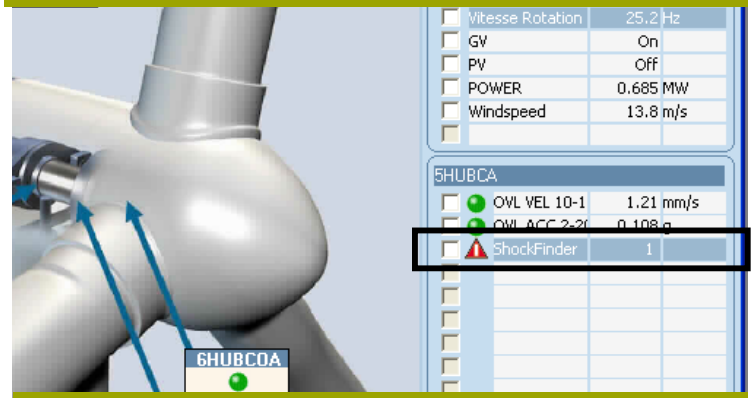
❷



Filtrado y detección automática de impactos

Calificación de impactos para eliminar los impactos normales

❸



Resultado = Hay o no impactos?

❹

PSS	1GENCO/2GENCA		3REDGV	4REDPV	5HUBCA
OVL VEL 10-1k	6.62	4.43	4.15	3.08	1.21
OVL ACC 2-20k	0.210	0.620	0.639	0.793	0.108
ShockFinder					
FO	6.08	2.88			
OVL VEL 15-1k	6.22	3.31			
FENC	0.051	0.068			
FG2			0.153	0.149	
FG1			0.048	0.026	
FG3			0.520	0.449	
POWER					

Display de fácil lectura

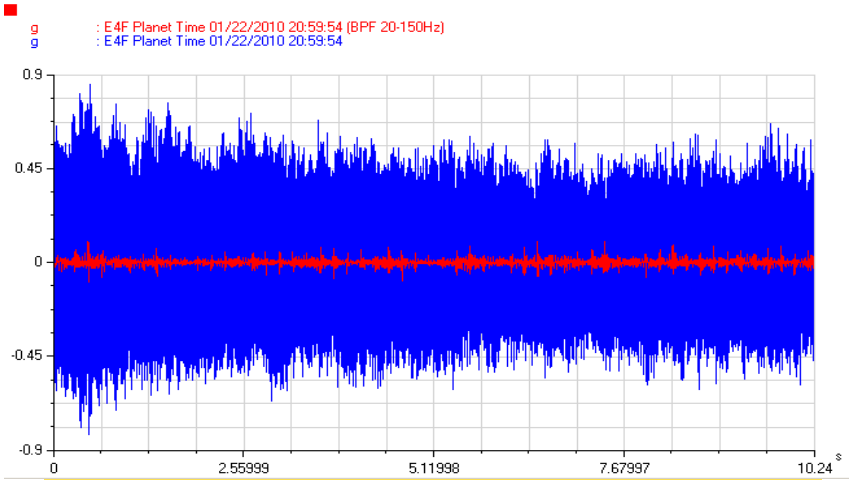
SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Caso de estudio:

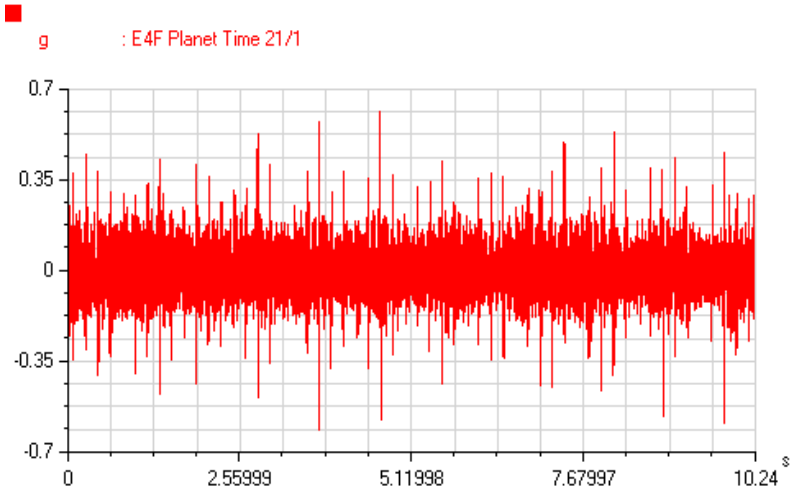
Aplicación de ShockFinder en una falla de engranajes de una Turbina Eólica

❶



Altos niveles de vibración generados por componentes de alta velocidad

❷



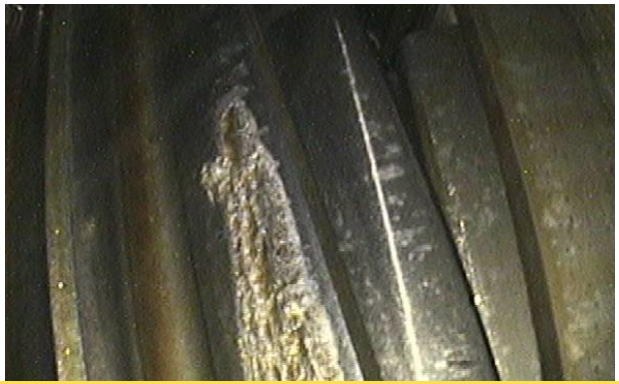
Los impactos son filtrados

❸

PSS	1GENCO	2GENCA	3REDGV	4REDPV	5HUBCA
OVL VEL 10-1k	6.62	4.43	4.15	3.08	1.21
OVL ACC 2-20k	0.210	0.620	0.639	0.793	0.108
ShockFinder					
FO	6.06	2.86			
OVL VEL 15-1k	6.22	3.31			
FENC	0.051	0.068			
FG2			0.153	0.149	
FG1			0.048	0.026	
FG3			0.520	0.449	
POWER					

Impactos por falla mostrados de forma simple

❹



Se revela rotura de diente solar

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Ejemplo de casos de estudio usando la tecnología Shock Finder Index en la industria eólica

SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem

Caso de estudio de turbina eólica usando Shock Finder Index en ejes de baja velocidad de reductor

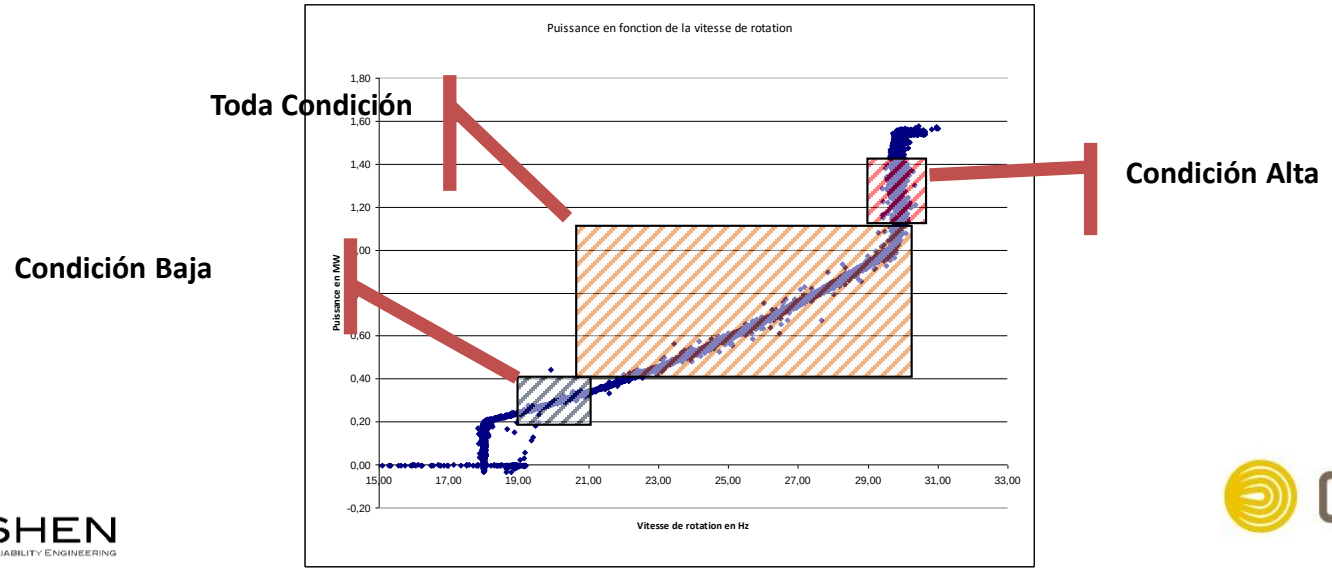
SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem

1. Configuración / Cinemática de la turbina eólica

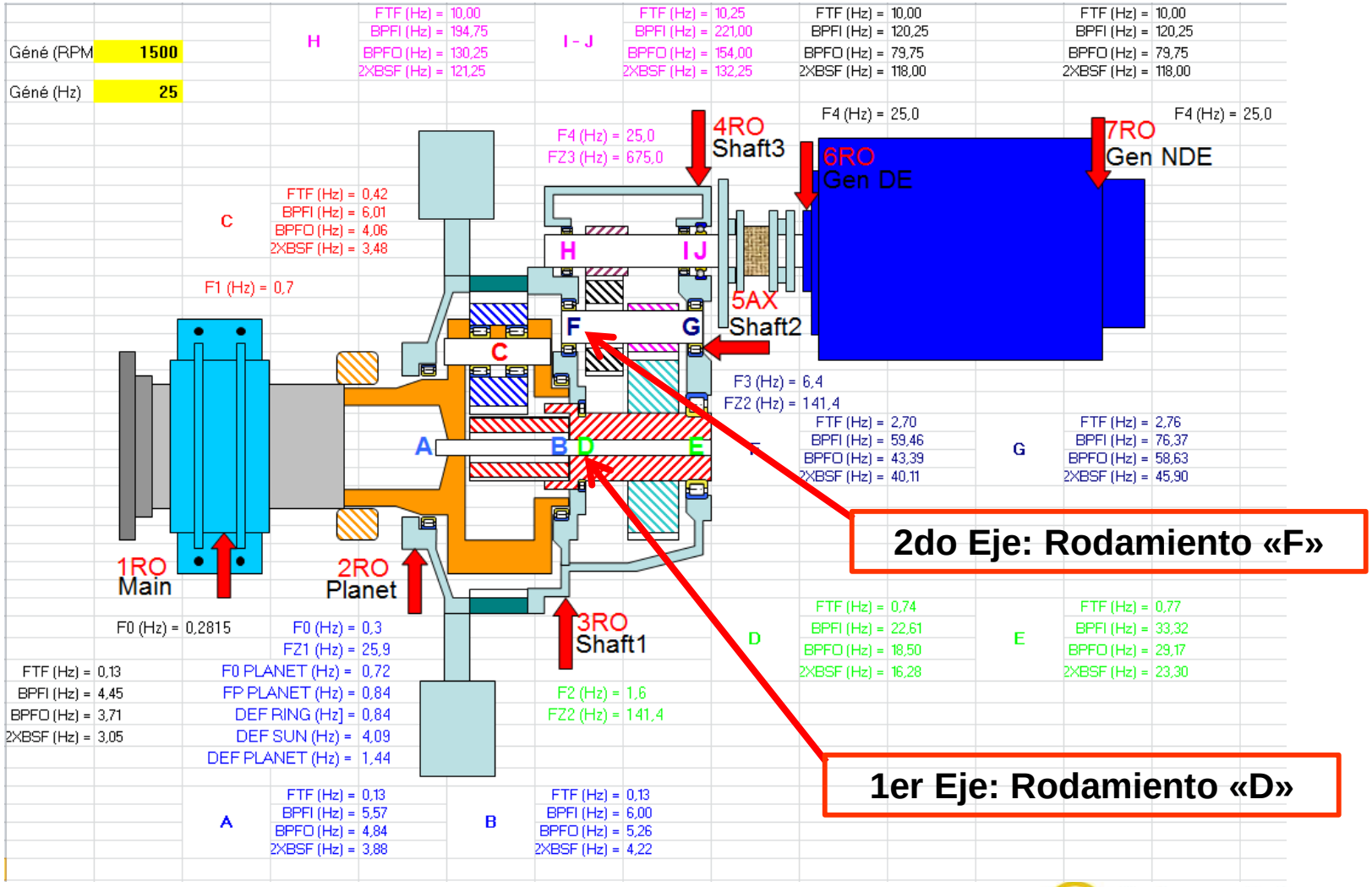
- El caso de estudio involucra una turbina eólica de 1,5 MW
- Configuración basada en la metodología ACOEM/SHEN-RE:
  - Para que sean comparables, las mediciones han sido tomadas en 3 diferentes condiciones operacionales:
    - Condición «Baja» (alrededor de un 30% de la potencia nominal)
    - Condición «Alta» (cerca del 80% de la potencia nominal)
    - «Toda» condición (entre 30 y 80% de la potencia nominal)
  - El SFI se fija en «Toda» condición para detectar impactos anormales



SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

1. Configuración / Cinemática de la turbina eólica



SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

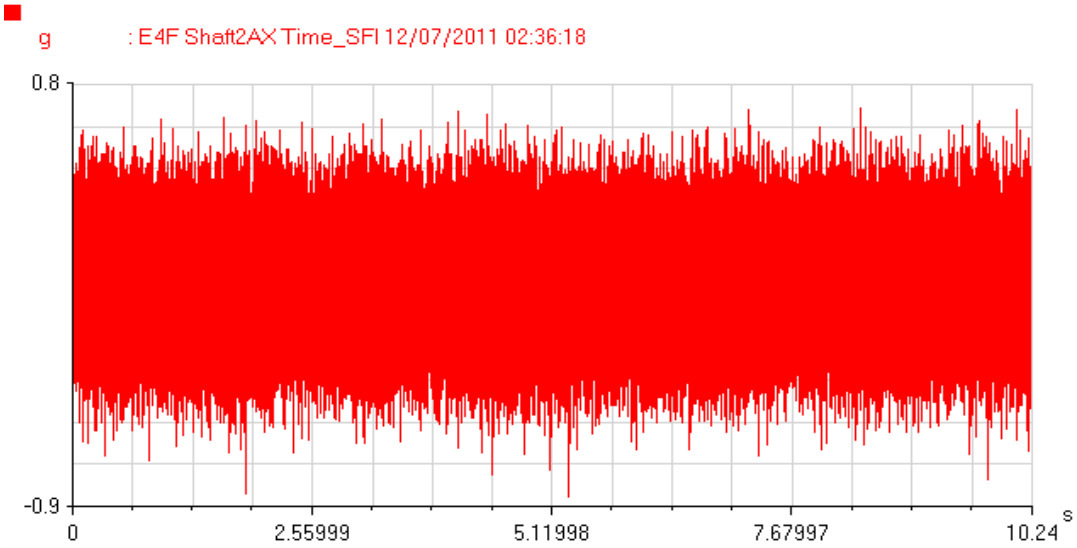
2. Mediciones en Julio 2011- Punto # Eje 2 Ax

- Valores Globales:
  - Amplitudes escalares son bajas
  - ¡Solo SFI arroja alarma!
- Señales en bruto:
  - Nos enfocamos en el punto de medición en alarma
  - SFI nos entrega el número esperado de impactos: ¡en este caso 96 impactos!

Operating Parameters	Vit Rot	Power	Vent		
	24.6	0.517	8.06		

Filter ◉ All ○ Others ☑ Hard ☑ Soft ☑ I

PSS	Main	Planet	Shaft1	Shaft2AX	Shaft3
OVL ACC	0.015	0.160	0.167	0.194	0.363
OVL VEL	0.351	1.07	0.703	1.02	1.45
En-LF					
En-MF					
En-HF					
FZ					
F0					
Kurtosis					
Shock Finder					

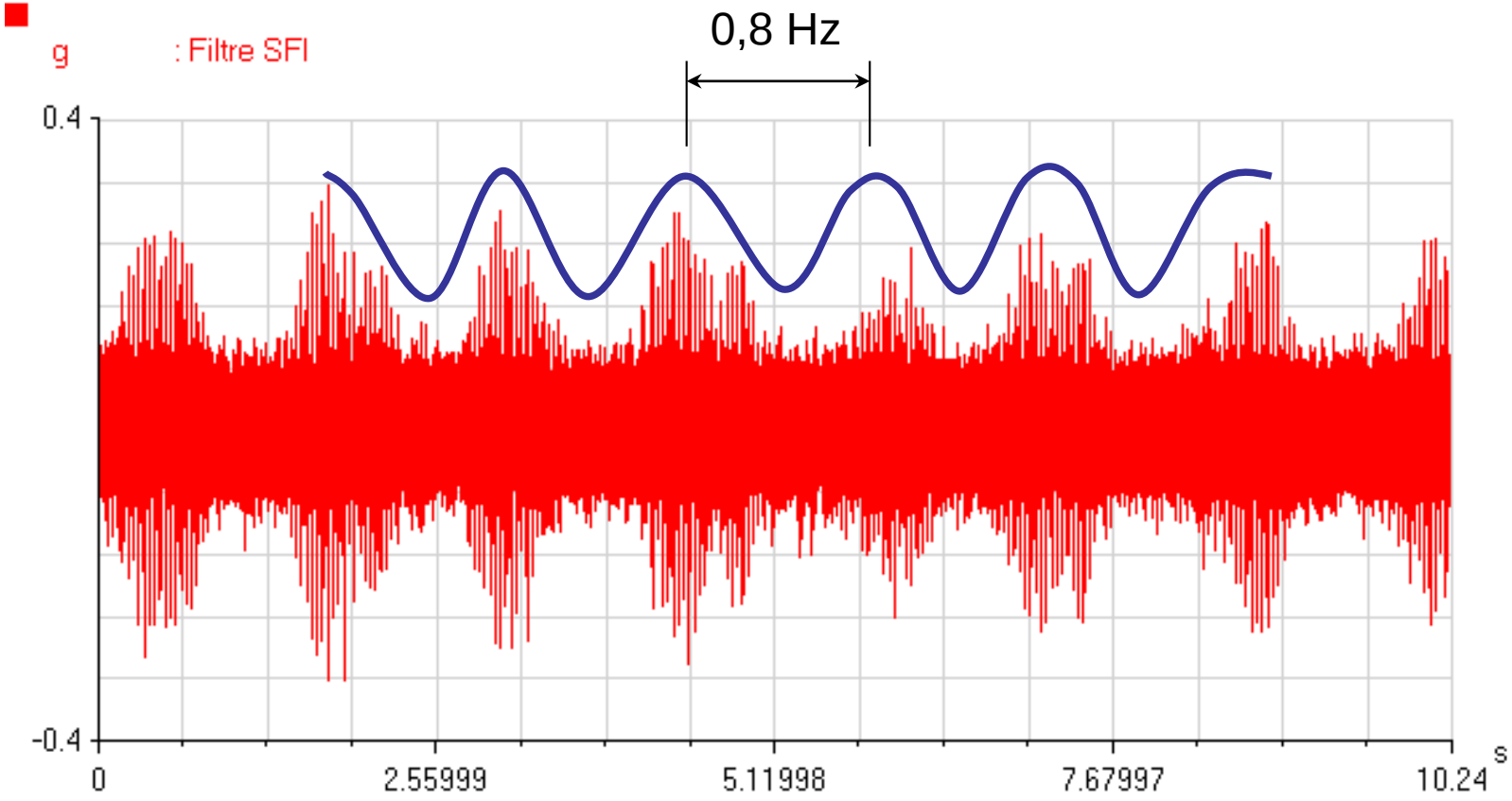


¡Se debe filtrar la forma de onda en bruto para ver los impactos!

SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

2. Mediciones en Julio 2011- Punto # Eje 2 Ax

- **Forma de onda filtrada por Shock Finder:**



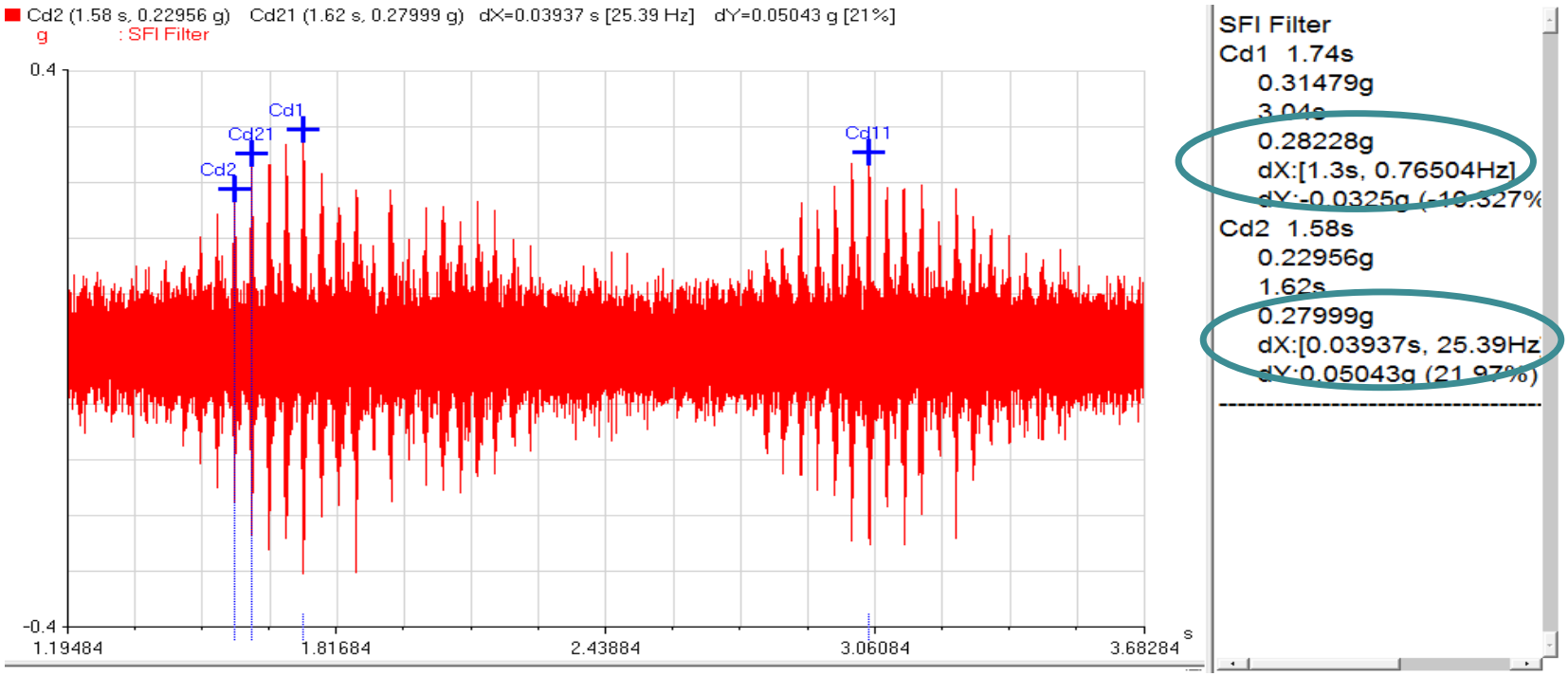
Usando el Filtro Automático SFI, aparece un impacto periódico modulado a 0,8 Hz…

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

2. Mediciones en Julio 2011- Punto # Eje 2 Ax

- **Zoom de la forma de onda filtrada por Shock Finder:**



Un impacto periódico a 25 Hz modulado a los 0,8 Hz es identificado.

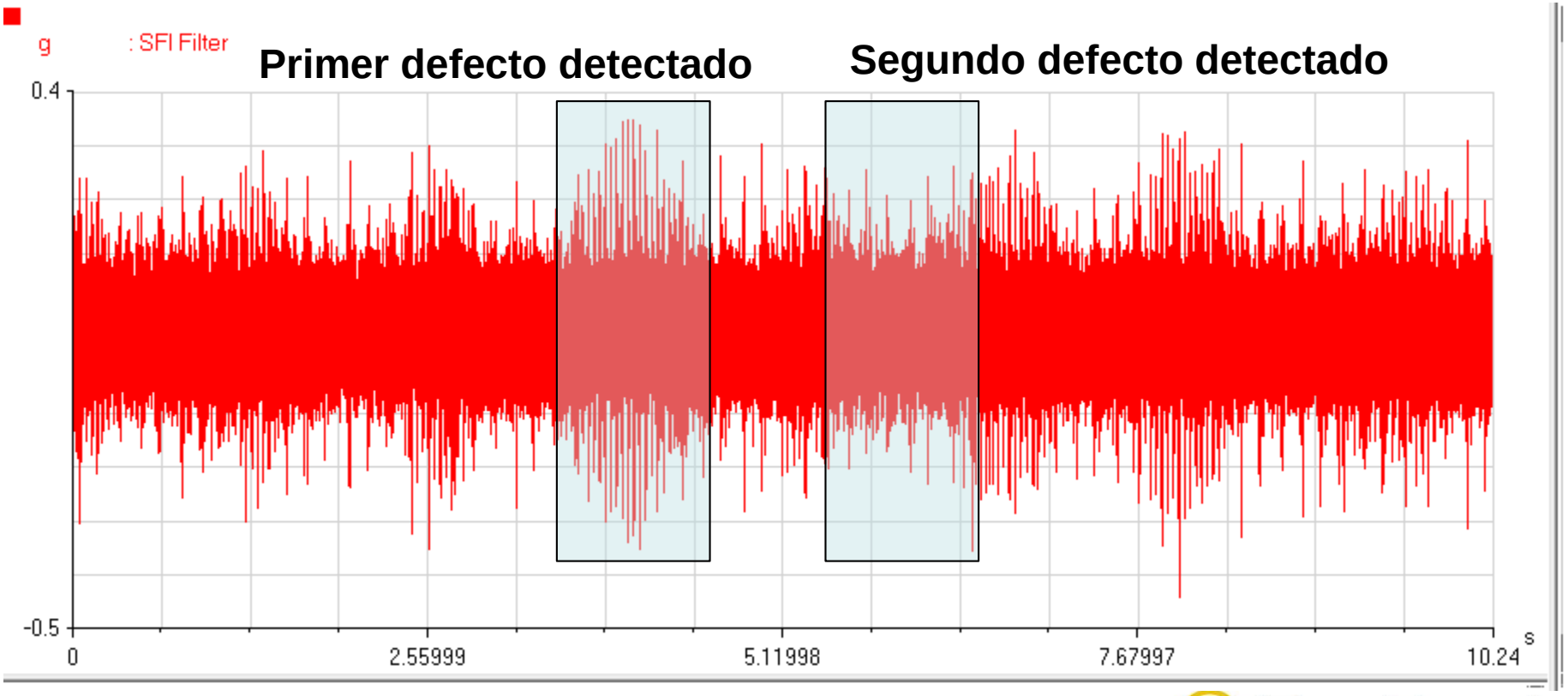
<u>Diagnóstico</u> → **Grietas en el anillo interno** del rodamiento «D» (1er Eje) moduladas a la frecuencia de rotación del canastillo.

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

… y 6 meses después…

- Al analizar las formas de onda con el Filtro SFI, se detecta un nuevo defecto…
- Onda de tiempo filtrada sobre el punto # Shaft 2 Ax:

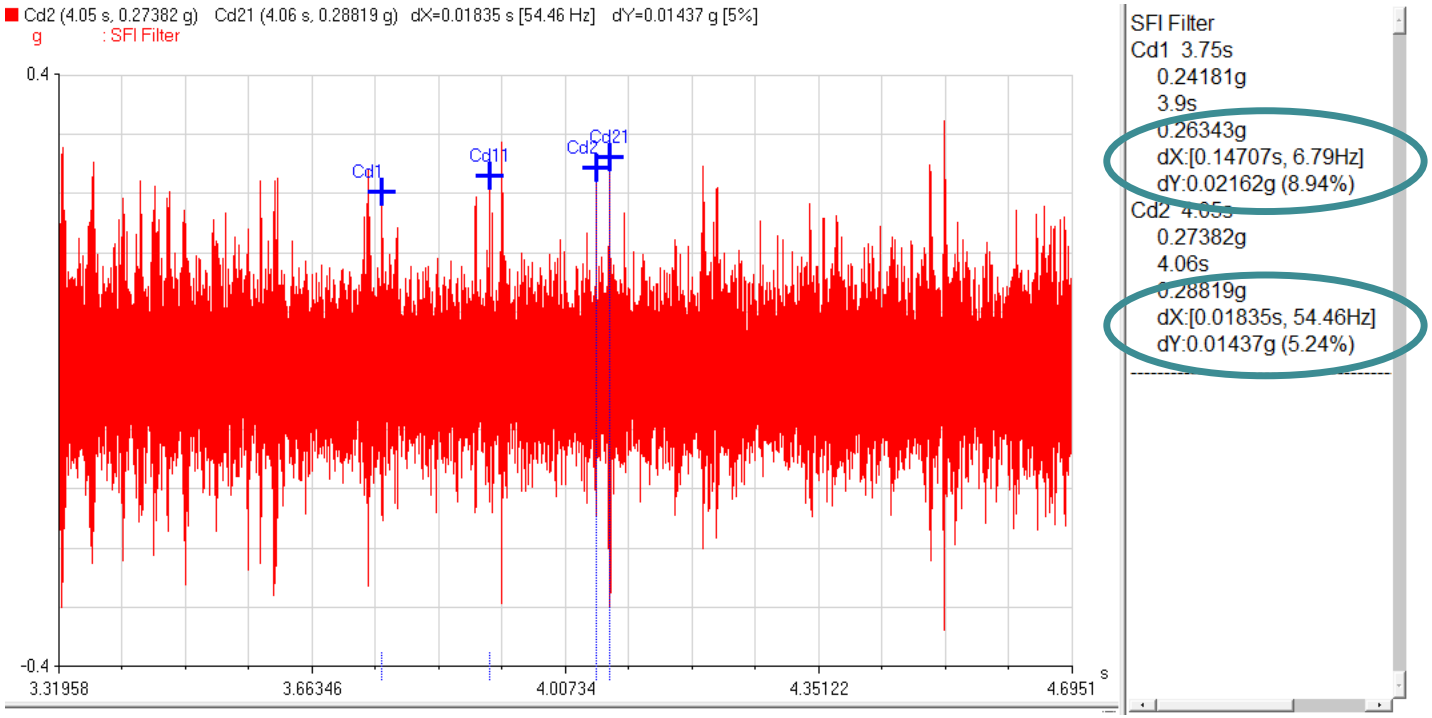


SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

… y 6 meses después…

- Zoom de la forma de onda filtrada: Segundo defecto



Un impacto periódico a 55 Hz modulado a 7 Hz se identifica.
Diagnóstico: → **Grietas en el anillo externo** del rodamiento «F» (2do Eje) moduladas a la frecuencia de rotación del 2do Eje.

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Caso de estudio de turbina eólica usando Shock Finder Index Rodamiento Principal RP#1

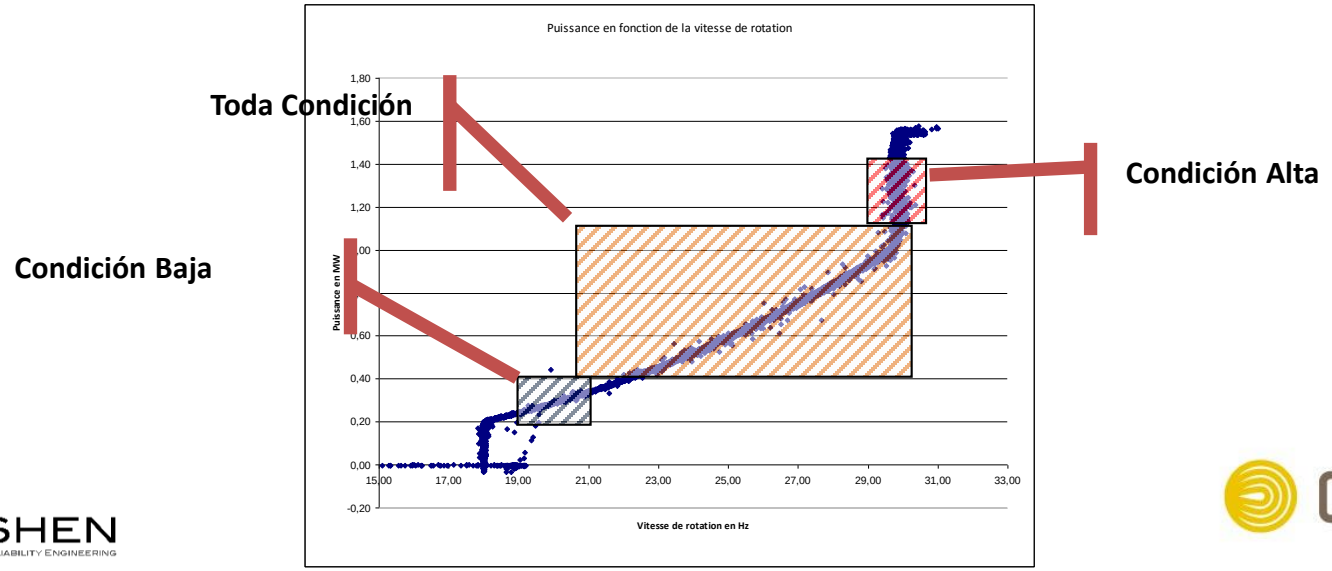
SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem

1. Configuración / Cinemática de la turbina eólica

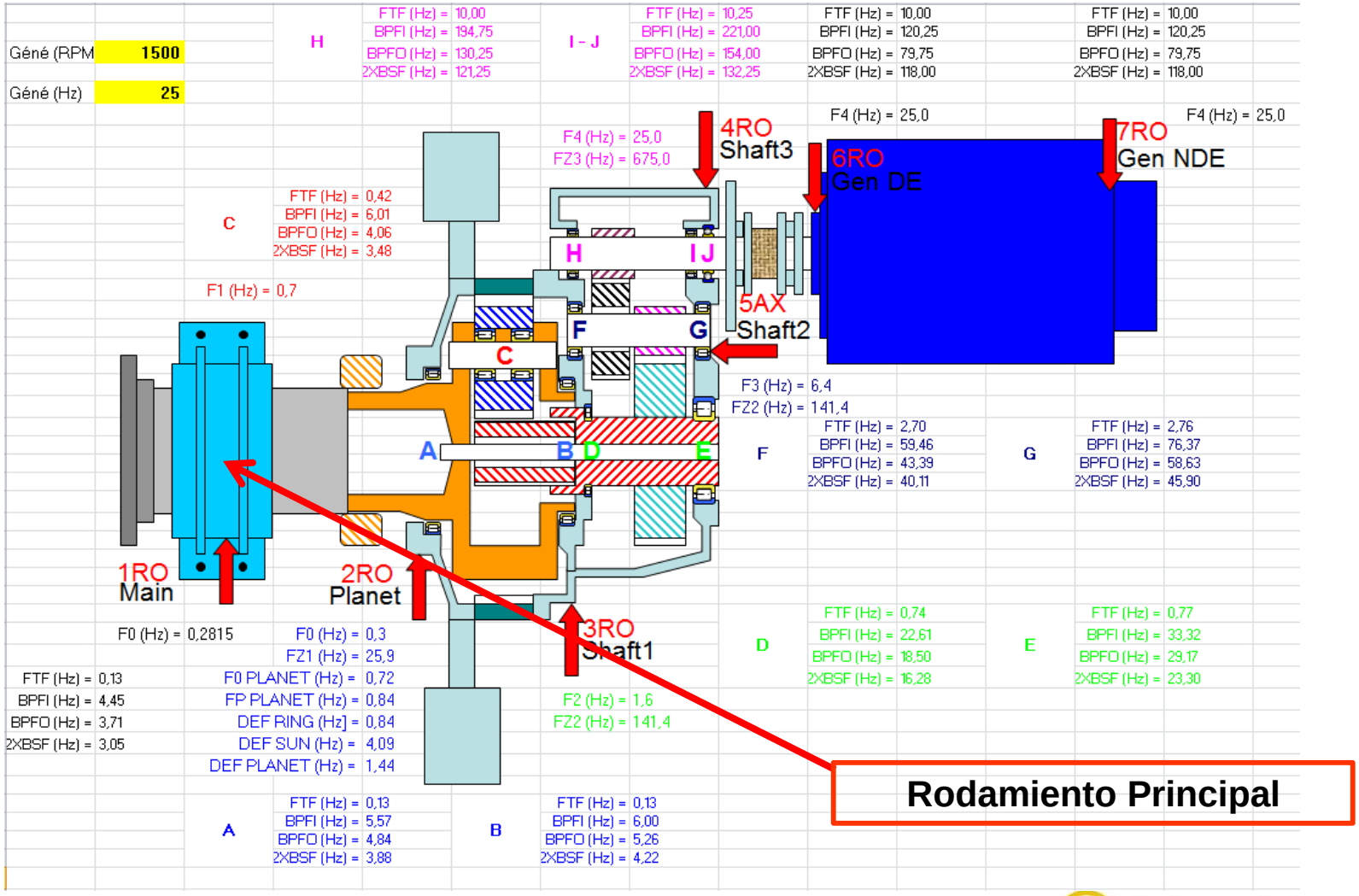
- El caso de estudio involucra una turbina eólica de 1,5 MW
- Configuración basada en la metodología ACOEM/SHEN-RE:
  - Para que sean comparables, las mediciones han sido tomadas en 3 diferentes condiciones operacionales:
    - Condición «Baja» (alrededor de un 30% de la potencia nominal)
    - Condición «Alta» (cerca del 80% de la potencia nominal)
    - «Toda» condición (entre 30 y 80% de la potencia nominal)
  - El SFI se fija en «Toda» condición para detectar impactos anormales



SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

1. Configuración / Cinemática de la turbina eólica



SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

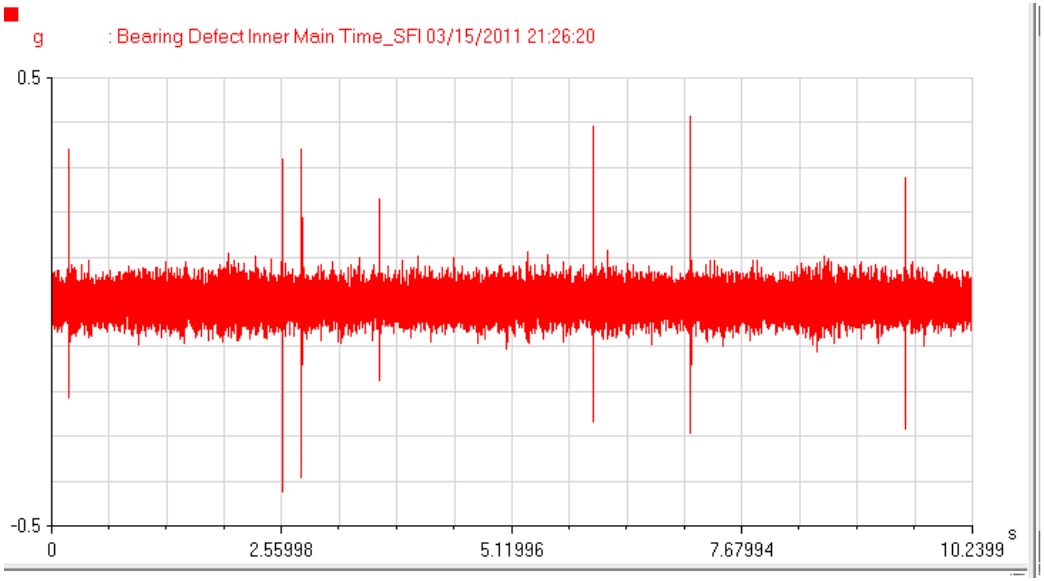
2. Mediciones en Marzo 2011- Punto # Principal

- Valores Globales:
  - Amplitudes escalares son bajas
  - ¡Solo SFI arroja alarma!
- Señales en bruto:
  - Nos enfocamos en el punto de medición en alarma
  - SFI nos entrega el número esperado de impactos: ¡en este caso 22 impactos!

Operating Parameters	Vit Rot	Power	Vent				
	26.2	0.656	8.44				

Filter ◉ All ○ Others ☑ Hard ☑ Soft ☑ Inhibited ☑ Not n

PSS	Main	Planet	Shaft1	Shaft2AX	Shaft3	GEN_DE	GEN NDE
OVL ACC	0.028	0.386	0.574	0.525	0.757	0.302	0.597
OVL VEL	0.204	0.507	0.448	0.482	0.550	3.97	2.25
En-LF							
En-MF							
En-HF							
FZ							
F0							
Kurtosis							
Shock Finder							

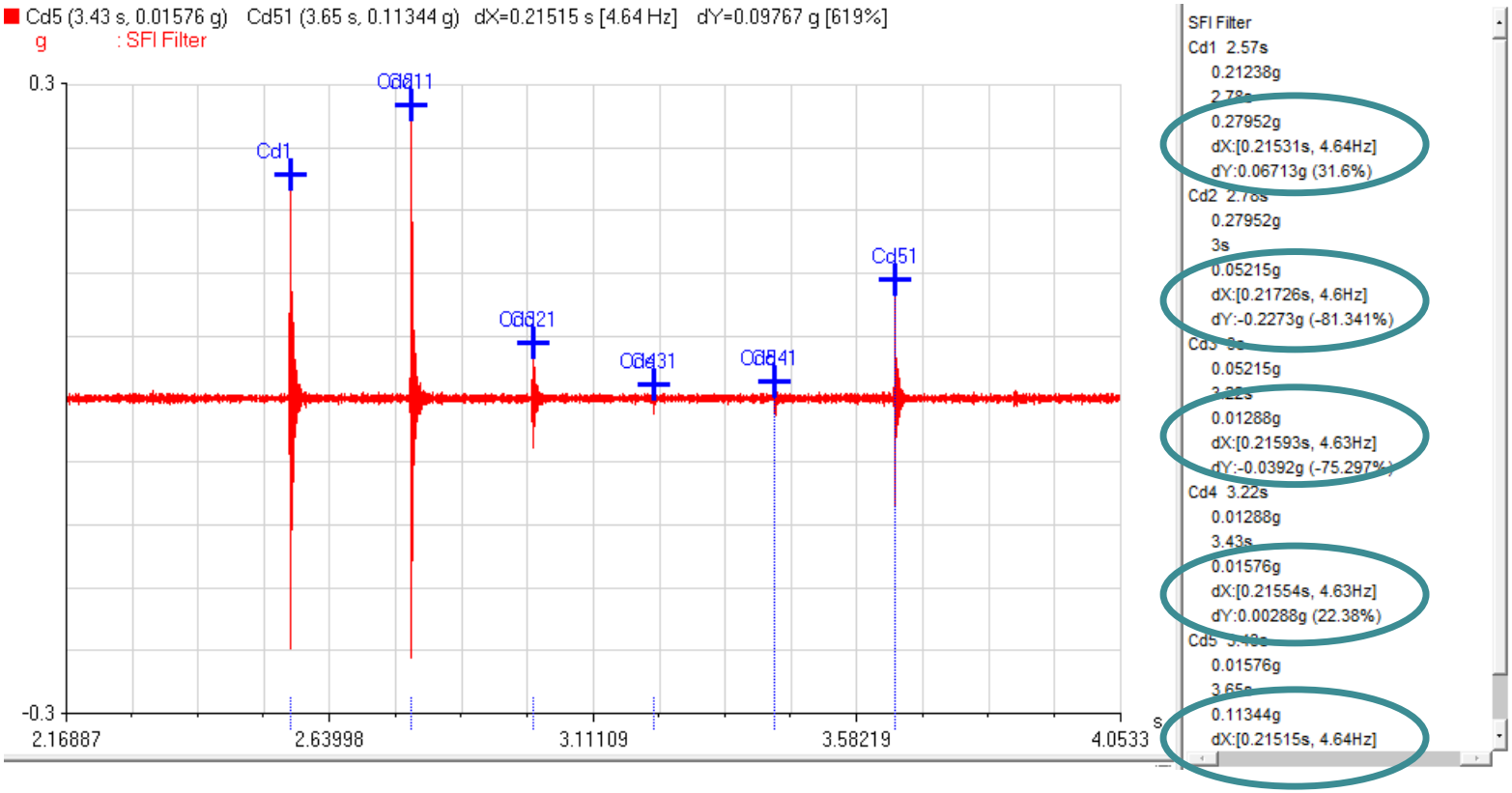


¡Se debe filtrar la forma de onda en bruto para poder identificar la periodicidad de los impactos!

SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

2. Mediciones en Marzo 2011- Punto # Principal

- **Zoom de la forma de onda filtrada por Shock Finder:**



Usando el Filtro Automático SFI, aparece un impacto periódico a 4,6 Hz…

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

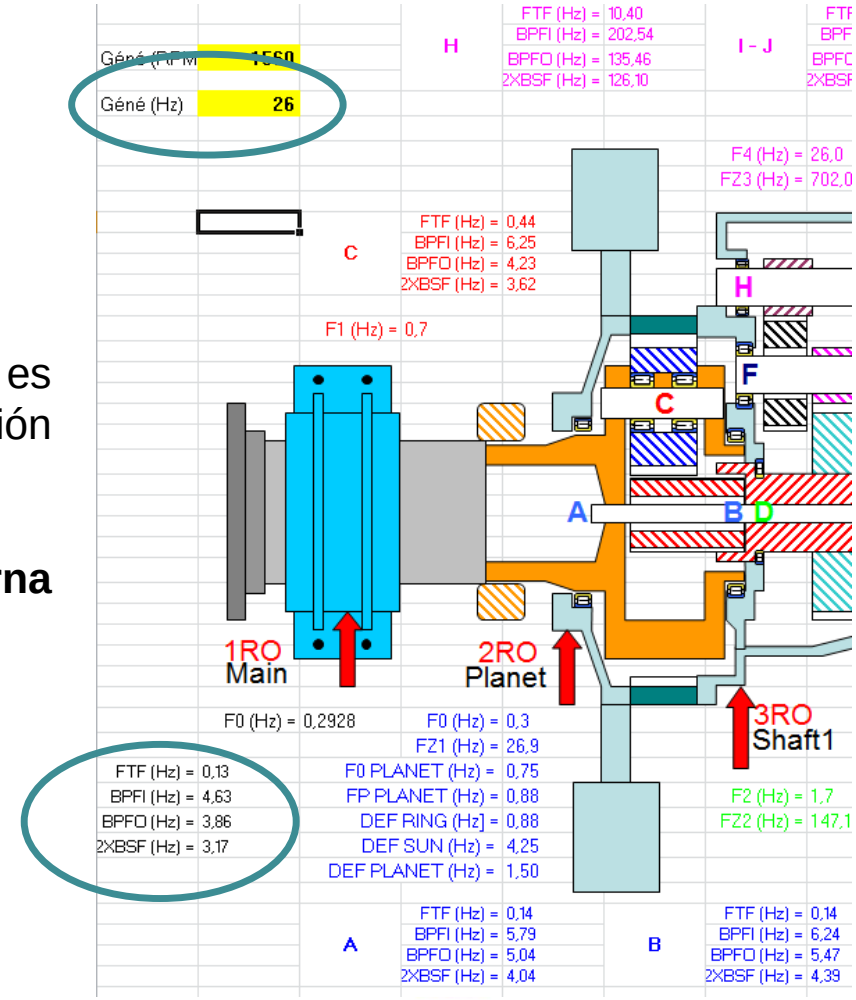
OneProd

2. Mediciones en Marzo 2011- Punto # Principal

- **Zoom de la forma de onda filtrada por Shock Finder:**

Un impacto periódico a 4,6 Hz es identificado para una velocidad de rotación del generador de 26 Hz

<u>Diagnóstico</u> → **Grietas en la pista interna** del Rodamiento Principal

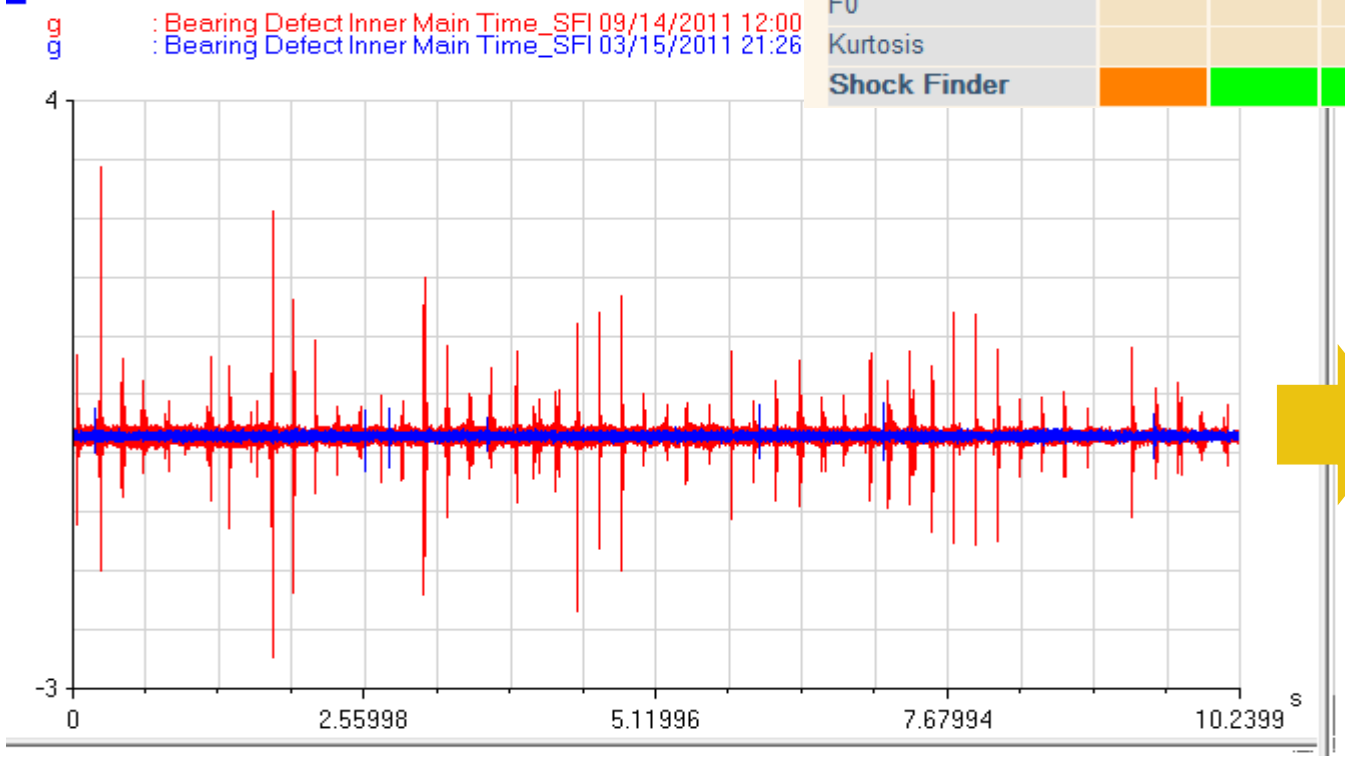


SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

… y 6 meses después…

- ¡El número de impactos es 100!
- Los valores globales son bajos
- Los impactos periódicos pueden verse en la forma de onda

Operating Parameters	Vit Rot	Power	Vent				
	29.7	0.996	9.14				
Filter ◉ All	○ Others	☑ Hard	☑ Soft	☑ Inhibited	☑ Not n		
PSS	Main	Planet	Shaft1	Shaft2AX	Shaft3	GEN_DE	GEN NDE
OVL ACC	0.082	0.426	0.554	0.796	1.14	0.388	0.738
OVL VEL	0.390	0.473	0.448	0.527	0.656	2.84	2.62
En-LF							
En-MF							
En-HF							
FZ							
F0							
Kurtosis							
Shock Finder							



Comparación entre ambas señales:
- Azul en Marzo
- Rojo en Septiembre

OneProd

Comparación después del reemplazo del RP

- Tras cambiar el rodamiento, **no hay más impactos**
- El SFI está en verde

Operating Parameters	Vit Rot	Power	Vent
	29.7	0.996	9.14

Filter ◉ All ○ Others ☑ Hard ☑ Soft ☑ Inhibited ☑ Not n

PSS	Main	Planet	Shaft1	Shaft2AX	Shaft3	GEN_DE	GEN NDE
OVL ACC	0.082	0.426	0.554	0.796	1.14	0.388	0.738
OVL VEL	0.390	0.473	0.448	0.527	0.656	2.84	2.62
En-LF							
En-MF							
En-HF							
FZ							
F0							
Kurtosis							
Shock Finder							

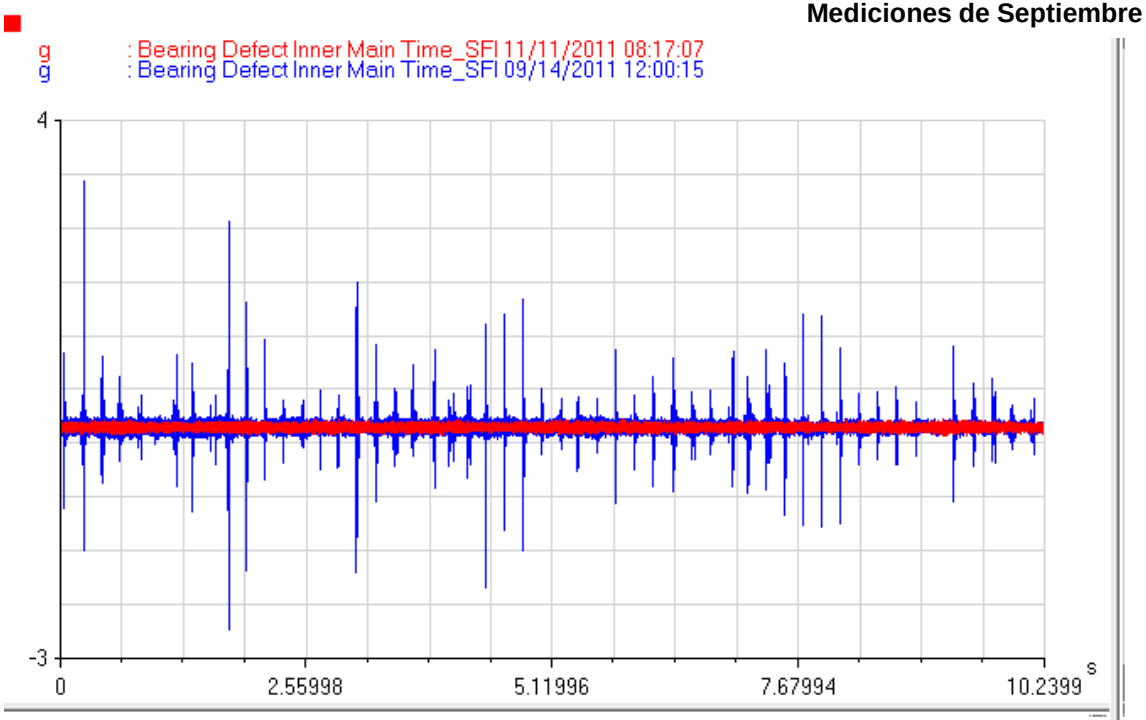
Mediciones de Septiembre

Operating Parameters	Vit Rot	Power	Vent
	26.6	0.714	8.45

Filter ◉ All ○ Others ☑ Hard ☑ Soft

PSS	Main	Planet	Shaft1	Shaft2A
OVL ACC	0.033	0.339	0.420	0.46
OVL VEL	0.251	0.469	0.471	0.54
En-LF				
En-MF				
En-HF				
FZ				
F0				
Kurtosis				
Shock Finder				

Mediciones de Noviembre



OneProd

Conclusión

- Con el uso de SFI, se pueden detectar fallas en una etapa temprana, incluso en ejes de baja velocidad (más de 6 meses…)
- El análisis de datos es más fácil porque solo se enfoca en el punto de medición donde aparece el defecto
- Hay tiempo para planificar el reemplazo del rodamiento, previniendo mayores daños

SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Caso de estudio Turbina Eólica
Rodamiento Principal

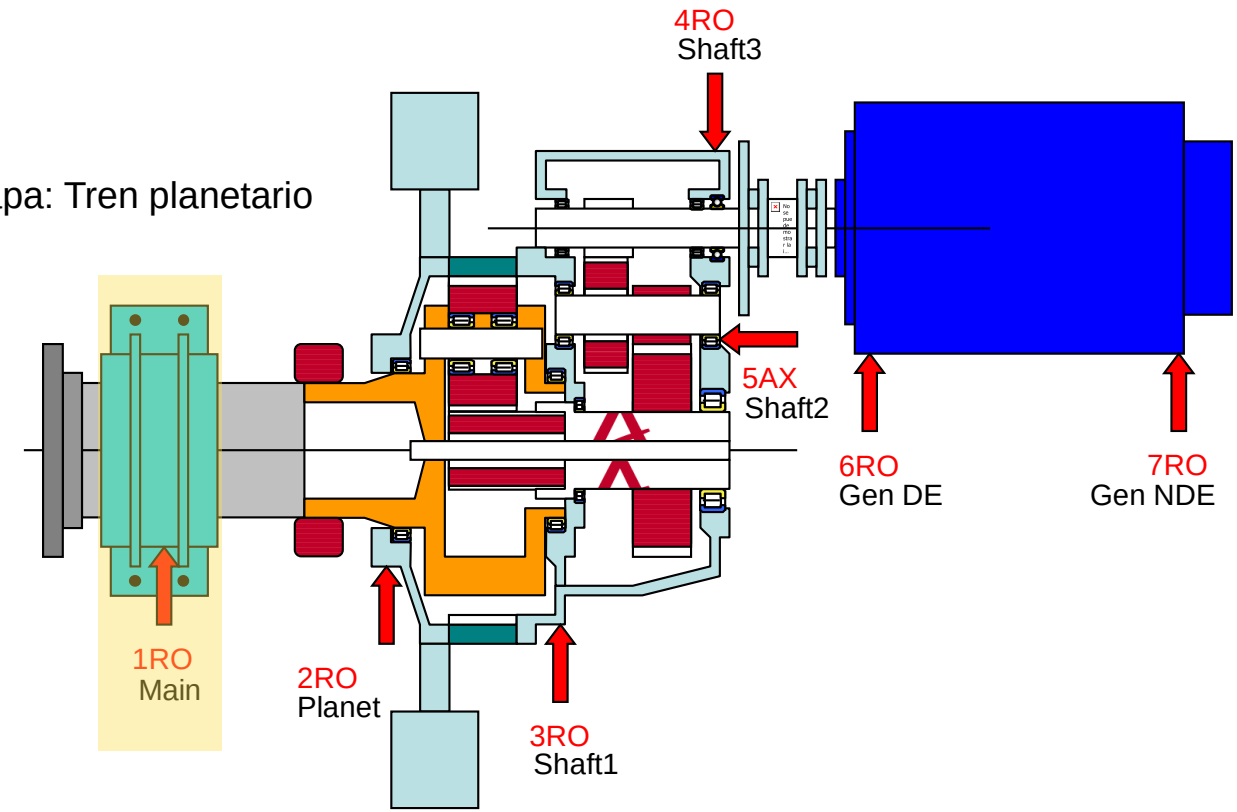
SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem

Detección de picaduras en el Rodamiento Principal

- Vista General

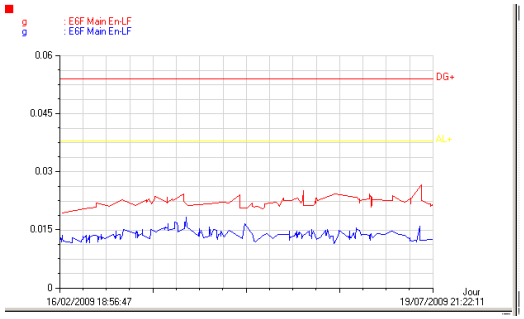


SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

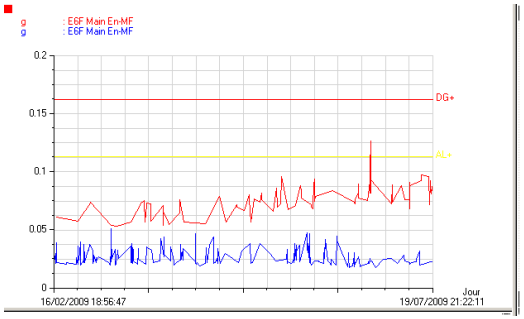
OneProd

Detección de picaduras en el Rodamiento Principal

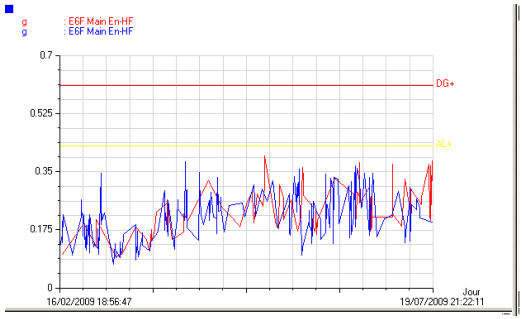
- Análisis de las mediciones
  - Niveles generales
    - Comparación de la tendencia global en las mismas condiciones operacionales en «baja» (azul) y «alta» potencia (rojo)



Energía en baja frecuencia [2;200] en g rms



Energía en frecuencia media [200;2k] en g rms



Energía en alta frecuencia [2k;20k] en g rms

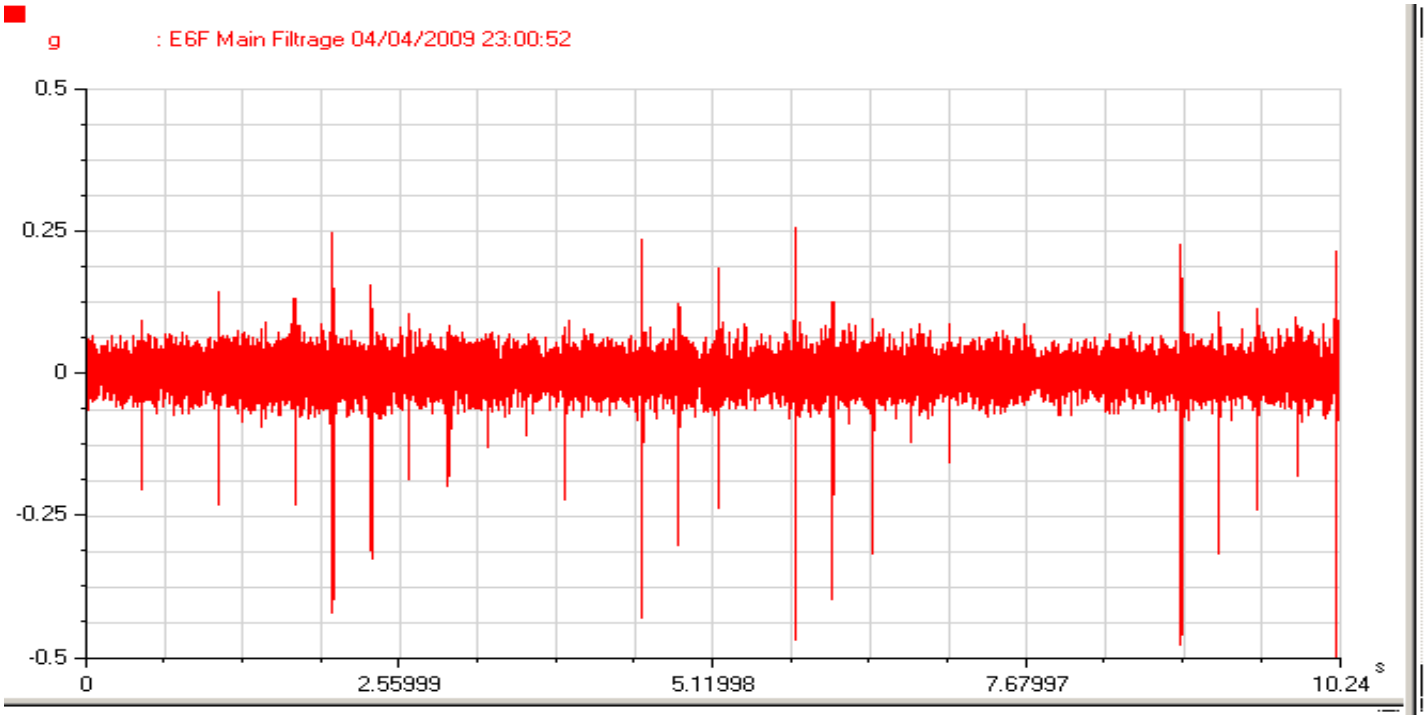
Las desviaciones son bajas, muy difíciles de detectar

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Detección de picaduras en el Rodamiento Principal

- Análisis de las mediciones
  - Forma de onda – SFI (condición «baja»)
    - El **SFI automáticamente** detecta fenómenos de impacto en el rodamiento principal gracias a su filtro automático y adaptativo.

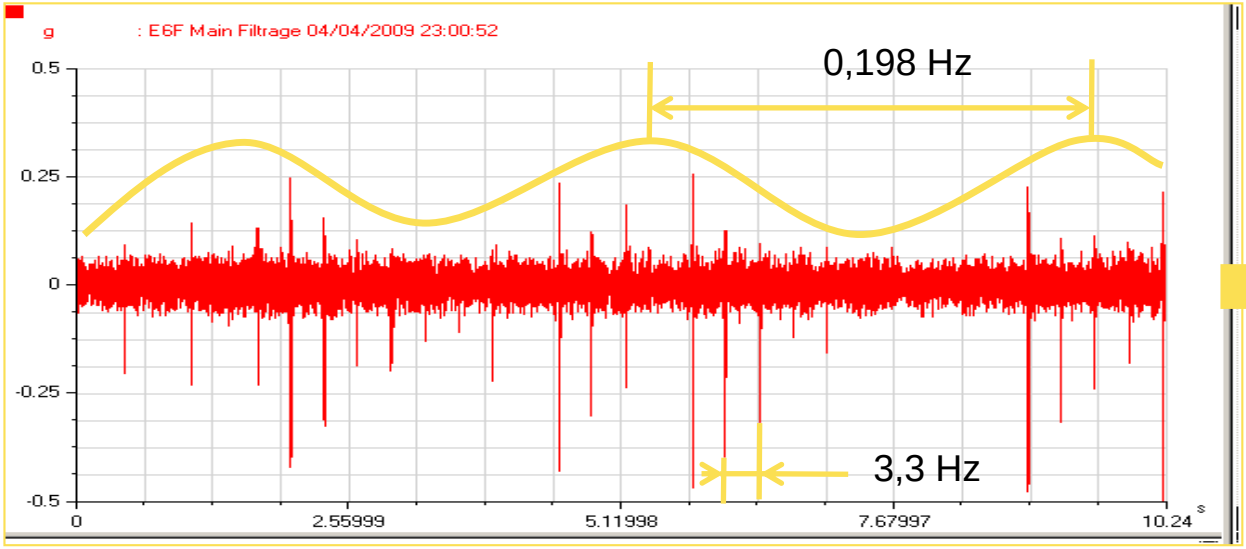


SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Detección de picaduras en el Rodamiento Principal

- Análisis de las mediciones
  - Se encuentra:
    - Un impacto periódico a 3,3 Hz
    - Modulado a la frecuencia de rotación (0,198 Hz)
  - La periodicidad del impacto corresponde a las frecuencias de defecto en la pista externa (3,3Hz = 15,26 x 0,198Hz)

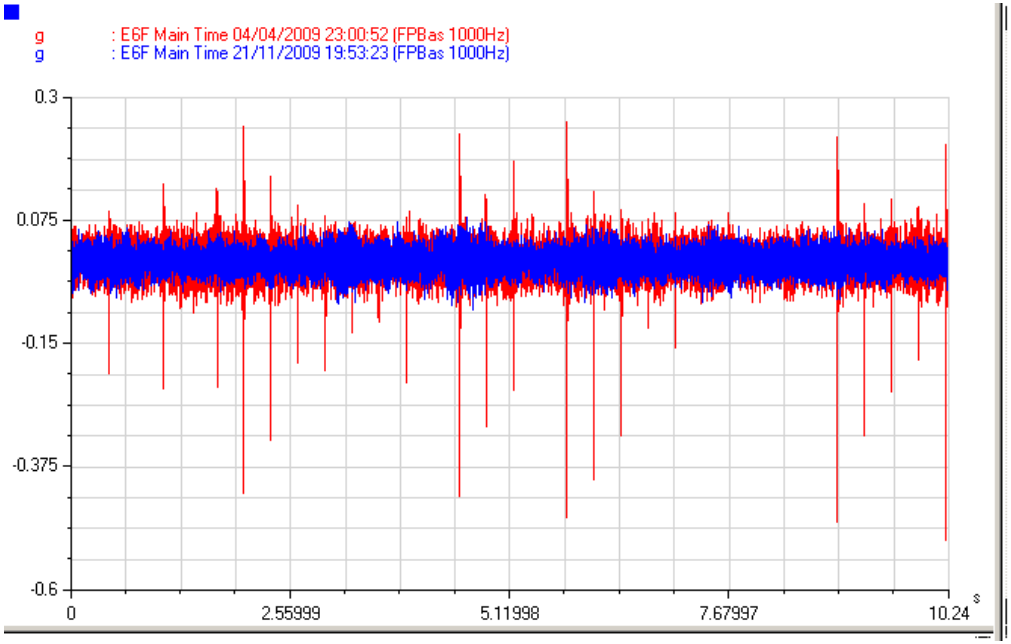


SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Detección de picaduras en el Rodamiento Principal

- Comparación después del cambio
  - Forma de onda
    - Análisis de la señal filtrada por SFI



Forma de onda filtrada por SFI

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Caso de estudio Turbina Eólica Rueda Solar

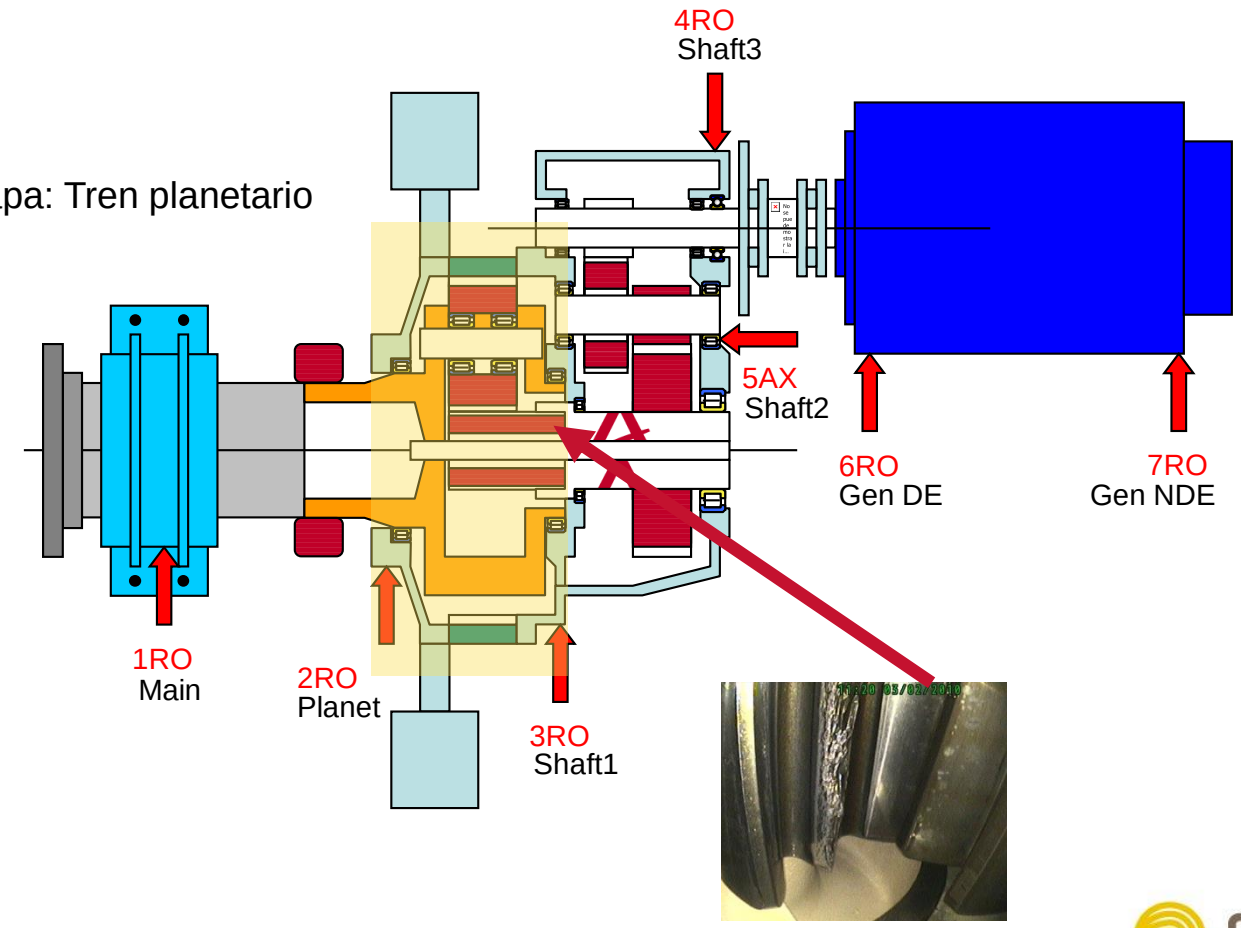
SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem

Detección de un diente roto en la rueda solar

- Vista General

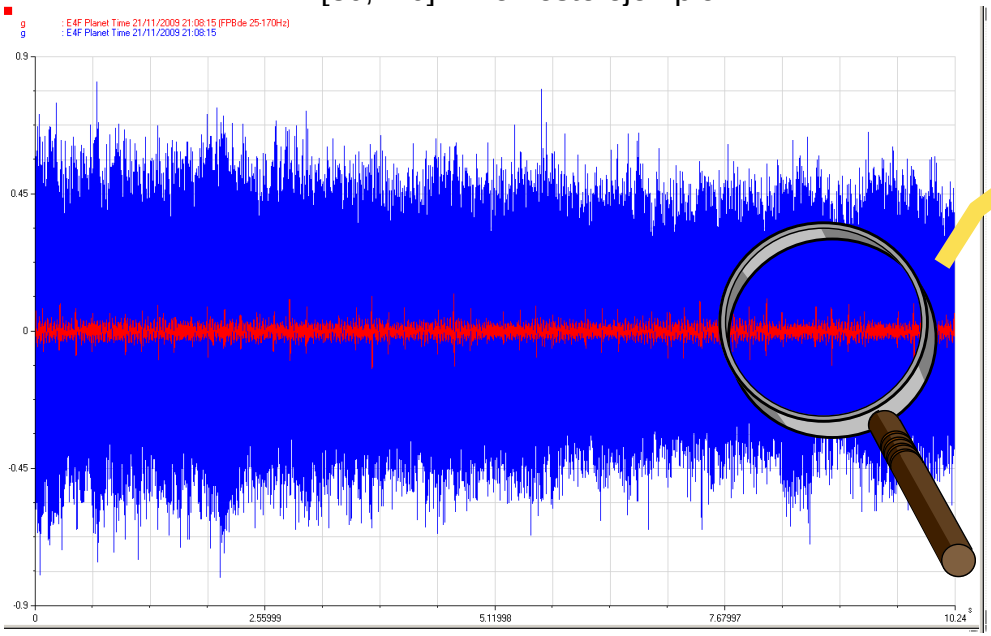


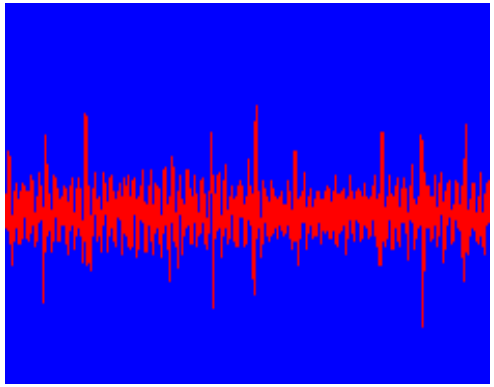
SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Detección de un diente roto en la rueda solar

- Análisis de las mediciones
  - Forma de onda - SFI
    - El análisis de la señal en bruto (sin filtros) en el dominio del tiempo no revela patrones anormales, pues las amplitudes de los impactos debidos al defecto de la rueda son muy bajas.
    - El **SFI automáticamente** detecta los impactos gracias a su filtro automático adaptativo, [30;170] Hz en este ejemplo.





Azul: Señal sin filtrar

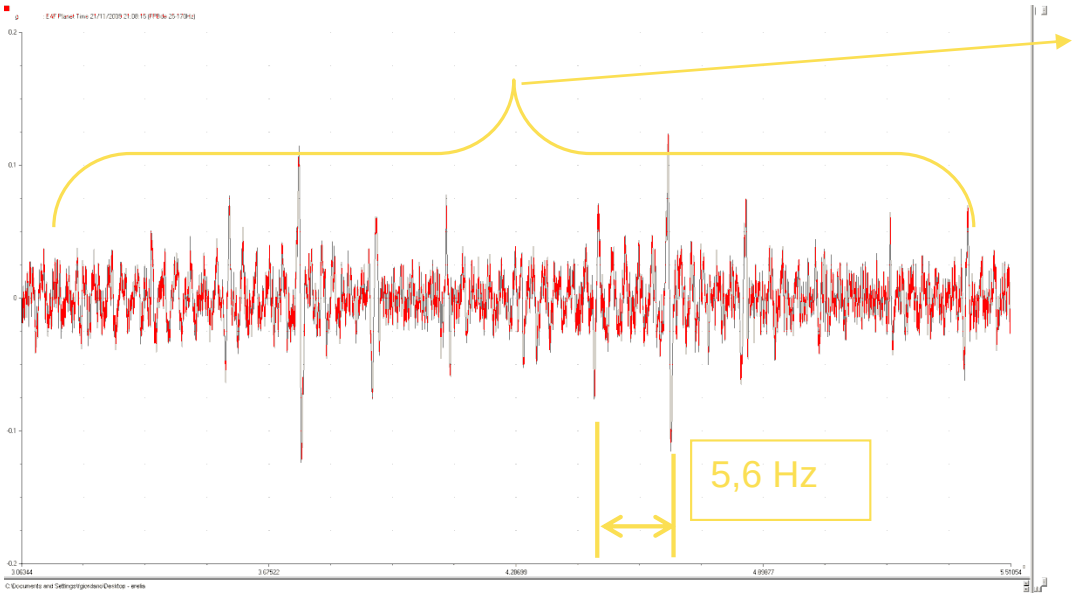
Rojo: Señal filtrada por SFI

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Detección de un diente roto en la rueda solar

- Análisis de las mediciones
  - Forma de onda - SFI
    - Análisis de la señal filtrada por medio del filtro SFI:
    - Una periodicidad correspondiente a 5,6 Hz, la frecuencia de defecto de la rueda solar es mostrada



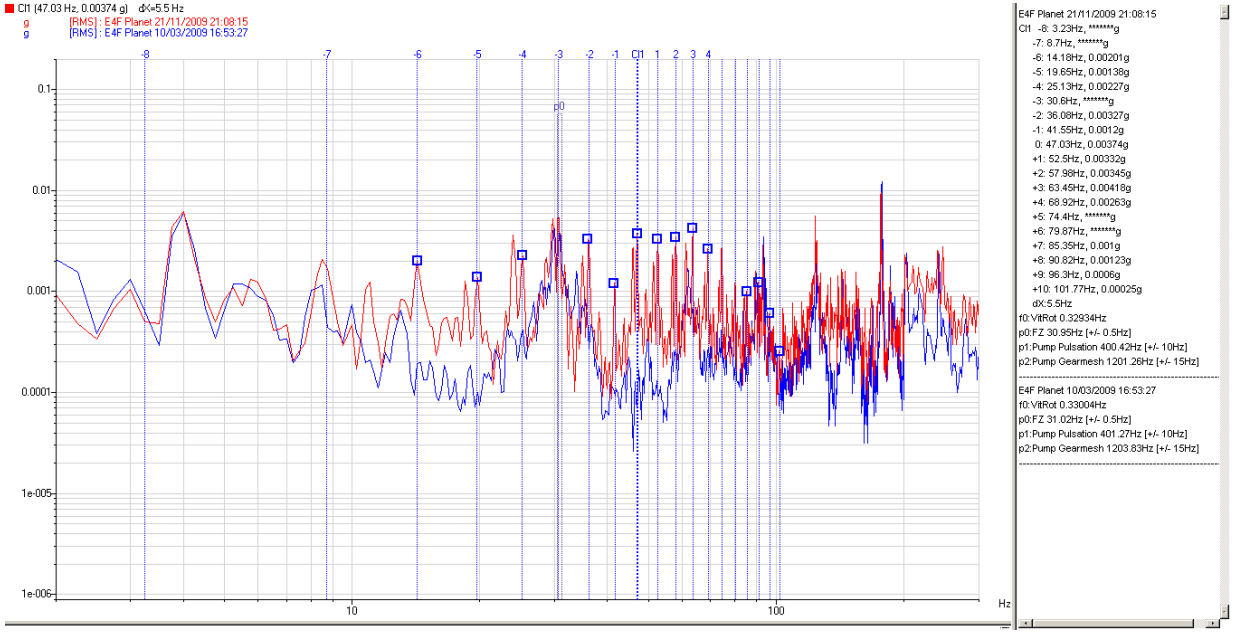
Forma de onda filtrada con SFI

SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Detección de un diente roto en la rueda solar

- Análisis de las mediciones
  - Espectros
    - El fenómeno de impacto es difícil de identificar en el espectro (amplitudes muy bajas)



Azul: Espectro de Marzo 2009

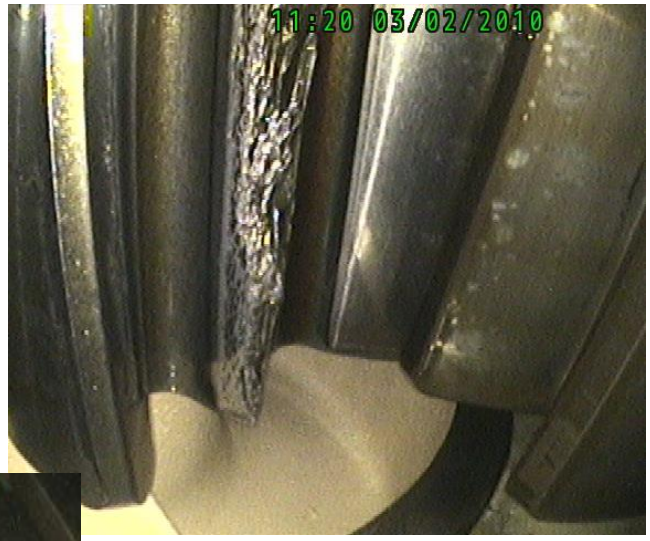
Rojo: Espectro de Noviembre 2009

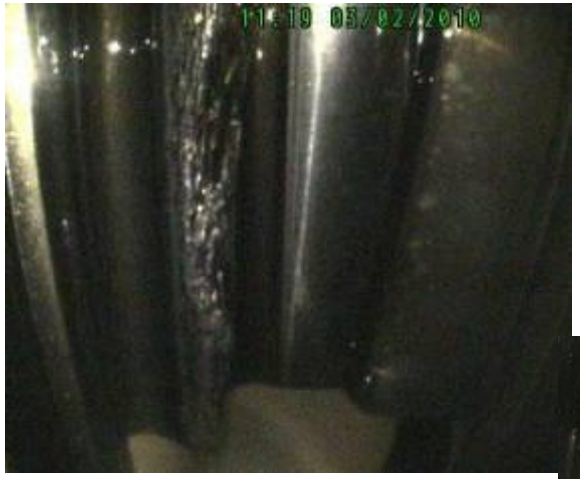
SHEN RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Detección de un diente roto en la rueda solar

- Fotos endoscópicas





SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

Gracias por su atención

www.shen-re.cl

www.oneprod-system.com

SHEN
RELIABILITY ENGINEERING

OneProd

A brand of acoem