



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Implantación RCM en grúas pórtico

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial
Intensificación:
Alumno/a: Juan Fernández Ruiz
Director/a/s: Jose Luis Aguirre Martínez

Cartagena, 24 de Marzo de 2015

Índice	Pág.
1. Introducción	3
1.1. Objeto	3
1.2. Presentación	3
1.3. Objetivos del proyecto	4
2. Descripción de la grúa	5
2.1. Introducción	5
2.2. Características generales	5
2.2.1. Velocidades de trabajo	7
2.2.2. Características de los motores	7
2.2.3. Rodamientos	7
2.2.4. Cables	7
2.2.4.1. Elevación principal	7
2.2.4.2. Elevación auxiliar	7
2.3. La infraestructura	8
2.3.1. Pórtico	8
2.3.2. Mecanismo de traslación	9
2.4. La superestructura	9
2.4.1. Columna bloque	9
2.4.2. Bastidor de mecanismos	10
2.4.3. Elementos basculantes	10
2.5. Mecanismo de elevación principal	10
2.6. Mecanismo de elevación auxiliar	11
2.7. El mecanismo de giro	12
2.8. El mecanismo de variación de radio	12
2.9. Dispositivos de seguridad	13
2.9.1. Elevación principal	13
2.9.2. Limitador de momentos	13
2.9.3. Limitador de carga	13
2.9.4. Elevación auxiliar	13
2.9.5. Giro	13
2.9.6. Variación de radio	14
2.10. Caseta de mecanismos	14
2.11. Cabina de mando	14
3. Fundamentos básicos y organización del mantenimiento	18
3.1. Gestión actual del mantenimiento	18
3.1.1. Tipos de Mantenimiento y Metodologías a utilizar	18

3.1.2.	Metodologías de nueva implantación	19
3.1.3.	Gestión del mantenimiento asistido por ordenador	20
3.2.	Plan de mantenimiento aplicado históricamente	21
3.2.1.	Normas de mantenimiento trimestral eléctrico	21
3.2.2.	Normas de mantenimiento trimestral mecánico	23
4.	Organización de la información. Metodología RCM2	25
4.1.	Introducción	25
4.2.	Formación de un grupo de trabajo multidisciplinar	25
4.3.	Análisis de la información aportada.	26
4.3.1.	Listado de normas aportado	27
4.3.2.	Listado completo de averías	27
4.4.	Definición de los subsistemas	29
4.5.	Establecer las funciones que debe desempeñar el equipo	30
4.6.	Estructura orgánica funcional	32
4.7.	Hoja de información	36
4.7.1.	¿Qué es la hoja de información?	36
4.8.	Parrilla de criticidad de las funciones	68
4.8.1.	Patrones de fallo	75
4.9.	Análisis de modo de fallo de las funciones. Diagrama de decisión	75
4.10.	Gama obtenida	85
5.	Comparativa entre gamas. Homologación equipos similares.	88
5.1.	Comparativa entre gamas	88
5.2.	Proceso de homologación para equipos similares	90
5.2.1.	Quien homologa:	91
5.2.2.	Información necesaria para homologar	91
5.2.3.	Como se homologa:	91
5.2.4.	Lo que no debe hacerse:	92
6.	Conclusiones finales	91
6.1.	Conclusiones	91
6.2.	Consecuencias. Desarrollos futuros	92
6.2.1.	Consecuencias	92
6.2.2.	Desarrollos futuros	92
6.2.2.1.	<i>Six- sigma en Mantenimiento.</i>	92
6.2.2.2.	<i>Análisis PM.</i>	93
7.	Bibliografía	95
8.	Agradecimientos	96

1. Introducción

1.1. Objeto

El proyecto que a continuación se detalla tiene como objeto la mejora de los planes de mantenimiento de las grúas pórtico tipo cigüeña de la Dársena de Cartagena pertenecientes a la factoría de Navantia, como consecuencia de la mejora de los planes de mantenimiento se pretende conseguir una optimización de los procesos de mantenimiento y por tanto una mayor disponibilidad operativa de los equipos, del mismo modo se pretende cumplir los objetivos marcados en las directrices generales de la política de mantenimiento tanto a nivel de Factoría como a nivel corporativo.

1.2. Presentación

En la dársena de Cartagena, Navantia cuenta con una gran superficie cubierta para la construcción de buques especiales, como los submarinos y los cazaminas. Además del acero, Cartagena está especializada en fibra de vidrio.

Por otra parte, la fábrica de Motores de Navantia que está ubicada en esta zona comercializa y fabrica motores diésel de cuatro tiempos, para los que también ofrece un servicio de Apoyo al Ciclo de Vida

Cartagena, situada a orillas del Mediterráneo, es lugar de paso de un gran número de buques a los que Navantia ofrece un servicio de reparación altamente especializado. Navantia dispone



Figura 1
Dársena de Cartagena

en esta zona de un syncrolift con capacidad para atender 11 buques simultáneamente, así como de talleres cubiertos especializados en la reparación de yates.

Para dar servicio a todas estas actividades en la dársena de Cartagena se encuentran disponibles un total de 11 grúas pórtico repartidas entre los muelles y en las distintas zonas de reparación ubicadas en la UP de

Reparaciones. En esta zona se encuentran ubicadas tres grúas, otra da servicio a la maniobras de la plataforma del syncrolift y el resto dan servicio a los muelles de Levante, de Poniente, de Armamento y Entre diques.

Existen dos tipos de grúas en función de la carga máxima que son capaces de elevar 25 Tm o 7 Tm.

La metodología RCM2 se aplicara a la grúa pórtico de 25 Tm con número de activo L201207 situada en el muelle de armamento, la decisión de aplicarlo en este equipo es debida principalmente a que debe prestar apoyo en las pruebas de mar de la nueva serie de submarinos en construcción actualmente en la fábrica.

Una vez aplicado a este equipo se procederá mediante el proceso de homologación para análisis de RCM2 a la aplicación en el resto de grúas pórtico de la dársena.

1.3. Objetivos del proyecto

Este proyecto tiene como objetivo principal:

- Mejora de las gamas de mantenimiento para aumentar la fiabilidad de la grúa, así como reducir los costes de mantenimiento y los tiempos de parada del equipo, tanto por avería como por realización de mantenimientos preventivos.

Para obtener este objetivo principal se detallan los procesos que podemos considerar objetivos secundarios:

- Aplicación de metodología RCM2 Reliability Centred Maintenance, mantenimiento basado en la confiabilidad, para la obtención de las gamas de mantenimiento preventivo que se aplicaran en el equipo.
- Análisis de los procesos por comparación entre los métodos para validar la metodología aplicada.
- Definir un proceso de homologación para análisis RCM2 de equipos similares cuyo objetivo final es la implantación de las gamas de mantenimiento obtenidas en todos los equipos similares pertenecientes a Navantia en la dársena de Cartagena.

2. Descripción de la grúa

Se detallan los principales mecanismos y sus características, prestando especial atención a las medidas de seguridad del equipo.

2.1. Introducción

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

Los elementos metálicos están contruidos en forma de viga cajón. Esta construcción que predomina en toda la grúa, reduce las superficies de oxidación y facilita el mantenimiento de las mismas.

Todos los mecanismos de la grúa son del sistema de construcción en bloque, mediante cajas de engranaje multiescalonadas y completamente cerradas.

El equipo eléctrico de la grúa y su instalación está previsto para corriente alterna trifásica 380V, 50Hz.

2.2. Características generales

Se detallan a continuación las principales características geométricas, constructivas, de funcionamiento, de distribución de habitáculos y de funcionamiento que pueden ser de interés para la realización de este trabajo.

Tabla 1
Características generales grúas pórtico Elyma

Radio máximo	32 m
Radio mínimo	10 m
Carga máxima al radio de 32 m	12 Tm
Carga máxima al radio medio de 18 m	25 Tm
Carga máxima al radio mínimo de 10 m	25 Tm
Carga máxima en el gancho auxiliar	5 Tm
Recorrido de los ganchos sobre carriles	30 m
Recorrido de los ganchos bajo carriles	5 m
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
Separación entre ejes de ruedas de un mismo Carretón aproximadamente	0.8 m

Reacción máxima en una rueda sin viento	18.5 Tm
Reacción máxima en una rueda con viento de 48 kg/m2 de presión dinámica	18.5 ± 1.5 Tm
Vía de rodadura: doble carril	U.E. 45 kg/m
Altura libre bajo el pórtico	7.1 m
Sistema de toma de corriente	Por tambor de arrollamiento



Figura 2
Vista general

2.2.1. Velocidades de trabajo

Quedan reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 2
Velocidades de trabajo

Elevación principal hasta 12 Tm	12 m.p.m.
Elevación principal desde 12 a 25 Tm	6 m.p.m.
Elevación auxiliar hasta 2.5 Tm	50 m.p.m
Giro	0.75 rpm
Variación de radio	25 m.p.m.
Traslación de la grúa	25 m.p.m.

2.2.2. Características de los motores

Las principales características de los motores quedan detalladas en la tabla 3.

Tabla 3
Características de los motores

Elevación principal	Un motor de 50 CV, 750 rpm, 40%ED
Elevación auxiliar	Un motor de 41 CV, 750 rpm, 40%ED
Giro	Un motor de 27 CV, 750 rpm, 40%ED
Variación de radio	Un motor de 27 CV, 750 rpm, 40%ED
Traslación de la grúa	Dos motor de 27 CV, 750 rpm, 40%ED

2.2.3. Rodamientos

Todas las cajas reductoras de los mecanismos y todas las poleas incluyendo las de los aparejos de las dos elevaciones, disponen de rodamientos de rodillos y cónicos adecuadas para bajas revoluciones y elevadas cargas de funcionamiento.

También se ha adoptado un rodamiento axial de rodillos a rotula para el giro de la superestructura tipo 29456-D.

2.2.4. Cables

Los cables adoptados para los movimientos de elevación son de acero al crisol, extra flexibles, siendo su carga de rotura superior a 6 veces la máxima de trabajo a que están sometidos.

2.2.4.1. Elevación principal

1 cable de 144 m y $\varnothing=29$ mm., composición 6x37(1+6+12+18)+1 textil de 160 Kg/mm², trenzado a mano derecha con terminal cónico abierto en un extremo.

1 cable de 144 m y $\varnothing=29$ mm., composición 6x37(1+6+12+18)+1 textil de 160 Kg/mm², trenzado a mano izquierda con terminal cónico abierto en un extremo.

2.2.4.2. Elevación auxiliar

1 cable de 144 m y $\varnothing=20.5$ mm., composición 6x37(1+6+12+18)+1 textil de 160 Kg/mm², trenzado a mano izquierda con terminal cónico abierto en un extremo.

2.3. La infraestructura

Comprende el pórtico y el sistema de traslación.

2.3.1. Pórtico

Está enteramente soldado.

A la mitad aproximadamente de su altura, van colocadas vigas que soportan la carga vertical correspondiente a los elementos giratorios de la grúa.

El apoyo de dicha carga se hace por medio de un cojinete de rodillos a rotula, dispuesto para recibir cargas radiales y axiales.

Este rodamiento queda alojado en un soporte de acero moldeado, en constante baño de aceite, y está suficientemente protegido por medio de un adecuado obturador de aceite, contra posible penetración de agua y polvo.



Figura 3
Pórtico y carros de traslación

En la plataforma superior del pórtico se encuentra la corona de bulones del mecanismo de giro, constituida por un engrane de linterna concéntrico con el camino de rodadura que soporta los esfuerzos horizontales procedentes de la superestructura, por medio del sistema de rodillos fijados al mástil.

Esta plataforma se une al resto del pórtico por arriostrado tubular.

Las cuatro patas del pórtico descansan sobre el sistema de balancines, de dos ruedas cada uno, con objeto de que cualquier irregularidad de la vía no influya en la repartición de cargas y trabajen todas las ruedas por igual.

El pórtico dispone de escaleras y plataformas protegidas por defensas y rodapiés, para el acceso a los distintos elementos de la grúa.

2.3.2. Mecanismo de traslación

Debajo de cada pata del pórtico se dispone un sistema de carretillos oscilantes equipados con cuatro ruedas.

El movimiento se efectúa mediante dos motores, colocados en el centro de cada uno de los largueros que unen las patas del pórtico en el sentido longitudinal.



Las cajas reductoras son herméticas y giran todos sus engranajes en baño de aceite.

La reducción está colocada verticalmente y la lubricación efectúa por barboteo.

se **Figura 4**
Detalle de los carretillos de traslación

Los motores se unen a los reductores por medio de acoplamientos elásticos, uno de cuyos platos se utiliza como polea de freno.

Este mecanismo dispone en total de dos frenos electrohidráulicos.

A ambos lados de la caja reductora, y en el eje de salida, la transmisión del movimiento a las ruedas se efectúa por medio de ejes y acoplamientos de bolas tipo cardan.

Los carretillos extremos de la grúa, en sus caras exteriores, van equipados con topes destinados a la absorción de choques.

Para asegurar la grúa contra desplazamientos motivados por vendavales, están montadas en los carretillos cuatro tenazas de anclaje con sujeción a los carriles.

2.4. La superestructura

Se compone de una parte exclusivamente giratoria y de otros elementos giratorios y basculantes.

La parte únicamente giratoria comprende la columna bloque y el bastidor de mecanismos.

2.4.1. Columna bloque

La columna es de sección cuadrada, de estructura celular cerrada y soldada, formando un conjunto rígido.

En su parte inferior se apoya, por medio del soporte de acero moldeado, sobre el rodamiento de rodillos a rotula colocado en la viga del pórtico.

En la parte intermedia de la columna van colocadas las ruedas de rodadura del giro, que se apoyan horizontalmente sobre el carril de rodadura circular solidario a la plataforma superior del pórtico.



Figura 5
Conjunto superestructura

Dichas ruedas son de acero moldeado, montadas sobre ejes excéntricos, para regular el apoyo continuo sobre el carril circular, tanto en el montaje como cuando se produzcan desgastes.

La precisión del eje de cada rodillo es fácilmente regulable, de tal forma que el centrado de la superestructura con respecto al pórtico es sumamente exacto.

2.4.2. Bastidor de mecanismos

El bastidor de mecanismos es de construcción soldada, formado por chapas y perfiles laminados, montándose en el mismo los mecanismos de elevación principal, auxiliar y de giro. En la parte posterior del bastidor está dispuesta la caja metálica para alojamiento del contrapeso estabilizador de la grúa.

2.4.3. Elementos basculantes

Comprenden la pluma, el pescante, el tirante zaguero y el balancín, articulados todos ellos entre sí, y dispuestos de tal forma que el extremo del pescante y por lo tanto el gancho de suspensión de carga, recorre una trayectoria muy próxima a la horizontal, en su desplazamiento desde el radio máximo al mínimo o viceversa.

Los cuatro elementos citados están contruidos con chapa en forma de cajón y con uniones soldadas de gran resistencia.

Este sistema basculante está equilibrado en todas sus posiciones por el contrapeso dispuesto en parte zaguera del balancín.

2.5. Mecanismo de elevación principal

Este mecanismo está dispuesto en la caseta sobre el bastidor y consiste esencialmente en un motor acoplado a un reductor de engranajes, dotado de un cambio de velocidades que se acciona por palanca de mano.



Figura 6
Conjunto elevación principal

El motor está acoplado al reductor a través de un mangón elástico con polea de freno. El eje de salida del reductor se prolonga por ambos lados, disponiéndose en cada uno de sus extremos los tambores de arrollamiento del cable.

El reductor es de chapa soldada y provisto de rodamientos en todos sus ejes. Es hermético y todos sus engranajes están bañados constantemente en aceite. Además de la lubricación de los mecanismos que se realiza por barboteo, el reductor dispone de una bomba rotativa que actúa de modo automático intensificando la lubricación de los engranajes.

Los tambores de arrollamiento son de ejecución soldada, de acero laminado, con espiras torneadas y con la longitud necesaria para arrollar el cable de elevación en una sola capa.

Este mecanismo dispone de un freno electrohidráulico, dispuesto para frenado y regulación de velocidad.

El gancho es sencillo, de acero forjado y descansa en la cruceta sobre el rodamiento axial de bolas, que le permite orientarse libremente en todas direcciones.



Figura 7
Freno electrohidráulico

2.6. Mecanismo de elevación auxiliar

Este está dispuesto en la caseta de mecanismos y consiste en un motor, un reductor, un acoplamiento elástico con polea de freno, un freno electrohidráulico, un tambor de arrollamiento y un soporte exterior.

La caja reductora es metálica, soldada, girando todos los ejes en rodamientos y los engranajes y piñones colocados en el interior giran permanentemente en baño de aceite. También dispone de bomba de lubricación automática.

El tambor de arrollamiento es de chapa soldada con espiras torneadas en su superficie, el cable se aloja en una sola capa siendo este de acero al crisol de calidad extraflexible.

El freno de este mecanismo es electrohidráulico, con dispositivo de regulación de velocidad.

El gancho es sencillo, de acero forjado y descansa sobre el rodamiento axial de bolas, para facilidad de orientación.

2.7. El mecanismo de giro

Está formado por un grupo de accionamiento colocado a un costado de la columna giratoria. Este grupo constituye un mecanismo de giro, sistema MAN, accionado por un motor vertical de brida. Los engranajes montados en sus ejes giran sobre rodamientos que se lubrican eficazmente por la bomba rotativa automática.

Este grupo constituido por un bloque independiente, se desmonta verticalmente de su asiento en la plataforma, sin que haya necesidad de sacar previamente el piñón de ataque de la corona de bulones.

La corona de bulones se fija en la plataforma superior del pórtico

El freno de este mecanismo es hidráulico, accionado desde el puesto de mando por un pedal, que dispone de un contacto eléctrico que desconecta la corriente de alimentación de este mecanismo en el momento en que se frena.



Figura: 8
Motor de giro

2.8. El mecanismo de variación de radio

Es del tipo de husillo y está situado en la parte superior de la columna bloque. Descansa sobre dos muñones de articulación.

El husillo encaja con su extremo delantero en la pluma basculante. El motor fijo, dispuesto al exterior del reductor del husillo, acciona la tuerca del mismo pro medio de un engrane recto que empuja o retira el husillo, según sea el sentido de giro de la tuerca.

Los enlaces de este mecanismo con la columna bloque y la pluma, se realizan por medio de uniones tipo cardan para evitar esfuerzos de flexión en el husillo, como consecuencia de posibles desalineaciones.

El reductor es completamente blindado y todos sus elementos giran en baño de aceite. El husillo va protegido con un tubo telescópico que los guarece contra la intemperie.

Este mecanismo requiere un frenado suave y progresivo. Para ello se dispone del freno electrohidráulico con regulación de velocidad.

El sistema indicador luminoso, a la vista del operador, señala en todo momento el radio en que se encuentra la pluma.

Las dos posiciones límites de radio máximo y mínimo están aseguradas por los interruptores de fin de carrera y por los topes de resortes de discos (tipo Belleville).

2.9. Dispositivos de seguridad

Se definen los principales dispositivos de seguridad en las distintas partes principales del equipo, así como una breve descripción de su función.

2.9.1. Elevación principal

El eje de uno de los tambores acciona al interruptor de fin de carrera de doble seguridad, para corrientes auxiliares, que limita las posiciones superior e inferior del gancho.

2.9.2. Limitador de momentos

El limitador de momentos asegura la estabilidad de la grúa y corta la corriente de alimentación del motor de elevación cuando se sobrepasa el momento de vuelco de los límites de seguridad.

Este limitador es progresivo, sin escalonamientos y permite elevar cargas comprendidas entre 12 Tm y 25 Tm en razón inversa a los alcances comprendidos entre 10 y 32 metros

2.9.3. Limitador de carga

El limitador de carga corta la corriente de alimentación del mecanismo de elevación cuando se sobrepasa la carga máxima de 25 Tm entre los radios de 10 m y 18 m.

2.9.4. Elevación auxiliar

El interruptor de fin de carrera de doble seguridad para corrientes auxiliares limita las posiciones superior e inferior del gancho.

2.9.5. Giro

El contacto eléctrico desconecta la corriente de alimentación al motor de este mecanismo en el momento en que se frena y cuando se ha bloqueado el mecanismo al poner la grúa fuera de servicio.

2.9.6. Variación de radio

Uno de los ejes del reductor, por medio de un acoplamiento, acciona a otro pequeño reductor en cuyo eje de salida lleva el interruptor de fin de carrera de doble seguridad, para corrientes auxiliares, que limita las posiciones las posiciones del radio máximo y mínimo.

El limitador de momentos esta conexasionado asimismo a este mecanismo para asegurar la estabilidad de la grúa.



Figura: 9
Mecanismo variación de radio

2.10. Caseta de mecanismos

Los mecanismos del bastidor y armarios eléctricos de maniobra están protegidos por la caseta metálica, de suficiente amplitud que permite el fácil acceso a los distintos motores y mecanismos, facilitando la revisión de los mismos así como las reparaciones que fueran necesarias.



Figura: 10
Caseta de mecanismos y cabina de mando

Dispone de ocho ventanas para la iluminación y ventilación interior, las puertas y ventanas tienen herrajes y cerraduras para cierre hermético.

La cubierta tiene la inclinación necesaria para la evacuación de las aguas de lluvia. Las aberturas para paso de los cables de elevación se obturan por medio de bandas de goma para evitar la entrada de agua.

La caseta está reforzada para la disposición interna de la grúa equipada con diferencial móvil capaz de elevar hasta 2000 kg.

2.11. Cabina de mando

La cabina de mando está ubicada en la parte delantera del bastidor.

La estructura de esta cabina es totalmente cerrada, construida con chapa de acero, de gran visibilidad para el manipulador de cargas.

Frente al gruista y a cada lado del mismo, la cabina cuenta con ventanas de vidrio templado, montado sobre burletes de goma en marcos estrechos.

En su interior se encuentra el puesto de mando con los controles maestros.

El equipo auxiliar instalado en esta cabina comprende una sirena de atención, un equipo telefónico, calefacción, ventilación, limpiaparabrisas automático e indicador luminoso de alcance, recientemente y en cumplimiento de la normativa se le ha instalado un anemómetro para conocimiento exacto de la velocidad y dirección del viento.

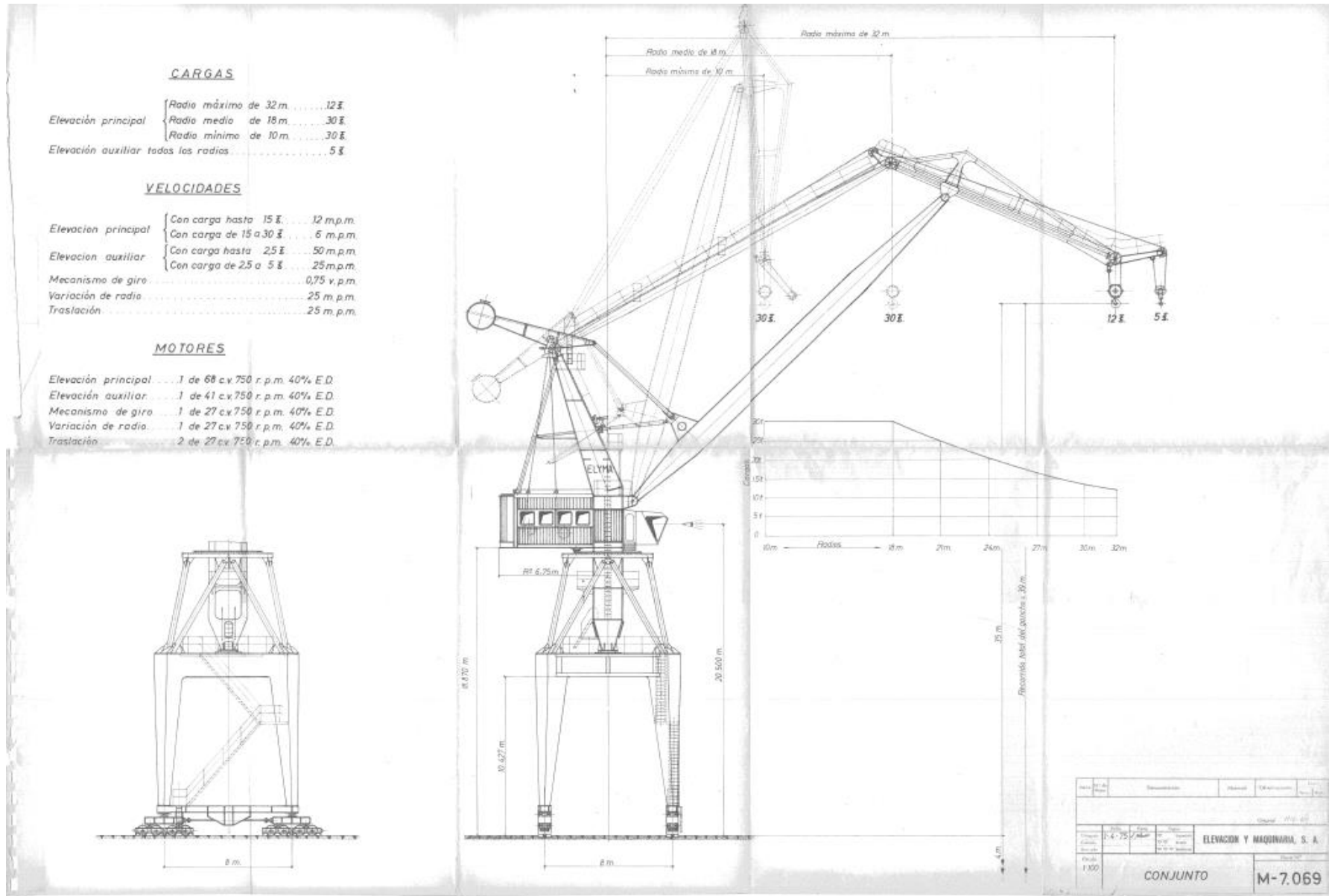


Figura 11
Plano General

3. Fundamentos básicos y organización actual del mantenimiento

3.1. Gestión actual del mantenimiento

En líneas Generales el proceso del mantenimiento aplicado a las grúas pórtico de muelles pertenecientes a Navantia se rige por el procedimiento corporativo de Mantenimiento y Servicios que de una manera resumida consiste en:

El Departamento de Mantenimiento y Servicios planifica y desarrolla anualmente los procesos necesarios para la realización de los mantenimientos a través de la herramienta GMAO (Prisma3). Dichas planificaciones son lanzadas con carácter periódico y comunicadas mediante el sistema de red a los clientes internos afectados por dichas revisiones, al objeto de que ellos puedan confirmar si las necesidades de producción se adaptan a estas planificaciones. En caso contrario, se modificarán dichas planificaciones de acuerdo a las necesidades de los procesos productivos.

Para una correcta planificación se tienen en cuenta las características propias de cada máquina o herramienta, equipo e instalación, manuales y recomendaciones del fabricante, requisitos legales, normas técnicas aplicables, procesos de mejora e implementación de nuevos sistemas de gestión (RCM, TPM, etc...), experiencia y procesos de análisis de líneas de producción, interferencias, paradas, etc.

Los mantenimientos planificados a su vez están divididos por conjuntos y subconjuntos de máquinas, los cuales tienen asociados unas gamas o tareas preventivas determinadas para realizar y tienen asignado un gremio de mantenimiento responsable de su ejecución tales como mecánicos, eléctricos, estructura, aire acondicionado, etc.

Estos procesos incluyen la generación de la OT.

Dichas revisiones preventivas que surgen de las diferentes planificaciones periódicas generan diferentes partes de trabajo Ot's para los diversos equipos e instalaciones, de tipo correctivo para el correcto funcionamiento del sistema.

Una vez realizadas las tareas programadas de mantenimiento, el mando de Mantenimiento de Navantia, responsable de su ejecución, procede a la verificación de la OT y al cierre físico de la orden de trabajo y a la emisión, si procede, de las correspondientes Órdenes de Trabajo de correctivo o incluso preventivo que pudiera generar en la revisión efectuada.

3.1.1. Tipos de Mantenimiento y Metodologías a utilizar

Los tipos de mantenimiento reflejados en las OT PLANIFICADAS pueden ser:

- **Mantenimientos preventivos.** Revisiones programadas siguiendo criterios de mantenimiento basado en condición (RCM), mantenimientos preventivos sistemáticos, mantenimientos autónomos de primer nivel (TPM).
- **Mantenimientos legales.** Revisiones a máquinas, equipos e instalaciones efectuadas para dar cumplimiento a los requisitos legales aplicables.
- **Mantenimientos de contrastación.** Mantenimientos planificados con el objetivo de cumplir con los procedimientos vigentes de calidad asociados a las normas de calidad en vigor y a la calidad en el desempeño del producto. Este tipo puede estar incluido en alguno de los anteriores.

Los tipos de Mantenimiento NO PLANIFICADOS en OT pueden ser:

- **Mantenimientos correctivos,** actividades y trabajos que es necesario ejecutar para la resolución de una avería o anomalía, o por la detección de algún fallo en los mantenimientos preventivos.
- **Averías.** Resolución de partes de trabajo Ot's cuya solicitud sea derivada del manipulador o responsable del área productiva donde está ubicada la máquina o instalación por mal funcionamiento de la misma o por parada de producción provocada por un fallo en la máquina o instalación.
- **Anomalías.** Resolución de partes de trabajo generados en la revisión preventiva planificada detectada por el propio personal de mantenimiento durante la realización de tales revisiones. La anomalía no impide el funcionamiento de la máquina, pero si es una deficiencia o mal funcionamiento de la misma.
- **Peticiones de Servicios.** Peticiones realizadas por los responsables de las diferentes áreas o Departamentos generados para instalar o desinstalar servicios necesarios para el correcto desarrollo del proceso productivo.
- **Partes de Seguridad.** Partes derivados y detectados durante la realización de las diferentes Observaciones Preventivas y Ambientales (OP's) en las diferentes áreas/obras constituidas según los procedimientos de Prevención de Riesgos Laborales de las diferentes áreas geográficas y partes detectados durante los procesos de revisiones legales por O.C.A dentro del proceso legal de certificación de máquinas e instalaciones.

3.1.2. Metodologías de nueva implantación

Los Departamentos de Mantenimiento y Servicios de Navantia, deberán implantar nuevas metodologías en los procesos y en la gestión del mantenimiento, con el objetivo de optimizar los procesos, permitir una mayor productividad, política de ahorro de costes y menor interferencia en la producción, entre otros.

De modo planificado y progresivamente en el tiempo se deberán aplicar, entre otros, los siguientes métodos por cada tipo de máquina y equipo:

- Metodología RCM

Sistema de Mantenimiento centrado en la confiabilidad: un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional.

- Metodología TPM

Sistema de mantenimiento productivo de alcance amplio que cubre la vida entera del equipo, involucrando todas las áreas relacionadas con el equipo (planificación, producción, mantenimiento, etc...), con la participación de todos los empleados desde la alta dirección hasta los operarios, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión de la motivación, o actividades de pequeños grupos voluntarios.

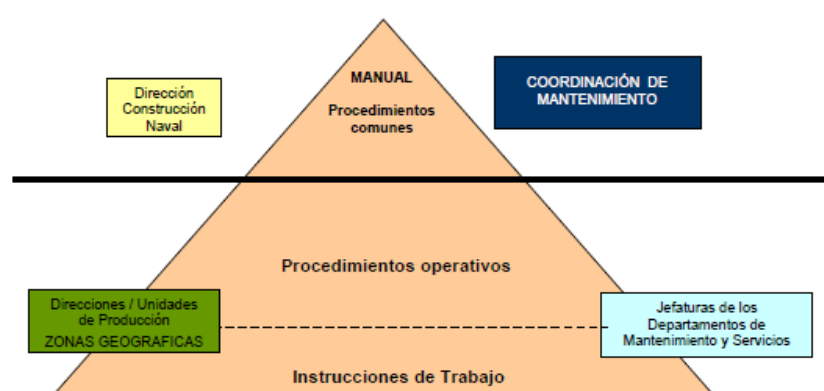


Figura 12
Gestión del mantenimiento

La Gestión de Mantenimiento se planifica, con el fin de cumplir los requisitos citados en las normas UNE, ISO 9001:2008, PECAL serie 2000 y/o PECAL 160, OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004 y normativa legal de aplicación tanto de nivel Comunitario, Estatal y Comunidad autónoma.

3.1.3. Gestión del mantenimiento asistido por ordenador

Es una herramienta de software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz. También se suele emplear como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

Las plataformas de gestión de mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades. Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos (flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias) aunque también existen productos enfocados a un mercado general.

El software ofrece una amplia variedad de funcionalidades, dependiendo de las necesidades de cada organización

En el caso que nos ocupa, el GMAO es Prisma3 de la firma Sisteplant, el sistema se encuentra en red, comunicando al personal de mantenimiento, los usuarios de los equipos y las empresas encargadas de la reparación de los equipos.

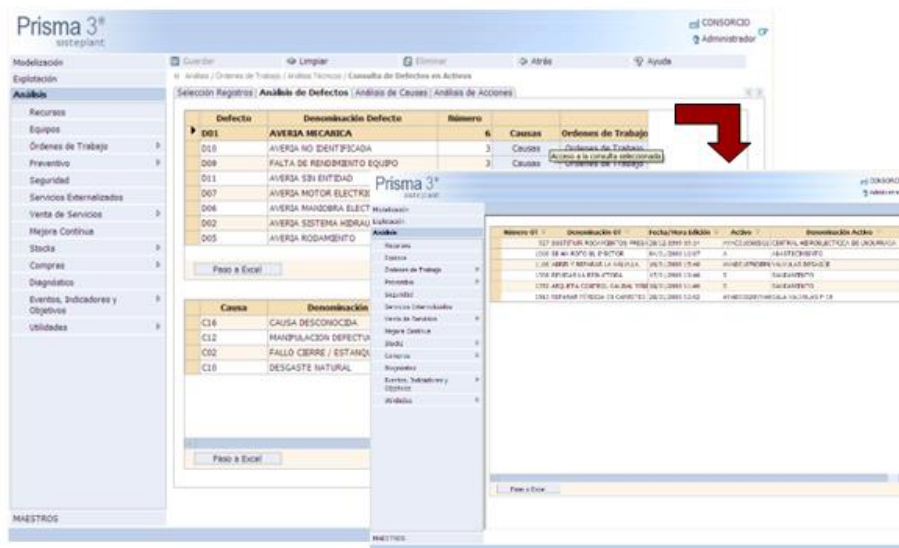


Figura 13
Histórico de averías de una máquina

3.2. Plan de mantenimiento aplicado históricamente

Históricamente y en base a la experiencia acumulada se estableció un plan de mantenimiento, que consistía en una revisión trimestral del equipo, con una serie de operaciones que se detallaran a continuación.

El mantenimiento correctivo podía generarse de dos formas, la primera a través de los usuarios/propietarios del equipo y la segunda a través de las operaciones de mantenimiento preventivo que generen un correctivo.

Cada dos años y por una normativa interna de la empresa, se hace una revisión visual y ensayos no destructivos a los ganchos de todas las grúas de la Dársena, estando también afectados estos equipos por esta normativa.

3.2.1. Normas de mantenimiento trimestral eléctrico

Estas son las comprobaciones que se recogen en las normas que aplica la industria auxiliar encargada del mantenimiento eléctrico y supervisada por personal de mantenimiento.

12-001 SISTEMAS DE SEGURIDAD

- 01-Comprobar pulsadores de paro de emergencia

- 02-Comprobar existencia limitador de carga.
- 03-Final de carrera de elevación principal y auxiliar
- 04-Final de carrera de traslación de carro
- 05-Final de carrera de cambio de radio
- 06-Final de carrera de enrollador cable alimentación
- 07-Células de proximidad en movimiento traslación puente
- 08-Avisador acústico-luminoso en movimiento traslación puente
- 09-Señalización de riesgo eléctrico
- 10-Anemómetro

12-002 APARELLAJE ELECTRICO GRUA PUENTE

- 01-Funcionamiento de maniobras en cabina
- 02-Señalización en órganos de accionamiento en cabina
- 03-Comprobar pulsadores del mando-radio o botonera
- 04-Estado de la carcasa del mando-radio o botonera
- 05-Señalización órganos accionamiento del mando-radio o botonera
- 06-Comprobar manguera botonera y sus fiadores
- 07-Revisión cortinero maniobra grúa
- 08-Comprobar carril de alimentación y toma de corriente
- 09-Limpieza de armario eléctrico y sus conexiones
- 10-Comprobación alumbrado acceso, cabina y zona maniobra
- 11-Comprobación electroimanes y estado baterías.

12-003 ELEVACION PRINCIPAL

- 01-Motor: estado, conexionado y toma de aislamiento
- 02-Comprobación de escobillas
- 03-Motor freno: estado y toma de aislamiento

12-004 ELEVACION AUXILIAR

- 01-Motor: estado, conexionado y toma de aislamiento
- 02-Comprobación de escobillas
- 03-Motor freno: estado y toma de aislamiento

12-005 TRASLACION CARRO

- 01-Motor: estado, conexionado y toma de aislamiento
- 02-Comprobación de escobillas
- 03-Motor freno: estado y toma de aislamiento

12-006 TRASLACION PUENTE

- 01-Motor: estado, conexionado y toma de aislamiento
- 02-Comprobación de escobillas
- 03-Motor freno: estado y toma de aislamiento

12-007 GIRO

- 01-Motor: estado, conexionado y toma de aislamiento
- 02-Comprobación de escobillas
- 03-Motor freno: estado y toma de aislamiento

12-008 CAMBIO DE RADIO

- 01-Motor: estado, conexionado y toma de aislamiento
- 02-Comprobación de escobillas
- 03-Motor freno: estado y toma de aislamiento

PLACA COMPROBAR PLACA IDENTIFICACION

- 001- Comprobar existencia y estado de la placa de identificación de la máquina o equipo

3.2.2. Normas de mantenimiento trimestral mecánico

Estas son las normas que aplica la industria auxiliar encargada del mantenimiento mecánico y supervisada por personal de mantenimiento.

12-009 ESTADO GENERAL PUENTE - ESTRUCTURA

- 01-Estado general puente grúa
- 02-Vigas puente
- 03-Tester y apriete tornillos
- 04-Cabina

12-010 VIAS DE RODADURA O SUSPENSIÓN

- 01-Comprobar alineación y nivelación
- 02-Comprobar amarres

12-011 TRASLACION PUENTE MEC.

- 01-Ruedas traslación
- 02-Motor traslación
- 03-Reductora velocidad normal
- 04-Reductora velocidad lenta
- 05-Frenos. Medir desplazamiento
- 06-Final de recorrido puente

12-012 TRASLACION CARRO MEC.

- 01-Ruedas traslación
- 02-Motor traslación
- 03-Reductora velocidad normal
- 04-Reductora velocidad lenta
- 05-Frenos. Medir desplazamiento
- 06-Final de recorrido carro

12-013 ELEVACION PRINCIPAL MEC.

- 01-Estado general carro polipasto
- 02-Suspensión y fijación polipasto
- 03-Gancho portacargas
- 04-Montón loca superior e inferior
- 05-Tambor del cable y envoltura
- 06-Reductoras
- 07-Motor de elevación

12-014 ELEVACIÓN AUXILIAR MEC.

- 01-Estado general carro polipasto
- 02-Suspensión y fijación polipasto
- 03-Gancho portacargas
- 04-Montón loca superior e inferior
- 05-Tambor del cable y envoltura
- 06-Reductoras
- 07-Motor de elevación

12-015 GIRO

- 01-Comprobar accionamiento de giro
- 02-Comprobar accionamiento cambio de radio

12-016 CAMBIO DE RADIO

- 01-Comprobar señalización y funcionamiento

12-017 ENGRASE E HIDRÁULICOS

- 01-Comprobar circuitos de engrase

02-Engrasar en los puntos de lubricación no automáticos

12-018 SISTEMAS DE SEGURIDAD

De acuerdo con el RD 1215/97 comprobar los siguientes puntos

- 01-Sistema anti colisión
- 02-Dispositivos seguridad ganchos
- 03-Limitador de carga. Comprobar su estado
- 04-Resguardos y barandillas

12-019 CABLES DE IZADO

- 01-Estado de cables/cadenas de izado. UNE 58-111-91
- Dos o más hilos rotos en una longitud igual a 6 veces el diámetro
- Corrosión superficial del cable o deformaciones permanentes
- Disminución superior al 3% del diámetro con relación al Ø nominal.

PLACA COMPROBAR PLACA IDENTIFICACION

- 001- Comprobar existencia y estado de la placa de identificación de la máquina o equipo.

En la figura 5 se muestra a modo de ejemplo una orden de trabajo preventiva generada desde el GMAO Prisma3, en las que se pueden observar las comprobaciones a realizar según las normas de aplicación y el chequeo que debe hacer el personal encargado de ejecutar dicha orden.

Prisma3®		Resumen de Orden de Trabajo		Número OT	3163
				1 /	3
IDENTIFICACION DEL ACTIVO					
NEGOCIO:		UPAS UNIDAD PRODUCTIVA DE ASTILLERO			
DEPARTAMENTO:		UPAS-LOG DPTO. LOGISTICA Y OPERACIONES ASTILLERO			
NAVE:		UPAS-GPR-N1 TALLER AUXILIAR			
MAQUINARIA:		UPAS-GPR-N1 GRUAS			
MAQUINA:		L201207 GRUA PORTICO 25 TN ELYMA M. Armamento			
ORDEN DE TRABAJO				3163	
Fecha/Hora Edición	16/03/09 12:00	Importe Mano de Obra Propia	0,00		
Fecha/Hora Cierre	16/04/09 12:39	Importe Mano de Obra Subcontratada	400,00		
Tiempo Parada Previsto		Importe Materiales Externos	0,00		
Tiempo de Parada Real	0:00	Importe Cargos	0,00		
		Importe Feedback Herramientas	0,00		
		Importe Salidas	0,00		
		Coste Total	400,00		
Denominación OT MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS					
Clase Trabajo	PR-PREVENTIVO				
Taller	CARTAGENA-Cartagena				
Estado OT	90-Estado de OTs cerradas	Prioridad	0		
		Proveedor	FERREGAS-FERREGAS GARCIA-VASO, S		
Normas					
12-009	ESTADO GENERAL PUENTE - ESTRUCTURA	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
	01-Estado general puente grúa				
	02-Vigas puente				
	03-Teñeros y apriete tornillos				
	04-Cabina				
12-010	VIAS DE RODADURA O SUSPENSION	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
	01-Comprobar alineación y nivelación				
	02-Comprobar amarras				
12-011	TRASLACION PUENTE MEC.	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
	01-Ruedas trasiación				
	02-Motor trasiación				
	03-Reductora velocidad normal				
	04-Reductora velocidad lenta				
	05-Frenos. Medir desplazamiento				
	06-Final de recorrido puente				
12-012	TRASLACION CARRO MEC.	<input checked="" type="checkbox"/>	00 - NO APLICABLE		
	01-Ruedas trasiación				
	02-Motor trasiación				
	03-Reductora velocidad normal				
	04-Reductora velocidad lenta				
	05-Frenos. Medir desplazamiento				
	06-Final de recorrido carro				
12-013	ELEVACION PRINCIPAL MEC.	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
	01-Estado general carro polipasto				
	02-Suspensión y fijación polipasto				
	03-Gancho portacargas				
	04-Montón loca superior e inferior				
	05-Tambor del cable y envoltura				
	06-Reductoras				
	07-Motor de elevación				
12-014	ELEVACION AUXILIAR MEC.	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
	01-Estado general carro polipasto				
	02-Suspensión y fijación polipasto				
	03-Gancho portacargas				
	04-Montón loca superior e inferior				
	05-Tambor del cable y envoltura				
	06-Reductoras				
	07-Motor de elevación				
12-015	GIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
	01-Comprobar accionamiento de giro				
	02-Comprobar accionamiento cambio de radio				
12-016	CAMBIO DE RADIO	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
12-017	ENGRASE E HIDRAULICOS	<input checked="" type="checkbox"/>	05 - DEFECTUOSO		
	01-Comprobar circuitos de engrase				
	02-Engrasar en los puntos de lubricación no automáticos				
12-018	SISTEMAS DE SEGURIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	04 - BIEN		
	De acuerdo con el RD 1215/97 comprobar los siguientes puntos				
	01-Sistema anti colisión				
	02-Dispositivos seguridad ganchos				
	03-Limitador de carga. Comprobar su estado				
	04-Resguardos y barandillas				
12-019	CABLES DE IZADO	<input checked="" type="checkbox"/>	05 - DEFECTUOSO		
	01-Estado de cables/cadenas de izado. UNE 58-111-91				
	- Dos o más hilos rotos en una longitud igual a 6 veces el diámetro				
	- Corrosión superficial del cable o deformaciones permanentes				
	- Disminución superior al 3% del diámetro con relación al Ø nominal				
PLACA	COMPROBAR PLACA IDENTIFICACION	<input checked="" type="checkbox"/>	05 - DEFECTUOSO		
	001- Comprobar existencia y estado de la placa de identificación de la máquina o equipo				

Figura 14
Ejemplo de orden de trabajo preventivo

4. Organización de la información. Metodología RCM2

4.1. Introducción

Desde el punto de vista de la Ingeniería cualquier activo físico debe ser mantenido y es susceptible de ser modificado. Podemos definir el mantenimiento como el conjunto de acciones que aseguran que los activos físicos continúan haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan.

Pero los requerimientos son distintos en función de la utilización que se le dé al equipo y del lugar en el que se realice el trabajo. Todo esto nos lleva a definir el mantenimiento centrado en la fiabilidad como un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

El proceso RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema 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?

Las respuestas a estas preguntas convenientemente desarrolladas forman en su conjunto la aplicación del proceso RCM

4.2. Formación de un grupo de trabajo multidisciplinar

En la práctica el personal de mantenimiento no puede responder a todas las preguntas anteriores por si solos. Muchas de las preguntas solo pueden ser respondidas por personal de producción sobre todo a las preguntas relacionadas con las funciones, efectos de fallo, funcionamiento deseado.

Por esta razón la revisión de los requerimientos de mantenimiento debe ser llevada a cabo por pequeños grupos que incluyan al menos una persona de mantenimiento y una persona de producción, es importante que el personal tenga un conocimiento profundo del equipo sobre el que se está trabajando, también es importante que tenga un mínimo de formación en RCM

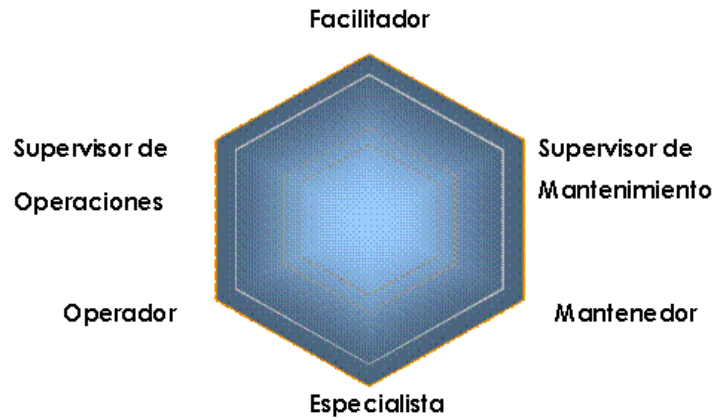


Figura 15
Grupo típico de trabajo RCM

En la aplicación práctica de este caso, se decidió 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.

Cabe señalar las distintas funciones que tiene el facilitador en la aplicación del proceso, que podrían resumirse de la siguiente forma:

- Que el análisis se lleve a cabo en el nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos y que los datos queden debidamente registrados.
- Que RCM sea 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.

Como facilitador de este análisis RCM 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, tras las cuales se obtuvieron las nuevas gamas de mantenimiento fruto del estudio RCM, así como algunas mejoras que a día de hoy están en proceso de implantación.

4.3. Análisis de la información aportada.

La información aportada para la aplicación de metodología fue en primer lugar el manual de mantenimiento y manejo del equipo, los parte de trabajo de los mantenimientos realizados tanto correctivos como preventivo, una tabla Excel con el resumen de la información de los partes de trabajo (clase de trabajo, horas invertidas, tiempo de parada, fecha, etc.), información sobre RCM (introducción de metodología), normas de aplicación tanto para el mantenimiento de las grúas pórtico como para el proceso de implantación de RCM.

4.3.1. Listado de normas aportado

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

Aparte de las normas aportadas, se tuvieron en cuenta los procedimientos internos de la compañía en cuanto a los requisitos de calidad y cumplimiento de normas.

4.3.2. Listado completo de averías

A continuación se detalla un listado completo de averías, y mantenimientos realizados extraído de Prisma3, sobre la grúa L201207 en el periodo comprendido entre los años 2008 (Octubre) a 2012

Los archivos anteriores a las fechas indicadas no se encuentran en el mismo formato informático y por lo tanto su utilización resultaba más complicada.

Del análisis de la tabla se obtienen los siguientes datos generales.

Tabla 4
Histórico de mantenimientos

Año	Preventivo		Correctivo	
	Horas	Intervenciones	Horas	Intervenciones
2009	59,5	4	45	5
2010	39	4	51	3
2011	42	4	62	2
2012	61	4	80	4

Tabla 5
Actuaciones realizadas entre 2008 y 2012

Ordenes de Trabajo. Lista sencilla

Activo Contiene I201207 GRUA PORTICO 25 TN ELYMA M. Armamento

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	Grua 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
7782	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/09/2009 12:	FERREGAS	2
7783	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/09/2009 12:	FERREGAS	3
8961	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	01/12/2009 07:	FERREGAS	2
8962	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	01/12/2009 07:	FERREGAS	2
10876	CABLES DE IZADO	CS	05/10/2009 09:	FERREGAS	0,016666667
10954	LA PLUMA NO ABRE	CP	08/10/2009 10:	FERREGAS	6
11049	NO ABRE LA PLUMA	CP	14/10/2009 12:	FERREGAS	4
12690	Reparación de grua Nº 7	CP	07/01/2010 11:	FERREGAS	12
13168	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/03/2010 12:	FERREGAS	9
13169	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/03/2010 12:	FERREGAS	2
14062	REPARACION AVERIA GRUA PORTICO Nº7	CP	15/02/2010 08:	FERREGAS	6
15326	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/06/2010 12:	FERREGAS	4
15327	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/06/2010 12:	FERREGAS	4
18512	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/09/2010 12:	FERREGAS	8
18643	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS Y POLIPASTOS	PR	16/09/2010 12:	FERREGAS	8
20623	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/12/2010 12:	FERREGAS	2
20624	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS	PR	16/12/2010 12:	FERREGAS	2
21545	RETIRADA DE LA TELA ASFALTICA	MJ	01/10/2010 08:	FERREGAS	33
23008	INSPECCION BIANUAL GANCHOS GRÚA	PR	02/03/2011 12:		0
23009	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/03/2011 12:	FERREGAS	4
23010	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS	PR	16/03/2011 12:	FERREGAS	4
26406	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/06/2011 12:	FERREGAS	4
26407	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS	PR	16/06/2011 12:	FERREGAS	4
27453	MONTAJE DE ELEMENTOS CABINA DE MANDO	CS	28/04/2011 11:	FERREGAS	36
29053	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/09/2011 12:	FERREGAS	8
29054	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS	PR	16/09/2011 12:	FERREGAS	8
29419	PIPA ROTA	CP	15/07/2011 11:	FERREGAS	26
30485	MANT. TRIM. ELÉCTRICO GRUAS	PR	16/12/2011 12:	FERREGAS	4
30486	MANT. TRIM. MECANICO GRUAS	PR	16/12/2011 12:	FERREGAS	6
34781	MANTENIMIENTO TRIMESTRAL GRUA PORTICO	PR	15/02/2012 12:	FERREGAS	16
40237	MANTENIMIENTO TRIMESTRAL GRUA PORTICO	PR	27/06/2012 12:	FERREGAS	15
40853	CORREGIR ANOMALIAS PREV OT 40237	CS	30/06/2012 09:	FERREGAS	50
42012	REPARAR GRUA PORTICO Nº7	CS	12/07/2012 08:	FERREGAS	4
42381	MANTENIMIENTO TRIMESTRAL GRUA PORTICO	PR	27/09/2012 12:	FERREGAS	14
45666	MANTENIMIENTO TRIMESTRAL GRUA PORTICO	PR	27/12/2012 12:	FERREGAS	16
46368	REPARAR CARRETE TOMA DE CORRIENTE	A	11/12/2012 11:	FERREGAS	18
46369	REPARAR TAPA TOMA DE CORRIENTE	A	11/12/2012 11:	EGALIFA	8

CS: Mantenimiento correctivo sin parada del equipo.

CP: Mantenimiento correctivo con parada del equipo.

PR: Mantenimiento preventivo.

A: Anomalia.

MJ: Mejora.

4.4. Definición de los subsistemas

Uno de los objetivos es definir las funciones que debe realizar el equipo. En equipos de especial complejidad es conveniente dividirlo en diferentes subsistemas para facilitar la labor de definir correctamente las funciones.

Debemos tener en cuenta que para que un sistema cumpla su función, cada uno de los subsistemas en que se subdivide debe cumplir la suya, por lo tanto es necesario también listar las funciones para cada uno de ellos.

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:

1. Estructura
2. Elevación
3. Radio
4. Traslación
5. Giro
6. Ergonomía
7. Seguridad y control
 - a. Alimentación eléctrica
 - b. Escalas de acceso
 - c. Puesto de mando
 - d. Iluminación
 - e. Seguridades y alarmas
8. Contención y medio Ambiente

¿Por qué se han definido estos subsistemas? Se han definido subsistemas para poder focalizar más en el análisis de las funciones.

1. **Estructura:** el equipo se puede considerar muy antiguo con unos 36 años de servicio, ubicado en un muelle próximo al mar, en una zona con una humedad relativa normalmente muy elevada, la suma de estos factores llevo al grupo a la conclusión de que era preciso dar la entidad adecuada a la estructura de la grúa para definir correctamente las funciones que debe cumplir.
2. **Elevación:** incluye los mecanismos asociados para la elevación de la carga tanto del gancho auxiliar como del gancho principal (motores, sistemas de frenado).
3. **Radio:** incluye todos los elementos estructurales para la realización de la correcta apertura del radio también motores y sistema de bloqueo, es de destacar que el detector de momentos va asociado a este subsistema.
4. **Traslación:** contempla los carretillos de traslación en el que incluyen las ruedas sobre raíles, motores, sistemas de frenado y avisadores acústicos.

5. **Giro:** encargado de hacer girar toda la superestructura para poder maniobrar con la carga de forma adecuada, es de destacar el sistema de frenado hidráulico por activación manual.
6. **Ergonomía:** subsistema generado ante la insistencia de los operadores de atender a sus peticiones del cumplimiento de la normativa en cuanto a adecuación y confort de los puestos de trabajo.
7. **Seguridad y control:** incluye unas divisiones del propio subsistema para que pudiese definirse correctamente las funciones que tenían que cumplir, este subsistema es el más amplio, afecta a todo el equipo en su conjunto, desde la luz de gálibos hasta los topes anticolidión.
8. **Contención y medio ambiente:** dada la antigüedad de los equipos en ocasiones de producen fugas de lubricantes bien por averías o bien por exceso de celo en la aplicación durante el mantenimiento, generando con ello un problema medioambiental.

4.5. Establecer las funciones que debe desempeñar el equipo

A partir de este apartado tenemos la información necesaria para poder responder a la primera de las preguntas que nos hace la metodología.

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento en su contexto operacional actual?

Citando una frase de John Moubray, la definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario.

Desde el punto de vista de la aplicación práctica a la grúa pórtico fue la parte de la metodología que más reuniones necesito para lograr un avance significativo por la dificultad de encontrar las definiciones adecuadas para las funciones por parte de los operadores, al igual que los valores de algunos de los parámetros de funcionamiento adecuados.

El resultado de las funciones obtenidas se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6
Funciones del sistema

FUNCION	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN
1	ESTRUCTURA	Soportar una carga de 25 ton sin deformarse
2	ESTRUCTURA	Garantizar la seguridad de los gruistas y mantenedores en los desplazamientos por la grúa
3	ESTRUCTURA	Permitir los movimientos de traslación giro y radio, sin interferencias mecánicas.
4	ESTRUCTURA	Los caminos de rodadura deben estar alineados y libres de objetos.
5	ELEVACION	Izar y arriar una carga con gancho principal de hasta 25 Tn (18 m de radio), a 12 mpm. si q = hasta 12 Tn, a 6 mpm si q= entre 6 y 12 Tn
6	ELEVACION	Izar o arriar una carga de hasta 5 tan con gancho auxiliar, a 50 mpm si q= hasta 2,5 Tn, a 25 mpm si q= hasta 5 Tn
7	ELEVACION	Interrumpir la maniobra de izado/arriado en un tiempo máximo de 2 sg. Soportando

FUNCION	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN
		la carga
8	ELEVACION	El gancho debe detener su movimiento de bajada a una distancia de 1 metro del suelo
9	ELEVACION	El gancho debe detener su movimiento de izado a una distancia de 3 metros de la roldana superior
10	ELEVACION	La grúa debe bloquearse cuando se levante una carga superior a 25 Tn
11	ELEVACION	Ante la falta de suministro eléctrico el movimiento de izado/arriado debe ser capaz de bloquearse en un tiempo máximo de 2 sg y soportar una carga de 25 Tn durante una hora.
12	ELEVACION	El cable de acero debe ser capaz de soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal
13	ELEVACION	El gancho de acero debe soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal sin presentar deformaciones, debe girar libremente sobre sí mismo y debe evitar que la eslinga pueda salir fuera del gancho durante las maniobras
14	ELEVACION	El conjunto motor/reductora debe ser capaz de proporcionar una potencia de 50Cv en la elevación principal y de 41 C.V. en la elevación auxiliar a 750 rpm
15	RADIO	Alargar y recoger la pluma, variación del radio a una velocidad de 25 mpm
16	RADIO	Detener el movimiento de extensión de la pluma a una distancia de 32 m de radio
17	RADIO	Detener el movimiento de recogida a una distancia de 13 m de radio
18	RADIO	Informar al manipulador en todo momento de la apertura de radio
19	TRASLACION	La grúa debe poder desplazarse en los dos sentidos del camino de rodadura a una velocidad máxima de 25 mpm
20	TRASLACION	El manipulador podrá detener el movimiento de traslación de la grúa en un tiempo máximo de 3 sg, a voluntad.
21	TRASLACION	Si durante la maniobra de traslación se encontrase algún obstáculo en los caminos de rodadura la grúa deberá bloquearse
22	TRASLACION	Mientras dure el movimiento de traslación el avisador acústico y luminoso debe estar activado de forma continua.
23	GIRO	Permitir el giro de la pluma de la grúa 360° en ambos sentidos a una velocidad de 0,75 mpm
24	GIRO	Parar el movimiento de giro a voluntad del manipulador mediante mecanismo hidráulico
25	ERGONOMIA	Las ventanas de la sala de máquinas y de la cabina, deben proteger de las inclemencias meteorológicas y se debe manipular su apertura/cierre con un esfuerzo inferior a 2 kgf
26	ERGONOMIA	Avisador acústico y luminoso debe poder accionarse sin soltar los mandos de la grúa.
27	ERGONOMIA	El asiento debe ser capaz de soportar un peso de 100 kg durante 3 horas, sin deformarse, ni provocar fatiga, ni somnolencia en el manipulador.
28	ERGONOMIA	La cabina debe reunir las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para no provocar estrés térmico. Cumpliendo la normativa RD486/95
29	SEGURIDAD Y CONTROL	Con vientos superiores a los 30 Km./hora la pluma debe girar libremente (veleta)
30	SEGURIDAD Y CONTROL	Con vientos superiores a los 30 Km. /hora el movimiento de traslación de la grúa debe bloquearse
31	SEGURIDAD Y CONTROL	Trincas de sujeción al suelo deben quedar bloqueados por un operario en un tiempo máximo de 3 minutos.
32	SEGURIDAD Y CONTROL	Los cristales de la cabina y la sala de máquinas deben ser capaces de tener un nivel de transparencia adecuado como para no provocar un deslumbramiento con la proyección de un foco exterior.
33	SEGURIDAD Y CONTROL	Las puertas laterales de la sala de máquinas deben proteger de caídas a distinto nivel y evitar la salida al exterior de forma involuntaria.
34	SEGURIDAD Y CONTROL	Trampillas de acceso entre distintos niveles deben impedir que se produzcan caídas entre estos, se debe poder accionar su apertura/cierre con un esfuerzo inferior a 5kgf
35	SEGURIDAD Y CONTROL	Alimentar eléctricamente todos los puntos que requieran servicio

FUNCION	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN
36	SEGURIDAD Y CONTROL	Todos los accesos a la grúa deben disponer de iluminación artificial y accionarse a voluntad del manipulador.
37	SEGURIDAD Y CONTROL	Los locales interiores, cabina, acceso y sala de máquinas deben disponer de iluminación y accionarse a voluntad del manipulador
38	SEGURIDAD Y CONTROL	Los focos exteriores de contorno de la grúa y los focos exteriores de la cabina deben accionarse a voluntad del operador.
39	SEGURIDAD Y CONTROL	La luz de galibo debe encenderse en horas nocturnas de forma autónoma.
40	SEGURIDAD Y CONTROL	El avisador acústico y luminoso deberá poder accionarse a voluntad del operador.
41	SEGURIDAD Y CONTROL	El gruista deberá estar informado de la velocidad y de la dirección del viento en todo momento.
42	SEGURIDAD Y CONTROL	No permitir el accionamiento de ningún movimiento de manera involuntaria.
43	SEGURIDAD Y CONTROL	El gruista debe poder comunicarse con el jefe de maniobra en todo momento
44	SEGURIDAD Y CONTROL	En caso de emergencia deberá poder detenerse la maniobra desde la parte inferior de la grúa (emergencias en carros del pórtico)
45	CONTENCION Y MEDIO AMBIENTE	Sistema de engrase debe ser capaz de conducir la grasa a todos los puntos terminales, sin que se produzcan derrames durante su recorrido.
46	CONTENCION Y MEDIO AMBIENTE	Los registros de acceso a zonas muertas de la estructura deben ser capaces de impedir la entrada de agua (patas del pórtico y contrapesa de la sala de máquinas).
47	CONTENCION Y MEDIO AMBIENTE	Contener el aceite sin que se produzcan derrames.
48	CONTENCION Y MEDIO AMBIENTE	Contener líquido hidráulico sin que se produzcan derrames.

4.6. Estructura orgánica funcional

Cuando nos referimos a una estructura orgánica funcional, lo que se está buscando es un esquema de jerarquización de funciones y división de las mismas en distintos grupos.

El objetivo de la estructura orgánica funcional es definir claramente los elementos críticos que forman parte de los subsistemas.

Para ello definimos como conjunto al grupo de elementos que forman un sistema y como subconjunto a todos los elementos que forman un conjunto.

Dada la complejidad de un análisis completo para toda la grúa solo se aplica a los elementos que el grupo de trabajo considero como más críticos.

A continuación se muestra la tabla de la estructura orgánica funcional que se obtuvo como resultado de las correspondientes reuniones de trabajo.

Tabla 7
Estructura orgánica funcional

REF1	SUBSISTEMA	REF2	CONJUNTO	SUBCONJUNTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	ESTRUCTURA	1	NO DETALLADO. EXCLUIDO	NO DETALLADO. EXCLUIDO	CONJUNTO DE PERFILES Y ELEMENTOS SOLDADOS QUE PROPORCIONAN RESISTENCIA ESTRUCTURAL.	EXCLUIDO ESTUDIO RCM. SE HA REALIZADO RECIENTEMENTE UNA INSPECCIÓN ESTRUCTURAL.
6	PUESTO DE MANDO	6	ESTRUCTURA DE CASETA DE PUESTO DE MANDO Y MÁQUINAS	N/A	CONJUNTO DE PERFILES Y ELEMENTOS SOLDADOS QUE PROPORCIONAN RESISTENCIA ESTRUCTURAL.	EXCLUIDO ESTUDIO RCM. SE HA REALIZADO RECIENTEMENTE UNA INSPECCIÓN ESTRUCTURAL.
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN PRINCIPAL	TAMBOR	CONJUNTO DE DOS TAMBORES CON ESPIRAS TORNEADAS PARA ALOJAR LAS VUELTAS DEL CABLE.	SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN PRINCIPAL	CABLE		SUJETO A NORMATIVA Y CERTIFICACIONES
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN PRINCIPAL	POLEAS		
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN PRINCIPAL	GANCHO Y PRESILLA DE SEGURIDAD	DISEÑADO PARA QUE LA CARGA GIRE SOBRE SÍ MISMA	SE REALIZA UNA INSPECCION POR OCA CADA DOS AÑOS
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN PRINCIPAL	RODILLOS		EVITAN EL ROCE DE LOS SENOS DEL CABLE CON LOS TIRANTES.
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN PRINCIPAL	PUENTE COMPENSADOR		CONOCIDO HABITUALMENTE COMO "BALANCÍN".
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN AUXILIAR	TAMBOR	CON ESPIRAS TORNEADAS PARA ALOJAR LAS VUELTAS DEL CABLE	SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN AUXILIAR	CABLE		SUJETO A NORMATIVA Y CERTIFICACIONES
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN AUXILIAR	POLEAS		
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN AUXILIAR	GANCHO Y PRESILLA DE SEGURIDAD	DISEÑADO PARA QUE LA CARGA GIRE SOBRE SÍ MISMA	SE REALIZA UNA INSPECCION POR OCA CADA DOS AÑOS
2	ELEVACIÓN	2	CARRETE ELEVACIÓN AUXILIAR	RODILLOS		EVITAN EL ROCE DE LOS SENOS DEL CABLE CON LOS TIRANTES.
2	ELEVACIÓN	2	REDUCTORA ELEVACIÓN PRINCIPAL	N/A	DOTADA DE PALANCA DE CAMBIO MANUAL	SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS. SI SE SELECCIONA LA POSICIÓN DE VELOCIDAD RÁPIDA PUEDE DAR LUGAR A CAIDA DE LA CARGA (DEBIERA TENER UN LIMITADOR DE CARGA DISTINTO SEGÚN EN LA POSICIÓN EN LA QUE ESTÉ)
2	ELEVACIÓN	2	MOTORES ELEVACIÓN PRINCIPAL	N/A	2 MOTORES ENGRANADOS A LA REDUCTORA.	SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS
2	ELEVACIÓN	2	FRENOS ELEVACIÓN PRINCIPAL	N/A	2 FRENOS ELECTROHIDRÁULICOS (ELDRÓS)	SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS
2	ELEVACIÓN	2	REDUCTORA ELEVACIÓN AUXILIAR	N/A	DOTADA DE PALANCA DE CAMBIO MANUAL	SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS
2	ELEVACIÓN	2	MOTORES ELEVACIÓN AUXILIAR	N/A		SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS

REF1	SUBSISTEMA	REF2	CONJUNTO	SUBCONJUNTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
2	ELEVACIÓN	2	FRENOS ELEVACIÓN AUXILIAR	N/A	FRENO ELECTROHIDRÁULICO (ELDR0)	SITUADO EN SALA DE MÁQUINAS
3	VARIACIÓN DE RADIO	3	MECANISMO V.R	REDUCTORA	TIPO HUSILLO	SITUADO EN EL CASTILLETE
3	VARIACIÓN DE RADIO	3	MECANISMO V.R	MOTOR		SITUADO EN EL CASTILLETE
3	VARIACIÓN DE RADIO	3	MECANISMO V.R	FRENO	FRENO ELECTROHIDRÁULICO (ELDR0)	SITUADO EN EL CASTILLETE
3	VARIACIÓN DE RADIO	3	MECANISMO V.R	TUBO TELESCÓPICO		PROTEGE CONTRA INTEMPERIE Y CONTIENE BAÑO DE ACEITE
3	VARIACIÓN DE RADIO	3	ARTICULACIONES	N/A	CONJUNTO DE 7 ARTICULACIONES (BULONES Y COJINETES),	LUBRICADAS MANUALMENTE
3	VARIACIÓN DE RADIO	3	RESISTENCIAS	N/A	CONJUNTOS DE RESISTENCIAS QUE PERMITEN LA APERTURA POR PUNTOS	
4	TRASLACION	4	CIMENTACIÓN CIVIL	N/A	OBRA CIVIL REALIZADA SOBRE EL SUELO PARA SOPORTAR EL PESO PROPIO DE LA GRÚA.	EXTERNO A LA GRÚA. EXCLUIDO ESTUDIO RCM.
4	TRASLACION	4	RAILES	N/A	VÍAS SOBRE LAS QUE RUEDA LA GRÚA	EXTERNO A LA GRÚA. EXCLUIDO ESTUDIO RCM.
4	TRASLACIÓN	4	CARRO DE TRASLACION	RUEDAS	CONJUNTO RUEDA, PIÑONES, ETC.	4 BICICLETAS
4	TRASLACIÓN	4	CARRO DE TRASLACION	REDUCTORAS		
4	TRASLACIÓN	4	CARRO DE TRASLACION	M. ENGRASE	CONJUNTO DE DEPÓSITO Y REPARTIDORES, TUBERÍAS, VÁLVULAS, ETC. EL CONJUNTO PRINCIPAL ESTÁ SITUADO EN LA PLATAFORMA DEL PÓRTICO.	NO TODAS LAS GRUAS POSEEN EL SISTEMA DE ENGRASE CENTRALIZADO
4	TRASLACIÓN	4	CARRO DE TRASLACION	MOTORES	1 MOTOR EN CADA CARRO DE TRASLACION	
4	TRASLACIÓN	4	CARRO DE TRASLACION	FRENOS	1 FRENO EN CADA CARRO DE TRASLACION	
4	TRASLACIÓN	4	CARRO DE TRASLACION	N/A		SE EMPLEAN CUANDO LA GRÚA ESTA DESATENDIDA FUERA DE SERVICIO.
5	GIRO	5	PISTA DE GIRO	N/A	INCLUYE RUEDAS DE GIRO	
5	GIRO	5	CORONA	N/A		
5	GIRO	5	MASTIL	N/A		
5	GIRO	5	M. ENGRASE	N/A	COMÚN CON SISTEMA VAR. RADIO. Y ELEVACIÓN SITUADA EN LA SALA DE MÁQUINAS	
5	GIRO	5	REDUCTORA	N/A	REDUCTORAS	
5	GIRO	5	MOTORES	N/A	MOTORES ENGRANADOS A LA REDUCTORA.	
5	GIRO	5	FRENOS	N/A	FRENOS HIDRÁULICOS ACCIONADO DESDE EL PUESTO DE MANDO POR UN PEDAL	
6	PUESTO DE MANDO	6	6 ASIENTO	N/A		
6	PUESTO DE MANDO	6	6 CLIMATIZACIÓN	N/A		NO EXISTE SISTEMA DE CLIMATIZACION EN NINGUNA GRUA
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.A	ALIMENTACION GENERAL	CABLE DE ALIMENTACION ELECTRICA	CABLE DE ALIMENTACION UBICADO EN EL ENRROLLADOR QUE SE ADAPTA A LA POSICION DE LA GRUA	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.A	ALIMENTACION GENERAL	ENRROLLADOR CABLE DE ALIMENTACION	MANTIENE EL CABLE EN LAS CONDICIONES IDONEAS DE TRABAJO PARA EVITAR QUE SE DETERIORE	

REF1	SUBSISTEMA	REF2	CONJUNTO	SUBCONJUNTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.A	SECCIONADOR GENERAL	N/A	SITUADO EN EL CARRO INFERIOR DE TRASLACION	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.A	ÁRBOL DE GIRO	COLECTOR ROTATIVO	PERMITE LA TRASMISIÓN ELÉCTRICA A LOS CONJUNTOS GIRATORIOS DE LA GRÚA	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.A	ÁRBOL DE GIRO	ESCOBILLAS		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.A	ARMARIO DE FUERZA Y PROTECCIÓN EN SALA DE MÁQUINAS	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.A	CABLES DE CONEXIONADO			
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.B	1er TRAMO. ESCALERA SOBRE CARRO INFERIOR DE TRASLACION	N/A	ESCALAS DE ACCESO A LA GRÚA, TANTO PARA LABORES DE PRODUCCIÓN COMO MANTENIMIENTO	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.B	2º TRAMO ESCALERA. DEL PÓRTICO	N/A	ESCALAS DE ACCESO A LA GRÚA, TANTO PARA LABORES DE PRODUCCIÓN COMO MANTENIMIENTO	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.B	3er TRAMO. ESCALA Y ESCALERA POR LA COLUMNA BLOQUE HASTA PLATAFORMA PISTA DE GIRO	N/A	ESCALAS DE ACCESO A LA GRÚA, TANTO PARA LABORES DE PRODUCCIÓN COMO MANTENIMIENTO	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.B	4º TRAMO. ESCALERA ACCESO CASETA.	N/A	ESCALAS DE ACCESO A LA GRÚA, TANTO PARA LABORES DE PRODUCCIÓN COMO MANTENIMIENTO	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.B	5º TRAMO. ESCALA ACCESO TELESCOPIO RADIO DE GIRO (CASTILLETE)	N/A	ESCALAS DE ACCESO A LA GRÚA, PARA LABORES DEMANTENIMIENTO	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.B	ESCALAS ACCESO TIRANTES Y PLUMAS	N/A	ESCALAS DE ACCESO A LA GRÚA, PARA LABORES DE MANTENIMIENTO	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	LUCES DE ILUMINACIÓN DE ESCALAS DE ACCESO	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	LUCES DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	BOMBILLAS DE EMERGENCIA		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	LUCES DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	BATERÍAS		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	FOCO DE ILUMINACIÓN ÁREA DE TRANSLACIÓN BAJO EL PÓRTICO.	CUADRO ELÉCTRICO	SITUADO EN CARRO DE TRASLACION	EN ESTE CUADRO ESTÁ SITUADO EL TELÉFONO
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	FOCO DE ILUMINACIÓN ÁREA DE TRANSLACIÓN BAJO EL PÓRTICO.	FOCOS	4 FOCOS	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	FOCO DE ILUMINACIÓN ÁREA DE TRABAJO	N/A	2 FOCOS	
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	SALA MÁQUINAS	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	CABINA	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	CUADRO ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN	N/A		ESTÁ SITUADO EN LA CABINA DE MANDO
7	PUESTO DE MANDO	7.C	COMUNICACIÓN	TELÉFONO		COMUNICA CON TERMINAL EN CARRO DE TRASLACION
7	PUESTO DE	7.C	COMUNICACIÓN	WALKIE TALKIE		COMUNICA CON

REF1	SUBSISTEMA	REF2	CONJUNTO	SUBCONJUNTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
	MANDO					PERSONAL PRODUCCIÓN
7	PUESTO DE MANDO	7.C	KIT UTENSILIOS	N/A		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	JOY STICK ELEVACIÓN+GIR O		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	JOY STICK TRASLACIÓN+V R		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	PEDAL FRENO		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	SIRENA		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	PARADA DE EMERGENCIA		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	INDICADORES VR		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	INDICADOR VIENTO		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	SISTEMA MANDO	PILOTOS DE SEÑALIZACIÓN		
7	PUESTO DE MANDO	7.C	PARABRISAS	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.D	LUZ ANTICOLISIÓN	N/A		REQUERIDA POR NORMAS AERONÁUTICAS
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	ANEMÓMETRO	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	PARADA EMERGENCIA TRASLACIÓN	N/A	SETA SITUADA EN LOS CARROS DE TRASLACION	ACTUALMENTE NINGUNA GRUA DISPONE DE ELLA
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADOR CARGA	N/A		ACTUALMENTE NINGUNA GRUA DISPONE DE ELLA
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADOR PAR	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADOR DE ALTURA	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADOR BAJADA	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	CABLE MONTADO	N/A		NO SE DISPONE DE NINGUN MECANISMO QUE INDIQUE QUE EL CABLE ESTA MONTADO
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADOR APERTURA V.R.	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADOR CIERRE V.R.	N/A		
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADOR SOBREV ELOCIDA D	N/A		ACTUALMENTE NINGUNA GRUA DISPONE DE ELLA
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	LIMITADORES DE SEGURIDAD EN V.R. Y ELEVACIÓN.	N/A	ACTÚAN EN CASO DE FALLO DE LOS LIMITADORES DE ALTURA, BAJADA, DE APERTURA Y CIERRE DE V.R. PARAN LA GRÚA (IGUAL QUE LA SETA DE EMERGENCIA). NO ES REARMABLE POR EL MANIPULADOR.	ACTUALMENTE NINGUNA GRUA DISPONE DE ELLA
7	SEGURIDAD Y CONTROL	7.E	INDICADOR LUMINOSO Y SONORO TRASLACIÓN	N/A		

4.7. Hoja de información

4.7.1. ¿Qué es la hoja de información?

La hoja de información es donde se refleja toda la información y las decisiones por el grupo de trabajo a lo largo del avance de las distintas reuniones en función de los datos a los que se ha tenido acceso.

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, 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.

La hoja de información se presenta en la tabla 8:

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	Caída de personal o tropiezos en zonas oscuras	P.F. E
				2A2 No existencia o mal funcionamiento de las lámparas de emergencia.	Caída de personal o tropiezos en zonas oscuras	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.
		2B No garantiza: zonas resbaladizas	2B1 Perdidas en el circuito de engrase		Caída de personal, deslizamientos en zonas impregnadas, deterioro de superficies	
			2B2 Ensuciamiento por labores de mantenimiento y no realizar posterior limpieza		Caída de personal, deslizamientos en zonas impregnadas, deterioro de superficies	
		2C No garantiza, barandillas	2C1 Tinteros y/o barandillas debilitada por corrosión		Caída de personal , desprendimiento de partes de la grúa	al menos una vez al año se revisa la estructura completa de la grúa
N	3	Permitir los movimientos de traslación giro y radio, sin interferencias mecánicas.	3A No permite: obstáculos en la traslación	3A1 Grúa mal posicionada	Golpes sobre el obstáculo, deterioro de la zona de los carretones	Es un tema de formación de manipuladores

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS		
N	4	Los caminos de rodadura deben estar alineados y libres de objetos.	3B	No permite: obstáculos en el giro	3A2	Interferencias con los trabajos de producción.	Retraso en la ejecución de los trabajos	Formación y experiencia de los manipuladores		
					3B1	Grúa mal posicionada	Golpes sobre el obstáculo, deterioro de la zona de la pluma			
					3B2	Interferencias con los trabajos de producción.	Retraso en la ejecución de los trabajos			
					3C	No permite: obstáculos en el movimiento de radio.	3C1		Grúa mal posicionada	Golpes sobre el obstáculo, deterioro de la zona de la pluma
			3C2	Interferencias con los trabajos de producción.	Retraso en la ejecución de los trabajos					
			4A	Camino de rodadura desalineado	4A1		La grúa en el movimiento de traslación queda bloqueada.		Las ruedas de los carros de traslación se atascarían en los raíles forma que no respondería a la orden de traslación, si se continuase forzando el motor podría llegar a saltar la protección del motor de traslación.	Correspondería a Obras Civiles, excluido del estudio de RCM, se recomienda una comprobación de la alineación de los raíles cada tres años
			4A2		Apoyo incorrecto de los carretones, grúa inestable.		Caída del pórtico, la única forma de que se produzca es que el terreno sobre el que apoyan los caminos de rodadura ceda.		El apoyo incorrecto de los carretones debido a desniveles del terreno.	

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	5	Izar y arriar una carga con gancho principal de hasta 25 Tn (18 m de radio), a 12 mpm si q = hasta 12 Tn, a 6 mpm si q= entre 6 y 12 Tn	5A	No iza ni arria	5A1	No llega tensión, cable de alimentación deteriorado, fallo en el colector del enrollador.	Pórtico totalmente inoperativo, no llega tensión a ningún elemento de la grúa.	La avería se puede producir tanto en el cable por deterioro (patrón de fallo B o C), en la clavija toma de corriente (P.F. C o E, la sustitución de la clavija supone dos horas), colector rotativo por desgaste de las escobillas (P.F. B o C). Cable chafado por paso de vehículos.
					5A2	Fallo motor eléctrico elevación principal (fallo de protecciones, motor quemado)	Imposibilidad de levantar cargas, el resto de movimientos de la grúa siguen operativos, en caso de quedar una carga suspendida se debería de arriar de forma manual.	El motor está protegido por el guarda motor, este debería cumplir su cometido. P.F. E
					5A3	Fallo motor eléctrico eldro, freno bloqueado	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					5A4	No llega tensión al motor eléctrico del eldro, freno bloqueado.	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. E
					5A5	Fallo del Eldro, falta aceite, freno bloqueado.	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C
					5A6	Fallo del Eldro, disco interno roto, acoplamiento eje de salida roto, freno bloqueado.	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C
					5A7	Reductora bloqueada	Se pueden llegar a disparar las protecciones del motor eléctrico de elevación.	P.F. B o C
					5A8	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad del movimiento de elevación	Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de elevación de la carga, la grúa no responde de la forma deseada a los movimientos solicitados	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)

AMF	FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (CAUSAS)	EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS	
		5B	5A9	Cable amontonado en el tambor	Disparo del fin de carrera del cable, Rotura del cable, Deterioro de los apoyos del tambor enrollables (cojinetes de apoyo o sujeción de los mismos), Disparo de las seguridades del motor eléctrico de elevación	P.F. E
			5A10	Fallo contactores subida y bajada	Ningún movimiento en la elevación	P.F. B o C
		5C	5B1	Fallo del fin de carrera superior	El gancho continua subiendo pudiendo llegar a golpear el conjunto del gancho con el plumin, llegando incluso a caer al tierra	P.F. B o C
			5B2	Fallo de contactores	Los contactores no permiten que llegue corriente al movimiento de bajada (motor)	P.F. E
		5D	5C1	Limitador de momentos disparado	Es necesario aliviar la carga para que se rearme el limitador de momentos. Solo permite el movimiento de arriado	P.F. E
			5C3	Fallo del fin de carrera superior	El gancho continua bajando pudiendo llegar a despolearse si toca en tierra y el manipulador no se da cuenta	P.F. B o C
			5C4	Fallo de contactores subida	Los contactores no permiten que llegue la corriente al movimiento de izado	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
			5D1	Frenos mal regulados	Movimiento inesperado de la carga. Las zapatas pueden quedar agarrotadas o bien no se detiene la carga en el tiempo establecido	Regulación de los frenos por parte de personal de mantenimiento, si se fuerza el movimiento se pueden producir calentamientos P.F. B o C

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS	
S	6	Izar o arriar una carga de hasta 5 Tn con gancho auxiliar, a 50 mpm si q= hasta 2,5 Tn, a 25 mpm si q= hasta 5 Tn	6A	No iza ni arria	5D2	Posición de velocidad en la reductora errónea	Puede llegar a producirse un movimiento inesperado de la carga o poder elevarla.	Sería conveniente informar a los manipuladores sobre la forma de funcionamiento de la reductoras.	
					5D3	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad	Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de la carga		P.F. B o C
					5D4	Falta de potencia del motor eléctrico	Movimiento lento y posible calentamiento del motor, motor en cortocircuito		P.F. B o C
					6A1	No llega tensión, cable de alimentación deteriorado, fallo en el colector del enrollador.	Pórtico totalmente inoperativo, no llega tensión a ningún elemento de la grúa.	La avería se puede producir tanto en el cable por deterioro (patrón de fallo B o C), en la clavija toma de corriente (P.F. C o E, la sustitución de la clavija supone dos horas), colector rotativo por desgaste de las escobillas (P.F. B o C) El motor está protegido por el guarda motor, este debería cumplir su cometido. P.F. E	
					6A2	Fallo motor eléctrico elevación auxiliar (fallo de protecciones, motor quemado)	Imposibilidad de levantar cargas, el resto de movimientos de la grúa siguen operativos, en caso de quedar una carga suspendida se debería de arriar de forma manual.		
					6A3	Fallo motor eléctrico Eldro, freno bloqueado	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos		P.F. B o C
					6A4	No llega tensión al motor eléctrico del Eldro, freno bloqueado.	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos		P.F. B o C
6A5	Fallo del Eldro, falta aceite, freno bloqueado.	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C						

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)	EFFECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS	
			6B	Iza pero no arria	6A6	Fallo del Eldro, disco interno roto, acoplamiento eje de salida roto, freno bloqueado.	El movimiento de elevación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C
					6A7	Reductora bloqueada	Se pueden llegar a disparar las protecciones del motor eléctrico de elevación.	P.F. B o C
					6A8	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad	Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de elevación de la carga, la grúa no responde de la forma deseada a los movimientos solicitados	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)
					6A9	Cable amontado en el tambor	Disparo del fin de carrera del cable, Rotura del cable, Deterioro de los apoyos del tambor enrollables (cojinetes de apoyo o suportación de los mismos), Disparo de las seguridades del motor eléctrico de elevación	P.F. E
					6A10	Fallo contactores	Ningún movimiento en la elevación	P.F. B o C
					6B1	Fallo del fin de carrera superior	Puede llegar a golpear el conjunto del gancho con el plumín, llegando incluso a caer al tierra	P.F. B o C
					6B2	Fallo de contactores	Si los contactores se quedan pegados, no se detiene el movimiento de izado, no actúan las seguridades ya que estas actúan sobre el contactor (fin de carrera, protección motor)	P.F. E

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS	
			6C	No iza pero si arria	6C1	Limitador de momentos disparado	Es necesario aliviar la carga para que se rearme el limitador de momentos. Solo permite el movimiento de arriado	P.F. E
			6C2	Fallo del fin de carrera		El cable puede despolearse si toca en tierra y el manipulador no se da cuenta	P.F. B o C	
			6C3	Fallo de contactores		Los contactores no permiten que llegue la corriente	P.F. B o C	
			6D	La velocidad de izado o arriado no corresponde a lo solicitado por el manipulador	6D1	Frenos mal regulados	Movimiento inesperado de la carga. Las zapatas pueden quedar agarrotadas o bien no se detiene la carga en el tiempo establecido	Regulación de los frenos por parte de personal de mantenimiento, si se fuerza el movimiento se pueden producir calentamientos P.F. B o C
			6D2	Posición de velocidad en la reductora errónea		Puede llegar a producirse un movimiento inesperado de la carga o poder elevarla.	Sería conveniente informar a los manipuladores sobre la forma de funcionamiento de las reductoras.	
			6D3	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad		Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de la carga	P.F. B o C	
			6D4	Falta de potencia del motor eléctrico		Movimiento lento y posible calentamiento del motor	P.F. B o C	
S	7	Interrumpir la maniobra de izado/arriado en un tiempo máximo de 2 sg. Soportando la carga	7A	La maniobra no se interrumpe en el tiempo establecido	7A1	Fallo de contactores	Si los contactores se quedan pegados la maniobra no se interrumpe	Puede ser necesario interrumpir la maniobra con la parada de emergencia. Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	8	El gancho debe detener su movimiento de bajada a una distancia de 1 metro del suelo	7B	La maniobra se interrumpe en el tiempo establecido pero no es capaz de soportar la carga.	7A2	Fallo de frenos, ferodos desgastados, contactores pegados	En el movimiento de izado/arriado un fallo de los frenos puede provocar que no se detenga el movimiento a voluntad del gruistas (contactores pegados, ferodos desgastados).	Regulación de los frenos y comprobación de contactores por parte de personal de mantenimiento, P.F. B o C
					7B1	Fallo regulación frenos	La carga continua bajando, en contra de la voluntad del operador	Regulación de los frenos por parte de personal de mantenimiento, P.F. B o C
					8A1	Fallo fin de carrera	Si falla el fin de carrera y el operador no se percata de la situación, la polea del plumín llega a tocar tierra o cualquier superficie, pudiendo llegar a despolearse el cable de acero de la polea del plumín	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					8A2	Fallo de contactores	Continua el movimiento de bajada no obedeciendo al operador, puede provocar el despoleamiento de la roldana del plumín o el choque de la carga contra el suelo o la cubierta del buque sobre la que se encuentre.	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
S	9	El gancho debe detener su movimiento de izado a una distancia de 3 metros de la roldana superior	9A	El gancho no se detiene a la altura deseada	9A1	Fallo fin de carrera	Disparo de las protecciones del motor eléctrico. Rotura del cable y caída del gancho.	P.F. E
					9A2	Fallo de contactores	El gancho sigue subiendo de forma continua, no actúa el fin de carrera y no actúa la protección del motor (estas protecciones en condiciones normales actuarían sobre sobre el propio contactor)	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
S	10	La grúa debe bloquearse cuando se levante una carga superior a 25 Tn	10A	No se bloquea por sobrecarga.	10A1	Fallo mecánico del limitador de momentos	Sobrecarga de la estructura, posible vuelco del pórtico	P.F. B o C

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
					10A2	Fallo eléctrico del limitador de momentos	Sobrecarga de la estructura, posible vuelco del pórtico	P.F. E
					10A3	Fallo de regulación del limitador de momentos	Sobrecarga de la estructura, posible vuelco del pórtico	
			10B	Queda bloqueada sin llegar a la carga nominal	10B1	Fallo mecánico del limitador de momentos	El equipo no es capaz de trabajar con la carga máxima	Fallo oculto del sistema, el operador no tiene posibilidad de saber que el limitador esta averiado, es recomendable la colocación de una célula de carga, P.F. B o C
					10B2	Fallo eléctrico del limitador de momentos	El equipo no es capaz de trabajar con la carga máxima	P.F. E
					10B3	Fallo de regulación del limitador de momentos	El equipo no es capaz de trabajar con la carga máxima	La grúa queda bloqueada con una carga inferior a la nominal máxima, es necesario aliviar la carga para que se rearme el limitador de momentos, no se da habitualmente.
S	11	Ante la falta de suministro eléctrico el movimiento de izado/arriado debe ser capaz de bloquearse en un tiempo máximo de 2 sg y soportar una carga de 25 Tn durante una hora.	11A	No es capaz de soportar la carga durante el tiempo establecido.	11A1	Frenos mal regulados	Se produce un movimiento inesperado de la carga	Provocado normalmente por falta de tensión en el muelle de regulación o bien por desgaste de los ferodos, es necesario avisar a personal de mantenimiento para corregir la deficiencia. P.F. B o C
N	12	El cable de acero debe ser capaz de soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal	12A	No soporta la carga de prueba	12A1	Hilos rotos, deformaciones permanentes del cable.	Rotura inesperada del cable de acero, posible caída de la carga.	

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	13	El gancho de acero debe soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal sin presentar deformaciones, debe girar libremente sobre sí mismo y debe evitar que la eslinga pueda salir fuera del gancho durante las maniobras	13A	No soporta la carga de prueba	12A2	Cable amontado en el tambor, llegando a romper.	Rotura del cable, Deterioro de los apoyos del tambor enrollables (cojinetes de apoyo o sujeción de los mismos), Disparo de las seguridades del motor eléctrico de elevación	
					13A1	Gancho agrietado o deformado		
S	14	El conjunto motor/reductora debe ser capaz de proporcionar una potencia de 50Cv en la elevación principal y de 41 C.V. en la elevación auxiliar a 750 rpm	14A	Motor de elevación principal no es capaz de proporcionar la potencia deseada	14A1	No llega la tensión adecuada	El motor puede funcionar a menos revoluciones de las deseadas o bien sufrir un calentamiento	P.F. E
					14A2	Fallo motor, escobillas en mal estado, motor quemado o con espiras deterioradas	Ruidos extraños, calentamientos en la zona de apoyo de los rodamientos o el propio motor, vibraciones, falta de potencia o ausencia total de la misma.	P.F. B o C
					14A3	Rodamientos deteriorados, rozamiento, calentamiento, ruido, desalineación.	Posible disparo de las seguridades del motor	En este modo de fallo el operador puede identificar los síntomas ya que son fácilmente detectables. P.F. B o C
					14A4	Bajo aislamiento del motor, fugas a tierra.	Posible disparo de las seguridades (diferencial) del motor	P.F. E

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	15	Alargar y recoger la pluma, variación del radio a una velocidad de 25 mpm	14B	Motor de elevación auxiliar no es capaz de proporcionar la potencia deseada	14A5	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad	Movimientos inesperados (salto de velocidad), ruidos, falta de potencia para realizar el movimiento solicitado	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)
					14B1	No llega la tensión adecuada	El motor puede funcionar a menos revoluciones de las deseadas o bien sufrir un calentamiento	P.F. E
					14B2	Fallo motor, escobillas en mal estado, motor quemado o con espiras deterioradas	Ruidos extraños, calentamientos en la zona de apoyo de los rodamientos o el propio motor, vibraciones, falta de potencia o ausencia total de la misma.	P.F. B o C
					14B3	Rodamientos deteriorados, rozamiento, calentamiento, ruido, desalineación.	Posible disparo de las seguridades del motor	En este modo de fallo el operador puede identificar los síntomas ya que son fácilmente detectables. P.F. B o C
					14B4	Bajo aislamiento del motor, fugas a tierra.	Posible disparo de las seguridades del motor	P.F. E
					14B5	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad	Movimientos inesperados (salto de velocidad), ruidos, falta de potencia.	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)
			15A	La variación del radio no realiza ningún movimiento	15A1	No llega tensión, cable de alimentación deteriorado, fallo en el colector del enrollador.	Pórtico totalmente inoperativo, no llega tensión a ningún elemento de la grúa.	La avería se puede producir tanto en el cable por deterioro (patrón de fallo B o C), en la clavija toma de corriente (P.F. C o E, la sustitución de la clavija supone dos horas), colector rotativo por desgaste de las escobillas (P.F. B o C)
15A2	Fallo motor eléctrico, protecciones, motor quemado.	El movimiento de variación de radio queda inoperativo.	El motor está protegido por el guarda motor, este debería cumplir su cometido. P.F. E					

AMF	FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (CAUSAS)	EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
			15A3 Fallo motor eléctrico del Eldro, freno bloqueado	La variación de radio queda frenada o bloqueada, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C
			15A4 No llega tensión al motor eléctrico del Eldro, freno bloqueado.	La variación de radio queda frenada o bloqueada, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C
			15A5 Fallo del Eldro, falta aceite, freno bloqueado.	La variación de radio queda frenada o bloqueada, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C
			15A6 Fallo del Eldro, disco interno roto, acoplamiento eje de salida roto, freno bloqueado.	La variación de radio queda frenada o bloqueada, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C
			15A7 Transmisión del engranaje del husillo bloqueada	Si se fuerza el movimiento se dispara la protección del motor	P.F. B o C
			15A8 Fallo resistencias regulación de velocidad	Pueden llegar a producirse movimientos inesperados en el movimiento de radio	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)
			15A9 Articulaciones bloqueadas, falta de engrase	Los bulones se deforman produciendo estallidos en su giro, previamente al fallo se escuchan ruidos, se producen vibraciones y oscilaciones. Provocan sobrecalentamiento	P.F. B o C
			15A10 Fallo contactores	Los contactores no permiten que llegue la corriente	P.F. B o C

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
			15B	Alarga pero no recoge	15B1	Fallo fin de carrera	No hay maniobra de recogida de pluma	P.F. E
					15B2	Falta de potencia del motor eléctrico	Movimiento lento y posible calentamiento del motor	P.F. B o C
			15C	Recoge pero no alarga	15C1	Fallo fin de carrera	No hay maniobra de apertura de pluma	P.F. B o C
			15D	La velocidad del movimiento no corresponde a la solicitada por el manipulador	15D1	Desgaste del husillo, velocidad más lenta de lo requerido	Falta de precisión en los movimientos de las cargas, el movimiento puede ir a tirones, la tuerca puede quedar agarrotada cuando esto se produce la pluma se abre sin control	Desgaste y rotura de la tuerca que desplaza al husillo sinfin, la granalla acelera el desgaste, no hay posibilidad de inspección visual de la tuerca para ver el desgaste sin desmontar el conjunto, generalmente no se llega a la rotura porque salta la protección del motor. P.F. B o C
					15D2	Frenos mal regulados, Ferodos gastados, Freno eldro en mal estado.	Pueden llegar a producirse movimientos inesperados en el movimiento de radio	Pueden llegar a producirse calentamiento del freno, con olor a quemado, P.F. B o C
					15D3	Fallo contactores	Si los contactores se quedan pegados el movimiento no se detiene, excepto cuando se dispara la protección del motor	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					15D4	Fallo resistencias regulación de velocidad	Pueden llegar a producirse movimientos inesperados en el movimiento de radio	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)
N	16	Detener el movimiento de extensión de la pluma a una distancia de 32 m de radio	16A	No se detenga el movimiento de extensión de la pluma	16A1	Fallo fin de carrera	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	P.F. B o C

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	17	Detener el movimiento de recogida a una distancia de 13 m de radio	17A	No se detenga el movimiento de recogida de la pluma	16A2	Fallo frenos (eldro)	Rotura del muelle que bloquea el freno. Avería en mecánica de la transmisión de esfuerzos en el eldro	P.F. B o C
					16A3	Fallo contactores	En el caso de que los contactores se queden pegados se pueden llegar a producir golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	P.F. E
					17A1	Fallo fin de carrera	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Si el fallo es con c
					17A2	Fallo frenos (eldro)	Rotura del muelle que bloquea el freno. Avería en mecánica de la transmisión de esfuerzos en el eldro	P.F. B o C
N	18	Informar al manipulador en todo momento de la apertura de radio	18A	No informa de la apertura del radio	17A3	Fallo contactores	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia. Si los contactores se quedan pegados, no se detiene el movimiento de recogida, no actúan las seguridades ya que estas actúan sobre el contactor (fin de carrera)	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					18A1	Lámparas fundidas		P.F. E
					18A2	Fallo mecánico del mecanismo del indicador		P.F. B o C
					18A3	Fallo en el circuito eléctrico		P.F. E

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	19	La grúa debe poder desplazarse en los dos sentidos del camino de rodadura a una velocidad máxima de 25 mpm	19A	No se desplaza en ningún sentido	19A1	No llega tensión, cable de alimentación deteriorado, fallo en el colector del enrollador.	Pórtico totalmente inoperativo, no llega tensión a ningún elemento de la grúa.	La avería se puede producir tanto en el cable por deterioro (patrón de fallo B o C), en la clavija toma de corriente (P.F. C o E, la sustitución de la clavija supone dos horas), colector rotativo por desgaste de las escobillas (P.F. B o C) El motor está protegido por el guarda motor, este debería cumplir su cometido. P.F. E
				19A2	Fallo motor eléctrico, protecciones, motor quemado.	Imposibilidad de desplazarse, el resto de movimientos de la grúa siguen operativos, en caso de quedar una carga suspendida se debería de arriar de forma manual.		
				19A3	Fallo motor eléctrico del Eldro, freno bloqueado	El movimiento de traslación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C	
				19A4	No llega tensión al motor eléctrico del Eldro, freno bloqueado.	El movimiento de traslación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. E	
				19A5	Falta aceite en el Eldro	El movimiento de traslación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C	
				19A6	Fallo en el Eldro, disco interno roto, acoplamiento eje de salida roto.	El movimiento de traslación queda frenado o bloqueado, no parando en el punto deseado si se insiste se produce un desgaste en los ferodos	P.F. B o C	
				19A7	Reductora bloqueada, transmisiones rotas (Cada carretón lleva una reductora)	Se pueden llegar a disparar las protecciones del motor eléctrico de traslación. En el caso de transmisiones rotas el motor gira en vacío	P.F. B o C	
				19A8	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad	Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de traslación.	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)	

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
			19B	Se desplaza en un sentido y en el contrario no	19A9	Fallo contactores	Los contactores no permiten que llegue la corriente	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					19B1	Fallo contactores	Los contactores no permiten que llegue la corriente en uno de los sentidos	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					19B2	Fallo temporizador	Movimientos bruscos inesperados o ausencia de movimiento.	P.F. E
					19B3	Células anticolidión activadas (en caso de que existan)		Actualmente no están montadas en los equipos
			19C	No es capaz de desplazarse a la velocidad solicitada por el manipulador	19C1	Fallo resistencias regulación de velocidad	Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de traslación.	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)
					19C2	Falta potencia motor	Movimiento lento y posible calentamiento del motor	P.F. B o C
					19C3	Fallo contactores	Los contactores no permiten que llegue la corriente	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					19C4	Regulación de los frenos deficiente	El eldro no libera la tensión de las zapatas, si se fuerza el movimiento se producen calentamientos y olor a quemado	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	20	El manipulador podrá detener el movimiento de traslación de la grúa en un tiempo máximo de 3 sg, a voluntad.	20A	No se detiene en el tiempo establecido	19C5	Fallo reductora y/o transmisiones mecánicas	Ruidos y/o vibraciones, calentamientos, difícilmente perceptibles por el operador. Si el fallo es por un bloqueo deben saltar la protección del motor eléctrico de traslación. Si el fallo es por rotura de transmisiones, el motor giraría en vacío.	P.F. B o C
					19C6	Fallo temporizador	Movimientos bruscos inesperados o ausencia de movimiento.	P.F. E
					20A1	Fallo regulación frenos	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia o ausencia del movimiento solicitado	Si hay ausencia de frenado golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia. Si hay excesiva tensión de frenado, se produce calentamiento de las zapatas y el movimiento es más lento del solicitado. P.F. B o C
S	21	Si durante la maniobra de traslación se encontrase algún obstáculo en los caminos de rodadura la grúa deberá detenerse	21A	No se detiene	20A2	Cable cortado en la instalación del sensor de proximidad	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Actualmente los equipos no disponen de este elemento, P.F. E
					21A1	Fallo del sensor de proximidad	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Actualmente los equipos no disponen de este elemento, P.F. E
S	22	Mientras dure el movimiento de traslación el avisador acústico y luminoso debe estar activado de forma continua.	22A	No funciona ninguno de los dos	21A2	Cable cortado en la instalación del sensor de proximidad	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Actualmente los equipos no disponen de este elemento, P.F. E
					22A1	No llega tensión	Personal de maniobra no informado de los movimientos del pórtico	Fallo en el circuito de alimentación eléctrica de estos elementos, fusible fundidos, P.F. E

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	23	Permitir el giro de la pluma de la grúa 360° en ambos sentidos a una velocidad de 0,75 mpm	23A	No gira en ningún sentido	22A2	Lámpara fundida y membrana rota	Personal de maniobra no informado de los movimientos del pórtico	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					22B1	Lámpara fundida	Personal de maniobra no informado de los movimientos del pórtico	P.F. B
					22C1	Membrana rota	Personal de maniobra no informado de los movimientos del pórtico	P.F. B
					22D1	Fallo en la regulación de la membrana	Personal de maniobra no informado de los movimientos del pórtico	P.F. E
					23A1	No llega tensión, cable de alimentación deteriorado, fallo en el colector del enrollador.	Pórtico totalmente inoperativo, no llega tensión a ningún elemento de la grúa.	La avería se puede producir tanto en el cable por deterioro (patrón de fallo B o C), en la clavija toma de corriente (P.F. C o E, la sustitución de la clavija supone dos horas), colector rotativo por desgaste de las escobillas (P.F. B o C) El motor está protegido por el guarda motor, este debería cumplir su cometido. P.F. E
					23A2	Fallo motor eléctrico, protecciones, motor quemado.	No es posible realizar el movimiento de giro, el resto de movimientos de la grúa siguen operativos, en caso de quedar una carga suspendida se debería de arriar de forma manual.	P.F. B o C
					23A3	Reductora bloqueada, transmisiones rotas	Se pueden llegar a disparar las protecciones del motor eléctrico de traslación. En el caso de transmisiones rotas el motor gira en vacío	
23A4	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad	Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de traslación.	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)					

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	24	Parar el movimiento de giro a voluntad del manipulador mediante mecanismo hidráulico	24A	No para el giro	23A5	Fallo contactores	Los contactores no permiten que llegue la corriente. La grúa no responde a ninguno de los movimientos de giro	P.F. E
					23B1	Fallo de contactores	Los contactores no permiten que llegue corriente en alguno de los sentidos de giro.	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					23C1	Fallo en las resistencias de regulación de velocidad	Se pueden llegar a producir movimientos bruscos en el movimiento de giro de la carga, la grúa no responde de la forma deseada a los movimientos solicitados	Si las resistencias están muy dañadas el movimiento queda totalmente inoperativo, el tiempo de reparación puede llegar a una semana (P.F. B O C)
					23C2	Falta potencia motor	Movimiento lento y posible calentamiento del motor	P.F. B o C
					23C3	Fallo contactores	Los contactores quedan pegados, no se detiene el movimiento.	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					23C4	Regulación de los frenos deficiente, ferodos desgastados	Golpes contra objetos en el área de interferencia, El eldro no libera la tensión de las zapatas, si se fuerza el movimiento se producen calentamientos y olor a quemado	Si el fallo es mecánico P.F. B o C. Si fallo es eléctrico P.F. E.
					24A1	Regulación de los frenos deficiente	Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia o ausencia del movimiento solicitado	Si hay ausencia de frenado golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia. Si hay excesiva tensión de frenado, se produce calentamiento de las zapatas y el movimiento es más lento del solicitado. P.F. B o C
24A2	Fugas en el circuito hidráulico	Golpes contra objetos en el área de interferencia	Dependiendo de la zona donde se produzca la fuga, puede ser fácilmente detectable por el manipulador. P.F. C					

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	25	Las ventanas de la sala de máquinas y de la cabina, deben proteger de las inclemencias meteorológicas y se debe manipular su apertura/cierre con un esfuerzo inferior a 2 kgf	25A	No protegen y su manipulación requiere más esfuerzo del estipulado	24A3	Bombín del circuito hidráulico roto	Golpes contra objetos en el área de interferencia	Fácilmente detectable por el manipulador, el pedal de freno se va al fondo en vacío. P.F. B
					25A1	Bisagras oxidadas o rotas	No se pueden abrir las ventanas	EXCLUIDO
					25A2	Actuador neumático roto	Las ventanas no se mantienen en la posición deseada	EXCLUIDO
N	26	Avisador acústico y luminoso debe poder accionarse sin soltar los mandos de la grúa.	26A	No puede accionarse sin soltar los mandos.	26A1	no disponible con los mandos actuales	se decide que no procede la modificación, tal y como funciona ahora mismo es adecuado	EXCLUIDO
N	27	El asiento debe ser capaz de soportar un peso de 100 kg durante 3 horas, sin deformarse, ni provocar fatiga, ni somnolencia en el manipulador.	27A	No soporta el peso en las condiciones establecidas	27A1	Asiento roto o deteriorado	Fatiga del manipulador, falta de concentración	Actualmente los asientos que disponen las grúas tienen una antigüedad considerable
N	28	La cabina debe reunir las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para no provocar estrés térmico. Cumpliendo la normativa RD486/95	28A	No reúne las condiciones de humedad o temperatura	28A1	Aislamiento de la cabina deteriorado o cristales rotos	Estrés térmico, fatiga, falta de concentración del manipulador	Los medios de climatización de que disponen los pórticos en la cabina de mando consisten en un calefactor de resistencias y en un ventilador.
					28A2	no existencia o mal funcionamiento del sistema de climatización	Estrés térmico, fatiga, falta de concentración del manipulador	

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	29	Con vientos superiores a los 30 Km./hora la pluma debe girar libremente (veleta)	29A	Ni gira libremente	29A1	Pluma bloqueada, freno hidráulico activado.	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Excepto en periodos de reparación de estructuras nunca se deja el freno hidráulico bloqueado.
				29A2	Pluma bloqueada, Eldro de giro activado	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia		
				29A3	Pluma bloqueada, bombín de freno activado, grúa no queda en posición veleta	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia		
N	30	Con vientos superiores a los 30 Km. /hora el movimiento de traslación de la grúa debe bloquearse	30A	No bloquea	30A1	No están bloqueadas las garras de fijación al rail.	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	El procedimiento interno dispone que una vez terminados los trabajos el manipulador debe realizar un giro completo a la cabina, con la pluma recogida para comprobar que no existen interferencias con ningún obstáculo y a continuación actuar manualmente sobre los bloqueos de los carretes.
				30A2	Fallo mecánico en las garras	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Elemento mecánico sometido a agentes contaminantes, granalla, grasa, lluvia, polvo, golpes, el mecanismo de apriete es de tornillo sinfín, sufre agarrotamientos frecuentemente, patrón de fallo C,	
N	31	Trincas de sujeción al suelo deben quedar bloqueados por un operario en un tiempo máximo de 3 minutos.	31A	Ninguno de los trincas puede accionarse	31A1	Garras de fijación con accionamiento deformado.	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Deformaciones producidas normalmente por golpes, P.F: E
				31A2	Garras bloqueadas por oxido o suciedad, falta de mantenimiento.	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Elemento mecánico sometido a agentes contaminantes, granalla, grasa, lluvia, polvo, golpes, el mecanismo de apriete es de tornillo sinfín, sufre agarrotamientos frecuentemente, patrón de fallo C,	

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFFECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS	
N	32	Los cristales de la cabina y la sala de máquinas deben ser capaces de tener un nivel de transparencia adecuado como para no provocar un deslumbramiento con la proyección de un foco exterior.	31B	Los trincas actúan pero no en el tiempo establecido.	31B1	Garras con husillo deformado o sucio.	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Gran dificultad o imposibilidad de fijar la estructura del pórtico en su posición.
			31C	El volante gira pero no actúa sobre el husillo.	31C1	Rosca del husillo deteriorada	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	El deterioro corresponde a la mezcla de la grasa con la escoria de cobre (granalla), la mezcla de ambos constituye una mezcla abrasiva.
					31C2	El volante de accionamiento gira loco, fijación del volante rota	Con vientos muy fuertes movimientos inesperados del pórtico, Golpes contra la propia estructura o contra objetos en el área de interferencia	Deformaciones producidas normalmente por golpes, P.F: E
			32A	Cristal opaco	32A1	Los agentes atmosféricos han deteriorado el cristal	Falta de visibilidad del operador	EXCLUIDO P.F. C
				32A2	Falta de limpieza	Falta de visibilidad del operador	EXCLUIDO	
N	33	Las puertas laterales de la sala de máquinas deben proteger de caídas a distinto nivel y evitar la salida al exterior de forma involuntaria.	33A	Puertas no protegen	33A1	Barras de protección desmontadas o deterioradas	Riesgo de caída para el operador o el personal de mantenimiento	
					33A2	No existencia de sistema de apertura involuntario	Riesgo de caída para el operador o el personal de mantenimiento	

AMF	FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO (CAUSAS)	EFFECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS	
N	34	Trampillas de acceso entre distintos niveles deben impedir que se produzcan caídas entre estos, se debe poder accionar su apertura/cierre con un esfuerzo inferior a 5kgf	34A No impiden las caídas, requieren un mayor esfuerzo del establecido	34A1 Trampilla rota 34A2 Bisagras de apertura y/o actuadores rotos	Riesgo de caída para el operador o el personal de mantenimiento Bisagras rotas: trampilla desplazada y riesgo de caída. Actuadores: mayor esfuerzo para levantar la trampilla, estas no se mantienen en la posición requerida.	
N	35	Alimentar eléctricamente todos los puntos que requieran servicio	35A No llega tensión al cuadro principal.	35A1 No llega tensión desde el monolito 35A2 Fallo en el cable de alimentación 35A3 Fallo en el colector del enrollador	Pórtico inoperativo, no llega tensión a ningún elemento Pórtico inoperativo, no llega tensión a ningún elemento Pórtico inoperativo, no llega tensión a ningún elemento	EXCLUIDO Rozaduras, cortes, deterioro mecánico, P.F. C o E. Fallo de las escobillas, fallo en el motor del enrollador, P.F. E
S	36	Todos los accesos a la grúa deben disponer de iluminación artificial y accionarse a voluntad del manipulador.	36A Algún acceso no dispone 36B El accionamiento no responde a las acciones del manipulador	36A1 No existencia de iluminación en determinados puntos 36B1 Fallo en el mecanismo de encendido 36B2 Fallo de lámparas	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	Aplicación de normativa P.F. E P.F. E

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	37	Los locales interiores, cabina, acceso y sala de máquinas deben disponer de iluminación y accionarse a voluntad del manipulador	37A	Algún local no dispone	36B3	Fallo del circuito eléctrico	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	P.F. E
					36B4	No llega tensión	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	P.F. E
					37A1	No existencia de puntos de iluminación en determinados puntos	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	Aplicación de normativa
			37B	El accionamiento no responde a las acciones del manipulador	37B1	Fallo en el mecanismo de encendido	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	P.F. E
					37B2	Fallo de lámparas	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	P.F. E
					37B3	Fallo del circuito eléctrico	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	P.F. E
					37B4	No llega tensión	Falta de visibilidad, riesgo de caídas para el personal	P.F. E
S	38	Los focos exteriores de contorno de la grúa y los focos exteriores de la cabina deben accionarse a voluntad del operador.	38A	El accionamiento no responde a las acciones del manipulador	38A1	Fallo en el mecanismo de encendido	Falta de visibilidad durante la maniobras en horario nocturno	P.F. E

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	39	La luz de galibo debe encenderse en horas nocturnas de forma autónoma.	39A	No enciende	38A2	Fallo de lámparas	Falta de visibilidad durante la maniobras en horario nocturno	P.F. E
					38A3	Fallo del circuito eléctrico	Falta de visibilidad durante la maniobras en horario nocturno	P.F. E
					38A4	No llega tensión	Falta de visibilidad durante la maniobras en horario nocturno	P.F. E
					39A1	Sistema no automatizado	No señala altura máxima del pórtico.	EN LA DARSENA DE CARTAGENA NINGUNA GRUA PORTICO TIENE LA LUZ DE GALIBO OPERATIVA, CONSULTAR NORMAS.
					39A2	Fallo en el mecanismo de encendido	No señala altura máxima del pórtico.	
					39A3	Fallo de lámparas	No señala altura máxima del pórtico.	
					39A4	Fallo del circuito eléctrico	No señala altura máxima del pórtico.	
					39A5	No llega tensión	No señala altura máxima del pórtico.	

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	40	El avisador acústico y luminoso deberá poder accionarse a voluntad del operador.	40A	No actúa a voluntad del operador	40A1	Fallo en el mecanismo de encendido	El personal de maniobra no es advertido de los movimientos del pórtico	P.F. B o C
					40A2	Avisador acústico y/o luminoso deteriorado		
					40A3	Fallo del circuito eléctrico	El personal de maniobra no es advertido de los movimientos del pórtico	P.F. E
					40A4	No llega tensión	El personal de maniobra no es advertido de los movimientos del pórtico	Comprobar funcionamiento del resto de servicios P.F. E
N	41	El gruista deberá estar informado de la velocidad y de la dirección del viento en todo momento.	41A	No funciona el anemómetro, operador no informado de la velocidad del viento	41A1	No llega tensión	El operador no dispone de la información que proporciona	Puede ocurrir que funcionen el resto de servicios y no el anemómetro, o bien que no funcione ningún servicio de la grúa P.F. E
					41A2	Mecanismo exterior roto	El operador no dispone de la información que proporciona	
					41A3	Display deteriorado	El operador no dispone de la información que proporciona	
					41A4	Fallo en el circuito eléctrico	El operador no dispone de la información que proporciona	

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	42	No permitir el accionamiento de ningún movimiento de manera involuntaria.	42A	Permite accionamiento involuntario	42A1	No existen mandos adecuados	Movimiento que controla el joystick queda inoperativo.	RECOMENDABLE LA UNIFICACION DE LOS TIPOS DE MANDO DE LAS GRUAS PARA FACILITAR LA LABOR A LOS OPERADORES
					42A2	Fallo en el joystick de control		
S	43	El gruista debe poder comunicarse con el jefe de maniobra en todo momento	43A	No puede comunicarse	43A1	No existen medios de comunicación adecuados		EXCLUIDO
S	44	En caso de emergencia deberá poder detenerse la maniobra desde la parte inferior de la grúa (emergencias en carros del pórtico)	44A	No bloquea desde la parte inferior	44A1	No existencia de paradas de emergencias en los carros de la grúa	Golpes contra objetos en el área de interferencia del pórtico	ACTUALMENTE EN LA DARSENA DE CARTAGENA LOS PORTICOS NO DISPONES DE PARADA DE EMERGENCIA EN LOS CARROS.
					44A2	Fallo en la parada de emergencia	Golpes contra objetos en el área de interferencia del pórtico	
					44A3	Fallo en el circuito eléctrico	Golpes contra objetos en el área de interferencia del pórtico	
S	45	Sistema de engrase debe ser capaz de conducir la grasa a todos los puntos terminales, sin que se produzcan derrames durante su recorrido.	45A	No llega a todos los puntos	45A1	Tubos de engrase rotos	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas	P.F. B o C

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFFECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
N	46	Los registros de acceso a zonas muertas de la estructura deben ser capaces de impedir la entrada de agua (patas del pórtico y contrapesa de la sala de máquinas).	45B	Se producen derrames	45A2	Fallo en la bomba de engrase	Deterioro mecánico del sistema afectado	P.F. B o C
					45A3	Tubos de engrase deformados		P.F. E
					45A4	Falta de grasa	Durezas, ruidos, posible gripado de articulaciones.	
			46A	No impiden la entrada de agua	45B1	Tubos de engrase rotos	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas	P.F. B o C
					45B2	Exceso de engrase, derrame por las articulaciones	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas	P.F. E
					46A1	Registros deteriorados	Oxidaciones interiores, deterioro de la estructura	P.F. B o C
S	47	Contener el aceite sin que se produzcan derrames.	47A	Se producen derrames	47A1	Fugas en el circuito hidráulico	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas.	P.F. B o C
					47A2	Fugas en cárter de distintas reductoras.	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas. Calentamiento, ruidos y deterioro mecánico de la reductora afectada	P.F. B o C

AMF	FUNCION		FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO (CAUSAS)		EFEECTO DEL FALLO (CONSECUENCIAS)	NOTAS
S	48	Contener líquido hidráulico sin que se produzcan derrames.	48A	Se producen derrames	48A1	Fugas en el circuito hidráulico de los frenos (giro)	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas. Fallo sistema de frenado del giro del pórtico.	P.F. B o C
					48A2	Bombín del circuito hidráulico roto	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas. Fallo sistema de frenado del giro del pórtico.	P.F. B o C
					48A3	Deposito del circuito hidráulico roto	Deterioro de la superficie afectada, riesgo de caídas. Fallo sistema de frenado del giro del pórtico.	P.F. B o C

4.8. Parrilla de criticidad de las funciones

Con el fin de aplicar la metodología de la forma más adecuada posible y al mismo tiempo optimizar el trabajo centrándose en las funciones verdaderamente importantes se decide aplicar 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 9	PARADA TOTAL SIN RIESGOS 7	PARADA PARCIAL 6	AVERIA LEVE (SIN PARADA) 3	SIN CONSECUENCIAS 1
	FRECUENCIA F					
NO EXISTE 9	< SEMANAL 9					
DIFÍCILMENTE DETECTABLE POR EL OPERADOR 7	< MENSUAL 8					
SOLO DETECTABLE POR MANTENIMIENTO 5	< TRIMESTRAL 6					
FÁCILMENTE DETECTABLE 2	< SEMESTRAL 4					
EVIDENTE 1	< ANUAL 2					

Figura 16

Parrilla de criticidad aplicada a las funciones

El resultado obtenido una vez definida la parrilla de criticidad y las funciones se presenta en la tabla 9.

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 grúas 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
5	Izar y arriar una carga con gancho principal de hasta 25 Tn (18 m de radio), a 12 mpm si q = hasta 12 Tn, a 6 mpm si q= entre 6 y 12 Tn	1	6	6	36
6	Izar o arriar una carga de hasta 5 Tn con gancho auxiliar, a 50 mpm si q= hasta 2,5 Tn, a 25 mpm si q= hasta 5 Tn	1	6	6	36
7	Interrumpir la maniobra de izado/arriado en un tiempo máximo de 2 sg. Soportando la carga	2	6	9	108

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA FUNCION	E	F	G	Cr
8	El gancho debe detener su movimiento de bajada a una distancia de 1 metro del suelo	2	2	3	12
9	El gancho debe detener su movimiento de izado a una distancia de 3 metros de la roldana superior	2	2	9	36
10	La grúa debe bloquearse cuando se levante una carga superior a 25 Tn	7	2	9	126
11	Ante la falta de suministro eléctrico el movimiento de izado/arriado debe ser capaz de bloquearse en un tiempo máximo de 2 sg y soportar una carga de 25 Tn durante una hora.	2	2	9	36
12	El cable de acero debe ser capaz de soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal	5	2	9	90
13	El gancho de acero debe soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal sin presentar deformaciones, debe girar libremente sobre sí mismo y debe evitar que la eslinga pueda salir fuera del gancho durante las maniobras	5	2	9	90
14	El conjunto motor/reductora debe ser capaz de proporcionar una potencia de 50Cv en la elevación principal y de 41 C.V. en la elevación auxiliar a 750 rpm	5	2	6	60
15	Alargar y recoger la pluma, variación del radio a una velocidad de 25 mpm	2	4	6	48
16	Detener el movimiento de extensión de la pluma a una distancia de 32 m de radio	2	2	6	24
17	Detener el movimiento de recogida a una distancia de 13 m de radio	2	2	6	24
18	Informar al manipulador en todo momento de la apertura de radio	1	6	3	18
19	La grúa debe poder desplazarse en los dos sentidos del camino de rodadura a una velocidad máxima de 25 mpm	2	6	6	72
20	El manipulador podrá detener el movimiento de traslación de la grúa en un tiempo máximo de 3 sg, a voluntad.	2	4	3	24
21	Si durante la maniobra de traslación se encontrase algún obstáculo en los caminos de rodadura la grúa deberá bloquearse	2	2	9	36
22	Mientras dure el movimiento de traslación el avisador acústico y luminoso debe estar activado de forma continua.	2	6	3	36
23	Permitir el giro de la pluma de la grúa 360° en ambos sentidos a una velocidad de 0,75 mpm	2	4	6	48
24	Parar el movimiento de giro a voluntad del manipulador mediante mecanismo hidráulico	2	4	6	48
25	Las ventanas de la sala de máquinas y de la cabina, deben proteger de las inclemencias meteorológicas y se debe manipular su apertura/cierre con un esfuerzo inferior a 2 kgf	1	2	1	2
26	Avisador acústico y luminoso debe poder accionarse sin soltar los mandos de la grúa. ELIMINAR FUNCION				
27	El asiento debe ser capaz de soportar un peso de 100 kg durante 3 horas, sin deformarse, ni provocar fatiga, ni somnolencia en el manipulador.	1	2	3	6
28	La cabina debe reunir las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para no provocar estrés térmico. Cumpliendo la normativa RD486/95	2	9	6	108
29	Con vientos superiores a los 30 Km./hora la pluma debe girar libremente (veleta)	2	6	7	84
30	Con vientos superiores a los 30 Km. /hora el movimiento de traslación de la grúa debe bloquearse	7	6	6	252
31	Trincas de sujeción al suelo deben quedar bloqueados por un operario en un tiempo máximo de 3 minutos.	2	4	3	24

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA FUNCION	E	F	G	Cr
32	Los cristales de la cabina y la sala de máquinas deben ser capaces de tener un nivel de transparencia adecuado como para no provocar un deslumbramiento con la proyección de un foco exterior.	1	2	1	2
33	Las puertas laterales de la sala de máquinas deben proteger de caídas a distinto nivel y evitar la salida al exterior de forma involuntaria.	2	4	9	72
34	Trampillas de acceso entre distintos niveles deben impedir que se produzcan caídas entre estos, se debe poder accionar su apertura/cierre con un esfuerzo inferior a 5kgf	1	4	9	36
35	Alimentar eléctricamente todos los puntos que requieran servicio	1	4	1	4
36	Todos los accesos a la grúa deben disponer de iluminación artificial y accionarse a voluntad del manipulador.	2	9	6	108
37	Los locales interiores, cabina, acceso y sala de máquinas deben disponer de iluminación y accionarse a voluntad del manipulador	2	9	6	108
38	Los focos exteriores de contorno de la grúa y los focos exteriores de la cabina deben accionarse a voluntad del operador.	2	9	6	108
39	La luz de galibo debe encenderse en horas nocturnas de forma autónoma.	1	9	6	54
40	El avisador acústico deberá poder accionarse a voluntad del operador.	2	6	3	36
41	El gruista deberá estar informado de la velocidad y de la dirección del viento en todo momento.	2	2	1	4
42	No permitir el accionamiento de ningún movimiento de manera involuntaria.	7	8	9	504
43	El gruista debe poder comunicarse con el jefe de maniobra en todo momento	7	9	6	378
44	En caso de emergencia deberá poder detenerse la maniobra desde la parte inferior de la grúa (emergencias en carros del pórtico)	5	8	9	360
45	Sistema de engrase debe ser capaz de conducir la grasa a todos los puntos terminales, sin que se produzcan derrames durante su recorrido.	5	8	6	240
46	Los registros de acceso a zonas muertas de la estructura deben ser capaces de impedir la entrada de agua (patas del pórtico y contrapesa de la sala de máquinas).	5	2	3	30
47	Contener el aceite sin que se produzcan derrames.	5	6	9	270
48	Contener líquido hidráulico sin que se produzcan derrames.	5	4	6	120

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 consensado 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.

Los resultados obtenidos de criticidad para los modos de fallo se presentan en la tabla 10.

Tabla 10
Criticidad por modo de fallo

FUNCION		FALLO FUNCIONAL		E	F	G	Cr
1	Soportar una carga de 25 ton sin deformarse	1A	La estructura no es capaz de soportar la carga	9	2	9	162
2	Garantizar la seguridad de los grúas y mantenedores en los desplazamientos por la grúa	2A	No garantiza: accesos mal iluminados.	2	9	9	162
		2B	No garantiza: zonas resbaladizas	2	8	9	144
		2C	No garantiza, barandillas	5	9	9	405
4	Los caminos de rodadura deben estar alineados y libres de objetos.	4A	Camino de rodadura desalineado	2	2	9	36
5	Izar y arriar una carga con gancho principal de hasta 25 Tn (18 m de radio), a 12 mpm si q = hasta 12 Tn, a 6 mpm si q= entre 6 y 12 Tn	5A	No iza ni arria	2	6	7	84
		5B	Iza pero no arria	2	6	7	84
		5C	No iza pero si arria	2	6	7	84
		5D	La velocidad de izado o arriado no corresponde a lo solicitado por el manipulador	2	8	6	96
6	Izar o arriar una carga de hasta 5 Tn con gancho auxiliar, a 50 mpm si q= hasta 2,5 Tn, a 25 mpm si q= hasta 5 Tn	6A	No iza ni arria	2	6	7	84
		6B	Iza pero no arria	2	6	7	84
		6C	No iza pero si arria	2	6	7	84
		6D	La velocidad de izado o arriado no corresponde a lo solicitado por el manipulador	2	8	6	96
7	Interrumpir la maniobra de izado/arriado en un tiempo máximo de 2 sg. Soportando la carga	7A	La maniobra no se interrumpe en el tiempo establecido	2	6	9	108
		7B	La maniobra se interrumpe en el tiempo establecido pero no es capaz de soportar la carga.	2	6	9	108

FUNCION		FALLO FUNCIONAL		E	F	G	Cr
9	El gancho debe detener su movimiento de izado a una distancia de 3 metros de la roldana superior	9A	El gancho no se detiene a la altura deseada	5	2	9	90
10	La grúa debe bloquearse cuando se levante una carga superior a 25 Tn	10A	No se bloquea por sobrecarga.	9	2	9	162
		10B	Queda bloqueada sin llegar a la carga nominal	7	2	9	126
11	Ante la falta de suministro eléctrico el movimiento de izado/arriado debe ser capaz de bloquearse en un tiempo máximo de 2 sg y soportar una carga de 25 Tn durante una hora.	11A	No es capaz de soportar la carga durante el tiempo establecido.	5	2	9	90
12	El cable de acero debe ser capaz de soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal	12A	No soporta la carga de prueba	9	2	9	162
13	El gancho de acero debe soportar una carga 1,5 veces mayor que la carga nominal sin presentar deformaciones, debe girar libremente sobre sí mismo y debe evitar que la eslinga pueda salir fuera del gancho durante las maniobras	13A	No soporta la carga de prueba	9	2	9	162
14	El conjunto motor/reductora debe ser capaz de proporcionar una potencia de 50Cv en la elevación principal y de 41 C.V. en la elevación auxiliar a 750 rpm	14A	Motor de elevación principal no es capaz de proporcionar la potencia deseada	5	2	6	60
		14B	Motor de elevación auxiliar no es capaz de proporcionar la potencia deseada	5	2	6	60
15	Alargar y recoger la pluma, variación del radio a una velocidad de 25 mpm	15A	La variación del radio no realiza ningún movimiento	2	6	7	84
		15B	Alarga pero no recoge	2	6	7	84
		15C	Recoge pero no alarga	2	6	7	84
		15D	La velocidad del movimiento no corresponde a la solicitada por el manipulador	2	8	6	96
19	La grúa debe poder desplazarse en los dos sentidos del camino de rodadura a una velocidad máxima de 25 mpm	19A	No se desplaza en ningún sentido	2	6	7	84
		19B	Se desplaza en un sentido y en el contrario no	2	6	7	84

FUNCION		FALLO FUNCIONAL		E	F	G	Cr
		19C	No es capaz de desplazarse a la velocidad solicitada por el manipulador	2	6	6	72
21	Si durante la maniobra de traslación se encontrase algún obstáculo en los caminos de rodadura la grúa deberá bloquearse	21A	No se bloquea	5	4	9	180
22	Mientras dure el movimiento de traslación el avisador acústico y luminoso debe estar activado de forma continua.	22A	No funciona ninguno de los dos	2	6	9	108
		22B	Funciona acústico pero no luminoso	2	6	9	108
		22C	Funciona luminoso pero no acústico	2	6	9	108
		22D	el acústico no suena con la intensidad suficiente	2	4	3	24
23	Permitir el giro de la pluma de la grúa 360° en ambos sentidos a una velocidad de 0,75 mpm	23A	No gira en ningún sentido	2	6	7	84
		23B	Gira en un sentido y en el otro no	2	6	7	84
		23C	Gira en los dos sentidos pero no a la velocidad solicitada por el manipulador en alguno de los dos sentidos o en ambos	2	6	6	72
24	Parar el movimiento de giro a voluntad del manipulador mediante mecanismo hidráulico	24A	No para el giro	5	4	9	180
28	La cabina debe reunir las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para no provocar estrés térmico. Cumpliendo la normativa RD486/95	28A	No reúne las condiciones de humedad o temperatura	2	9	6	108
29	Con vientos superiores a los 30 Km./hora la pluma debe girar libremente (veleta)	29A	Ni gira libremente	2	8	7	112
30	Con vientos superiores a los 30 Km./hora el movimiento de traslación de la grúa debe bloquearse	30A	No bloquea	2	8	7	112
33	Las puertas laterales de la sala de máquinas deben proteger de caídas a distinto nivel y evitar la salida al exterior de forma involuntaria.	33A	Puertas no protegen	5	6	9	270
34	Trampillas de acceso entre distintos niveles deben impedir que se produzcan caídas entre estos, se debe poder accionar su apertura/cierre con un esfuerzo inferior a 5kgf	34A	No impiden las caídas, requieren un mayor esfuerzo del establecido	5	6	9	270

FUNCION		FALLO FUNCIONAL		E	F	G	Cr
36	Todos los accesos a la grúa deben disponer de iluminación artificial y accionarse a voluntad del manipulador.	36A	Algún acceso no dispone	2	9	9	162
		36B	El accionamiento no responde a las acciones del manipulador	2	9	9	162
37	Los locales interiores, cabina, acceso y sala de máquinas deben disponer de iluminación y accionarse a voluntad del manipulador	37A	Algún local no dispone	2	9	9	162
		37B	El accionamiento no responde a las acciones del manipulador	2	9	9	162
38	Los focos exteriores de contorno de la grúa y los focos exteriores de la cabina deben accionarse a voluntad del operador.	38A	El accionamiento no responde a las acciones del manipulador	2	8	7	112
39	La luz de galibo debe encenderse en horas nocturnas de forma autónoma.	39A	No enciende	1	9	6	54
40	El avisador acústico y luminoso deberá poder accionarse a voluntad del operador.	40A	No actúa a voluntad del operador	2	6	9	108
42	No permitir el accionamiento de ningún movimiento de manera involuntaria.	42A	Permite accionamiento involuntario	7	8	9	504
43	El gruista debe poder comunicarse con el jefe de maniobra en todo momento	43A	No puede comunicarse	7	9	6	378
44	En caso de emergencia deberá poder detenerse la maniobra desde la parte inferior de la grúa (emergencias en carros del pórtico)	44A	No bloquea desde la parte inferior	5	8	9	360
45	Sistema de engrase debe ser capaz de conducir la grasa a todos los puntos terminales, sin que se produzcan derrames durante su recorrido.	45A	No llega a todos los puntos	5	6	3	90
		45B	Se producen derrames	2	8	9	144
47	Contener el aceite sin que se produzcan derrames.	47A	Se producen derrames	5	6	9	270
48	Contener líquido hidráulico sin que se produzcan derrames.	48A	Se producen derrames	5	4	6	120

Con la aplicación de la parrilla de criticidad a los modos de fallo se obtuvieron los siguientes resultados:

- 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.

4.8.1. 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.

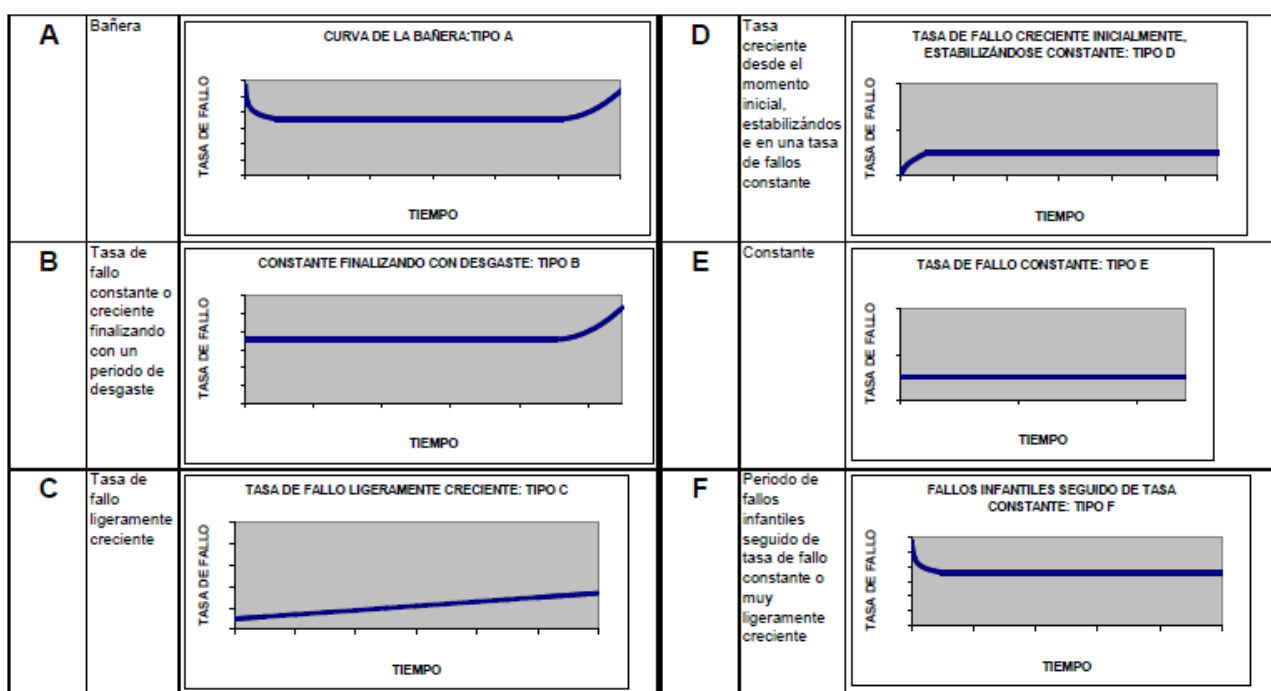


Figura 17
Codificación de los patrones típicos de fallo según JA1012

4.9. Análisis de modo de fallo de las funciones. Diagrama de decisión

El objetivo final del análisis del modo de fallo es identificar los modos causantes del fallo funcional, determinar los efectos del fallo asociados con cada modo de fallo.

Esta información queda reflejada en la hoja de información en la columna tercera y cuarta. En ellas se describen las causas que pueden originar el fallo funcional y las consecuencias de ese fallo.

Una definición de modo de fallo puede ser: "Cualquier evento que causa un fallo funcional".

Es importante tener en cuenta que la definición del modo de fallo debe ser la adecuada para facilitar la descripción de tarea proactiva.

Una vez completada la hoja de información y aplicada la parrilla de criticidad, el siguiente paso consiste en aplicar el diagrama de decisión a las funciones que se debían analizar mediante

análisis de modo de fallos. Con la respuesta a las preguntas que se realizan en este punto se completa la 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.

Figura 17
Diagrama de decisión

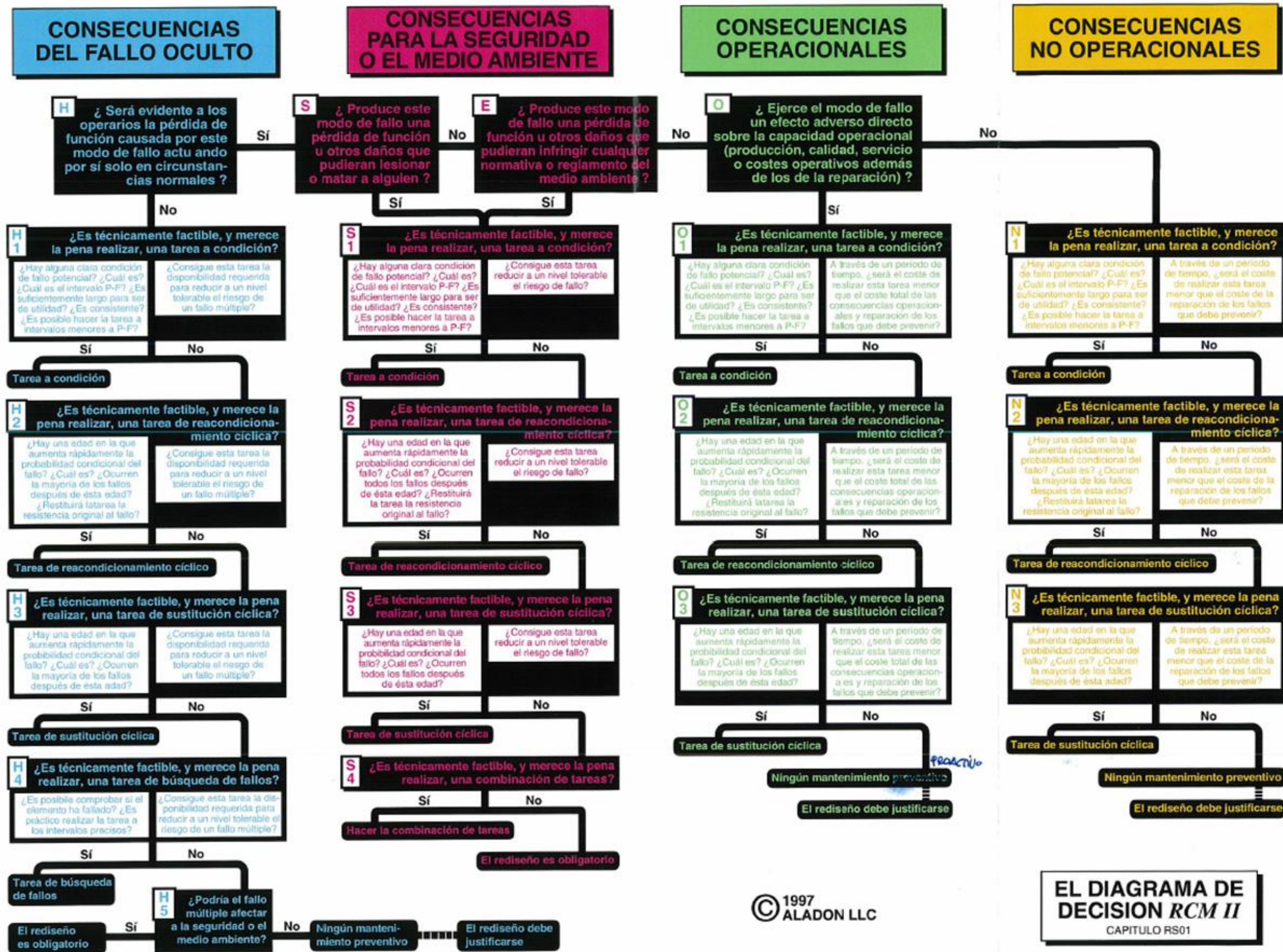


Tabla 11
Hojas de decisión

Referencias de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA	Frecuencia	A realizar por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6			
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						Comprobación del estado de limpieza cada vez que se accede a la grúa	Por Actuación	Oper. /Mant.
2	B	2	S	S			N	N	N				Rediseño obligatorio, exigir buenas practicas a los mantenedores, limpieza de la zona de trabajo.	Por Actuación	Mantenedor
2	C	1	S	S			S						Comprobación de la integridad de tinteros y barandillas	Anual	Mantenedor
5	A	1	S	N	N	S	S						Comprobación del estado del cable de alimentación, clavija y colector rotativo.	Semestral	Mantenedor
5	A	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación principal.	Semestral	Mantenedor
5	A	3	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor del eldro de la elevación principal.	Semestral	Mantenedor
5	A	4	S	N	N	S	S						Comprobar tensión en bornes del motor del eldro de la elevación principal.	Anual	Mantenedor
5	A	5	S	N	N	S	S						Comprobar nivel de aceite de eldro de la elevación principal.	Semestral	Mantenedor
5	A	6	S	N	N	S	S						Verificar la integridad del conjunto mecánico del eldro de la elevación principal.	Anual	Mantenedor
5	A	7	S	N	N	S	S						Verificar parámetros de funcionamiento de la reductora de elevación.	Anual	Mantenedor
5	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse		
5	A	9	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Formación manipuladores		
5	A	10	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación ppal.)	Anual	Mantenedor
5	B	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera superior elevación ppal.	Semestral	Mantenedor
5	B	2	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación ppal.)	Anual	Mantenedor
5	C	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
5	C	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera inferior elevación ppal.	Semestral	Mantenedor
5	C	3	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación ppal.)	Anual	Mantenedor
5	D	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		
5	D	2	N				S						Comprobar la posición de la reductora. Formación de los manipuladores.	Por Actuación	Operador

Referencias de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA	Frecuencia	A realizar por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	H6			
5	D	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse		
5	D	4	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación principal.	Semestral	Mantenedor
6	A	1	S	N	N	S	S						Comprobación del estado del cable de alimentación, clavija y colector rotativo.	Semestral	Mantenedor
6	A	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
6	A	3	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor del eldro de la elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
6	A	4	S	N	N	S	S						Comprobar tensión en bornes del motor del eldro de la elevación auxiliar.	Anual	Mantenedor
6	A	5	S	N	N	S	S						Comprobar nivel de aceite de eldro de la elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
6	A	6	S	N	N	S	S						Verificar la integridad del conjunto mecánico del eldro de la elevación auxiliar.	Anual	Mantenedor
6	A	7	S	N	N	S	S						Verificar parámetros de funcionamiento de la reductora de elevación.	Anual	Mantenedor
6	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
6	A	9	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Formación manipuladores		
6	A	10	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación aux.)	Anual	Mantenedor
6	B	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera superior elevación aux.	Semestral	Mantenedor
6	B	2	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación aux.)	Anual	Mantenedor
6	C	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
6	C	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera inferior elevación aux.	Semestral	Mantenedor
6	C	3	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación ppal.)	Anual	Mantenedor
6	D	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Formación manipuladores		
6	D	2	N				S						Comprobar la posición de la reductora. Formación de los manipuladores.	Por Actuación	Operador
6	D	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse		
6	D	4	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
7	A	1	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elev ppal y aux)	Anual	Mantenedor
7	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		
7	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		

Referencias de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA	Frecuencia	A realizar por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
9	A	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera superior elevación ppal y aux.	Semestral	Mantenedor
9	A	2	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación principal y auxiliar)	Anual	Mantenedor
10	A	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
10	A	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
10	A	3	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
10	B	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
10	B	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
10	B	3	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
11	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		
14	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
14	A	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación principal.	Semestral	Mantenedor
14	A	3	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos motor de elevación principal (vibraciones, ruidos, calentamiento)	Anual	Mantenedor
14	A	4	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación principal.	Semestral	Mantenedor
14	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
14	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
14	B	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación auxiliar.	Semestral	
14	B	3	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos motor de elevación auxiliar (vibraciones, ruidos, calentamiento)	Anual	
14	B	4	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
14	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
15	A	1	S	N	N	S	S						Comprobación del estado del cable de alimentación, clavija y colector rotativo.	Semestral	Mantenedor
15	A	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de variación de radio.	Semestral	Mantenedor
15	A	3	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor del eldro de variación de radio.	Semestral	Mantenedor
15	A	4	S	N	N	S	S						Comprobar tensión en bornes del motor del eldro de variación de radio.	Anual	Mantenedor
15	A	5	S	N	N	S	S						Comprobar nivel de aceite de eldro de variación de radio.	Semestral	Mantenedor

Referencias de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA	Frecuencia	A realizar por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
15	A	6	S	N	N	S	S						Verificar la integridad del conjunto mecánico del eldro de variación de radio	Anual	Mantenedor
15	A	7	S	N	N	S	S						Verificar parámetros de funcionamiento del mecanismo de transmisión por husillo del radio.	Anual	Mantenedor
15	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
15	A	9	S	N	N	S	S						Comprobar que el sistema de engrase centralizado funciona correctamente	Semestral	Mantenedor
15	A	10	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés del movimiento de radio)	Anual	Mantenedor
15	B	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera superior movimiento de radio.	Semestral	Mantenedor
15	B	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de variación de radio.	Semestral	Mantenedor
15	C	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera inferior movimiento de radio.	Semestral	Mantenedor
15	D	1	S	S			S						Verificar parámetros de funcionamiento del mecanismo de transmisión por husillo del radio.	Anual	Mantenedor
15	D	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		
15	D	3	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés del movimiento de radio)	Anual	Mantenedor
15	D	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
19	A	1	S	N	N	S	S						Comprobación del estado del cable de alimentación, clavija y colector rotativo.	Semestral	Mantenedor
19	A	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros de los dos motores de traslación (uno en cada carretón).	Semestral	Mantenedor
19	A	3	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros de los motores de los eldros de traslación.	Semestral	Mantenedor
19	A	4	S	N	N	S	S						Comprobar tensión en bornes del motor de los motores de los eldros de traslación.	Anual	Mantenedor
19	A	5	S	N	N	S	S						Comprobar nivel de aceite de los eldros de traslación.	Semestral	Mantenedor
19	A	6	S	N	N	S	S						Verificar la integridad del conjunto mecánico de los eldros de traslación.	Anual	Mantenedor
19	A	7	S	N	N	S	S						Verificar parámetros de funcionamiento de las reductoras de traslación e integridad de las transmisiones.	Anual	Mantenedor
19	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
19	A	9	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés traslación.)	Anual	Mantenedor
19	B	1	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés traslación.)	Anual	Mantenedor
19	B	2	S	N	N	S	S						Comprobar funcionamiento del temporizador	Semestral	Mantenedor

Referencias de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA	Frecuencia	A realizar por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
19	B	3	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste de células anticolidión.	Semestral	Mantenedor
19	C	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
19	C	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros de los dos motores de traslación (uno en cada carretón).	Semestral	Mantenedor
19	C	3	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés traslación.)	Annual	Mantenedor
19	C	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		
19	C	5	S	N	N	S	S						Verificar parámetros de funcionamiento de las reductoras de traslación e integridad de las transmisiones.	Annual	Mantenedor
19	C	6	S	N	N	S	S						Comprobar funcionamiento del temporizador	Semestral	Mantenedor
21	A	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste de células anticolidión.	Semestral	Mantenedor
21	A	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste de células anticolidión.	Semestral	Mantenedor
22	A	1	S	S			S						Comprobar funcionamiento del avisador acústico y luminoso	Por Actuación	Operador
22	A	2	S	S			S						Comprobar funcionamiento del avisador acústico y luminoso	Por Actuación	Operador
22	B	1	S	S			S						Comprobar funcionamiento del avisador acústico y luminoso	Por Actuación	Operador
22	C	1	S	S			S						Comprobar funcionamiento del avisador acústico y luminoso	Por Actuación	Operador
22	D	1	S	S			S						Comprobar funcionamiento del avisador acústico y luminoso	Por Actuación	Operador
23	A	1	S	N	N	S	S						Comprobación del estado del cable de alimentación, clavija y colector rotativo.	Semestral	Mantenedor
23	A	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de giro.	Semestral	Mantenedor
23	A	3	S	N	N	S	S						Verificar parámetros de funcionamiento de la reductora del giro e integridad de las transmisiones.	Annual	Mantenedor
23	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
23	A	5	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés giro.)	Annual	Mantenedor
23	B	1	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés giro.)	Annual	Mantenedor
23	C	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse.		
23	C	2	S	N	N	S	S						Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de giro.	Semestral	Mantenedor
23	C	3	S	N	N	S	S						Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés giro.)	Annual	Mantenedor
23	C	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		

Referencias de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA	Frecuencia	A realizar por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
24	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado. Rediseño debe justificarse. Recepción por parte del manipulador.		
24	A	2	S	S			S						Comprobar que no hay fugas en el circuito hidráulico de giro cada vez que se utilice la grúa.	Por Actuación	Operador
24	A	3	S	S			S						Comprobar que no hay fugas en el circuito hidráulico de giro cada vez que se utilice la grúa.	Por Actuación	Operador
36	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
36	B	1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
36	B	2	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
36	B	3	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
36	B	4	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
37	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
37	B	1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
37	B	2	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
37	B	3	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
37	B	4	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
38	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
38	A	2	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
38	A	3	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
38	A	4	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna tarea de mantenimiento planificado, formación de los manipuladores		
40	A	1	N				N	N	N	S			Tareas de búsqueda de fallos, avisador acústico y luminoso.	Semestral	Mantenedor
40	A	2	N				N	N	N	S			Tareas de búsqueda de fallos, avisador acústico y luminoso.	Semestral	Mantenedor
40	A	3	N				N	N	N	S			Tareas de búsqueda de fallos, avisador acústico y luminoso.	Semestral	Mantenedor
40	A	4	N				N	N	N	S			Tareas de búsqueda de fallos, avisador acústico y luminoso.	Semestral	Mantenedor
42	A	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, comprobar que los equipos disponen de los mandos adecuados, conforme a normativa	Anual	Mantenedor
42	A	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, comprobar correcto funcionamiento de los joystick de control	Semestral	Mantenedor
43	A	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, comprobar funcionamiento de los medios de comunicación	Semestral	Mantenedor

Referencias de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			TAREA PROPUESTA						Frecuencia	A realizar por
							S1	S2	S3											
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6								
44	A	1	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, Comprobar que los pórticos disponen de paradas de emergencia en los carretones						Anual	Mantenedor
44	A	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, Comprobar correcto funcionamiento de paradas de emergencia en los carretones						Semestral	Mantenedor
44	A	3	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, Comprobar correcto funcionamiento de paradas de emergencia en los carretones						Semestral	Mantenedor
45	A	1	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor
45	A	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, verificar correcto funcionamiento del sistema de engrase						Semestral	Mantenedor
45	A	3	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor
45	B	1	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor
45	B	2	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor
47	A	1	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor
47	A	2	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor
48	A	1	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor
48	A	2	N				N	N	N	S			Tarea de búsqueda de fallos, Comprobar que no hay fugas en el bombín del circuito hidráulico						Anual	Mantenedor
48	A	3	S	N	S		N	S					Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.						Semestral	Mantenedor

4.10. Gama obtenida

Tras completar la hoja de decisión se procede a la redacción de las gamas de mantenimiento preventivo que se aplicaran. Estas quedan reflejadas en la siguiente tabla.

Tabla 12
Gamas de mantenimiento preventivo RCM

Subsistema	TAREAS PROPUESTAS A REALIZAR POR MANTENIMIENTO	Frecuencia	A realizar por
8	Rediseño obligatorio, exigir buenas practicas a los mantenedores, limpieza de la zona de trabajo.	Por Actuación	Mantenedor
1	Comprobación de la integridad de tinteros y barandillas	Anual	Mantenedor
7A	Comprobación del estado del cable de alimentación, clavija y colector rotativo.	Semestral	Mantenedor
2	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación principal.	Semestral	Mantenedor
2	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor del eldro de la elevación principal.	Semestral	Mantenedor
2	Comprobar tensión en bornes del motor del eldro de la elevación principal.	Anual	Mantenedor
8	Comprobar nivel de aceite de eldro de la elevación principal.	Semestral	Mantenedor
2	Verificar la integridad del conjunto mecánico del eldro de la elevación principal.	Anual	Mantenedor
2	Verificar parámetros de funcionamiento de la reductora de elevación.	Anual	Mantenedor
2	Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación ppal.)	Anual	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera superior elevación ppal.	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del limitador de momentos.	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera inferior elevación ppal.	Semestral	Mantenedor
2	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
2	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor del eldro de la elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
2	Comprobar tensión en bornes del motor del eldro de la elevación auxiliar.	Anual	Mantenedor
2	Comprobar nivel de aceite de eldro de la elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
2	Verificar la integridad del conjunto mecánico del eldro de la elevación auxiliar.	Anual	Mantenedor
7A	Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación aux.)	Anual	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera superior elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera inferior elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
7A	Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés elevación principal y auxiliar)	Anual	Mantenedor
2	Tarea de búsqueda de fallos motor de elevación principal (vibraciones, ruidos, calentamiento)	Anual	Mantenedor
2	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de elevación auxiliar.	Semestral	Mantenedor
2	Tarea de búsqueda de fallos motor de elevación auxiliar (vibraciones, ruidos, calentamiento)	Anual	Mantenedor
3	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de variación de radio.	Semestral	Mantenedor
3	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor del eldro de variación de radio.	Semestral	Mantenedor

3	Comprobar tensión en bornes del motor del eldro de variación de radio.	Anual	Mantenedor
8	Comprobar nivel de aceite de eldro de variación de radio.	Semestral	Mantenedor
3	Verificar la integridad del conjunto mecánico del eldro de variación de radio	Anual	Mantenedor
3	Verificar parámetros de funcionamiento del mecanismo de transmisión por husillo del radio.	Anual	Mantenedor
8	Comprobar que el sistema de engrase centralizado funciona correctamente	Semestral	Mantenedor
7A	Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés del movimiento de radio)	Anual	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera superior movimiento de radio.	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste del fin de carrera inferior movimiento de radio.	Semestral	Mantenedor
4	Revisión del estado y comprobación de los parámetros de los dos motores de traslación (uno en cada carretón).	Semestral	Mantenedor
4	Revisión del estado y comprobación de los parámetros de los motores de los eldros de traslación.	Semestral	Mantenedor
4	Comprobar tensión en bornes del motor de los motores de los eldros de traslación.	Anual	Mantenedor
8	Comprobar nivel de aceite de los eldros de traslación.	Semestral	Mantenedor
4	Verificar la integridad del conjunto mecánico de los eldros de traslación.	Anual	Mantenedor
4	Verificar parámetros de funcionamiento de las reductoras de traslación e integridad de las transmisiones.	Anual	Mantenedor
4	Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés traslación.)	Anual	Mantenedor
4	Comprobar funcionamiento del temporizador	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos. Comprobar funcionamiento y ajuste de células anticolisión.	Semestral	Mantenedor
5	Revisión del estado y comprobación de los parámetros del motor de giro.	Semestral	Mantenedor
5	Verificar parámetros de funcionamiento de la reductora del giro e integridad de las transmisiones.	Anual	Mantenedor
5	Comprobar estado y verificar funcionamiento de elementos electromecánicos (contactores, relés giro.)	Anual	Mantenedor
7E	Tareas de búsqueda de fallos, avisador acústico y luminoso.	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos, comprobar que los equipos disponen de los mandos adecuados, conforme a normativa	Anual	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos, comprobar correcto funcionamiento de los joystick de control	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos, comprobar funcionamiento de los medios de comunicación	Semestral	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos, Comprobar que los pórticos disponen de paradas de emergencia en los carretones	Anual	Mantenedor
7E	Tarea de búsqueda de fallos, Comprobar correcto funcionamiento de paradas de emergencia en los carretones	Semestral	Mantenedor
8	Comprobación visual tubos de engrase. Ejecución plan de engrase del pórtico, Verificación de niveles.	Semestral	Mantenedor
8	Tarea de búsqueda de fallos, verificar correcto funcionamiento del sistema de engrase	Semestral	Mantenedor
8	Tarea de búsqueda de fallos, Comprobar que no hay fugas en el bombín del circuito hidráulico	Anual	Mantenedor
Subsistema	TAREA PROPUESTAS A REALIZAR POR LOS OPERADORES	Frecuencia	A realizar por
7D	<i>Comprobación cada vez que se accede a la grúa del funcionamiento de las lámparas.</i>	<i>Por Actuación</i>	<i>Operador</i>
7E	<i>Comprobación cada vez que se accede a la grúa del indicador de carga de la lámpara de emergencia.</i>	<i>Por Actuación</i>	<i>Operador</i>
8	<i>Comprobación del estado de limpieza cada vez que se accede a la grúa</i>	<i>Por Actuación</i>	<i>Oper./Mant.</i>
2	<i>Comprobar la posición de la reductora. Formación de los manipuladores.</i>	<i>Por Actuación</i>	<i>Operador</i>
7E	<i>Comprobar funcionamiento del avisador acústico y luminoso</i>	<i>Por Actuación</i>	<i>Operador</i>

8	<i>Comprobar que no hay fugas en el circuito hidráulico de giro cada vez que se utilice la grúa.</i>	<i>Por Actuación</i>	<i>Operador</i>
---	--	----------------------	-----------------

Ya definidas las actuaciones a realizar y su periodicidad, la siguiente fase consiste en la aprobación por parte de los responsables de mantenimiento y por parte de producción.

Una vez aprobado se comunica al departamento de compras para la modificación del contrato de mantenimiento y adecuarlo a las nuevas actuaciones.

Superados estos trámites solo queda la implementación en el GMAO prisma3.

5. Comparativa entre gamas. Proceso de homologación para equipos similares.

5.1. Comparativa entre gamas

Las tareas de mantenimiento preventivo que realizaban las empresas mantenedoras están descritas en el apartado 3.2, para el plan de mantenimiento aplicado históricamente.

Las operaciones de mantenimiento resultantes de la aplicación de la metodología RCM2 están detalladas en el apartado 4.10.

La metodología tradicional consistía en una revisión de mantenimiento trimestral llevada a cabo por dos empresas, una eléctrica y otra mecánica. Eso supone que la realización de las operaciones de mantenimiento en la mayoría de las ocasiones no se realizaba al mismo tiempo, desde el punto de vista operativo esto supone que la grúa se para por tareas de mantenimiento por duplicado.

Sobre este aspecto de la metodología RCM2 se ha obtenido como resultado la reducción de las revisiones a solo dos anuales que se realizarán por una sola empresa especializada en trabajo de grúas, esto supone una disminución del tiempo de parada por tareas relacionadas con el mantenimiento preventivo.

Ahora procederemos al análisis de las horas invertidas en mantenimiento preventivo y correctivo con las dos metodologías de mantenimiento aplicadas. Hay que destacar que la implantación de RCM2 en el pórtico empezó a aplicarse de manera efectiva en el año 2014 por lo que se considera que los resultados pueden ser orientativos pero no concluyentes.

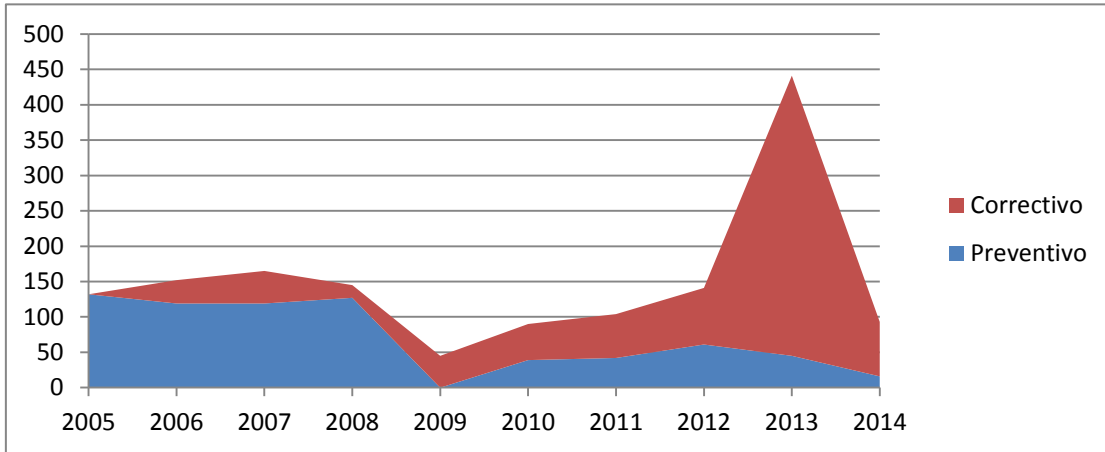
El análisis comprende el periodo comprendido entre los años 2005 hasta el año 2014.

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

Se diferenciará entre el periodo de aplicación de la metodología RCM2 año 2014, contra el periodo en el que la metodología aplicada era la tradicional (comprendido entre los años 2005 al 2013).

Figura 18
Horas invertidas en mantenimiento



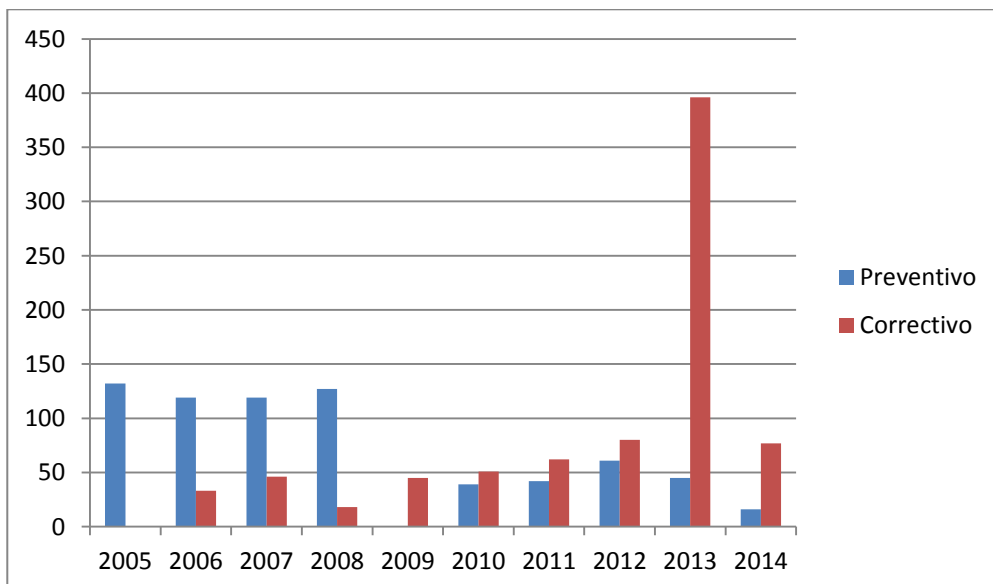
El proceso de implantación de RCM2 comenzó a aplicarse en las grúas pórtico a partir del año 2014, no existen suficientes datos para analizar las consecuencias sobre la fiabilidad del equipo.

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.

Figura 19
Comparación horas preventivo/correctivo



Considerando estos valores como totales y comparando con las horas invertidas en el año 2014 obtendríamos una desviación con respecto a la media.

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.

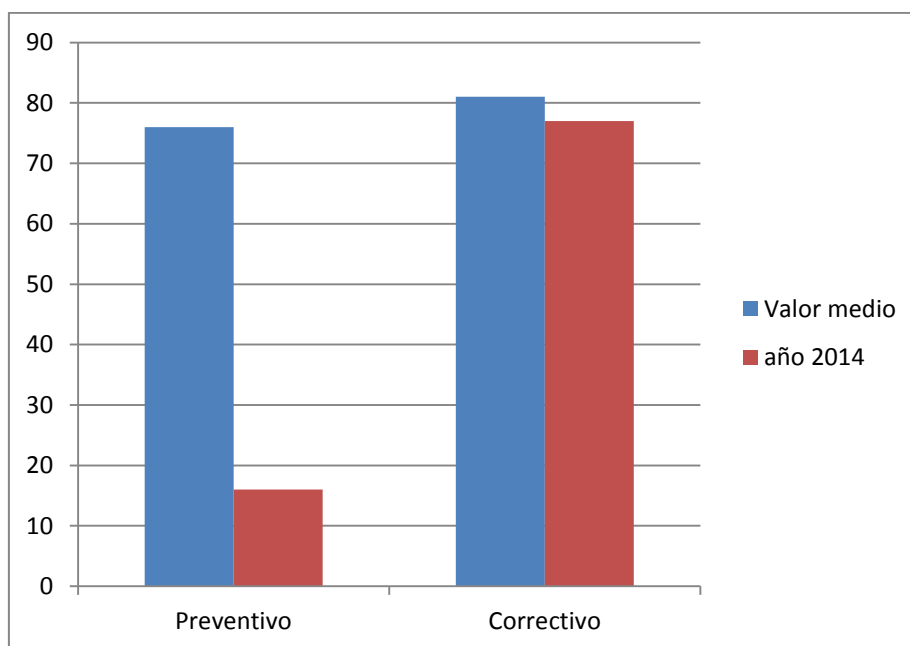
El ahorro en número de horas es de 60 con un coste económico aproximado de 1300€/año.

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.

Gráficamente los datos quedan de la siguiente forma:

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



5.2. Proceso de homologación para equipos similares

Enrique Ellmann (marzo 2006), dice que la herramienta RCM2 es ponderada de forma superlativa por aquellos usuarios que la aplican de forma correcta y rigurosa, por los enormes beneficios que su aplicación aporta, tanto en beneficios económicos medibles, como en los temas de seguridad, medioambiente, calidad de productos y servicios.

La única crítica que suele hacerse a esta metodología, es que su aplicación es compleja ya que consume tiempo y recursos. En equipos complejos es normal encontrar decenas de miles de

modos de fallo lo que consume muchas horas hombre, que si no están disponibles, alarga el análisis y la obtención de resultados medibles.

Una solución válida para acelerar notablemente el proceso es la “Homologación” de equipos iguales o parecidos.

Es importante 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.

5.2.1. Quien homologa:

Es imprescindible que la homologación sea realizada por un Grupo de Análisis RCM2 que, como siempre, debe de estar integrado por las personas que mejor conocen el equipo, y formadas convenientemente en la metodología RCM. Cuanto mayor sea la experiencia del Facilitador, mayor será la calidad y celeridad del análisis.

5.2.2. Información necesaria para homologar

Para proceder a una homologación correcta, válida y rápida, debe contarse con los siguientes elementos:

- Toda la información de la máquina o sistema ya estudiada. A este análisis se le denomina “Análisis Original” o “Análisis completo base cero”; descripción del contexto, planos, manuales y las hojas de información y decisión; si es posible con notas y comentarios que pudieron haberse realizado durante el proceso del análisis original.
- Toda la información de la máquina a analizar, principalmente el contexto.

5.2.3. Como se homologa:

Debe de seguirse toda la secuencia que se sigue en un “Análisis Original”.

Lo primero es listar todas las Funciones. El grupo de Análisis verifica una a una la totalidad de funciones registradas en el “Análisis Original” así como los parámetros que debe cumplir. Si el equipo a homologar requiere parámetros diferentes al original o aparecen funciones que no son requeridas, deben discutirse y modificarse en la hoja de información.

Debe prestarse mucha atención a la posible necesidad de funciones adicionales que deben ser correctamente agregadas con sus parámetros.

Se continúa con la segunda pregunta RCM, Fallo Funcional. Generalmente aquellas funciones que se mantienen junto con sus parámetros, los Fallos Funcionales serán los mismos.

Con los Modos de Fallo debe presentarse mucha atención, porque es aquí donde los mismos Fallos Funcionales pueden ser originados por Modos de Fallo diferentes a los del original.

Lo mismo ocurre con los Efectos de los Fallos, que en contextos diferentes pueden ser diferentes. Es aquí donde la homologación puede ser peligrosa si se hace con excesivo apuro; es frecuente dar por cierto lo que ya está escrito para el equipo original. El Facilitador debe ser muy cuidadoso.

Igualmente las Consecuencias de un mismo Modo de Fallo pueden diferir. Es fácil observar que si bien el proceso es el mismo de un estudio original, al tener la información del estudio original el proceso se acelera enormemente.

La experiencia indica que el tiempo del análisis en una homologación es entre 20 y 40% del análisis original.

5.2.4. Lo que no debe hacerse:

Realizar la Homologación “administrativamente”, sin intervención formal de un grupo de análisis RCM2.

- No contar con personas suficientemente capacitadas y con experiencia en Análisis RCM2.
- Dar por sentada la respuesta a alguna pregunta sin hacerlo explícitamente.
- Acelerar el proceso más allá de lo adecuado. Esto es responsabilidad del Facilitador.

En conclusión si se siguen las pautas descritas, la Homologación puede ser una valiosa herramienta RCM2, especialmente en empresas en que existen varios o muchos equipos similares.

El proceso de Homologación es tan riguroso como los estudios originales.

Para el caso particular estudiado en este proyecto y después de haber realizado un análisis riguroso de los diferentes equipos, se llegó a la conclusión de que la homologación se podía extender a todas las grúas pórtico de la Dársena de Cartagena.

6. Conclusiones finales

6.1. Conclusiones

En este proyecto se ha modificado la periodicidad y las operaciones de mantenimiento preventivo que se realizan periódicamente en las grúas pórtico de la Dársena de Cartagena pertenecientes a Navantia.

La modificación de la periodicidad y las operaciones se ha realizado aplicando la metodología RCM2 Mantenimiento basado en la Fiabilidad.

La aplicación de la metodología al pórtico se prolongó durante un periodo de trece meses, a lo largo de los cuales se celebraron doce reuniones de trabajo del grupo multidisciplinar.

El resultado final más relevante ha sido la implantación, en el plan de mantenimiento preventivo, de un conjunto de operaciones. Se ha fijado la periodicidad con la que se deben repetir estas operaciones; semestralmente y anualmente. Se han agrupado tareas para unificar intervalos preventivos y maximizar la coincidencia temporal (prácticamente todas las operaciones se realizan semestral o anualmente) y para que los trabajos los pueda realizar una única empresa mantenedora especializada en equipos de elevación

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

- Disminución del número de operaciones 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 esta 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.

A nivel económico el coste directo sería el de las 60 horas de mantenimientos preventivos que se realizaban con el plan antiguo y que no se realizar con la nueva gama de mantenimiento.

Desde el punto de vista del mantenimiento correctivo no tenemos resultados concluyentes ya que el periodo de aplicación de la nueva metodología es pequeño en comparación con la antigua.

Con el fin de extrapolar los resultados del estudio a los equipos similares de la Factoría (resto de grúas pórtico), se siguieron las indicaciones del apartado 5.2 Proceso para homologación de equipos similares.

Como conclusión final se expone que se ha implantado la metodología RC2 en las grúas pórtico de la Dársena de Cartagena.

6.2. Consecuencias. Desarrollos futuros

6.2.1. Consecuencias

Como consecuencia de la aplicación de la metodología para las mejoras de las gamas de mantenimiento se ha comenzado un proceso de mejora en las grúas pórtico.

En un primer paso se han iniciado los procesos para solicitar presupuestos de los siguientes trabajos de mejora:

- 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.

6.2.2. Desarrollos futuros

El mundo del mantenimiento está en constante evolución, debe adaptarse a las necesidades de la sociedad y de las nuevas tecnologías, se exige a los equipos que cada vez sean más seguros, a las plantas que aumenten su producción y disminuyan sus incidencias de cualquier tipo. Se describen brevemente algunos procesos que pueden indicar hacia donde evoluciona el mantenimiento.

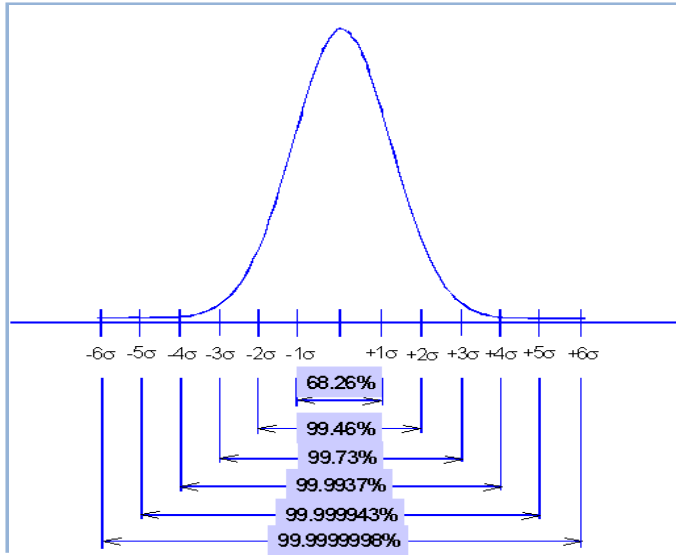


Figura 21
Pilares Six Sigma

6.2.2.1. Six- sigma en Mantenimiento.

- 6-sigma persigue la reducción del número de defectos a 3.4 errores por millón de oportunidades.

Figura 22
Defectos permitidos

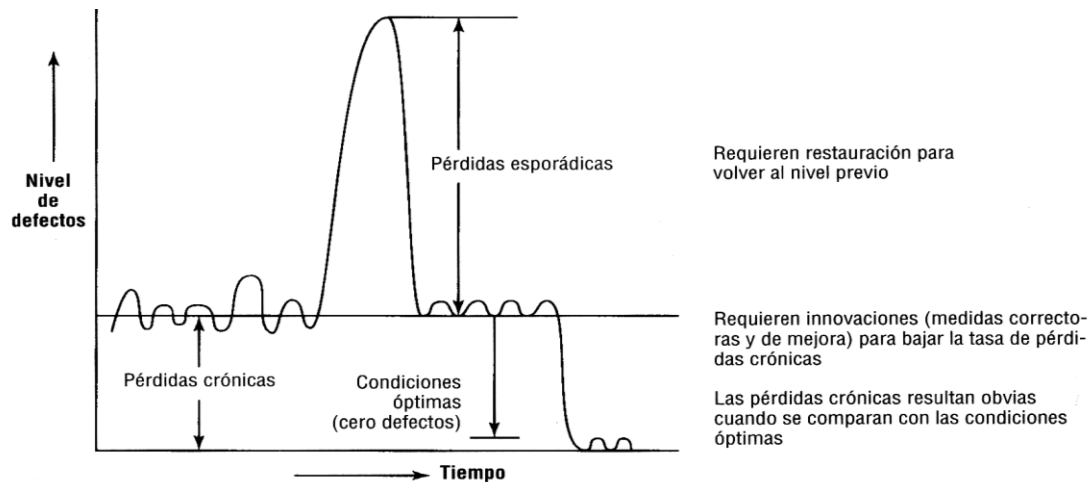


- Ello se consigue a través de DMAIC y por la aplicación sistemática de su patrón de pensamiento. DMAIC es un acrónimo (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control) de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

6.2.2.2. Análisis PM. Definición

PM Análisis es una herramienta avanzada de ingeniería de mantenimiento que debe de ser utilizada por personal técnico. Se debe de emplear en situaciones en la que los procedimientos convencionales de solución de problemas son insuficientes particularmente cuando se trata de resolver pérdidas crónicas.

Figura 23
Análisis de pérdidas crónicas



Se basa en un análisis físico de los problemas usando un acercamiento sólido, con comprensión profunda del fenómeno, y sistemático para la búsqueda de todas las causas que intervienen en la ocurrencia de un defecto o fallo y para determinar las acciones necesarias para su erradicación.

Para tener éxito en la erradicación de las pérdidas crónicas hay que:

- Identificar todos los factores que pueden afectar a la pérdida
- Investigar profundamente cada factor
- Eliminar todas las condiciones no óptimas descubiertas en los equipos y procesos

- Necesario aproximarse al problema con herramientas estadísticas y diseño de experimentos: SIX-SIGMA MAINTENANCE

¿Qué significado tienen sus siglas?

- P: Fenómeno (lo que ocurre y observamos), Físico (perspectiva que adoptamos al contemplar el fenómeno).
- M: Mecanismo (comprender el mecanismo del equipo y como se produce el fenómeno), 4M (Maquina, Personal; Material, Método), relaciones de contorno y relaciones entre el evento anormal y las 4M.

7. Bibliografía

A continuación se enumeran las fuentes de información consultadas para la realización de este proyecto:

- www.navantia.es
- Manuales de las grúas pórtico Elyma.
- Archivos taller de mantenimiento Astillero Cartagena.
- NTP 736 Grúas tipo puente. Generalidades.
- NTP 737 Grúas tipo puente. Utilización. Formación de operadores.
- NTP 738 Grúas tipo puente. Montaje utilización y mantenimiento.
- 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.
- IEC 60300-3-11 Guía de aplicación mantenimiento basado en la confiabilidad.
- SAE JA 1011 AUG2009 Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento basados en la confiabilidad.
- SAE JA 1012 AUG2011 Guía para mantenimiento basado en la confiabilidad. Standard.
- Mantenimiento basado en la confiabilidad RCMII; John Moubray
- Ingeniería en red; J. M. Juez Gil.
- RD 1215/97 Disposiciones mínimas de seguridad para la utilización de equipos de trabajo.
- RD 486/97 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

8. Agradecimientos

Agradecer sobre todo a mi familia, la ayuda prestada para lograr este objetivo, sin su colaboración y su paciencia no hubiese sido posible dedicar el tiempo necesario.

Quiero agradecer al director de este proyecto, D. Jose Luis Aguirre, sin su ayuda no habría sido posible la realización de este proyecto.