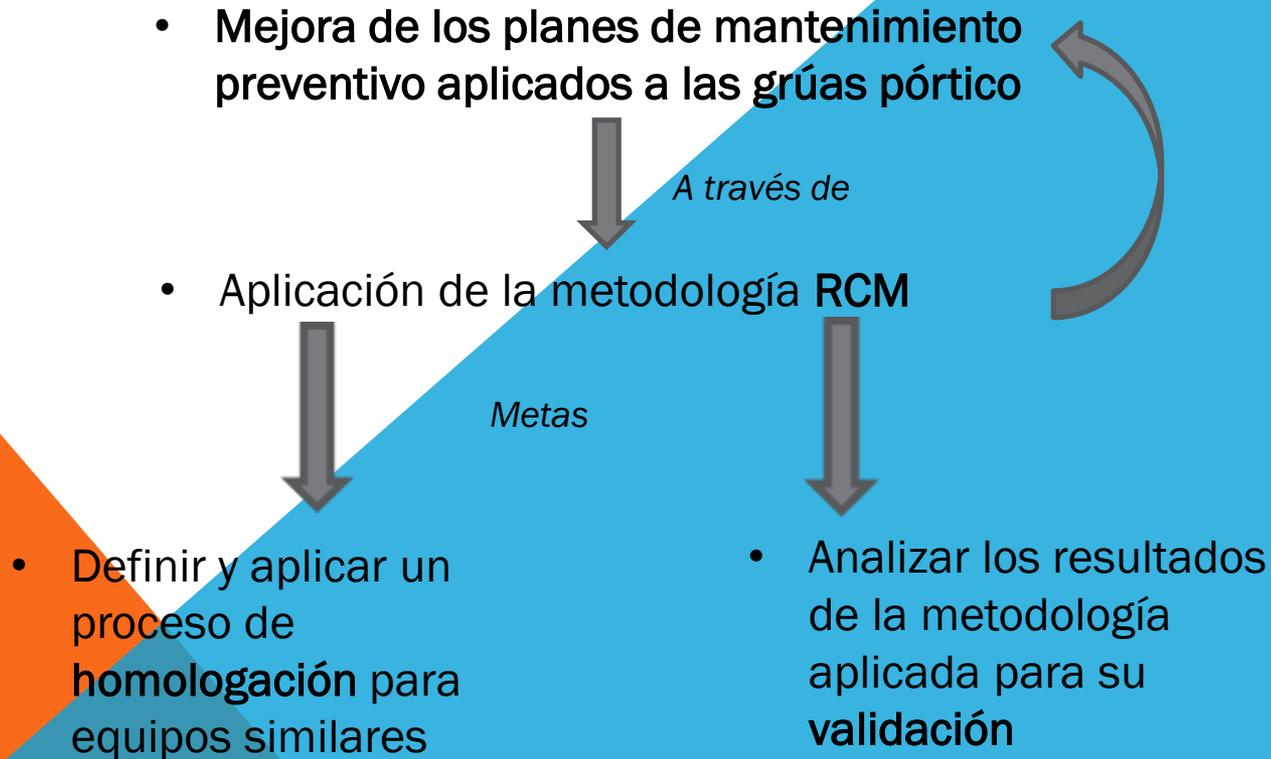




# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Objeto del proyecto





# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Descripción del equipo



La grúa es de pluma articulada, compuesta por doble pluma de compresión y tracción con pescante.

Año de construcción 1970/76

Principales características:

Radio máximo	32 m
Radio mínimo	10 m
Carga máxima al radio de 32 m	12 Tm
Carga máxima al radio mínimo de 10 m	25 Tm
Carga máxima en el gancho auxiliar	5 Tm
Recorrido total de los ganchos	35 m
Distancia entre ejes de carriles de rodadura	7 m
Distancia longitudinal entre apoyos del pórtico	8 m
Numero de ruedas de traslación	16
Numero de ruedas motrices	8



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO

La grúa pórtico la dividimos en dos bloques principales

**Infraestructura del equipo:**

- Pórtico
- Mecanismo de traslación



**Superestructura:**

- Columna bloque
- Bastidor de mecanismos
- Elementos basculantes





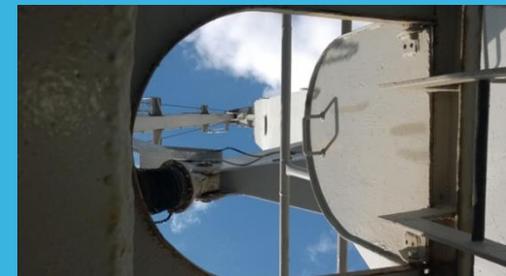
# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO

## Mecanismos incluidos en la caseta del bastidor

- Elevación principal y auxiliar
  - ✓ Motor
  - ✓ Reductor
  - ✓ Dos tambores de arrollamiento elevación principal y uno la auxiliar
  - ✓ Freno electrohidráulico
- Giro
  - ✓ Sistema de giro MAN
  - ✓ Motor vertical de brida
  - ✓ Freno hidráulico de pedal
- Variación de radio
  - Motor fijo, husillo y tuerca
  - Enlaces a la estructura mediante uniones cardan
  - Freno electrohidráulico



Freno electrohidráulico común a todos los mecanismos

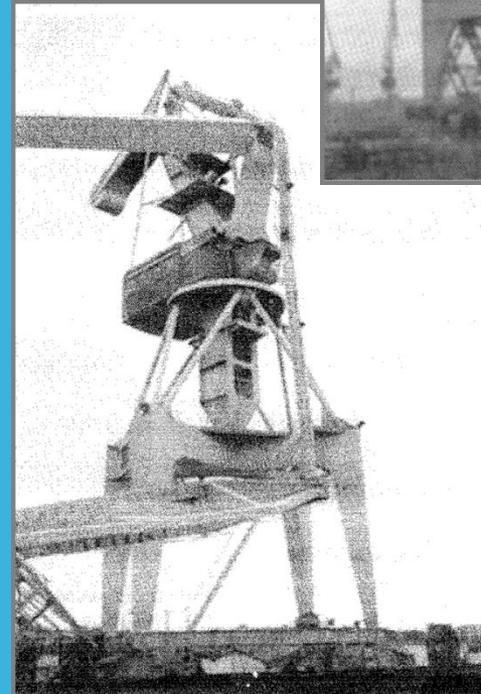
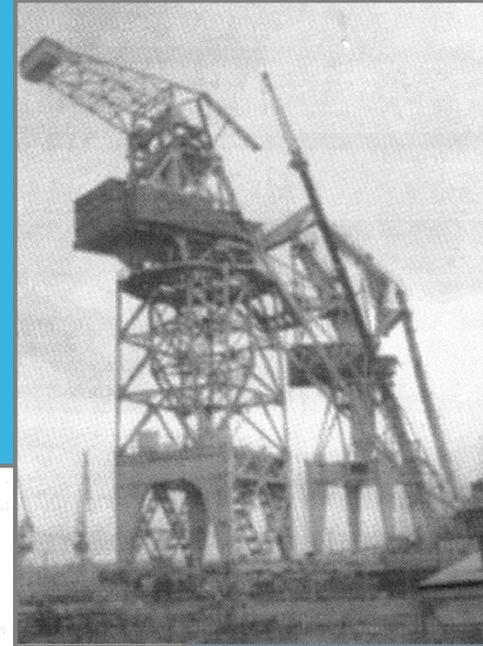




# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO

## Dispositivos de seguridad

- Límites superior e inferior de la posición del gancho.
- Limitador de momentos.  
Progresivo, sin escalonamientos permite elevar cargas entre 12 y 25 Tn. en razón inversa a los alcances comprendidos entre 10 y 32 metros
- Limitador de carga.  
Corta la corriente de elevación cuando se sobrepasan las 25 Tm entre los radios de 10 m y 18 m.
- Desconexión eléctrica del motor de giro al frenar límites de posición máximo y mínimo para radio.
- Limitadores para la posición de radio máximo y mínimo



Incidente en  
Ferrol año 2000



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



¿Qué mantenimiento tenemos?

## Mantenimiento preventivo

- Gestionada a través del GMAO Prisma3
- Periodicidad trimestral
- Actuaciones divididas por gremios
  - ✓ Preventivo eléctrico
  - ✓ Preventivo mecánico

Consecuencias



- 50 horas/año de media de preventivo
- Una intervención trimestral cada gremio.
  - ✓ Cuatro intervenciones mecánicas
  - ✓ Cuatro intervenciones eléctricas
- 8 días al año el equipo intervenido



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Mantenimiento correctivo

Gestionado a través del GMAO prisma3

- **Vía solicitud de trabajo**
  - ✓ Operador lanza una solicitud de orden de trabajo
  - ✓ El coordinador de mantenimiento valora la incidencia
  - ✓ La convierte en orden de trabajo
  - ✓ El aviso llega vía email a la industria auxiliar.
- **Vía urgencia**
  - ✓ Si existiese peligro para la integridad física de algún trabajador se activa un protocolo de emergencia que anula todo lo anterior y se da prioridad absoluta a la actuación.
- **Derivada de un preventivo**
  - ✓ Desde una actuación preventiva se detecta una anomalía.
  - ✓ el coordinador valora la anomalía
  - ✓ genera la orden de trabajo para su ejecución
  - ✓ el aviso llega vía telemática a la empresa encargada de su reparación



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Clases de trabajo

En mantenimiento todo lo que no sea preventivo no tiene porque ser correctivo

Se tienen definidas en el GMAO las siguientes clases de trabajo:

- PR: preventivo
- CP: correctivo con parada
- CS: correctivo sin parada
- MJ: mejora
- ML: mantenimiento legal
- AP: auxilio a la producción
- SG: seguridad

¿Qué ha ocurrido con el correctivo?



Periodo 2009 a 2012 se tienen los siguientes valores medios

- 3,5 intervenciones/año en el equipo
- 59,5 horas/año en correctivo
- 17 horas por intervención



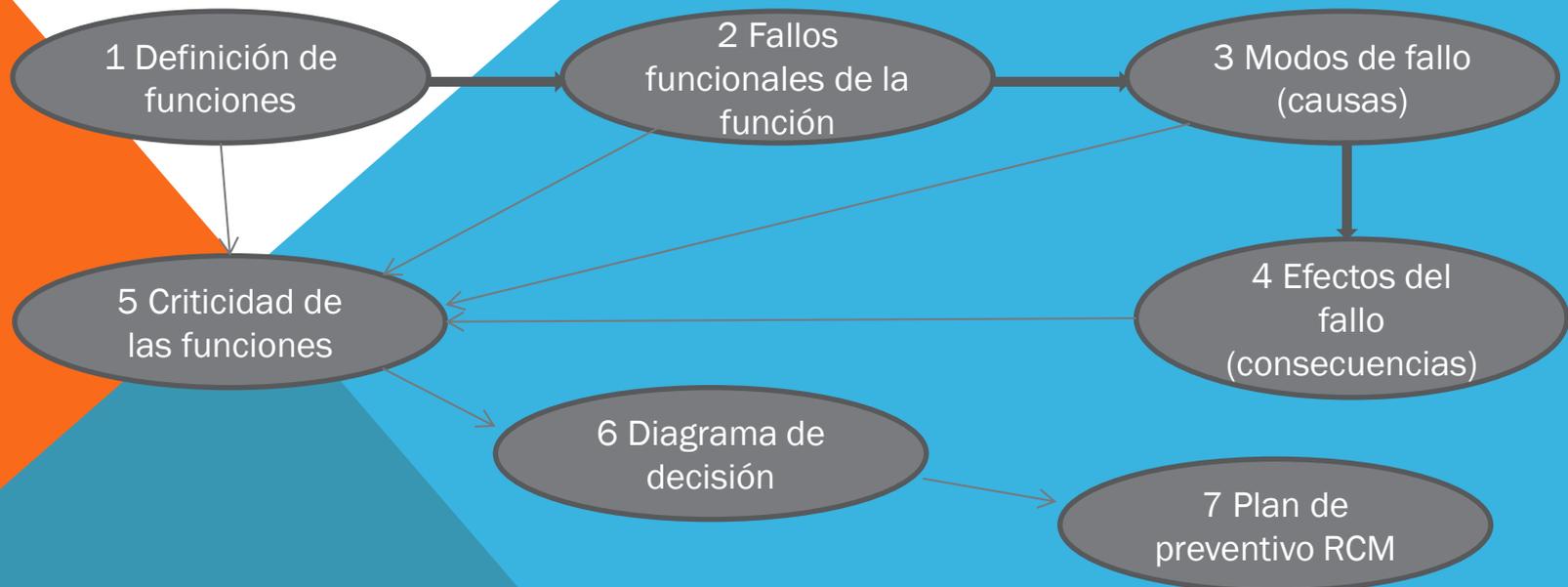
# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Aplicando la metodología

El proceso RCM formula siete preguntas acerca del activo que se intenta revisar:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?
- ¿En qué sentido es importante cada fallo?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?





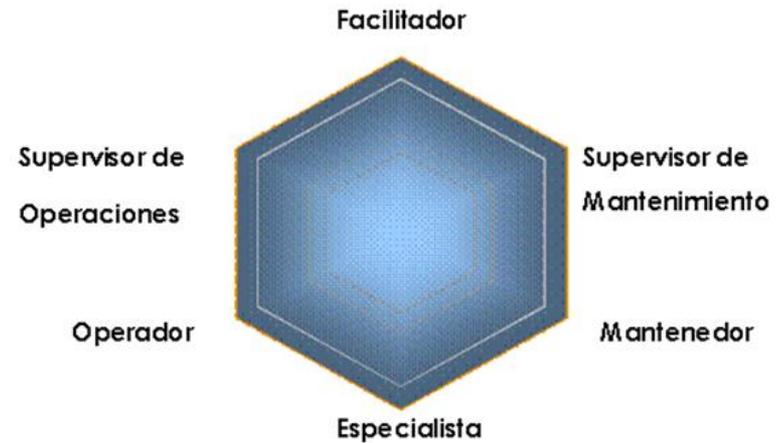
# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Grupo de trabajo

El personal de mantenimiento no es capaz de responder a todas las preguntas por si solo.

Se debe formar un grupo de trabajo con los componentes que se indican en la figura.



En la aplicación práctica de este caso, se consiguió formar un grupo de trabajo formado por:

- Un facilitador.
- Dos coordinadores de mantenimiento con amplia experiencia en este campo.
- Un operador de grúas perteneciente a la UP Reparaciones.
- Un operador de grúa perteneciente a la UP Astillero.
- Un coordinador de la empresa mantenedora de la grúas.



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## El facilitador

Es la pieza clave en la correcta aplicación de la metodología.  
Algunas de sus funciones son:

- El análisis sea llevado a cabo en el nivel correcto.
- Definir claramente los límites del sistema.
- Que los datos queden debidamente registrados.
- RCM debe ser claramente comprendido y correctamente aplicado por parte de los miembros del grupo.
- El grupo llegue a un consenso de forma rápida y ordenada.
- El análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo.

## ¿Qué ocurrió?

Durante la aplicación no se consiguieron todos los objetivos previstos, sobre todo en cuanto a los plazos marcados, todo ello debido a la dificultad de coordinar las reuniones con el proceso productivo y el tiempo que se tuvo que dedicar para explicar esta filosofía de mantenimiento al grupo de trabajo.

Al final el proceso obtuvo sus resultados tras doce reuniones programadas a lo largo de un periodo de trece meses



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Información aportada

Se aportaron una serie de documentos para la aplicación de la metodología  
Los dividiremos en tres grupos

### Documentación legal y normas

- IEC 60300
- NTP 736
- NTP 737
- NTP 738
- SAE JA1011
- SAE JA1012
- RD 1215/97
- RD 486/97

### Documentación máquina y archivos de averías

- Manual de la grúa
- Planos
- Archivos de averías

### Procedimientos corporativos e internos

- Gestión del mantenimiento P-IND-CAL-003.
- Manual de gestión del mantenimiento M-CN-MAN-Rv00.
- Sistema de gestión del mantenimiento P-MAN-CA-001-Rv08.

## Histórico de ordenes de trabajo extraído de Prisma3

Número OT	Denominación OT	Clase Trabajo	Fecha/Hora Edición	Proveedor	Horas Mano de Obra Subcontratada
579	GOTERAS TECHO GRUA Nº7	CS	31/10/2008 12:	FERREGAS	4
769	Grúa nº 7 se quedo sin corriente	CP	18/11/2008 08:	ECOHER	6
3161	INSPECCION BIANUAL GANCHOS GRÚA	PR	02/03/2009 12:	FERREGAS	2,5
3162	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/03/2009 12:	ECOHER	16
3163	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/03/2009 12:	FERREGAS	16
3350	REPARACIÓN DE FOCO DE LUZ	CS	12/03/2009 10:	ECOHER	5
3780	REPARAR BOMBA CABINA	CS	30/03/2009 08:	FERREGAS	30
5359	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/06/2009 12:	FERREGAS	8
5455	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/06/2009 12:	FERREGAS	8



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Subsistemas

En equipos de especial complejidad es conveniente dividirlo en diferentes subsistemas para facilitar la labor de definir correctamente las funciones.

Cada uno de los subsistemas está compuesto por una serie de equipos, los cuales también deben cumplir las funciones para las que fueron diseñados. En el caso particular de las grúas pórticos estos fueron los subsistemas definidos:

- Estructura
- Elevación
- Radio
- Traslación
- Giro
- Ergonomía
- Seguridad y control
  - ✓ Alimentación eléctrica
  - ✓ Escalas de acceso
  - ✓ Puesto de mando
  - ✓ Iluminación
  - ✓ Seguridades y alarmas
- Contención y medio Ambiente



*Subsistemas dentro de la traslación*





# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Hoja de información

Donde se refleja toda la información y las decisiones tomadas por el grupo de trabajo a lo largo del avance de las distintas reuniones .

En este caso en particular se optó por un modelo en formato Excel formado por una serie de columnas.

- La primera columna en el encabezado lleva las sigla AMF en ella se incluyen los resultados de si se decide la aplicación del análisis de mediante modo de fallos de la función afectada.
- En la segunda se definen las funciones (se han definido previamente 48 funciones, en la siguiente se enumeran los fallos funcionales que pueden ocurrir en esa función estudiada.
- En la cuarta columna se exponen los modos de fallo que son las causas que pueden causar el fallo funcional.
- En las dos últimas columnas se detallan los efectos del fallo (consecuencias) y una última columna de anotaciones.

Tabla 8  
Hoja de información

AMF	FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (CAUSAS)	EFECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	1 Soportar una carga de 25 ton sin deformarse	1A La estructura no es capaz de soportar la carga	1A1 Corrosión, deformación permanente de la estructura.	Caída de la carga o caída de parte de la grúa	Al menos una vez al año se revisa la estructura completa de la grúa
S	2 Garantizar la seguridad de los gruistas y mantenedores en los desplazamientos por la grúa	2A No garantiza: accesos mal iluminados.	2A1 Lámparas fundidas 2A2 No existencia o mal funcionamiento de las lámparas de emergencia.	Caída de personal o tropiezos en zonas oscuras Caída de personal o tropiezos en zonas oscuras	P.F. E Sería recomendable un estudio para determinar la intensidad luminosa disponible en los accesos a las grúas en las condiciones más desfavorables. Se enciende el testigo de fallo, para que el fallo afecte a la función debe fallar también la función principal.



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Parrilla criticidad funciones

Aplicar el análisis de modo de fallos con el diagrama de decisión a todas las funciones, sería un trabajo arduo y con resultados muy parecidos a los que se obtienen aplicando una parrilla de criticidad a las funciones

**PARRILLA CRITICIDAD SIMPLE DE FUNCIONES PRINCIPALES**

DETECTABILIDAD E	GRAVEDAD G	AVERIA GRAVE, PARADA TOTAL, RIESGO PARA EL PERSONAL Y/O MEDIO AMBIENTE <b>9</b>	PARADA TOTAL SIN RIESGOS <b>7</b>	PARADA PARCIAL <b>6</b>	AVERIA LEVE (SIN PARADA) <b>3</b>	SIN CONSECUENCIAS <b>1</b>
	FRECUENCIA F					
NO EXISTE <b>9</b>	< SEMANAL <b>9</b>					
DIFÍCILMENTE DETECTABLE POR EL OPERADOR <b>7</b>	< MENSUAL <b>8</b>					
SOLO DETECTABLE POR MANTENIMIENTO <b>5</b>	< TRIMESTRAL <b>6</b>					
FÁCILMENTE DETECTABLE <b>2</b>	< SEMESTRAL <b>4</b>					
EVIDENTE <b>1</b>	< ANUAL <b>2</b>					



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Parrilla criticidad funciones

La aplicación de la parrilla a las funciones nos da una tabla con este formato

Tabla 9  
Resultados parrilla de criticidad

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA FUNCION	E	F	G	Cr
1	Soportar una carga de 25 ton sin deformarse	9	2	9	162
2	Garantizar la seguridad de los gruistas y mantenedores en los desplazamientos por la grúa	2	8	9	144
3	Permitir los movimientos de traslación giro y radio, sin interferencias mecánicas.	2	2	7	28
4	Los caminos de rodadura deben estar alineados y libres de objetos.	2	2	9	36

Las conclusiones obtenidas son:

- Un valor de criticidad máximo de 504 puntos, un valor mínimo de 2 y un valor promedio de 91.23.
- Una vez estudiado y consensuado por el grupo de trabajo se decide que para las funciones con un valor de criticidad igual o menor de 30 puntos no se realizara el análisis de modo de fallos.

Se observó que la cantidad de funciones a analizar era elevada y se decidió aplicar la parrilla de criticidad a los modos de fallo.

La aplicación de la parrilla de criticidad a los modos de fallo no fue concluyente .  
Criticidad máxima 504, criticidad mínima 24, valor promedio de 137.

No se obtienen resultados concluyentes para la eliminación de funciones para el estudio de análisis de modo de fallo con un criterio de corte de 30 puntos

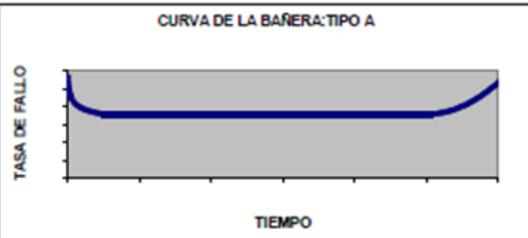
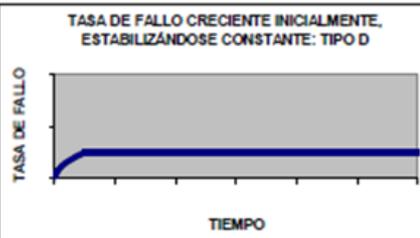
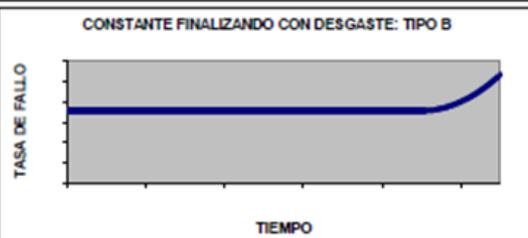
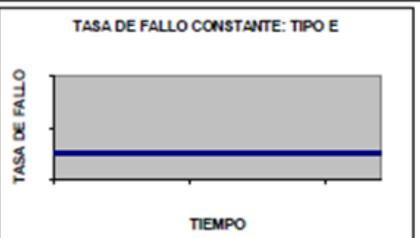
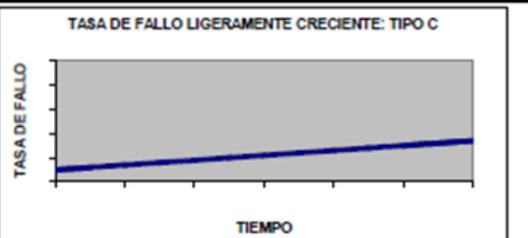


# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO

## Patrones de fallo

Un patrón de fallo es la representación en un diagrama de la probabilidad de que ocurra el fallo a lo largo de la vida útil del equipo en el eje de ordenadas se representa la tasa de fallo y en el abscisas el tiempo.

En la hoja de información en la columna de notas se hace referencia a los patrones de fallo a los que el grupo de trabajo llegó como conclusión del estudio.

<b>A</b>	Bañera	<p>CURVA DE LA BAÑERA: TIPO A</p>  <p>TASA DE FALLO</p> <p>TIEMPO</p>	<b>D</b>	Tasa creciente desde el momento inicial, estabilizándose en una tasa de fallos constante	<p>TASA DE FALLO CRECIENTE INICIALMENTE, ESTABILIZÁNDOSE CONSTANTE: TIPO D</p>  <p>TASA DE FALLO</p> <p>TIEMPO</p>
<b>B</b>	Tasa de fallo constante o creciente finalizando con un periodo de desgaste	<p>CONSTANTE FINALIZANDO CON DESGASTE: TIPO B</p>  <p>TASA DE FALLO</p> <p>TIEMPO</p>	<b>E</b>	Constante	<p>TASA DE FALLO CONSTANTE: TIPO E</p>  <p>TASA DE FALLO</p> <p>TIEMPO</p>
<b>C</b>	Tasa de fallo ligeramente creciente	<p>TASA DE FALLO LIGERAMENTE CRECIENTE: TIPO C</p>  <p>TASA DE FALLO</p> <p>TIEMPO</p>	<b>F</b>	Periodo de fallos infantiles seguido de tasa de fallo constante o muy ligeramente creciente	<p>FALLOS INFANTILES SEGUIDO DE TASA CONSTANTE: TIPO F</p>  <p>TASA DE FALLO</p> <p>TIEMPO</p>

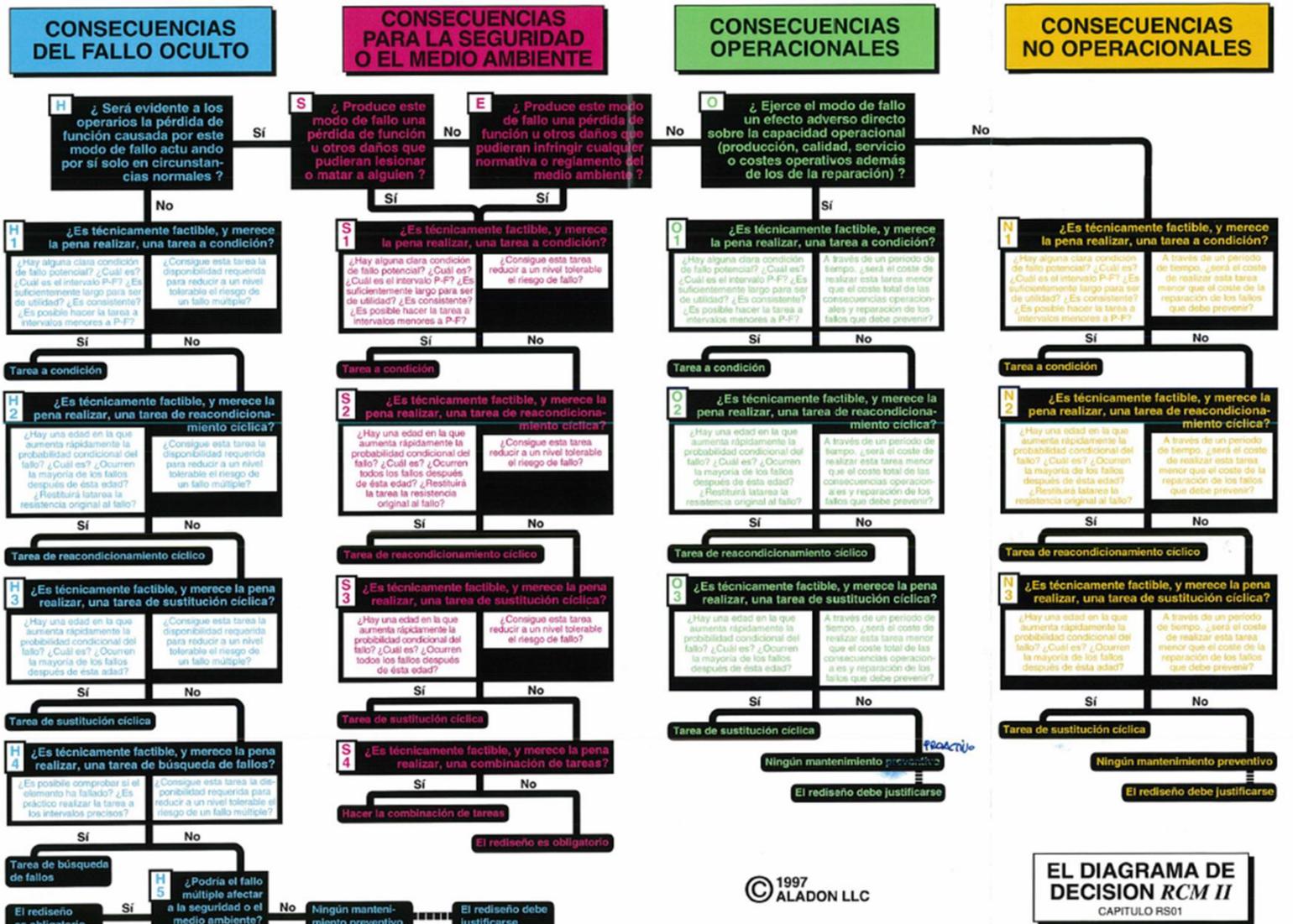


# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Diagrama de decisión

El diagrama de decisión es la herramienta a través de la cual se completa la hoja decisión, contestando a sus preguntas podemos llegar a actuaciones muy concretas





# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Hoja de decisión

El diagrama de decisión es una batería de preguntas sobre la función analizada que se deben ir contestando y en función de la respuesta obtenida nos llevara a otra pregunta que se debe contestar así hasta llegar al final de tabla, lógicamente esta es la parte más crítica del análisis y todas las respuestas deben ser consensuadas por el grupo de trabajo.

Todo este trabajo queda reflejado en un documento llamado hoja de decisión con la que es fácil seguir la trazabilidad de las respuestas para posteriores estudios en caso de dudas. El documento se completa con tres columnas más que aportan la siguiente información.

En primer lugar la tarea propuesta.

La frecuencia con la que se debe realizar dicha.

Quien será el responsable de la ejecución de la misma.

Tabla 11  
Hojas de decisión

Referencias de información										Evaluación de las consecuencias			Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA	Frecuencia	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H1	H2	H3	S1	S2	S3				
2	A	1	S	N	N	N	S										Comprobación cada vez que se accede a la grúa del funcionamiento de las lámparas.	Por Actuación	Operador
2	A	2	S	S			S										Comprobación cada vez que se accede a la grúa del indicador de carga de la lámpara de emergencia.	Por Actuación	Operador
2	B	1	S	S				S									Rediseño obligatorio, exigir buenas practicas a los mantenedores, limpieza de la zona de trabajo.	Por Actuación	Oper. /Mant.
2	B	2	S	S				N	N	N							Comprobación de la integridad de tinteros y berandillas	Por Actuación	Mantenedor
2	C	1	S	S				S										Anual	Mantenedor



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Gama preventivo RCM

Se ha obtenido una gama de mantenimiento preventivo RCM con la siguientes características

- 24 operaciones con periodicidad anual
- 31 operaciones con periodicidad semestral

Realizadas por una sola empresa mantenedora especializada en equipos de elevación.



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Comparando los planes de mantenimiento

### Preventivo tradicional

- Año 2005 a 2013
- Dos empresas mantenedoras
- 4 intervenciones anuales cada empresa

### Preventivo RCM

- Año 2014
- Una empresa mantenedora
- 2 intervenciones anuales

Tabla 13

Horas invertidas en los distintos tipos de mantenimientos

Año	Preventivo	Correctivo
2005	132	29.7
2006	119	33
2007	119	46
2008	127	18
2009	59.5	45
2010	39	51
2011	42	62
2012	61	80
2013	45	396
2014	16	77



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



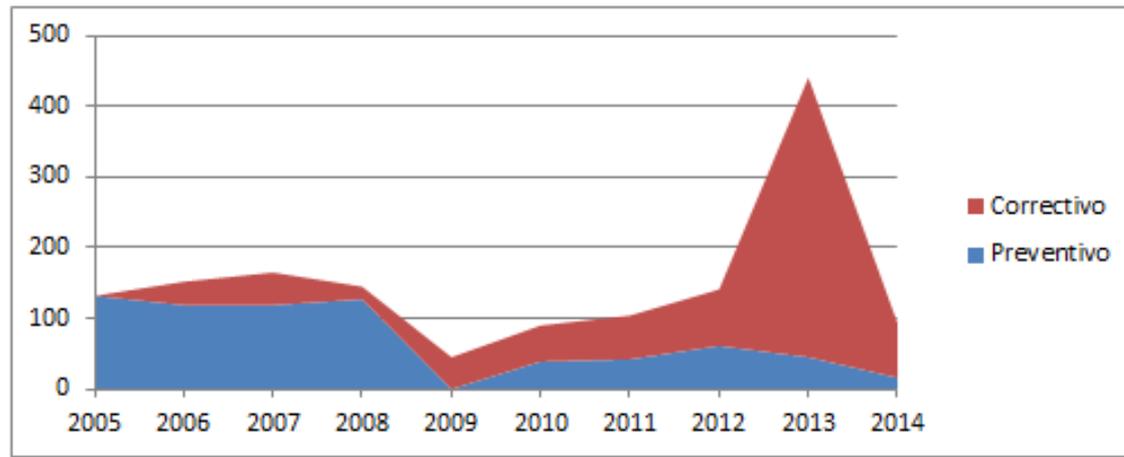
## Comparando los planes de mantenimiento

El proceso de implantación de RCM2 comenzó a aplicarse en las grúas pórtico a partir del año 2014, no existen suficientes datos para analizar las consecuencias sobre la fiabilidad del equipo.

Analizando los valores en el periodo comprendido entre los años 2005 al 2013 los valores medios obtenidos son los siguientes.

Horas de mantenimiento preventivo 76 horas/año.

Horas de mantenimiento correctivo 81 horas/año.





# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Comparando los planes de mantenimiento

Los resultados nos indican que se produce una reducción de las horas invertidas en los mantenimientos preventivos del 78.94% con respecto a la media de los años anteriores.

El ahorro en número de horas es de 60 con un coste económico aproximado de 1300€/año.

En el caso del mantenimiento correctivo la situación no es tan espectacular, se ha producido una leve disminución de las horas invertidas en tareas de mantenimiento correctivo, descendiendo estas en un 4.94% sobre el valor medio de los años anteriores.

Su impacto económico no es relevante.

Figura 19  
Comparación horas preventivo/correctivo

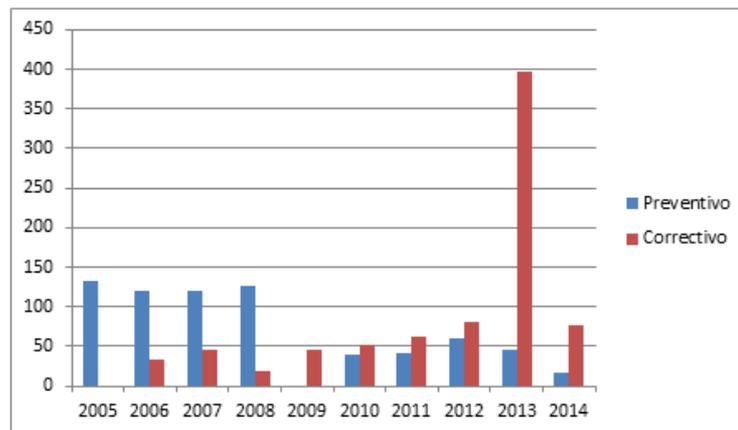
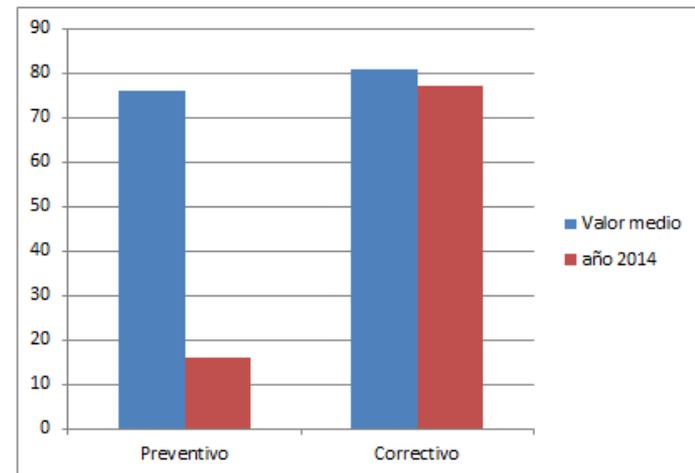


Figura 20  
Comparación entre valor medio/año 2014, Preventivo/Correctivo





# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Homologación de equipos similares

Destacar que para homologar sistemas o equipos, RCM2 nos exige que no solamente la estructura física del equipo sea idéntica, sino que también el Contexto Operacional sea el mismo.

- **Quien homologa**
  - ✓ El grupo de análisis RCM
- **Información necesaria para homologar**
  - ✓ Toda la disponible incluidos los análisis RCM de equipos similares
- **Como se homologa**
  - ✓ Siguiendo la misma secuencia del análisis original
- **Lo que no debe hacerse**
  - ✓ Homologación administrativa



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Conclusiones

Las mejoras más significativas obtenidas con la aplicación de las nuevas gamas de mantenimiento son:

- **Disminución** del número de **intervenciones** de mantenimiento preventivo que realizan al año, de una visita trimestral a máquina se ha pasado a una semestral.
- **Unificación** de las **tareas** de mantenimiento para que sean realizadas por una sola empresa. En el plan de mantenimiento antiguo se tenía una empresa mecánica y una empresa eléctrica, gracias a esta unificación se ha conseguido disminuir los días que la máquina está intervenida por mantenimiento, se ha pasado de 8 a 2 días al año.

Al analizar las horas reales de intervención necesarias para realizar el mantenimiento preventivo, se observa que desde que se aplican los resultados obtenidos del estudio de RCM2, se han ahorrado 60 horas al año respecto a los antiguos planes preventivos.

Todo esto indica que con la aplicación de la metodología RCM se ha generado un **aumento** significativo de la **disponibilidad** de la máquina para producción.



# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO



## Consecuencias

- Eliminación de las resistencias de regulación de los movimientos por puntos. Para ello procede a solicitar un estudio de la sustitución de los motores por otros que puedan ser controlados mediante variadores de velocidad. El objetivo es el de disminuir el número de averías y aumentar la precisión de los movimientos solicitados por el operador.
- Instalación de un equipo de climatización en la cabina de mando de la grúa, como cumplimiento a la normativa de seguridad e higiene en el trabajo.
- Instalación de una cámara de observación en la roldana del plumín.
- Estudio para la mejora del sistema de trincas de fijación de los carretillos de traslación





# IMPLANTACIÓN DE RCM EN GRÚAS PÓRTICO

## Desarrollo futuro

### Six-sigma en Mantenimiento

- 6-sigma persigue la reducción del número de defectos a 3.4 errores por millón de oportunidades.
- Se consigue a través de DMAIC y por la aplicación sistemática de su patrón de pensamiento. DMAIC es un acrónimo (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control) de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.



¿Qué esperamos del mantenimiento?