

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS



## TRABAJO FINAL DE MASTER

Mejora del Sistema de Mantenimiento de los  
equipos de una Planta de Transferencia mediante  
la aplicación de la Metodología RCM2

Presentada por:

D. Pedro Poyatos Genovés

Dirigida por:

Dr. D. Vicente Macián Martínez

Para la obtención de:

Título Oficial de Máster Universitario  
en Ingeniería de Mantenimiento

Valencia, Septiembre 2010



## **Índice General**

Índice de Tablas.

Índice de Figuras.

Capítulo 1. Introducción.

<u>Subcapítulos</u>	<u>Página</u>
1.1	Objetivo de la tesina.....1.4
1.2	Historia del mantenimiento.....1.4
1.3	RCM como técnica avanzada del mantenimiento.....1.7
1.4	Plan Zonal de residuos de las zonas VI, VII y IX del Plan Integral de Residuos (P.I.R.) de la Comunidad Valenciana.....1.23
1.5	Planta de transferencia.....1.31
1.6	Planteamiento de la tesina.....1.37

Capítulo 2. Sistema Actual de Mantenimiento.

<u>Subcapítulos</u>	<u>Página</u>
2.1	Introducción.....2.4
2.2	Instalaciones existentes.....2.8
2.3	Sistema de gestión del mantenimiento.....2.10

Capítulo 3. Selección de Equipos para Mantenimiento.

<u>Subcapítulos</u>	<u>Página</u>
3.1	Criterios para la evaluación de la criticidad.....3.4
3.2	Cálculo de la criticidad de los equipos.....3.7

Capítulo 4. Descripción de los Equipos.

<u>Subcapítulos</u>	<u>Página</u>
4.1	Cinta transportadora ZC21-14.....4.4
4.2	Motor VM SUN 3105.....4.9
4.3	Motor Hatz 3L41C.....4.11
4.4	Báscula S-BP4H.....4.16
4.5	Grupo electrógeno IPK-20.....4.20
4.6	Piso móvil.....4.24

Capítulo 5. Metodología RCM2 para la Cinta Transportadora ZC21-14.

<u>Subcapítulos</u>	<u>Página</u>
5.1	Funciones.....5.4
5.2	Fallos funcionales.....5.4
5.3	Modos de fallo.....5.5
5.4	Efectos del fallo.....5.5
5.5	Consecuencias.....5.5
5.6	Análisis de criticidad.....5.6

5.7	Tabla resumen.....	5.9
5.8	Diagrama y tabla de decisión.....	5.10
5.9	Procedimiento para la ejecución del plan.....	5.14

Capítulo 6. Metodología RCM2 para el Motor VM SUN 3105.

<u>Subcapítulos</u>		<u>Página</u>
6.1	Funciones.....	6.4
6.2	Fallos funcionales.....	6.4
6.3	Modos de fallo.....	6.5
6.4	Efectos del fallo.....	6.6
6.5	Consecuencias.....	6.6
6.6	Análisis de criticidad.....	6.6
6.7	Tabla resumen.....	6.9
6.8	Diagrama y tabla de decisión.....	6.14
6.9	Procedimiento para la ejecución del plan.....	6.19

Capítulo 7. Metodología RCM2 para el Motor Hatz 3L41C.

<u>Subcapítulos</u>		<u>Página</u>
7.1	Funciones.....	7.4
7.2	Fallos funcionales.....	7.4
7.3	Modos de fallo.....	7.5
7.4	Efectos del fallo.....	7.5
7.5	Consecuencias.....	7.6
7.6	Análisis de criticidad.....	7.7
7.7	Tabla resumen.....	7.9
7.8	Diagrama y tabla de decisión.....	7.14
7.9	Procedimiento para la ejecución del plan.....	7.19

Capítulo 8. Metodología RCM2 para el Grupo Electrónico IPK-20.

<u>Subcapítulos</u>		<u>Página</u>
8.1	Funciones.....	8.4
8.2	Fallos funcionales.....	8.4
8.3	Modos de fallo.....	8.5
8.4	Efectos del fallo.....	8.5
8.5	Consecuencias.....	8.5
8.6	Análisis de criticidad.....	8.6
8.7	Tabla resumen.....	8.9
8.8	Diagrama y tabla de decisión.....	8.10
8.9	Procedimiento para la ejecución del plan.....	8.13

Capítulo 9. Metodología RCM2 para la Báscula S-BP4H.

Capítulo 10. Valoración del Proyecto de Mantenimiento.

Capitulo 11. Conclusiones.

Capitulo 12. Bibliografía.

Anejos (I, II y III).

## Índice de Tablas

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
Tabla 1.1: Evolución de las técnicas de mantenimiento	1.6
Tabla 1.2: Objetivos del mantenimiento	1.6
Tabla 1.3: Tipos de ecoparque	1.25
Tabla 1.4: Tipos de residuos que admite cada ecoparque	1.25
Tabla 1.5: Población equivalente y tonelaje según Plan Zonal. Año 2009	1.35
Tabla 2.1: Entradas de residuos en la planta (ton)	2.11
Tabla 2.2: Horarios de trabajo de los operarios	2.13
Tabla 2.3: Horarios de trabajo de los vigilantes	2.14
Tabla 3.1: Valoración de función del equipo	3.4
Tabla 3.2: Valoración de requisitos del mantenimiento	3.5
Tabla 3.3: Valoración del histórico de reparaciones	3.5
Tabla 3.4: Valoración de condiciones de explotación	3.5
Tabla 3.5: Valoración de redundancia	3.6
Tabla 3.6: Valoración de impacto en la seguridad personal	3.6
Tabla 3.7: Valoración de impacto ambiental	3.6
Tabla 3.8: Resultados del cálculo de la criticidad de los equipos	3.8
Tabla 5.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo	5.7
Tabla 5.2: Valoración de detectabilidad	5.7
Tabla 5.3: Análisis criticidad de fallos de cinta transportadora ZC21-14	5.9
Tabla 5.4: Evaluación y decisión de cinta transportadora ZC21-14	5.13
Tabla 6.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo	6.7
Tabla 6.2: Valoración de detectabilidad	6.8
Tabla 6.3: Análisis criticidad de fallos del motor VM SUN 3105. Grupo Motor	6.10
Tabla 6.4: Análisis criticidad de fallos del motor VM SUN 3105. Grupo Hidráulico	6.12
Tabla 6.5: Análisis criticidad de fallos del motor VM SUN 3105. Grupo Gasóleo	6.13
Tabla 6.6: Evaluación y decisión de motor VM SUN 3105	6.18
Tabla 7.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo	7.7
Tabla 7.2: Valoración de detectabilidad	7.8
Tabla 7.3: Análisis criticidad de fallos del motor Hatz 3L41C. Grupo Motor	7.10
Tabla 7.4: Análisis criticidad de fallos del motor Hatz 3L41C. Grupo Hidráulico	7.12
Tabla 7.5: Análisis criticidad de fallos del motor Hatz 3L41C. Grupo Gasóleo	7.13
Tabla 7.6: Evaluación y decisión de motor Hatz 3L41C	7.18
Tabla 8.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo	8.7
Tabla 8.2: Valoración de detectabilidad	8.7
Tabla 8.3: Análisis criticidad de fallos de báscula S-BP4H	8.9
Tabla 8.4: Evaluación y decisión de báscula S-BP4H	8.12
Tabla 9.1: Operaciones de mantenimiento para el grupo electrógeno	9.3
Tabla 10.1: Presupuesto aplicación metodología RCM2	10.4

## Índice de Figuras

<u>Figuras</u>	<u>Página</u>
Figura 1.1: Vista de la planta de tratamiento	1.26
Figura 1.2: Vista de la instalación de valorización	1.27
Figura 1.3: Vista de la instalación de valorización y eliminación	1.28
Figura 1.4: Vista de todos los elementos en el mapa	1.29
Figura 1.5: Diagrama de las rutas de los R.S.U.	1.30
Figura 1.6: Datos de entrada según bases técnicas año 2009. Porcentajes de recuperación según Plan de Gestión	1.31
Figura 1.7: Foto de una planta de transferencia	1.32
Figura 1.8: Planta de transferencia con compactación	1.34
Figura 1.9: Vista de las 4 plantas de transferencia permanentes	1.36
Figura 1.10: Plano de la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes	1.37
Figura 2.1: Senda ambiental-Reciclados del mediterráneo	2.4
Figura 2.2: Urbaser	2.5
Figura 3.1: Fórmula del nivel de prioridad	3.7
Figura 4.1: Plano de la cinta transportadora ZC21-14	4.6
Figura 4.2: Foto de la cinta transportadora ZC21-14 de Caudete de las Fuentes	4.7
Figura 4.3: Anuncio de la cinta transportadora ZC21-14 en una publicación especializada	4.8
Figura 4.4: Ilustración del Motor VM SUN 3105	4.9
Figura 4.5: Diagramas de potencia, par de torsión y consumo específico del Motor VM SUN 3105	4.10
Figura 4.6: Ilustración del Motor Hatz 3L41C	4.11
Figura 4.7: Ilustración interna del Motor Hatz 3L41C	4.12
Figura 4.8: Características del Motor Hatz tipo	4.14
Figura 4.9: Diagramas del par de giro y consumo específico del Motor Hatz 3L41C	4.15
Figura 4.10: Dimensiones del motor Hatz 3L41C	4.15
Figura 4.11: Vistas de la báscula S-BP4H	4.18
Figura 4.12: Detalle de la báscula S-BP4H	4.19
Figura 4.13: Foto de la báscula S-BP4H de Caudete de las Fuentes	4.19
Figura 4.14: Foto del grupo electrógeno IPK-20 de Caudete de las Fuentes	4.23
Figura 4.15: Fotos del piso móvil usado en la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes	4.27
Figura 4.16: Fotos de la extracción de R.S.U. de un piso móvil	4.28
Figura 4.17: Ilustración del funcionamiento de un piso móvil	4.29
Figura 9.1: Albarán de operaciones de mantenimiento para el grupo electrógeno	9.4
Figura 10.1: Personas que participan en la elaboración del sistema de mantenimiento	10.3



**CAPÍTULO 1:**

**INTRODUCCIÓN.**



## **ÍNDICE**

1.1	Objetivo de la tesina.....	1.4
1.2	Historia del mantenimiento.....	1.4
1.3	RCM como técnica avanzada del mantenimiento.....	1.7
1.4	Plan Zonal de residuos de las zonas VI, VII y IX del Plan Integral de Residuos (P.I.R.) de la Comunidad Valenciana.....	1.23
1.5	Planta de transferencia.....	1.31
1.6	Planteamiento de la tesina.....	1.37

## 1.1 OBJETIVO DE LA TESINA.

El presente trabajo se formula a partir de un doble objetivo: por una parte, cumplir con los requerimientos desde el punto de vista académico y de esta manera completar los estudios conducentes a la obtención del título de Máster Oficial de Ingeniería de Mantenimiento. Por otro lado, desde el punto de vista profesional, supone un desarrollo en el Mantenimiento de las Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos Urbanos (desde ahora R.S.U.), que es una de las funciones que el Departamento Técnico de la empresa UTE Ecored (forma parte de la empresa Urbaser) se debe de encargar, al cual pertenezco.

Resulta especialmente interesante destacar la importancia del Mantenimiento en una instalación de tales características claramente diferenciadas respecto a otros edificios e industrias. Éste es un punto intermedio en la cadena de los residuos urbanos donde se agrupan todos los residuos de los camiones de recogida de la zona, llamados recolectores, en contenedores más grandes. Con ello se obtiene un ahorro sustancial.

Hay que considerar dos dificultades añadidas: que éste será el primer plan de mantenimiento puesto en marcha en la empresa; y que éste tipo de instalaciones son bastante novedosas y están sometidas a unas condiciones extremas, pues se trata con basuras.

Por todo ello, el trabajo tiene como objetivo la creación de Programas de Mantenimiento y Procedimientos de Reparación de los equipos de mayor criticidad que forman parte de una Planta de Transferencia mediante la aplicación de la Metodología RCM2. De esta manera, se lograrán unas condiciones de funcionamiento óptimas, fiables, eficaces y eficientes, que garanticen la disponibilidad total, un aumento de su vida útil y con las mayores garantías de seguridad.

## 1.2 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO.

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA (1995), define al mantenimiento como: “El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral.” Para Moubray (1997), el mantenimiento significaba “Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas”. Por su parte Anzola (1992), lo describe como "Aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas”.

A partir de los criterios formulados por los autores citados, en relación al concepto de mantenimiento, se puede definir como el conjunto de actividades que se realizan a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado. Su objetivo primordial es preservar la función, las buenas condiciones de operabilidad, optimizar el rendimiento y aumentar el período de vida útil de los activos, procurando una inversión óptima de recursos.

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias debido a la Revolución industrial, surgió la necesidad de las primeras reparaciones y por tanto, del inicio del *Mantenimiento Correctivo*, ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria. Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las maquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible. Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento.

Esa situación se mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial, y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, la alta administración industrial se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estos ocurriesen, y el personal técnico de mantenimiento, pasó a desarrollar el proceso del *Mantenimiento Preventivo*, de las averías que, juntamente con la corrosión, completaban el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los gerentes de mantenimiento observaron que, en muchos casos, el tiempo de paradas de la producción, para diagnosticar las fallas era mayor que la propia ejecución de la reparación. Ello provocó la selección de un equipo de especialistas para componer un órgano de asesoramiento a la producción que se llamó «Ingeniería de Mantenimiento». Entre sus tareas estaban las de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías. Gracias a la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la Ingeniería de Mantenimiento, pasó a desarrollar criterios de predicción de fallos, conocidos como *Mantenimiento Predictivo*, que posteriormente se incorporaron a los planes de mantenimiento.

En esta misma época, a principios de los años 60, surgen las primeras metodologías de Mantenimiento basadas en criterios de Fiabilidad, como es Reliability Centred Maintenance (RCM) o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), que se expondrá posteriormente.

En los años 70, debido a la grave crisis industrial, el Mantenimiento jugó un papel de gran relevancia, ya que se buscaba aumentar la rentabilidad de las empresas, por lo que resultaba fundamental conservar los equipos disponibles, con las menores consecuencias operacionales y con el menor coste posible.

Hacia los años 80 se propicia la tecnificación del mantenimiento en todo tipo de empresas, tanto con la adopción de potentes técnicas de diagnóstico como con la adopción del a informática para la ayuda en la gestión del mantenimiento, como el empleo de Sistemas Expertos para el diagnóstico de averías.

Ya, por último, desde la última década del siglo XX hasta la actualidad, se considera totalmente consolidado el Mantenimiento en la mayoría de las empresas, donde

el uso de las técnicas predictivas es imprescindible, como sería el uso de programas de mantenimiento con monitorización “online” de diversos parámetros. Por otra parte, para seleccionar las acciones apropiadas de cada plan de mantenimiento, cada vez está más extendido el desarrollo de sofisticadas metodologías terotecnológicas de mantenimiento como el TPM, el RCM, el BCM, el FMECA, el LCC, el RAM, etc., apoyadas en herramientas informáticas de la más alta calidad centrada en el servicio y en los recursos humanos.



*Tabla 1.1: Evolución de las técnicas de mantenimiento*



*Tabla 1.2: Objetivos del mantenimiento*

## 1.3 RCM COMO TECNICA AVANZADA DEL MANTENIMIENTO.

### 1.3.1 Introducción.

La idea del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo. El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

Este trabajo introduce una filosofía que provee justamente ese esquema de trabajo. Se llama Reliability Centred Maintenance, o RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad). Si se aplica correctamente, RCM transforma la relación entre el personal involucrado, la planta en sí misma, y el personal que tiene que hacerla funcionar y mantenerla. También permite poner en funcionamiento nueva maquinaria a gran velocidad, seguridad y precisión.

### 1.3.2 Historia del RCM.

#### 1.3.2.1 Antecedentes.

Al final de 1950, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estaría oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos implicaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos. Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. En esos días, mantenimiento significaba una cosa: reparaciones periódicas.

Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy tardíamente las reparaciones; después de que el desgaste se había iniciado. Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones. Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducían y por el contrario se incrementaban.

De esta manera RCM tiene sus inicios a principios de 1960. El trabajo del desarrollo inicial fue hecho por la Industria de la Aviación Civil Norteamericana. Y se hizo realidad cuando las aerolíneas comprendieron que muchas de sus filosofías de mantenimiento eran no sólo costosas sino también altamente peligrosas. Ello inspiró a la

industria a aunar una serie de “Grupos de Dirección de Mantenimiento” (Maintenance Steering Groups - MSG) para reexaminar todo lo que ellos estaban haciendo para mantener sus aeronaves operando. Estos grupos estaban formados por representantes de los fabricantes de aeronaves, las aerolíneas y la FAA (Fuerza Área Americana).

La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial a ha pasado por un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “La forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar: Las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues. Esto corresponde a un accidente cada 3 ó 4 semanas en el mundo. De éstos, cerca de 1/6 son causados por fallas en los equipos.

### 1.3.2.2 El nacimiento del “RCM”: 1960 hasta 1980.

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo. A mediados de 1970, el gobierno de los Estados Unidos de América quiso saber más acerca de la filosofía moderna en materia de mantenimiento de aeronaves. Y solicitaron un reporte sobre éste a la industria aérea. Dicho reporte fue escrito por Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines. Ellos lo titularon “RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE” (MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD), fue publicado en 1978, y aún sigue siendo uno de los documentos más importantes en la historia del manejo de los activos físicos. Está disponible en el Servicio de Información Técnica Nacional del Gobierno de los Estados Unidos de América, en Springfield, Virginia.

Este reporte fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los Estados Unidos de América, un proceso que produjo inicialmente el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1, Manual: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970: MSG-2 Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de los EEUU).

El reporte de Nowlan y Heap representó un considerable avance en la filosofía MSG 2 y fue usado como base para el MSG 3, el cual fue promulgado en 1980: Documento Para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas. El MSG – 3 fue influenciado por el libro de Nowlan y Heap (1978), el MSG – 3 ha sido revisado tres veces, la primera vez en 1988, de nuevo en 1993, y la tercera en 2001. Hasta el presente es usada para desarrollar programas de mantenimiento prioritarios al servicio para nuevos tipos de aeronaves (incluyendo recientemente el Boeing 777 y el Airbus 330/340). Copias de MSG 3.2001 se encuentran en Air Transport Association, Washington, DC.

El reporte de Nowlan y Heap ha sido desde entonces usado como base para varios modelos de RCM de tipo militar, y para aquellas actividades no relacionadas con la aviación. El Departamento de Defensa aprendió que la aviación comercial había encontrado un enfoque revolucionario para programar el mantenimiento y buscó beneficiarse de ésta experiencia. Nowlan y Heap fueron comisionados para escribir su versión del libro para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, el cual estaba mirando en la aviación comercial formas para hacer menos costosos sus planes de mantenimiento. Una vez que el Departamento de Defensa publicó el libro de Nowlan y Heap, el ejército americano se propuso desarrollar procesos RCM para su propio uso: uno para el ejército, uno para la fuerza aérea, y otro para la armada. La armada desarrolló dos procesos porque sus comunidades de buques y de aviación insistieron en que procesos RCM que funcionaran en uno no servirían para el otro. Los contratistas y los vendedores de equipos aprendieron a usar éstos procesos cuando le vendieron equipos nuevos al ejército.

En un esfuerzo separado al principio de 1980, El Instituto para (EPRI por sus siglas en Inglés) la Investigación de la Energía Eléctrica, un grupo de investigación industrial para las compañías generadoras de energía en los Estados Unidos de América realizó dos aplicaciones piloto del RCM en la industria de la energía nuclear americana. Su interés surgió de la creencia de que ésta industria estaba logrando niveles adecuados de seguridad y confiabilidad, pero se hacía sobremantenimiento masivo a sus equipos. Esto significaba que su principal propósito era reducir costos de mantenimiento en vez de mejorar la confiabilidad, y el proceso RCM era modificado consecuentemente. (Ellos modificaron tanto el proceso RCM, que su parecido es poco con el original descrito por Nowlan y Heap, y debería ser descrito más correctamente como la Optimización del Mantenimiento Planificado o PMO – por sus siglas en Inglés – más que como RCM). Este proceso modificado fue adoptado sobre una base amplia por la industria de la energía nuclear Americana en 1987, y se implementaron variaciones de su enfoque por otras compañías nucleares, algunas otras ramas de la generación eléctrica, distribución industrial y repuestos de la industria petrolera.

Al mismo tiempo, otros especialistas en la formulación de estrategias se interesaron en la aplicación del RCM en industrias diferentes a la aviación. Dentro de éstos, el principal fue John Moubray y sus asociados. Este grupo trabajó inicialmente con el RCM en industrias mineras y de manufactura en Sudáfrica bajo la asesoría de Stan Nowlan, y luego se ubicaron en el Reino Unido. Desde allí, sus actividades se han expandido para cubrir la aplicación del RCM en casi todos los campos del esfuerzo humano organizado, abarcando más de 42 países.

Moubray y sus asociados se han fundamentado en el trabajo de Nowlan mientras mantienen su enfoque original en la seguridad y confiabilidad del equipo. Por ejemplo, incorporaron temas ambientales al proceso de toma de decisiones en materia de RCM, clasificaron las formas en las cuales las funciones del equipo deberían ser definidas, desarrollaron reglas más precisas para seleccionar labores de mantenimiento e intervalos para las labores y también incorporaron directamente criterios de riesgo cuantitativo a un grupo de intervalos para labores en busca de fallas. Su versión mejorada del RCM se conoce actualmente como el RCM2.

### 1.3.2.3 La Necesidad de un estándar: 1990.

Desde inicios de 1990, muchas más organizaciones han desarrollado versiones del proceso RCM: El Comando Aéreo Naval de los Estados Unidos con su “Guía para el Proceso de Mantenimiento Centrado en la Seguridad para la aviación Naval (Navair 00 – 25 – 403)” y la Armada Real Británica con sus Normas para la Ingeniería Naval RCM Orientadas (NES 45), han permanecido leales al proceso expuesto originalmente por Nowlan y Heap.

El modelo del RCM ha empezado a aplicarse. Paralelo a ello una nueva colección de procesos ha emergido y son llamados RCM por sus proponentes, pero a menudo tienen poco o ningún parecido al original proceso desarrollado por Nowlan y Heap; investigado estructurado y completamente probado. Como resultado, si una organización dice que quiere ayuda para usar o aprender a usar el RCM, ella no puede estar segura de qué proceso le será ofrecido.

Durante los 90, las revistas y conferencias dedicadas al mantenimiento de equipos se multiplicaron y los artículos y documentos acerca del RCM se hicieron más y más numerosos. Éstos documentos describieron procesos muy diferentes a los que se les estaba dando el mismo nombre, RCM, por tanto el ejército y la industria comercial vieron la necesidad de definir la frase “Proceso RCM”.

En 1996 la SAE empezó a trabajar en un modelo afín con el RCM, invitando a un grupo de representantes de la aviación, de la armada estadounidense y comunidades de naves para que le ayudaran a desarrollar una norma para programas de mantenimiento planeados. Estos representantes de la armada se habían estado reuniendo previamente, por cerca de un año, para desarrollar un proceso RCM que pudiera ser común a la aviación y los buques, es así como ellos previamente habían hecho una considerable cantidad de trabajo antes de empezar a reunirse bajo el auspicio de la SAE. A finales de 1997, se le unió a este grupo un número de representantes principales del RCM provenientes de la industria. En ésta ocasión, se dieron cuenta de que era mejor enfocarse enteramente en el RCM, el grupo encontró el mejor enfoque para ésta norma y en 1999, completó el borrador de la norma y la presentaron a la SAE para ser sometida a votación.

#### 1.3.2.4 El Enfoque de la Norma SAE.

Cuando el grupo SAE empezó a trabajar, pensó en los mismos términos que muchos otros: El grupo pensaba que un “estándar” RCM era menos importante que un proceso RCM estándar. Por tal motivo se empezó a trabajar en el desarrollo del proceso. Esto fue difícil, porque diferentes miembros del grupo estaban usando procesos diferentes mientras ejecutaban el RCM. Los primeros miembros del grupo tuvieron que trabajar juntos, cerca de un año, en reuniones ocasionales antes de que ellos fueran desarrollando el respeto por la experiencia individual y les permitiendo escucharse mutuamente sin rechazar las respuestas de cada uno de ellos. Se toma otro año para empezar a ponerse de acuerdo sobre un proceso común que podría ser llamado un proceso RCM estándar.

Después de que el grupo SAE diseñara tal proceso, la retroalimentación informal recibida por parte de la comunidad RCM, por fuera del grupo, mostró que esas personas

inadvertidamente habían sido muy cuidadosos con los compromisos particulares que resultaron en el proceso del grupo y que esas personas no veían la necesidad de tales compromisos: se hizo claro que el esfuerzo para desarrollar un “proceso estándar” sólo produciría otra versión del RCM, la cual simplemente agrandaría el grupo de procesos que ya estaban compitiendo por el nombre “RCM”. Se tomó otro medio año para darse cuenta de que no había otra forma. La norma aprobada por la SAE no representa un proceso RCM estándar. Su título es “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)”.

Ésta norma presenta criterios contra los cuales se puede comparar un proceso: Si el proceso satisface los criterios, el usuario puede, con confianza, llamarlo un “proceso RCM”. Si los criterios no lo satisfacen, no debería llamarse “Proceso RCM”. Esto no necesariamente significa que los procesos que no cumplen con la norma SAE RCM no sean procesos válidos para la formulación de estrategias de mantenimiento, simplemente significa que el término RCM no debería ser aplicado a tales procesos. Se espera que la norma SAE sea aplicada por numerosas organizaciones que quieran recibir los beneficios del RCM y saber si un proceso que consideran usar es RCM. El proceso puesto a consideración puede ser uno usado por la organización, u otro aplicar en el futuro. El subcomité SAE RCM terminó su trabajo sobre la norma en Febrero de 1999. Después de la aprobación inicial por parte del comité de asistencia de la SAE en mayo de 1999, la norma fue aprobada por la Junta de Normas Técnicas de la SAE y el Consejo Aeroespacial de la SAE en Septiembre de 1999.

Se espera que la norma SAE para el RCM ayude a aquellos que desean aplicar el RCM mientras evalúan los procesos propuestos por vendedores y asesores mediante el uso de la norma, las personas serán capaces de determinar qué procesos son RCM y cuáles no lo son. La norma no es un documento extenso. Incluyendo el prólogo, el glosario y la bibliografía, sólo contiene 4.000 palabras en aproximadamente 10 páginas de papel A4. Su título oficial es “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)” (SAE JA1011). Está disponible desde octubre de: SAE Dpt 3248, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096 –0001, USA.

### 1.3.3 RCM.

Como en los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento. Estas teorías también se han ampliado con estudios efectuados en grandes flotas de transporte urbano, y aunque no se pueden aplicar a la totalidad de una fábrica u otra empresa, debido a la falta de homogeneidad en los equipos instalados a las grandes diferencias entre fábricas y a la carencia de organismos que regulen, que coordinen y tengan autoridad en lo que respecta a la práctica del mantenimiento. No es que las bases teóricas globales, estén vedadas a las fábricas u otras empresas, pero a la vista de la situación general y a la necesidad de atender prioritariamente los problemas inmediatos y de medio plazo, la experiencia es el mejor camino.

Ante esta situación, puede ser de primera necesidad el conseguir y seguir un método que pretenda únicamente unificar criterios dentro de una misma organización. Criterios que, como primer caso, se basen en la lógica y el conocimiento de los equipos y

de sus misiones. Son los mismos parámetros que se aplican a diario, pero sistematizados para obtener una mayor uniformidad. El plan así diseñado, puede ser un buen punto de partida para que posteriormente sea afinado y retocado con aportaciones de mayor nivel.

Pero cuando se tiene que tomar la decisión de mantener algo, ¿qué es lo que se desea causar que continúe? ¿Cuál es el estado existente que se desea preservar? La respuesta a estas preguntas puede encontrarse en el hecho de que todo elemento físico se pone en servicio para cumplir una función o funciones específicas. Por lo tanto, cuando se mantiene un equipo, el estado en que se desea preservarlo debe ser aquel en el que se desea que continúe para cumplir la función determinada.

Claramente, para que esto sea posible, los equipos deben ser capaces de cumplir esas funciones previstas. Esto es porque el mantenimiento - el proceso de “causar que continúe” - solamente puede entregar la capacidad incorporada (confiabilidad inherente) de cualquier elemento. No puede aumentarla. En otras palabras, si cualquier tipo de equipo es incapaz de realizar el funcionamiento deseado en principio, el mantenimiento por sí solo no puede realizarlo. En tales casos, debemos modificar los elementos de forma que pueda realizar el funcionamiento deseado, o por el contrario reducir nuestras expectativas.

RCM se llama Mantenimiento centrado en la Confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada confiabilidad inherente. No se puede lograr mayor confiabilidad que la diseñada al interior de los activos y sistemas que la brindada por sus diseñadores.

Cada componente tiene su propia y única combinación de modos de falla, con sus propias intensidades de falla. Cada combinación de componentes es única y las fallas en un componente pueden conducir a fallas en otros componentes. Cada sistema opera en un ambiente único consistente de ubicación, altitud, profundidad, atmósfera, presión, temperatura, humedad, salinidad, exposición a procesar fluidos o productos, velocidad, aceleración, entre otros

La función determinada de cualquier equipo puede definirse de muchas formas dependiendo exactamente de dónde y cómo se esté usando (el contexto operacional). Como resultado de esto, cualquier intento de formular o revisar las políticas de mantenimiento deberían comenzar con las funciones y los estándares de funcionamiento asociados a cada elemento en su contexto operacional presente.

Esto lleva a la siguiente definición formal de RCM: Reliability Centered Maintenance: Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional. Una definición más amplia de RCM podría ser “un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente”.

#### 1.3.4 EL RCM: Siete Preguntas Básicas.

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber

qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno.

Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué causa que falle?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallas?
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse el falla?

#### 1.3.4.1 Funciones y sus Estándares de Funcionamiento.

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto, el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional. Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.

#### 1.3.4.2 Fallas Funcionales.

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

#### 1.3.4.3 Modos de Falla (Causas de Falla).

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir. Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

#### 1.3.4.4 Efectos de las Fallas.

Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

#### 1.3.4.5 Consecuencias de las Fallas.

Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y (cuánto) importa cada falla. La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas. RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

- Consecuencias de las fallas no evidentes: Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.
- Consecuencias Operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos

industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

- Consecuencias que no son operacionales: Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de la falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

#### 1.3.4.6 Tareas de mantenimiento.

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos. Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de falla dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto. El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos reducir las consecuencias.

RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

- Tareas “A Condición”: La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están

a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir. Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado. Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

· Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica: Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla. Algunas fallas son muy predecibles aún si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo. Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas pueden ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no es una garantizado. Si no es práctico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición "como nuevos" a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad. Con frecuencia es difícil de determinar la frecuencia de las labores.

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del RCM. El RCM también ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

#### 1.3.4.7 Acciones a "falta de".

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir.

Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

· Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas.

En el caso de modos de falla ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo. Si el modo de falla es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque usted podría

estar reemplazando con otro componente similar que falla inmediatamente después de ser instalado.

En estos casos la lógica RCM pide explorar con pruebas para hallar la falla funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta. Si tal prueba no es posible se debe rediseñar el componente o sistema para eliminar la falla oculta. Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

- Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de esa falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse.

Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo). En otras palabras en el caso de fallas que no están ocultas y en las que no se puede predecir con suficiente tiempo para evitar la falla funcional y no se puede prevenir la falla a través del uso o realizar reemplazos con base en el tiempo es posible puede o rediseñar o aceptar la falla y sus consecuencias. Si no hay consecuencias que afecten la operación pero hay costos de mantenimiento, se puede optar por una elección similar. En estos casos la decisión está basada en las economías – es decir, el costo de rediseñar contra el costo de aceptar las consecuencias de la falla ( tal como la producción perdida, costos de reparación, horas extras, etc.).

- De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Si no son justificables, la decisión inicial “a falta de” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de “arriba-abajo” significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesitan realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios. También quiere decir que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

Si esto compara el enfoque gradual tradicional de abajo a arriba. Tradicionalmente, los requerimientos del mantenimiento se evaluaban en términos de sus características técnicas reales o supuestas, sin considerar de nuevo que en diferentes condiciones se aplican consecuencias diferentes. Esto resulta en un gran número de planes que no sirven para nada, no porque sean “equivocados”, sino porque no consiguen nada.

El proceso del RCM considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento que está de servicio hoy tiene que mantener los equipos como está funcionando hoy, y no como debería de estar o puede que esté en el futuro.

Después analizar los modos de falla a través de la lógica mencionada anteriormente, los expertos deben luego consolidar las labores en un plan de mantenimiento para el sistema. Este es el "producto final" del RCM. Cuando esto ha sido producido, el encargado del mantenimiento y el operador deben continuamente esforzarse por optimizar el producto.

### 1.3.5 El Personal Implicado.

El proceso del RCM incorpora siete preguntas básicas. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas estas preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las respuestas sólo pueden proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de los mismos.

Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en RCM.

El uso de estos grupos no sólo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

#### 1.3.5.1 Los Facilitadores.

Los grupos de revisión del RCN trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado en el RCM, que se conoce como un facilitador. Los facilitadores son el personal más importante en el proceso de revisión del RCM. Su papel es asegurar que:

- Se aplique el RCM correctamente (que se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto, y que todos los miembros del grupo las comprendan.)
- Que el personal del grupo (especialmente el de producción y mantenimiento) consiga un grado razonable de consenso general acerca de cuales son las respuestas a las preguntas formuladas.
- Que no se ignore cualquier componente o equipo
- Que las reuniones progresen de forma razonable

- Que todos los documentos del RCM se llenen debidamente.

#### 1.3.5.2 Los Auditores.

Inmediatamente de que se haya completado la revisión de cada elemento de los equipos importantes, el personal gerente que tenga la responsabilidad total de la planta necesitará comprobar que ha sido hecha correctamente y que está de acuerdo con la evaluación de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas. Este personal no tiene que efectuar la intervención personalmente, sino que pueden delegarla en otros que en su opinión estén capacitados para realizarla.

#### 1.3.6 Los Beneficios a Conseguir por RCM.

¿Qué puede lograr el RCM?

El RCM2 ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:

##### 1.3.6.1 Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:

- Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de falla que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones “a falta de” que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas sistemáticas apropiadas.
- Menos fallas causados por un mantenimiento innecesario.

##### 1.3.6.2 Mejores rendimientos operativos, debido a:

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de las fallas de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de las fallas).
- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.

- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fácil de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de “desgaste de inicio” después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallas inherentes a ellos.
- La eliminación de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta.

#### 1.3.6.3 Mayor control de los costos del mantenimiento, debido a:

- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de las fallas).
- La prevención o eliminación de las fallas costos.
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva.
- Menor necesidad de usar personal experto caro porque todo el personal tiene mejor conocimiento de las plantas.
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición (“condition monitoring”).
- Además de la mayoría de la lista de puntos que se dan más arriba bajo el título de “Mejores rendimientos operativos”.

#### 1.3.6.4 Más larga vida útil de los equipos, debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”.

#### 1.3.6.5 Una amplia base de datos de mantenimiento, que:

- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- Provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.
- Provee una base valiosa para la introducción de los sistemas expertos.
- Conduce a la realización de planos y manuales más exactos.

- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno o una nueva tecnología) sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

1.3.6.6 Mayor motivación de las personas, especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión. Esto lleva a un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un “compartir” más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones. También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

1.3.6.7 Mejor trabajo de grupo, motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones.

Esto mejora la comunicación y la cooperación entre:

- Las áreas: Producción u operación así como los de la función del mantenimiento.
- Personal de diferentes niveles: los gerentes los jefes de departamentos, técnicos y operarios.
- Especialistas internos y externos: los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.

Muchas compañías que han usado ambos sistemas de mantenimiento han encontrado que el RCM les permite conseguir mucho más en el campo de la formación de equipos que en la de los círculos de calidad, especialmente en las plantas de alta tecnología.

Todos estos factores forman parte de la evolución de la gestión del mantenimiento, y muchos ya son la meta de los programas de mejora. Lo importante del RCM es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizarlos todos a la vez, y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos.

### 1.3.7 Conclusión.

El RCM produce resultados muy rápidos. De hecho, la mayoría de las organizaciones pueden completar una revisión del RCM en menos de un año utilizando el personal existente. La revisión termina con una recopilación de la documentación, fiable y totalmente documentada del mantenimiento cíclico de todos los elementos significativos de cada equipo de la planta.

El RCM se desarrolló originalmente para reunir los programas de mantenimiento para los nuevos tipos de aviones antes de que estos entraran en servicio. Como resultado de ello, es apropiado para el desarrollo de los programas de mantenimiento para los nuevos equipos de todo tipo, especialmente equipos complejos para los que no se tiene casi o ninguna información.

El RCM ha existido por aproximadamente 30 años. Empezó con los estudios de las fallas ocurridas a las aerolíneas en los 1960s para reducir la cantidad de trabajo de mantenimiento requerido para lo que para entonces era la nueva generación de grandes y amplias aeronaves. A medida que se fabricaban aeronaves de mayor tamaño y tenían más partes y por lo tanto más cosas iban mal, era evidente que los requerimientos de mantenimiento crecerían en forma similar y se comerían el tiempo de vuelo que era necesario para generar utilidades. En el extremo, la seguridad podría haber sido muy costosa para lograrse y podría haber hecho del volar una actividad no económica. El éxito de la industria de la aviación comercial en incrementar las horas de vuelo, la drástica optimización de su récord de seguridad y el hecho de mostrarle al resto del mundo que es posible un enfoque de mantenimiento casi enteramente proactivo, todo ello testifica para el éxito del RCM.

Las nuevas aeronaves que tenían su mantenimiento determinado usando EL RCM requerían menos horas – hombres de mantenimiento por hora de vuelo.

Desde los 1960s, el desempeño de la confiabilidad de las aeronaves se ha optimizado en una forma drástica.

El RCM también ha sido usado exitosamente por fuera de la industria de la aviación comercial. Los proyectos militares frecuentemente mandan el uso del RCM porque él permite a los usuarios finales experimentar la clase de desempeño de equipos altamente confiable que experimentan las aerolíneas.

La industria de la minería opera típicamente en sitios remotos que están lejos de las fuentes donde se consiguen las partes y los materiales para realizar labores de reemplazo. En consecuencia, los mineros quieren alta confiabilidad y disponibilidad de sus equipos – mínimo tiempo de inactividad y máxima producción del equipo. El RCM ha sido útil en la optimizar la disponibilidad de las flotas de camiones transportadores y otros equipos al tiempo que reducen los costos de mantenimiento para partes y la labor y tiempo de inactividad para el mantenimiento planificado.

El RCM también ha sido útil en las plantas químicas, refinerías, plantas de gas, bombas y compresores remotos, refinado y fundición de metales, acerías, fábricas donde se trabaja el aluminio, pulpa de papel, operaciones para la conversión de papel fino, procesado de alimentos y bebidas y cervecerías. Cualquier sitio donde la alta confiabilidad y la disponibilidad son importantes es un sitio donde hay una potencial aplicación para el RCM.

Si el RCM se usa correctamente para volver a evaluar los requisitos de mantenimiento de los equipos existentes, transformará ambos requisitos y la forma en que se percibe la función del mantenimiento como operación total. El resultado es un mantenimiento menos costoso, más armonioso y más eficaz.

#### **1.4 PLAN ZONAL DE RESIDUOS DE LAS ZONAS VI, VII y IX DEL PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS (P.I.R.) DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.**

En este importante subcapítulo se explica de forma resumida el P.I.R., el ámbito de aplicación, las instalaciones y la secuencia de los residuos urbanos necesarios para que dicha zonas sean autosuficientes en la gestión, valorización y eliminación de los residuos

urbanos generados en los distintos municipios que las forman. De todo ello se encarga la UTE Ecored, del grupo Urbaser.

- **P.I.R.:**

El incremento de la generación de Residuos en los últimos tiempos derivado de la creciente actividad económica, ha desembocado en una preocupación a nivel mundial enfocada hacia la necesidad de una reducción de la generación y la correcta gestión de los mismos como una de las máximas prioridades presentes en el conjunto de las políticas medioambientales que configuran la actual gestión orientada hacia un futuro desarrollo sostenible. Para ello, La Ley 10/1998, de 21 de abril de Residuos, adecua al derecho interno la Directiva 91/156/CEE donde se abandona la clasificación clásica de los Residuos en dos únicas modalidades (general y peligroso) y establece una norma única para todos ellos. El objetivo es incentivar la reducción el origen y dar prioridad a la reutilización, reciclado y valoración de los Residuos sobre otras técnicas de gestión. La nueva Ley es aplicable a todo tipo de Residuos. En materia de competencias se mantiene el reparto constitucional entre Estado, Comunidades Autónomas y Entidades Locales.

Corresponde a las Comunidades autónomas la elaboración de planes autonómicos de Residuos. Estos Planes se integran en el Plan Nacional de Residuos, donde se establecen los objetivos a aplicar.

La Generalitat Valenciana, adelantándose a la Ley 10/1998, aprueba mediante el Decreto 317/1997, de 24 de Diciembre, modificado por el Decreto 32/1999, de 2 de marzo, el Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana. Este Plan, que incluye la totalidad de todos los Residuos, es el instrumento director y coordinador de todas las actuaciones que se realicen en la Comunidad Valenciana en materia de gestión de Residuos.

Por otra parte, la necesidad de plasmar la política de Residuos de la Generalitat Valenciana en una Ley de Residuos queda enmarcada en el Estatuto de Autonomía de la Comunidad Valenciana en el que se establecen competencias para dictar normas adicionales de protección del medio ambiente. La Ley 10/2000 de Residuos de la Comunidad Valenciana publicada en el DOGV del 15 de diciembre de 2000, establece el régimen jurídico de la producción y gestión de los Residuos. Entre sus objetivos se encuentra el desarrollar instrumentos de planificación, inspección y control que favorezcan la suficiencia, seguridad y eficiencia de las actividades de gestión de residuos.

En el Título II de la Ley de Residuos de la Comunidad Valenciana se regula la Planificación de los residuos. Se prevén en el ámbito autonómico dos tipos de Planes, el Plan Integral de Residuos y los Planes zonales. Ambos de obligado cumplimiento para todas las administraciones públicas y particulares. Mediante estos planes se distribuyen en el Territorio el conjunto de las instalaciones necesarias para garantizar el respeto de los principios de autosuficiencia y proximidad.

Los Planes zonales, se constituyen como instrumento, de desarrollo y mejora del Plan Integral de Residuos. Son documentos detallados que adaptarán las previsiones de este a cada zona que delimiten, pudiendo modificar, cuando sea conveniente, aquellas previsiones del Plan Integral que no tengan carácter vinculante. Mediante estos Planes Zonales se garantiza una adecuada dirección de la gestión de los residuos en toda la

Comunidad Valenciana. Los Planes Zonales están constituidos por tres tipos de documentos: el documento de información, el documento de ordenación y un estudio

*“El Plan Zonal de Residuos de las zonas VI, VII y IX del Plan Integral de Residuos”*, queda por lo tanto justificado, por la Ley 10/2000 de Residuos de la Comunidad Valenciana como instrumento de desarrollo de objetivos e instalaciones para la gestión de los residuos de las zonas definidas como VI, VII y IX en el PIR.

Mencionar que actualmente (julio de 2010) se encuentra en fase de exposición pública el nuevo P.I.R., el cual en un principio no modifica sustancialmente lo escrito abajo.

- **Ámbito de aplicación:**

El ámbito de aplicación del Plan Zonal comprende el territorio septentrional de la provincia de Valencia. Incluye la totalidad del territorio de las comarcas de El Rincón de Ademúz (área 11-Zona VI), Los Serranos, El Camp de Túria y La Hoya de Buñol (áreas 12, 13 y 17-Zona VII), añadiéndose los municipios de Millares y Cortes de Payas, así como La Plana de Utiel-Requena (área 16-Zona IX).

La superficie del ámbito de aplicación del Plan es de 5.406 Km<sup>2</sup>, de los cuales, 310 Km<sup>2</sup> pertenecen a la Zona VI, 3.370 Km<sup>2</sup> a la Zona VII y 1.725 Km<sup>2</sup> a la Zona IX.

Se define la población equivalente como la suma de la población fija de derecho más la estacional promediada a lo largo de todo el año. Todos los datos han sido cogidos del censo del 2001. La población total equivalente de la Zona VI se estima en 7.408, la de la Zona VII en 220.028, de los cuales 27.817 habitantes equivalentes pertenecen a Los Serranos, 144.171 a El Camp de Túria y 49.130 a la Hoya de Buñol-Chiva. Finalmente la de la Zona IX se estima en 42.660 habitantes equivalentes.

El total de la población del ámbito de estudio se estima en 271.186 habitantes equivalentes, de los cuales habitantes fijos son 196.538, mientras que la poblacional estacional es de 298.590 habitantes.

- **Instalaciones:**

Las instalaciones que forman parte del Plan Zonal son las siguientes:

**-Ecoparques.**

Son lugares cercanos a los municipios para la recogida de los RCDs domiciliarios, de los residuos voluminosos (frigoríficos, muebles, electrodomésticos, etc.), de los residuos verdes y de aquellos residuos de carácter peligroso de procedencia domiciliaria (pilas, fluorescentes, pinturas, etc.).

Deberán de encontrarse a menos de 5 km del núcleo urbano. Las distancias se medirán desde el propio municipio, ya que hay muchos ecoparques que aun no tienen un emplazamiento fijo y 5 km es un error permisible.

El P.I.R. no establecía diferencias entre los tipos de Ecoparques en función del municipio al cual prestan servicio. Sin embargo dadas las distintas características de los municipios en lo que se refiere al número de habitantes, densidad de población, etc. deben considerarse cuatro instalaciones tipo.

Estos cuatro tipos se definen a partir de la población servida por cada ecoparque que es básicamente función del número de habitantes y de la densidad demográfica.

Los cuatro ecoparques tipo surgen de un mismo concepto esencial que está adaptado a sus necesidades en función del número potencial de usuarios previsto en cada una de ellas. Los distintos tipos de ecoparque con las características definidas son los siguientes:

Ecoparque	Disposición	Habitantes potenciales/ecoparques	Superficie prevista	Contenedores grandes	Tamaños contenedores
Tipo A	1 cota	1-1.000 hab.	300-500 m <sup>2</sup>	2-3	18 m <sup>3</sup>
Tipo B	2 cotas	1.001-5.000 hab.	500-1.000 m <sup>2</sup>	4-5	18 o 26 m <sup>3</sup>
Tipo C	2 cotas	5.001-10.000 hab.	1.500-3.000 m <sup>2</sup>	8-10	18 o 26 m <sup>3</sup>
Tipo D	2 cotas	>10.000 hab.	2.500-5.000 m <sup>2</sup>	12-20	18 o 26 m <sup>3</sup>

*Tabla 1.3: Tipos de ecoparque*

Los tipos de residuos a recoger en cada uno de los tipos de ecoparques son los siguientes:

Ecoparque	Tipos de residuos principales
Tipo A	Voluminosos (muebles), RAEE, RCDs, residuos mercuriales +Área de aportación de papel/cartón, vidrio y envases ligeros
Tipo B	Voluminosos (muebles), RAEE, RCDs, chatarra, madera, residuos mercuriales + área de aportación de papel/cartón, vidrio y envases ligeros
Tipo C	Voluminosos (muebles), RAEE, Residuos peligrosos domésticos, RCDs, chatarra, madera, vidrio, plástico, papel, aceites, residuos mercuriales, + Área de aportación de papel/cartón, vidrio y envases ligeros
Tipo D	Voluminosos (muebles), RAEE, Residuos peligrosos domésticos, RCDs, chatarra, madera, vidrio, plástico, papel, aceites, residuos mercuriales, + Área de aportación de papel/cartón, vidrio y envases ligeros

*Tabla 1.4: Tipos de residuos que admite cada ecoparque*

### **-Plantas de Transferencia.**

Las plantas de transferencia tienen como misión eliminar los vertederos incontrolados, evitar la contaminación de los ríos y aguas subterráneas y reducir los costes de tratamiento. Son el elemento clave en la reducción de costes de transporte en el caso de distancias largas entre los puntos de recogida de la basura y los centros de tratamiento. En el punto 1.5 se describe detalladamente las Plantas de Transferencia, al ser objeto de la implantación del sistema de mantenimiento RCM2.

### **-Planta de Tratamiento (de Voluminosos y Jardinería).**

Se propone la construcción de una planta de clasificación de residuos voluminosos en Lliria, situado en el recinto de transferencia. La elección no es casual, ya que la comarca del Camp de Túria es la más masificada, generando un 52,55 % del total de las 5 comarcas.



*Figura 1.1: Vista de la planta de tratamiento*

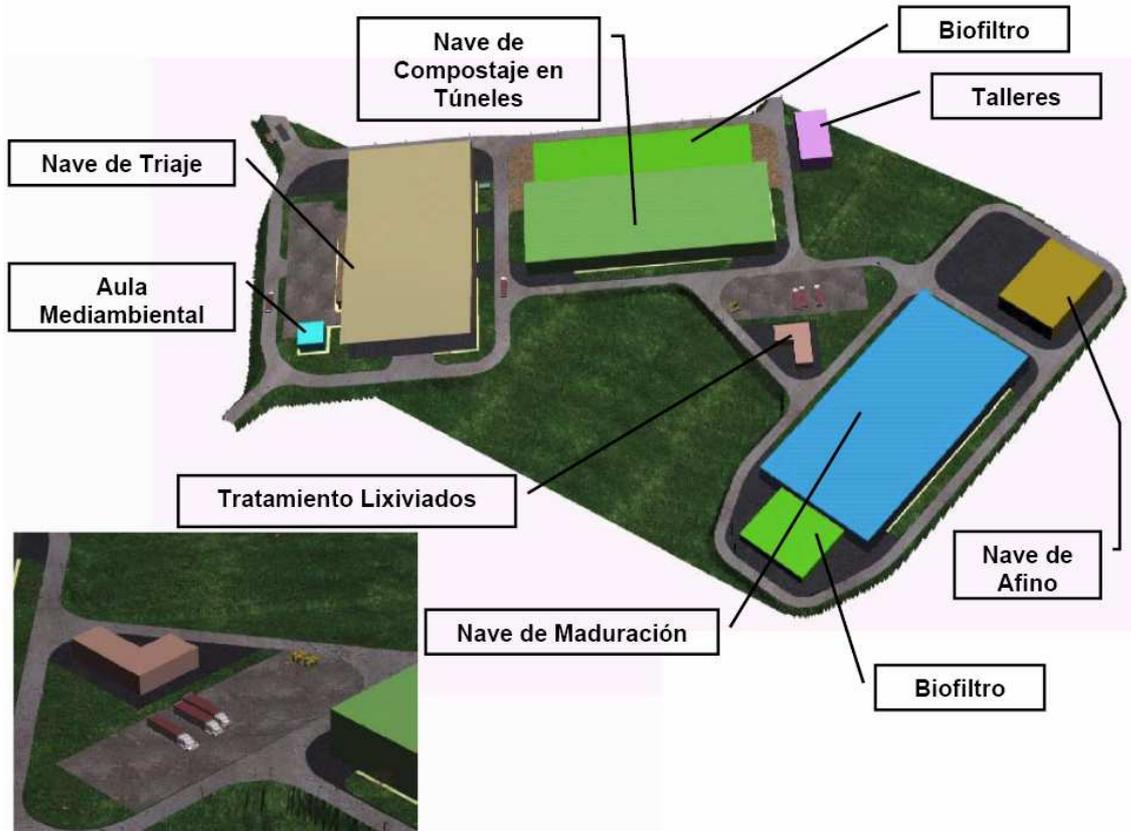
### **-Instalación de Valorización.**

Se propone la construcción de un complejo de valorización de vida útil 20 años para las zonas VI, VII y IX. Se encontrará ubicado a unos 4 kms del casco urbano de Caudete de las Fuentes. El proyecto incluye la adecuación de la carretera de acceso desde la A-91/E-III. El tráfico de vehículos no afecta a la zona urbana.

La instalación es una parcela de 60.800 m<sup>2</sup>, de los cuales 25.500 m<sup>2</sup> son edificios y 35.300 m<sup>2</sup> son de urbanización. La capacidad nominal de tratamiento es de 120.000 tn/año.

Procesos en/desde planta:

1. Valorización R.S.U. en masa.
2. Valorización materia orgánica selectiva.
3. Valorización residuos poda y jardinería.
4. Incineración animales domésticos.
5. Transporte rechazos valorización



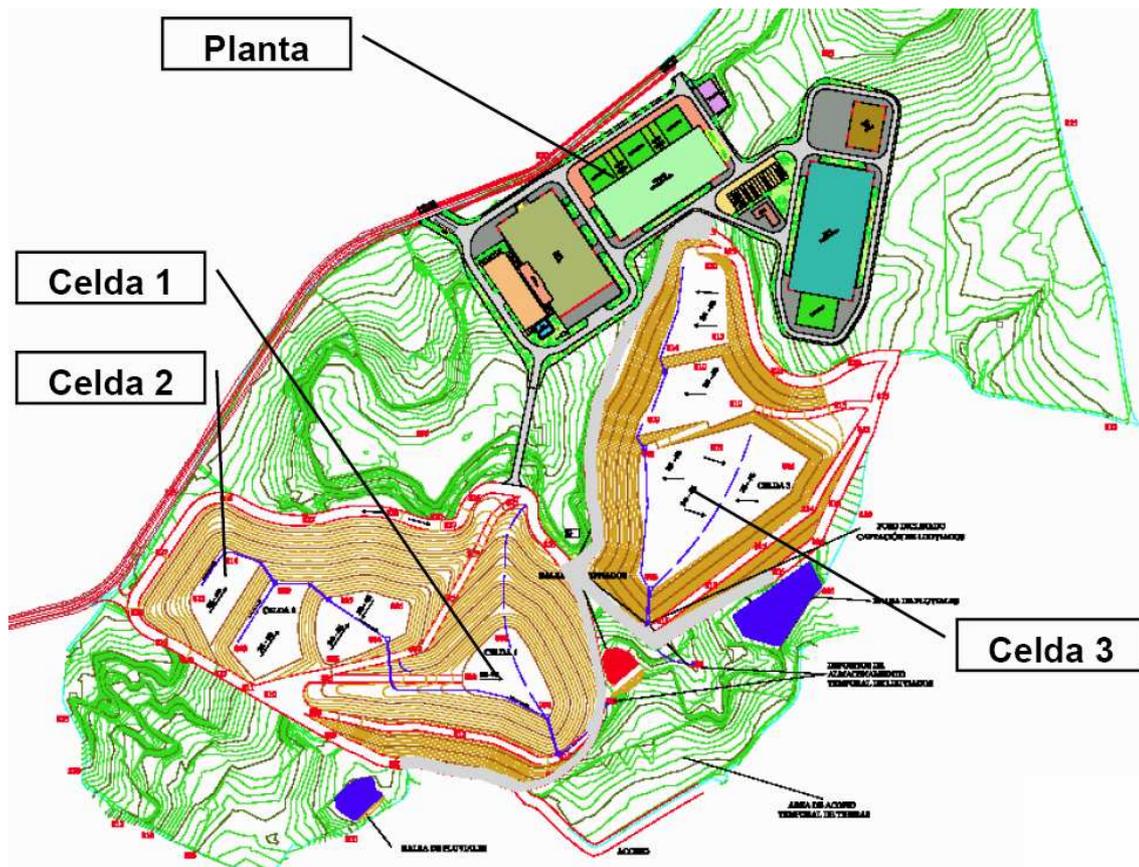
*Figura 1.2: Vista de la instalación de valorización*

### **-Instalación de Eliminación.**

Actualmente, existen varios depósitos autorizados de residuos urbanos en la zona de estudio, entre los cuales hay algunos ya clausurados.

Se propone la construcción de una instalación de eliminación de las fracciones no valorizables en Caudete de las Fuentes, junto a la instalación de valorización. Debe estar dividida en 3 fases, tener una vida útil de 20 años y una capacidad de 1.900.000 m<sup>3</sup> (capacidad suficiente para verter los rechazos de la instalación de valorización y otros residuos no valorizables, como los de limpieza de vías públicas, residuos sanitarios de los grupos I y II, así como las fracciones no valorizables procedentes del centro de clasificación de voluminosos y que no tengan la naturaleza de inertes).

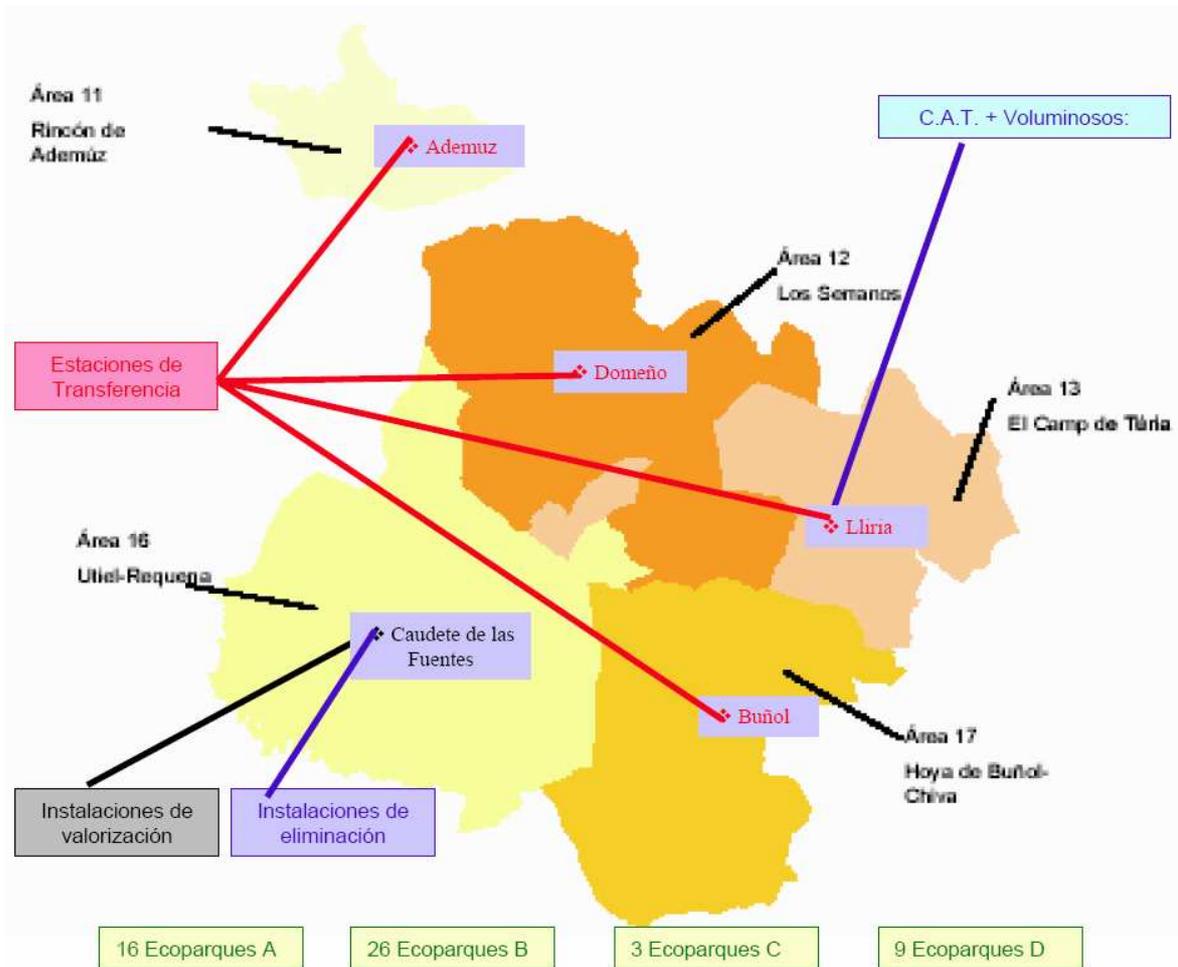
Dispone de vallado perimetral, red de evacuación de pluviales, depósitos de extracción de lixiviados, balsas de decantación de pluviales y red interna de viales. Eliminación segura de rechazos por la planta de selección y compostaje garantizada por una doble impermeabilización artificial.



*Figura 1.3: Vista de la instalación de valorización y eliminación*

- **Secuencia de los Residuos Urbanos:**

La ilustración siguiente nos hace ver los elementos, explicados anteriormente, situados en las 5 comarcas. Las estaciones de transferencia están situadas cerca del punto de gravedad de cada comarca. El centro de voluminosos está situado en Llíria debido a que esa comarca es la que más residuos de jardinería y enseres produce (comentado en el punto 4.2.3). La instalación de valorización y eliminación se ubica en Caudete de las Fuentes, al ser un lugar con suficiente espacio libre y, aunque apartado del cargado transito de las demás comarcas, muy bien comunicada gracias a la A-3.



*Figura 1.4: Vista de todos los elementos en el mapa*

A continuación se explica las rutas de los tipos de R.S.U. en este Plan Zonal, desde su inicio hasta su fin. A través de 2 diagramas se visualiza las rutas posibles y se justifica la creación de todos los elementos.

Existen 2 posibles inicios:

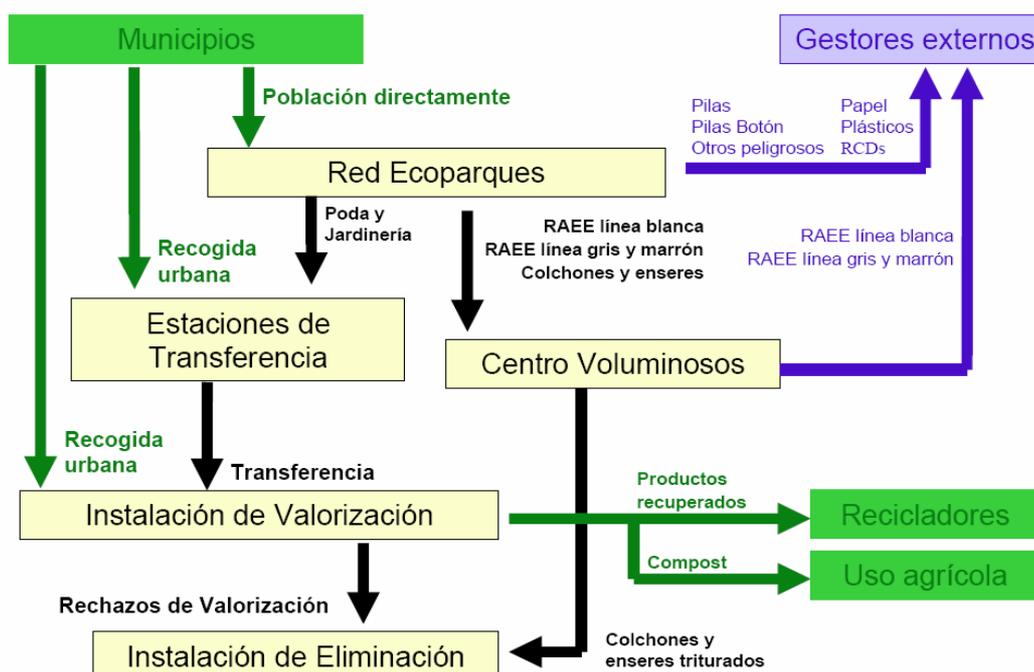
1º. Cada municipio tiene contratado un servicio de recogida de R.S.U. Éstos llevarán cada noche los residuos a las estaciones de transferencia o a la instalación de valorización (caso de la comarca Utiel-Requena). En este punto Ecored ya es responsable de los mismos.

Todo lo que llega a la estación de transferencia se le somete a una serie de procesos: el R.S.U. en masa se compacta; la fracción orgánica selectiva y los residuos de poda y jardinería son triturados y compactados; las recogidas municipales de voluminosos son separados en las 5 fracciones explicadas (éstos últimos son recogidos mediante gestores externos). Después, mediante sistemas mecánicos se depositan en contenedores más grandes. De allí, son transportados a la instalación de valorización. Este proceso será realizado durante la fase definitiva. En la actual fase provisional (hasta la construcción de

la Planta de Valorización y Eliminación en Caudete de las Fuentes) sólo se compacta la basura en el piso móvil del camión más largo.

En la instalación de valorización se distinguen los siguientes procedimientos: valorización de R.S.U. en masa; valorización de materia orgánica selectiva; valorización de residuos de poda y jardinería; incineración de animales domésticos; y transporte de rechazos de valorización.

Al llevarse a cabo estas operaciones, sólo el rechazo acaba en la instalación de eliminación. La parte de materia orgánica selectiva y residuos de poda y jardinería forma el compost, lo cual se vende a los agricultores. Los subproductos recuperados se venden o pagan a recicladores externos para que se los lleven.



*Figura 1.5: Diagrama de las rutas de los R.S.U.*

2º. Los habitantes de las 5 comarcas tienen a su disposición los ecoparques. Pueden ir a depositar toda clase de residuos no orgánicos.

De los ecoparques surgen diversas rutas: la poda y jardinería, bien triturada ahí o no, se llevará a la estación de transferencia de la comarca; Los RAEEs se clasificarán en las 5 fracciones propuestas y se llevará al centro de voluminosos (en Liria); y el resto de residuos (mencionados en el anterior párrafo), una vez se llene el contenedor o depósito, se llamará al gestor externo oportuno.

En el centro de voluminosos pueden llegar los RAEEs sin clasificar y los enseres (colchones y muebles). Ahí se clasificarán los RAEEs y se llamará al gestor externo; los enseres serán triturados (con un imán se quitará la parte metálica) y se llevarán a la instalación de eliminación.

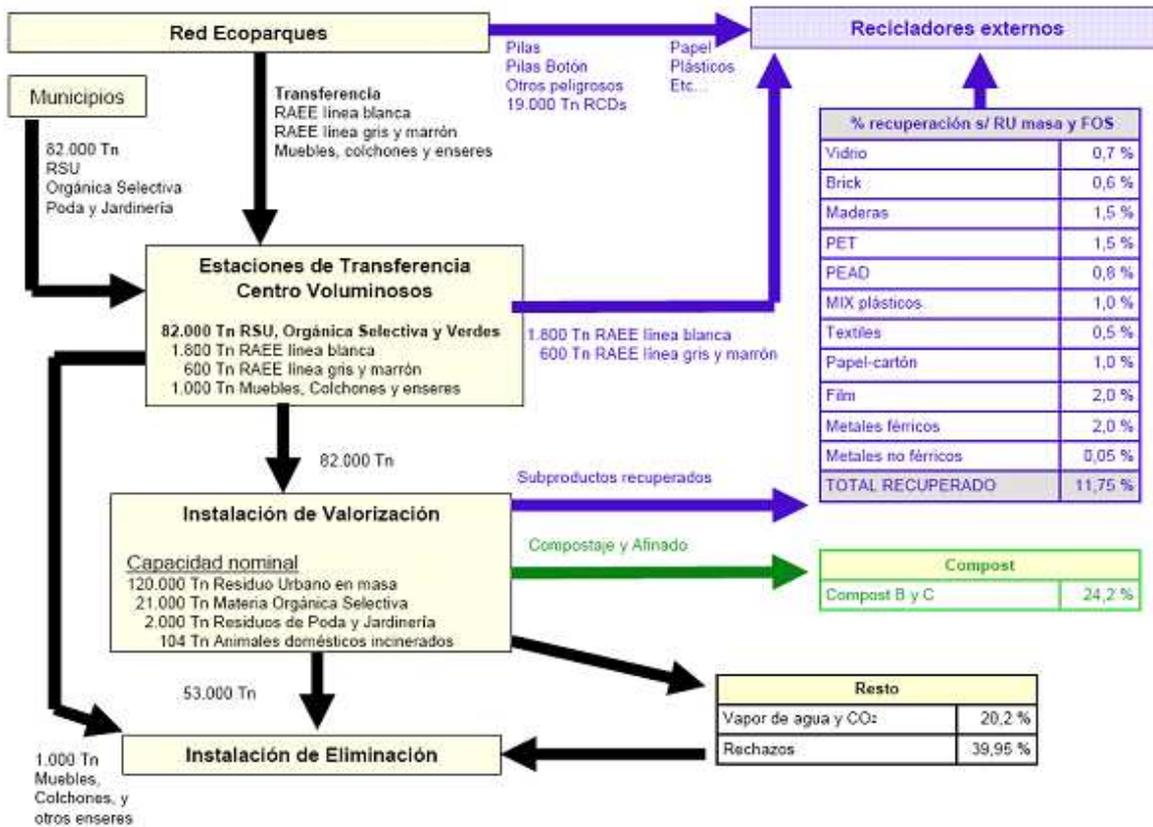


Figura 1.6: Datos de entrada según bases técnicas año 2009. Porcentajes de recuperación según Plan de Gestión

## 1.5 PLANTA DE TRANSFERENCIA.

### 1.5.1 Objetivo de las plantas de transferencia.

Todas las acciones en materia de gestión de residuos se enfocan a reducir los residuos con destino a vertedero, además de reutilizar la mayor parte de las materias primas que contienen los residuos. De esta manera, solamente los residuos que no pueden ser reciclados, se depositan en los vertederos.

Los RSU generados crecen cuanto más desarrollado es la región que la produce. La recogida, el traslado y el tratamiento de los RSU suponen un gran esfuerzo logístico y económico para las administraciones que tienen estas competencias. Las plantas de transferencia aportan distintos beneficios, como puede ser la eliminación de vertederos incontrolados, alargar la vida de los vertederos controlados, evitar la contaminación de ríos y aguas subterráneas, y reducir los costes de tratamiento de los residuos. Además, juegan un papel importante tras facilitar la gestión integral de residuos entre las ciudades y los municipios más lejanos.



*Figura 1.7: Foto de una planta de transferencia*

Sin embargo, el principal objetivo de las plantas de transferencia es el de optimizar el elevado coste que supone el transporte de los residuos a larga distancia. Los vehículos de recogida domiciliaria de RSU hacen el trasvase de la carga en la planta de transferencia, traspasando los RSU a vehículos con capacidad de carga mucho mayor, y éstos los transportarán hacia su destino. El abaratamiento de los costes del transporte se debe a los siguientes factores:

- La economía del transporte mejora porque se pueden conseguir cargamentos legales de 18-25 toneladas mediante un camión de transferencia, frente a las 4-10 toneladas que pueden transportar la mayoría de camiones recolectores. Esto se traduce en un menor número de viajes al vertedero y que los vehículos recolectores dediquen más tiempo a la ruta de recolección.
- Ahorro energético, porque el consumo de combustible se reduce al utilizarse un solo vehículo capaz de transportar la carga de varios camiones recolectores que harían un mayor número de viajes al vertedero.
- Ahorros laborales, porque el mismo personal efectúa una mayor recogida domiciliaria de RSU en el mismo tiempo, debido a que los camiones recolectores no interrumpen el proceso, y los operarios no están a la espera mientras los camiones recorren grandes distancias.
- Menor desgaste de los equipos, ya que menos viajes implica un ahorro del kilometraje total, y por consiguiente, se reducen los costes de mantenimiento y reparaciones.
- Versatilidad, gracias a la flexibilidad que aporta la planta de transferencia que permite cambiar el destino de los residuos con un mínimo impacto sobre las operaciones de recolección.
- Disminución del frente de trabajo en el vertedero, gracias a que se reduce el número y tipo de vehículos que descargan en el lugar, lo que genera una zona de trabajo más pequeña.

La finalidad de una planta de transferencia es servir de trasvase mediante compactación, entre un vehículo de recogida o transporte de baja o media capacidad y de recorridos cortos, a contenedores de gran capacidad y fácilmente manipulables para su carga y descarga, y recorridos largos hasta el centro de tratamiento o vertedero. De esta manera, la zona de influencia de la instalación ve optimizado el coste total de gestión.

### 1.5.2 Tipos de plantas de transferencia.

Los centros de tratamiento de RSU, se encuentran cada vez más alejados de núcleos urbanos, con el objetivo de no crear ninguna molestia innecesaria a la población. En consecuencia, el tiempo dedicado por los vehículos recolectores al transporte, supone una parte notable de la jornada laboral del mismo, lo cual, reduce su operatividad y baja su rendimiento.

Por esta razón, es necesaria la descarga de los vehículos recolectores en plantas de transferencia, sobre vehículos de gran tonelaje preparados para el transporte de los residuos hasta el centro de tratamiento. De esta manera, se consigue optimizar el coste del transporte.

La clave de la optimización del transporte radica en el grado de densidad que pueda llegar a alcanzar el RSU dentro de la caja de transporte, y además, de las dimensiones del propio contenedor. En base al grado de densidad de RSU alcanzado, se puede encontrar estaciones de transferencia con contenedores abiertos o cerrados.

#### 1.5.2.1 Planta de transferencia sin compactación.

La estación de transferencia sin compactación es una instalación con dos niveles. Los vehículos de recolección se sitúan en la parte superior, y los remolques de transferencia en el inferior. Las necesidades de equipo y personal para cargar los remolques son mínimas. En las horas punta es necesario almacenar los RSU apilados en el muelle de descarga o bien disponer de varios remolques para no apilarlos en el suelo. El sistema básico de transferencia consiste en cargar con una pala camiones con contenedores abiertos. Los vehículos recolectores descargan en una explanada y una plana cargadora los introduce en el contenedor, razón por la que estas instalaciones no suelen ser muy limpias.

Un sistema más avanzado consiste en disponer de una tolva de descarga, donde el camión remolque se ubica debajo, y los camiones recolectores descargan directamente en la tolva. Luego es necesario acondicionar la carga para poder rellenar los huecos laterales y aprovechar toda la capacidad del contenedor.

El hecho de que no sean instalaciones muy limpias, obliga a que la planta de transferencia esté ubicada en el interior de una nave cerrada, con el objetivo de disminuir olores, que la basura vuele con el viento, que el agua de lluvia entre en contacto con los residuos o que los animales, especialmente las aves, entren en contacto con los residuos urbanos.

De esta manera no se consigue un nivel de compactación elevado, inferior de  $400 \text{ kg/m}^3$ . Para alcanzar este grado de compactación es necesaria la utilización de pinzas para repartir la carga y conseguir una ligera compactación de los RSU. El mayor inconveniente es la caída del rendimiento de la planta cuando la pinza está fuera de servicio por mantenimiento.

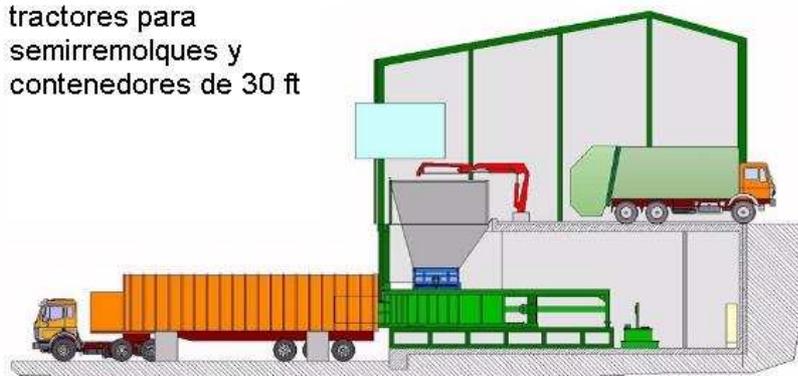
#### 1.5.2.2 Plantas de transferencia con compactación.

La planta de transferencia con compactación se trata de una instalación con dos niveles. Los vehículos recolectores descargan sobre una tolva en el piso recolector. Después, los residuos se trasladan hasta el compactador en el piso inferior, se compactan y se introducen en un contenedor cerrado. Los remolques son del tipo cerrado, y utilizan sistemas hidráulicos o mecánicos para alcanzar la máxima carga legal. El mantenimiento que necesita el equipo hidráulico se ve compensado por el alto grado de fiabilidad de la instalación.

Los sistemas más avanzados de estaciones de transferencia con compactación, realizan la compactación del RSU en la propia cámara de compactación del compactador. Una vez compactados los RSU, éstos se empujan al contenedor. De esta manera, se pueden utilizar contenedores más ligeros y menos robustos que permiten aumentar la carga útil del camión de transferencia.

El equipo de compactación es de tipo hidráulico. Tienen como característica una elevada fuerza de presión en el pistón de empuje, lo que permite que los RSU quedan compactados en su interior con un grado de compactación del

Estaciones de transferencia con tractores para semirremolques y contenedores de 30 ft



orden de  $500\text{-}700 \text{ kg/m}^3$ . *Figura 1.8: Planta de transferencia con compactación*

Este tipo de instalación es la más idónea para realizar la transferencia de residuos. Otra característica es la transferencia directa del RSU a la tolva. En ningún momento los residuos son almacenados en el suelo, ni quedan expuestos a la lluvia, ni son accesibles por animales, y en general, las condiciones higiénicas del lugar de trabajo son mucho más favorables que en el caso de las plantas de transferencia de caja abierta.

La planta de transferencia de Caudete de las Fuentes se clasifica como una planta sin compactación, aunque posee características de ambos tipos, al posibilitar una mínima compactación el piso móvil de los vehículos de gran tonelaje.

### 1.5.3 Criterios para el diseño de una planta de transferencia.

Con el objetivo de reducir y optimizar costes, la productividad de cada equipo de recogida debe aumentar al máximo. Esta premisa, aplicada al diseño de plantas de transferencia, significa intentar cumplir una serie de criterios, los cuales se detallan a continuación:

- Reducir al mínimo la distancia recorrida desde que los vehículos recolectores están llenos, hasta el emplazamiento donde se ubica la planta.
- Facilidad de entrada y salida para los vehículos, tanto de recolectores como de transporte a larga distancia.
- Alta maniobrabilidad en el interior del recinto para permitir la descarga de los vehículos de recogida y la carga de los vehículos de transporte.
- Minimizar el tiempo de transferencia de la carga de los vehículos recolectores a los de transporte.
- Flexibilizar las instalaciones para admitir todo tipo de residuos de los denominados RSU y asimilables.
- Reducir al mínimo la permanencia de residuos en la estación de transferencia.
- Evitar en cualquier momento el contacto de los residuos con el personal de la planta.

Todos estos criterios los cumple la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes.

### 1.5.4 Plantas de Transferencia Permanentes en el Plan Zonal de las zonas VI, VII y IX.

La capacidad de las estaciones de transferencia será la equivalente a la producción de residuos de los municipios a transferir. La transferencia se plantea para residuos urbanos en masa, aunque se puede adaptar para la materia orgánica y el resto, cuando se implemente la recogida selectiva. Se propone la construcción de una planta de transferencia en cada comarca, intentando situarlos lo más cercano del centro de gravedad de la producción. Así pues, estas son las ubicaciones:

Situación	Población Equivalente	Toneladas/año
Ademuz	7.783	3.409
Buñol	51.614	22.607
Domeño	29.225	12.800
Lliria	151.466	66.342

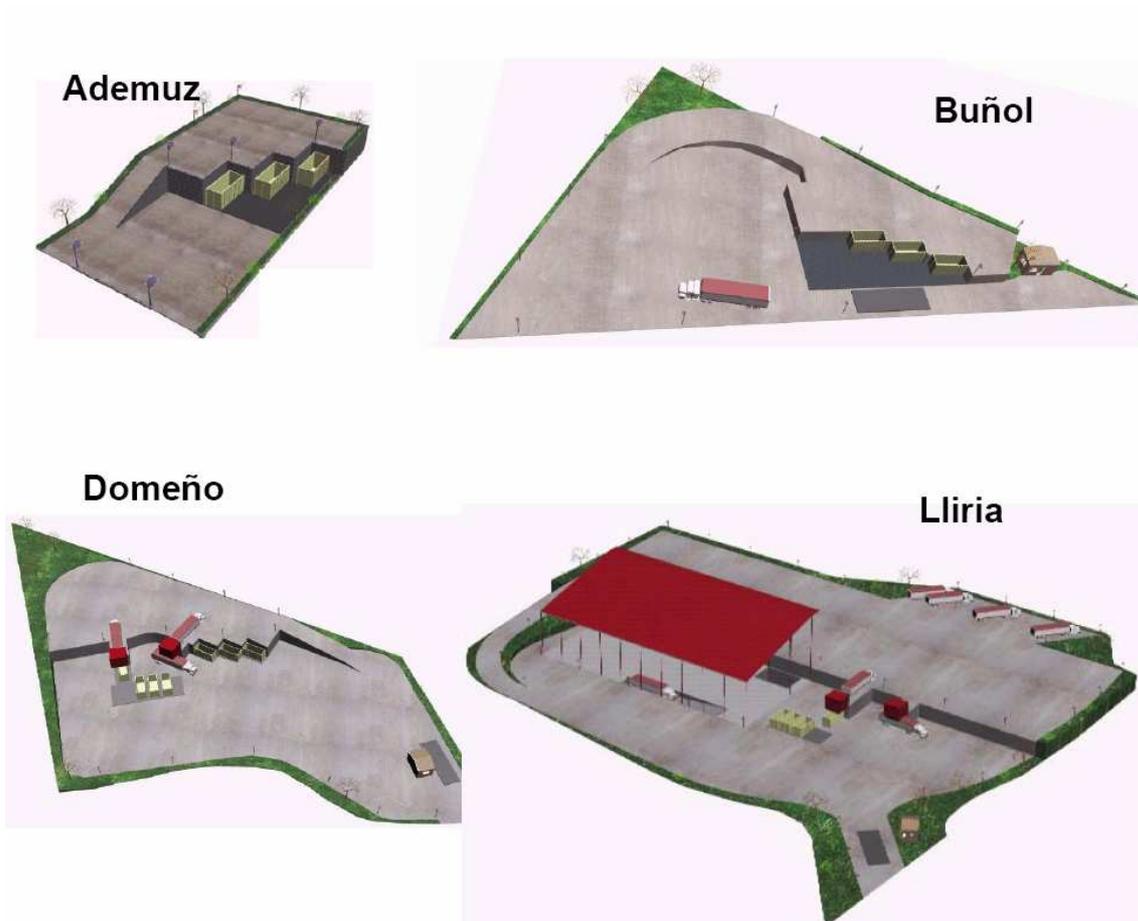
*Tabla 1.5: Población equivalente y tonelaje según Plan Zonal. Año 2009*

Al menos tendrá 4 puntos de descarga diferenciados:

1. R.S.U. en masa.
2. Fracción orgánica selectiva.
3. Residuos de poda y jardinería.
4. Recogidas municipales de voluminosos.

Varias observaciones:

- Los puntos de descarga de R.S.U. en masa y fracción orgánica selectiva estarán cerrados.
- Transferencia con medios mecánicos (prensas compactadoras o cintas transportadoras).
- Con báscula.
- Perímetro ajardinado y vallado.



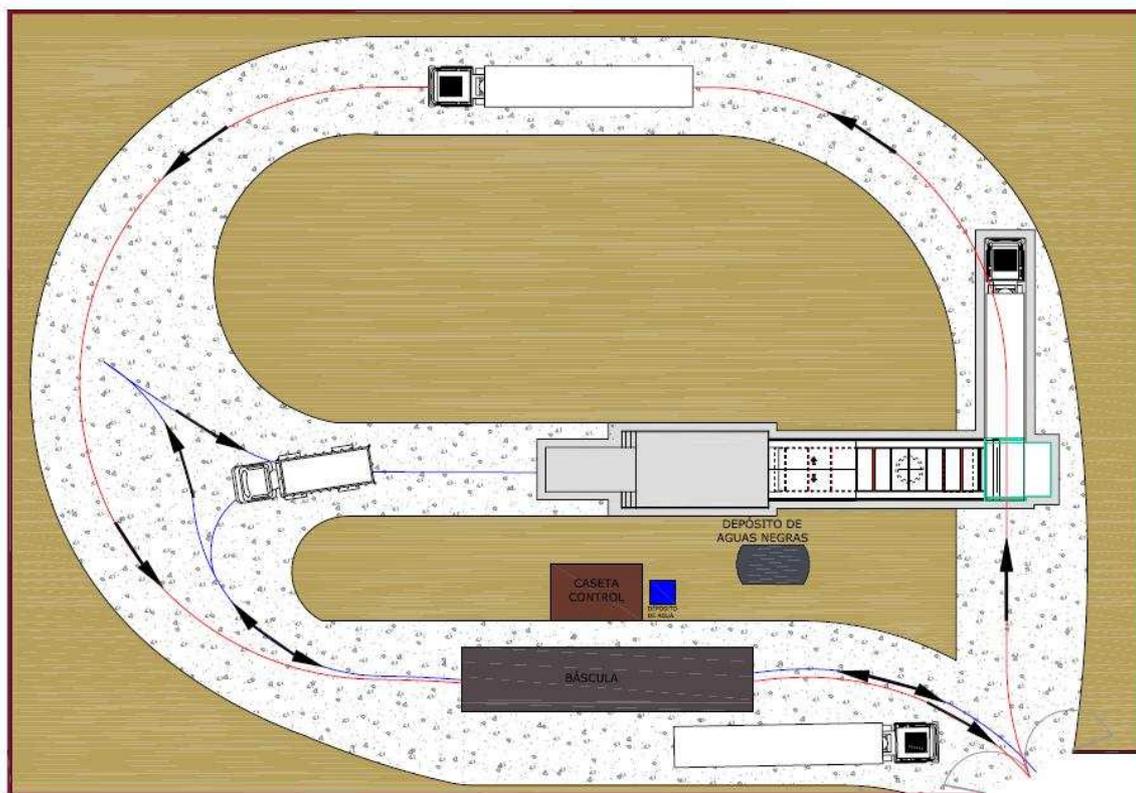
*Figura 1.9: Vista de las 4 plantas de transferencia permanentes*

#### 1.5.5 Funcionamiento de la planta de transferencia provisional de Caudete de las Fuentes (objeto de estudio).

Es una planta de transferencia sin compactación. En el anejo II se puede ver un reportaje fotográfico de la planta de transferencia de Caudete, enfocado en los elementos principales y algunas modificaciones realizadas.

Dispone de las siguientes partes:

- Zona de acceso. Esta provista de una báscula de pesaje para controlar las entradas de los vehículos recolectores y la salida de los de transporte. Además, también se incluye una caseta de control de servicio de personal.
- Unidad de transferencia. Los camiones recolectores realizan la descarga sobre una cinta transportadora, la cual eleva los RSU, para facilitar la entrada en el remolque más grande. Sólo tiene cabida un camión recolector por turno.



*Figura 1.10: Plano de la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes*

## 1.6 Planteamiento de la tesina.

La presente Tesina supone un desarrollo de los distintos pasos conducentes a la elaboración con éxito de un proceso RCM2 sobre un determinado equipamiento para conseguir de esta manera una mejora del casi inexistente Sistema de Gestión actual de Mantenimiento.

Así, se parte del exiguo Sistema actual de Mantenimiento para entender más en profundidad el contexto en el que nos encontramos. Dentro de este punto, interesa destacar

aspectos tales como organigrama de la Organización, instalaciones y el actual Sistema de Gestión de Mantenimiento.

El siguiente paso consiste en la selección del equipamiento sobre el que se aplicará el RCM2. Como el objetivo principal que busca la metodología es el aumento de fiabilidad, se justifica que el equipamiento donde resulta ventajosa su aplicación es en aquellos equipos de mayor criticidad. Por tanto, se aplicará un procedimiento matemático que calcula el nivel de prioridad de cada equipo basándose en distintos criterios de cuantificación de criticidad.

Una vez seleccionados los equipos sobre los que aplicar la Metodología, que serán los primeros en la lista de prioridad, se pasa a describir el funcionamiento y elementos principales de cada uno de ellos.

Los siguientes puntos se centran en el desarrollo del Proceso RCM2 sobre los distintos equipos. Así, se responden a las cuestiones básicas que plantea la Metodología sobre funciones, fallos funcionales, modos de fallo, efectos del fallo, consecuencias del fallo, con el análisis de criticidad asociado. Toda esta información se resume brevemente en unas tablas, que servirán de base para la elaboración de un plan de Mantenimiento sobre cada equipo con la indicación de la periodicidad de las distintas tareas a realizar. Por otra parte, se desarrollan las técnicas predictivas y procedimientos de Mantenimiento Preventivo y Reparación que se citan en el programa de Mantenimiento.

En el siguiente paso se procede a la Valorización económica tanto de la fase de Proyecto del RCM dada por finalizada. En los presupuestos se indican los recursos necesarios para la ejecución del proceso, donde se incluye el personal que interviene, los medios materiales, formación complementaria y las aplicaciones informáticas.

Seguidamente, se describen las conclusiones derivadas del presente trabajo, de entre las que destaca la consecución del objetivo de mejora del Sistema de Gestión de Mantenimiento actual. Tras la laboriosa búsqueda de información útil en los partes de trabajo diarios (tanto de la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes, como la de Liria) y reuniones con el encargado de ambas plantas, se ha conseguido obtener información de todas las modificaciones/incorporaciones realizadas. Ésta es información vital para la instalación y obra inicial de las nuevas 4 plantas de transferencia definitivas.

Por último, se deja la puerta abierta a futuros trabajos siguiendo dos grandes líneas de actuación, que serían la aplicación de la Metodología en cuestión a nuevos equipos y la mejora continua de Sistema de Gestión de Mantenimiento implantado.

## **CAPÍTULO 2:**

# **SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO.**



---

## **ÍNDICE**

<b>2.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>2.4</b>
<b>2.2</b>	<b>Instalaciones existentes.....</b>	<b>2.8</b>
<b>2.3</b>	<b>Sistema de gestión del mantenimiento.....</b>	<b>2.10</b>

## 2.1 Introducción.

Los R.S.U. son una importante fuente de dinero para muchas empresas. Es un negocio que ha ido creciendo y diversificándose, como consecuencia del aumento de la cantidad de residuos, de la variedad de los mismos y de la complejidad de las leyes vigentes y cada vez más restrictivas. Ya no sólo hay que encargarse de llevar los residuos de los municipios al vertedero, sino que hay que realizar multitud de tareas previas: conseguir que la gente separe los tipos de residuos en su propia casa, mediante campañas de sensibilización; tener varios tipos de camiones de transporte, atendiendo a los tipos de residuos; planificar el horario de recogida por todos los municipios con los elementos necesarios; obtener unos porcentajes de reciclaje exigidos por Ley, gracias a nuevos procesos y maquinaria; etc.

Por ello, el tratamiento de la basura se ha hecho un negocio tan complejo, como cualquier otro. Se necesitan personas cualificadas en muchos sectores: operarios, para conducir los camiones y encargarse de los procesos de los coparques o las plantas de transferencia; administrativos, para realizar las cuentas de la empresa; todo tipo de ingenieros, para la creación de anteproyectos, el tratamiento de residuos o la planificación y logística de la recogida, etc.

Se debe tener en cuenta que los R.S.U. siempre producen trabajo, muy a pesar de que en la actualidad estemos viviendo una mala situación económica. Otra cosa importante, es que mucho trabajo que obtiene una empresa de residuos se debe a ganar los concursos de proyectos que las Comunidades Autónomas ofertan. Este proyecto es uno de esos casos, en que la UTE (Unión Temporal de Empresas) Ecored ganó un concurso que propuso la Comunidad Valencia, en el año 2006.



*Figura 2.1: Senda ambiental-Reciclados del mediterráneo*

Ecored es una UTE formada por 2 empresas: Senda Ambiental (Urbaser es propietaria del 100%) y Reciclados y Servicios del Mediterráneo S.L.U. (Senda Ambiental es propietaria del 50% y Abornasa del otro 50%). Ambas empresas fueron compradas por el grupo Urbaser.

## Una aproximación a la estructura de la empresa.

### 2.1.1 Perfil corporativo:

El Grupo ACS, Actividades de Construcción y Servicios, es una referencia mundial en las actividades de infraestructuras, servicios industriales, energía y medioambiente.

El Grupo ACS, a través de su empresa de medio ambiente Urbaser, es líder en gestión y tratamiento de residuos. Desarrolla las actividades de limpieza viaria, recogida y transporte de residuos, tratamiento y reciclaje de residuos urbanos, gestión integral del ciclo del agua y jardinería urbana.

Urbaser ha gestionado durante 2007 las siguientes instalaciones de tratamiento y eliminación de residuos sólidos urbanos.

- 39 plantas de pretratamiento de R.S.U.
- 8 plantas de valorización energética.
- 20 plantas de biometanización.
- 44 plantas de compostaje.
- 46 vertederos controlados.
- 50 plantas de transferencia.
- 7 plantas de clasificación de envases y residuos de envases.

Urbaser es líder de recogida y tratamiento de aceites minerales usados, recogida y tratamiento de residuos hospitalarios y tratamiento y eliminación de residuos industriales.

Urbaser cubre toda la cadena de valor en la prestación de estos servicios, desde el diseño y concepción, realización del proyecto, construcción, financiación y operación, con un equipo profesional altamente cualificado.

Urbaser actúa también en el campo de las energías renovables para reducir los impactos negativos de gases de efecto invernadero, para lo cual está desarrollando procesos de tratamiento de fuentes alternativas de energía, biomasa procedente de cultivos energéticos, biomasa residual forestal, residuos agrarios e industriales biodegradables.

Urbaser, en su afán de contribuir a la protección del medio ambiente, de ofrecer unas condiciones óptimas de trabajo a sus empleados y de satisfacer las crecientes necesidades y expectativas de sus clientes, ha desarrollado un Sistema Integrado de Gestión. La creación e implantación de dicho Sistema responde al convencimiento de que la calidad, la gestión medioambiental y la prevención de riesgos laborales son parte integrante de la gestión de la empresa.



*Figura 2.2: Urbaser*

El Sistema Integrado de Gestión que Urbaser aplica en sus áreas de negocio es conforme a las exigencias de las Normas UNEENISO 9001:2000 (Calidad), UNEENISO 14001:2004 (Medio Ambiente) y OHSAS 18001:1999 (Prevención de Riesgos Laborales), contando la organización con los correspondientes certificados de Calidad y Gestión Medioambiental emitidos por AENOR y de Prevención de Riesgos Laborales emitido por Audelco.

### 2.1.2 Urbaser en cifras:

Durante 2007, Urbaser generó un volumen de negocio de 1.328 millones de euros y cuenta en la actualidad con más de 32.000 empleados formados y especializados en medioambiente. Esta presente en todo el mundo dando servicio a más de 50 millones de habitantes.

Urbaser lleva a cabo las labores de recogida y limpieza en más de 200 municipios de todo el mundo. Limpia un total de 6000 km<sup>2</sup>/día, de playas y realiza labores de mantenimiento de 7 millones de m<sup>2</sup> de jardines.

Para el tratamiento y eliminación de residuos cuenta con 168 instalaciones construidas y en explotación que gestionan 19,4 millones de t/año de residuos y con 46 vertederos controlados con una capacidad de eliminación de 7,3 millones de t/año.

Urbaser dispone de una gran variedad de plantas e instalaciones en las que lleva a cabo la gestión de los residuos denominados especiales. Así, la compañía gestionó más de 350000 toneladas de este tipo de residuos, entre hospitalarios, oleosos e industriales.

En cuanto a residuos de demolición, Urbaser dispone de 12 vertedores que reciben más de 6 millones de t/año y 6 plantas de clasificación con capacidad de tratamiento de 4 millones de t/año.

### 2.1.3 Áreas de Actividad:

Urbaser desempeña distintas labores: Limpieza y recogida de R.S.U. y hospitalarios, tratamiento de R.S.U. e industriales, gestión del agua y su parte internacional. Sólo se comenta a continuación las dos primeras labores que forman parte del proyecto cursado:

++ Limpieza y recogida de residuos sólidos urbanos y hospitalarios:

La gestión de los residuos sólidos y limpieza urbana es una de las principales áreas para Urbaser. Engloba desde la recogida de los residuos sólidos urbanos, pasando por la limpieza urbana y jardinería, hasta la limpieza de playas y los programas de recogida selectiva de este tipo de residuos.

Urbaser lleva a cabo las labores de limpieza en más de 100 municipios, con una población atendida de 12 millones de habitantes. En este sentido, la compañía barre un

total de 24.650.000 kms. Al año, limpia un total de 6.000 kms<sup>2</sup> de playa cada día y realiza las labores de mantenimiento de un total anual de 7.000.000 de m<sup>2</sup> de jardines. Por otro lado, Urbaser presta su servicio de recogida de residuos sólidos urbanos en más de 100 municipios, lo que representa una población atendida total de 15 millones de habitantes. A través de este servicio, Urbaser gestiona la recogida de 4.600.000 t/año de residuos en España y de 5.840.000 t/año a nivel internacional.

Urbaser también es líder en la gestión y tratamiento de los residuos biosanitarios en España. Su modelo de gestión abarca desde la fabricación de envases de distinta capacidad homologados de cierre hermético y un solo uso (19.000 unidades al día), hasta la recogida interna en distintos centros sanitarios, el tratamiento por esterilización en autoclave y autoclave de vapor de residuos biosanitarios, en las diferentes plantas de las que dispone la compañía. Además Urbaser también lleva a cabo el almacenamiento de dichos residuos en las diferentes instalaciones de las que dispone.

Urbaser cuenta con 5 plantas de tratamiento de residuos biosanitarios que gestionaron 16.000 toneladas durante 2007. Los 6 centros de transferencia con los que cuenta la compañía lograron gestionar 4.000 toneladas de este tipo de residuos durante 2007. Además Urbaser cuenta con 74 vehículos autorizados por los organismos para llevar a cabo todas estas labores.

#### ++Tratamiento de residuos sólidos urbanos e industriales:

En esta área de gestión, tratamiento y eliminación de residuos urbanos e industriales, Urbaser ocupa una posición de liderazgo tecnológico y comercial.

Actúa como contratista general responsable de: diseño, construcción, puesta en marcha y operación de diferentes tipos de plantas y procesos, realizando total o parcialmente la financiación de los mismos, por medio de diversos tipos de contratos: concesiones, conciertos, consorcios, sociedades de economía mixta, etc. para tratar distintos residuos con el triple objetivo de: máxima recuperación de materiales y energía, operación ambientalmente correcta y sanitariamente segura utilizando procesos específicos para cada fracción de los Residuos que componen una planta integral que de respuesta a los deseos del cliente.

En tratamiento de residuos urbanos, dispone de gran experiencia en todo tipo de procesos y gestión de los mismos: plantas de transferencia, plantas de pretratamiento y clasificación, plantas de compostaje y biometanización de la fracción orgánica, plantas de clasificación de envases, plantas de valorización energética de residuos y otras formas de biomasa, con diferentes tecnologías: (parrillas, lechos fluidizados, gasificación), vertedores controlados, tanto de residuos urbanos como industriales, con desgasificación o sin ella. Esta experiencia esta avalada por la construcción y gestión de:

- 50 plantas de transferencia, con una capacidad de carga de 7.335.000 t/año.
- 39 plantas de pretratamiento de R.S.U., con una capacidad de 6.100.000 t/año.
- 4 plantas en operación de valorización energética, con una capacidad de tratamiento de 1.081.000 t/año y 101 Mw eléctricos.
- 4 plantas de diseño y construcción de valorización energética, con una capacidad de tratamiento de 992.000 t/año y 98 Mw eléctricos.

- 11 plantas de biometanización (digestión anaeróbica de la fracción orgánica), con una capacidad de tratamiento de 782.000 t/año, con diferentes tipos de tecnología (fase seca o húmeda) y 40 Mw eléctricos.
- 9 plantas de Biometanización, en diseño y construcción, con una capacidad de tratamiento de 525.000 t/año y 22 Mw eléctricos.
- 44 plantas de compostaje, con una capacidad de tratamiento de 2.280.000 t/año.
- 46 vertederos controlados (6 de ellos con desgasificación), con una capacidad de eliminación de 7.335.000 t/año y 30 Mw eléctricos.
- 7 plantas de clasificación de envases y residuos de envases, con una capacidad de tratamiento de 237.000 t/año.

+Tratamiento de Residuos Industriales:

Urbaser actúa así mismo en la gestión, tratamiento y eliminación de otros residuos: hospitalarios, residuos de demolición y construcción, aceites usados, residuos industriales y otros residuos especiales, con una experiencia avalada por su actuación en instalaciones propias en:

- 3 plantas de regeneración de aceites industriales usados con una capacidad de tratamiento de 100.000 t/año.
- 3 instalaciones para procesar aceites residuales MARPOL con una capacidad de 150.000 t/año.
- Comercializan combustibles procedentes de residuos oleosos (80.000 t/año)
- Planta físico química para tratamiento de residuos peligrosos con una capacidad de 80.000 t/año.
- 1 vertedero de residuos peligrosos con una capacidad de 1 millón de toneladas.
- 3 vertederos de residuos industriales no-peligrosos con una capacidad de 400.000 t/año.
- 3 plantas de recuperación de envases industriales.
- Dispone asimismo de empresas logísticas para recogida y transporte desde plantas de transferencia propias, a las plantas de tratamiento tanto de residuos peligrosos como no-peligrosos.
- En cuanto a Residuos de Demolición y Construcción (R.C.D.), Urbaser dispone y opera:
  - 12 vertederos que han recibido 6.724.500 t/año.
  - 6 plantas de clasificación con capacidad de tratamiento de 4.000.000 t/año.
- En residuos hospitalarios, la empresa Conseur propiedad 100% de Urbaser, recoge, transporta y procesa residuos sanitarios biocontaminados, gestiona residuos citotóxicos y químicos con los medios:
  - 5 plantas de tratamiento de residuos biocontaminados con una capacidad de 22.000 t/año.
  - 6 centros de transferencia con cámara frigorífica.
  - 4 vehículos autorizados para el transporte de residuos peligrosos.

## 2.2 Instalaciones existentes.

La UTE Ecored tiene poco más de 2 años de historia. Se creó para ganar el concurso y poder gestionar el Plan Zonal VI, VII y IX de la Comunidad Valenciana. Los trámites administrativos para la creación/gestión de todos los elementos partícipes en este proyecto requieren mucho tiempo. Los proyectos de todas las instalaciones deben de pasar o bien por la Conselleria de Medio Ambiente o bien por el municipio en que se crea el ecoparque.

En Junio de 2010 de momento se gestionan 15 ecoparques y 2 plantas de transferencia provisionales. Se espera que en poco más de 2 años se gestionen más de 20 ecoparques y se creen 4 plantas de transferencia fijas (se habrán desmantelado y movido de sitio las 2 plantas provisionales actuales), 1 centro de almacenamiento temporal (CAT) y voluminosos, 2 instalaciones de valorización y 1 instalación de eliminación.

A pesar de estar explicada en el capítulo 1.4 la secuencia de los residuos urbanos, a continuación se resume las características actuales de las instalaciones existentes:

- Los ecoparques son puntos limpios cercanos a cada municipio perteneciente a dichos Planes Zonales. El llevar a cabo los distintos trámites (1. El informe de compatibilidad urbanística; 2. La licencia ambiental; 3. El proyecto constructivo; 4. La obtención de la licencia de obra) pueden tardar más de 2 años, debido al trámite complejo con el ayuntamiento del municipio. En sí mismo, un ecoparque no es más que una parcela de 1.000 - 2.000 m<sup>2</sup> vallada en el que hay varios tipos de contenedores, para poder depositar distintos residuos (residuos verdes o de jardinería; escombros; RAEE's; pilas; voluminosos;etc.), todo dependiendo de lo grande o pequeño que sea el municipio (se clasifican en: Ecoparques tipo A: menos de 1.000 habitantes ; Ecoparques tipo B: entre 1.001 y 5.000 habitantes ; Ecoparques tipo C: entre 5.001 y 10.000 habitantes; Ecoparques tipo D: más de 10.000 habitantes). Los ecoparques requieren un nulo o mínimo mantenimiento.

- Las plantas de transferencia actúan como punto de consolidación de los R.S.U., los cuales actualmente llegan de camiones de basuras municipales, y se van a puntos distantes del territorio nacional mediante trailers con piso móvil. Ésta explicación corresponde a la fase provisional, que se producirá hasta la finalización de las 2 plantas de valorización (quedan 2 años aproximadamente).

Las estaciones de transferencia suponen un importante ahorro económico y logístico. Requieren un mantenimiento importante, ya que son instalaciones que deben de funcionar perfectamente durante las horas que están funcionando (suele ser desde medianoche hasta las 8:00), sino supone un desbarajuste en la logística de los camiones de basura y una pérdida de dinero considerable (cada noche se facturan más de 30.000 Euros).

## **2.3 Sistema de gestión del mantenimiento.**

La UTE Ecored no tiene un plan de mantenimiento ni alguna persona que se encargue de ello. Es normal debido a que actualmente no hay casi instalaciones que lo precisen. Por ello es aun más importante la creación de un puesto que poco a poco irá ganando más importancia, en la medida en que se vayan creando las 4 estaciones de transferencia permanentes y las 2 plantas de valorización. Ahora se deben de crear los fundamentos sobre los que poder mantener todas las instalaciones de una forma sencilla y eficaz.

El RCM2 esta previsto su puesta en marcha en la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes, y poco a poco extenderse en las demás instalaciones existentes y que se creen.

A continuación se va a explicar el actual sistema de gestión a tener en cuenta para el correcto funcionamiento de la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes. Como todo, es un proceso que varía, adaptándose según la estacionalidad, rotación de operarios y anomalías. Esta información recopilada es importante para poder conocer el funcionamiento interno, y así poder establecer, en capítulos posteriores, el correcto programa de mantenimiento.

### **2.3.1 TONELADAS ENTRADAS:**

En la siguiente tabla se pueden ver las toneladas que han entrado en la planta, organizadas por meses y año, desde su puesta en funcionamiento hasta mayo de 2010.

	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009	AÑO 2010
ENERO		2.381,59	2.967,00	2.800,44
FEBRERO		2.504,37	2.743,48	2.694,38
MARZO		3.035,64	3.082,18	3.153,83
ABRIL		3.034,84	3.408,61	3.387,96
MAYO		3.279,40	3.406,90	3.482,94
JUNIO	652,94	2.620,52	3.548,29	
JULIO	1.308,30	3.989,73	4.144,52	
AGOSTO	1.835,36	4.444,61	4.721,99	
SEPTIEMBRE	1.621,96	3.462,33	3.732,04	
OCTUBRE	1.692,96	3.404,04	3.405,54	
NOVIEMBRE	1.413,50	2.959,78	3.035,92	
DICIEMBRE	2.134,72	3.077,32	3.086,30	
	<b>10.659,74</b>	<b>38.194,17</b>	<b>41.282,77</b>	<b>15.519,55</b>

*Tabla 2.1: Entradas de residuos en la planta (ton)*

De estos datos podemos decir que:

- Anualmente se preveía que iban a entrar 40.000 ton., lo cual se está cumpliendo.
- Hay un período anual (verano) en el que aumenta la entrada de ton.
- Se pueden observar pequeñas variaciones mensuales, achacables a averías en los elementos de la planta. Con el histórico de fallos (ver anejo I) podemos decir que durante junio de 2008 hubo tantos problemas, que parte de la basura de los recolectores se envió a la planta de transferencia de Liria.

### **2.3.2 ESTACIONALIDAD:**

Un factor muy importante a tener en cuenta, ya que en:

- Verano (de julio a mitad de septiembre):
  - Hay un aumento de trabajo de un 20% aproximadamente (se puede ver en el punto 1 de arriba). Lo que hace que los operarios y la propia instalación (maquinaria) trabajen más, teniendo menos tiempo para observar un hipotético desperfecto o mal funcionamiento.

Se procura gestionar la llegada de los recolectores de forma más escalonada.

- La basura produce más lixiviados, lo que hace que se deba de tener mejor controlado el sistema de recogida de lixiviados (evacúa en una fosa séptica); se deba de recordar a los conductores de los recolectores que echen el lixiviado en la plataforma de recepción, y no por toda la instalación; y el incómodo olor.

Ya hace poco más de un año se mejoró el sistema de recogida de lixiviados, lo que supuso una mejora medioambiental y de funcionamiento.

- Al estar en zona no asfaltada, se levanta más polvo, perjudicando el funcionamiento ordinario en la instalación y accesos.

Ya el verano pasado se contrato un camión con cuba, para regar periódicamente el acceso. Este año se va realizar lo mismo con alguna modificación, para poder ver si es útil (el año pasado no se consiguió el resultado esperado, al formarse barro o secarse muy pronto) o se debe de buscar alguna alternativa.

- Invierno (de noviembre a mitad de marzo):
  - Hay una disminución brusca de temperaturas, lo que hace que se deban encender los 2 motores (VM y HATZ) y mantenerlos calientes, así como poner en funcionamiento la cinta transportadora cuando no se han usado en varias horas.
  - Estar atentos a las previsiones meteorológicas. Según la nieve que caiga, se debe considerar la posibilidad de cerrar la planta y reenviar todos los recolectores a la planta de Liria, zona de la comunidad valenciana que tiene menor probabilidad de nevada.
  - Tener aprovisionamiento de sal, para los días que nieve.

Invierno (en Caudete): poner los 2 motores en marcha y mantiene caliente. Y luego mover la cinta un rato cuando no se usen en varias horas

### **2.3.3 OPERARIOS:**

La labor desempeñada en la planta de transferencia no es muy complicada, pero debido a las condiciones, bajo salario y horas de trabajo, es muy difícil conseguir personas adecuadas y que no se vayan al poco tiempo. Se busca una persona no cualificada, pero que sea trabajadora

Debido a la situación económica actual, la rotación de los operarios ha disminuido, lo cual hace que la persona que trabaja allí sepa más sobre el funcionamiento y entresijos de los componentes de la maquinaria. Esto es muy importante, ya que así actualmente se cogen a tiempo casi todas las averías (antes incluso que se produzcan).

Según el horario de entrada de los camiones recolectores (lunes, martes, miércoles y jueves de 00:00 a 18:30; viernes, sábados y domingos de 00:00 a 14:00), se elaboró un

calendario laboral, que hace que los operarios vayan rotando por todos los turnos, y así que todos sepan de todo y que no puedan quejarse por el horario.

En plantilla hay 5 operarios: 3 que trabajan 40 horas y 2 que trabajan 30 horas (los llamados vigilantes). Hasta julio de 2009 había un turno en el que trabajaban vigilantes externos (de eso el nombre actual de vigilantes), los cuales no hacían nada. Ahora durante ese turno también hay operarios, los cuales suelen haber entrado como nuevos, que se dedican a aprender de los demás operarios (y así poder sustituirlos en cualquier momento de necesidad) y desempeñar funciones de mantenimiento (momentos sin entrada de camiones), además de vigilar. A continuación se encuentran los horarios de los operarios estándar y de los vigilantes:

### Horarios Operarios:

Rotando: de Tarde a Mañana a Noche a Tarde de nuevo

Empieza turnos: Sábado: 7.40h entra lunes 12.00h  
Viernes: 13.40h entra domingo 00.00h  
Jueves: 18.40h entra sábado 7.00h

Lunes, Martes, Miércoles y Jueves		
Noche: 00.00-6.40h		
	Mañana: 6.00-12.40h	
		Tarde: 12.00-18.40h

Viernes, Sábados y Domingos	
Noche: 00.00-7.40h	
	Mañana: 7.00-13.40h

*Tabla 2.2: Horarios de trabajo de los operarios*

*(\*) Existe un tiempo que coincidan los operarios, para hablar de cómo les ha ido el anterior turno y ver si ha faltado algún camión recolector por entrar y cuando han dicho que van entrar, cosas de limpieza, etc.*

### Horarios Vigilantes:

#### Vigilante 1

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
18.30-00.00h	18.30-00.00h	8.00-14.00h aprende			13.30-00.00h	13.30-00.00h

## Vigilante 2

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		18.30-00.00h	18.30-00.00h	13.30-00.00h		

*Tabla 2.3: Horarios de trabajo de los vigilantes*

*(\*)Ciclo de 2 semanas*

Los operarios son controlados por un encargado de ambas plantas. Él lleva trabajando en la empresa desde el inicio, por lo que sabe muy bien moverse en el mundillo de los residuos, tratar a las personas (conductores de los recolectores, operarios y demás trabajadores externos) y con la mayor experiencia de todos. Es una persona fundamental para el correcto funcionamiento de las plantas.

Hasta marzo de 2010, él se encargaba de controlar también el buen funcionamiento de los ecoparques. En ese momento el número de ecoparques controlados aumento considerablemente, por lo que entró un encargado para los mismos. Esto ha hecho que este dedicado exclusivamente a las 2 plantas, con lo que tiene más tiempo para enseñar a los operarios y buscar y solucionar más rápido los desperfectos y averías.

Paralelamente, se ha realizado un estudio (sólo se hace referencia a mención al total de personas trabajadas, sin decir nombres o identificaciones) de todas las personas que habían estado trabajando en las 2 plantas de transferencia, para intentar sacar alguna conclusión. Son las siguientes:

- Desde la puesta en marcha de las 2 plantas a finales de 2007, el trabajo lo han dejado 24 personas. Un número muy elevado.
- Los operarios pasan como término medio 4.96 meses contratados. De los que han dejado el trabajo, 21 de 24 lo hicieron porque ellos mismos no querían continuar. Sólo 2 de 3 fueron despedidos (por estar robando gasoil del depósito) (la otra persona lo dejó por depresión).
- Confirmar el hecho de que actualmente había disminuido la rotación de los operarios. En el 2008 se fueron 13 personas, el 2009 se fueron 8 personas y lo que llevamos de 2010 se fueron 3 personas.
- A día de hoy, sigue costando tiempo encontrar a personas dispuestas a trabajar en las plantas.

## **CAPÍTULO 3:**

# **SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA MANTENIMIENTO.**



## **ÍNDICE**

<b>3.1</b>	<b>Criterios para la evaluación de la criticidad.....</b>	<b>3.4</b>
<b>3.2</b>	<b>Cálculo de la criticidad de los equipos.....</b>	<b>3.7</b>

### 3.1 Criterios para la evaluación de la criticidad.

Tal como se ha comentado anteriormente, el presente trabajo se centrará en los equipos ubicados en la planta de transferencia de R.S.U. situada en Caudete de las Fuentes.

El equipo será clasificado siguiendo una valoración de riesgo y se le asigna un valor numérico para ordenar su prioridad dentro del conjunto de elementos incluidos en una instalación de transferencia.

Los criterios para la cuantificación de cada uno de los factores presentes en el cálculo de la prioridad son los siguientes:

**-Función del Equipo (A):** El papel del equipo en el funcionamiento de la instalación.

Función del Equipo	A
Báscula	9
Motor VM, de la cinta transportadora	8
Grupo electrógeno	8
Cinta transportadora	7
Motor HATZ, del piso móvil	5
Piso móvil	3

*Tabla 3.1: Valoración de función del equipo*

**-Requisitos del Mantenimiento (B):** Los requisitos del Mantenimiento varían con el tipo de equipo.

Requisitos del Mantenimiento	B
Extensivo	5
Medio	3

Mínimo	1
--------	---

*Tabla 3.2: Valoración de requisitos del mantenimiento*

**-Histórico de Reparaciones (C):** A partir del histórico de fallos disponibles de los equipos, se puede realizar un estudio de tendencias. De esta manera, si hay equipos que no están inventariados, pero tiene una historia de reparación importante, se deduce la necesidad de incluirlos en el registro.

Histórico de Reparaciones	C
Demanda de calibración	1
Llamada repetida por correctivo	3
Coste de Mantenimiento >5 % coste adquisición	5

*Tabla 3.3: Valoración del histórico de reparaciones*

**-Condiciones de Explotación (D):** se evalúa a partir de la observación y se refiere a la utilización en exceso comparado con equipos similares de la propia empresa o a las condiciones de la localización donde se ubica (áreas húmedas u otras de entorno agresivo).

Condiciones de Explotación	D
Utilización normal	0
Sobre utilización	1-2
Condiciones severas del entorno	3-5

*Tabla 3.4: Valoración de condiciones de explotación*

**-Redundancia (E):** se evalúa a partir de la observación y se refiere a la disponibilidad de equipos duplicados (que realicen la misma función) para poder ser utilizados en caso de que falle el equipo en uso.

<b>Redundancia</b>	<b>E</b>
No existe duplicado	7-9
1 ó 2 equipos más disponibles	3-5
Más de 2 equipos disponibles	1

*Tabla 3.5: Valoración de redundancia*

**-Impacto en la seguridad personal (F):** se evalúa a partir de la observación y de datos extrapolados de otros equipos iguales o similares, y se refiere a la posibilidad de daño o accidente personal, estando el equipo en funcionamiento.

<b>Impacto en la seguridad personal</b>	<b>F</b>
Impacto grave	7-9
Impacto leve	3-5
Impacto nulo	0-1

*Tabla 3.6: Valoración de impacto en la seguridad personal*

**-Impacto ambiental (G):** se evalúa a partir de datos obtenidos y se refiere a la cantidad de contaminación medioambiental, estando el equipo en funcionamiento.

<b>Impacto ambiental</b>	<b>G</b>
Impacto grave	7-9
Impacto pequeño	3-5
Impacto inexistente	0-1

*Tabla 3.7: Valoración de impacto ambiental*

CÁLCULO DEL NIVEL DE PRIORIDAD.- El nivel de prioridad P puede calcularse de los valores numéricos propuestos como:

$$P = A + B + C + D + E + F + G$$

*Figura 3.1: Fórmula del nivel de prioridad*

### 3.2 Cálculo de la criticidad de los equipos.

Una vez definido y plasmado en una fórmula el nivel de prioridad, se procede al cálculo de la criticidad de todos los equipos, tal como se muestra en la tabla anexa.

Entre todos los equipos incluidos en la instalación, si se realiza un proceso de ponderación atendiendo a diversos criterios, según el nivel de riesgo, se obtiene una lista en la que se diferencia el nivel de criticidad de cada uno de los equipos. Ajustándonos a esta clasificación, se procederá a realizar la metodología en aquellos equipos de mayor prioridad, que tendrán un mayor valor numérico asignado. Este valor global se obtiene con un procedimiento matemático a partir de los índices parciales de criticidad mencionados con anterioridad.

CINTA TRANSPORTADORA							
A	B	C	D	E	F	G	P
7	3	5	5	9	3	0	32

BÁSCULA							
A	B	C	D	E	F	G	P
9	5	1	0	8	1	0	24

MOTOR VM, DE LA CINTA TRANSPORTADORA							
A	B	C	D	E	F	G	P
8	3	3	3	5	4	3	29

MOTOR HATZ, DEL PISO MÓVIL							
A	B	C	D	E	F	G	P
5	3	3	3	5	4	3	26
PISO MÓVIL							
A	B	C	D	E	F	G	P
3	1	0	0	1	0	0	5
GRUPO ELECTRÓGENO							
A	B	C	D	E	F	G	P
8	3	0	2	4	2	2	21

*Tabla 3.8: Resultados del cálculo de la criticidad de los equipos*

Se seleccionarán aquellos equipos a los que les corresponda un mayor valor numérico asociado. A éstos, se les aplicará la metodología que pretende aumentar la fiabilidad para conseguir que no haya ninguna interrupción cuando los camiones están depositando el contenido en la cinta transportadora a altas horas de la noche.

En principio dicha técnica se aplicará únicamente a los cinco equipos considerados como prioritarios, ya que se trata de la primera vez que se implanta una metodología de tales características, aunque no se descarta la posible ampliación al resto de equipos incluidos una vez que el proyecto haya sido establecido con éxito.

### **Relación de equipos inventariados en la planta de transferencia**

- **Cinta Transportadora**
- **Motor VM, de la cinta transportadora**
- **Motor Hatz, del piso móvil**
- **Báscula**

- **Grupo Electrógeno**
- Piso Móvil



## **CAPÍTULO 4:**

# **DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.**



## ÍNDICE

<b>4.1</b>	<b>Cinta transportadora ZC21-14.....</b>	<b>4.4</b>
<b>4.2</b>	<b>Motor VM SUN 3105.....</b>	<b>4.9</b>
<b>4.3</b>	<b>Motor Hatz 3L41C.....</b>	<b>4.11</b>
<b>4.4</b>	<b>Báscula S-BP4H.....</b>	<b>4.16</b>
<b>4.5</b>	<b>Grupo electrógeno IPK-20.....</b>	<b>4.20</b>
<b>4.6</b>	<b>Piso móvil.....</b>	<b>4.24</b>

## 4.1 Cinta transportadora ZC21-14.

La cinta transportadora ZC21-14 está diseñada para el transporte de los residuos sólidos urbanos. Está hecha totalmente de acero para poder resistir los impactos accidentales y poder evitar la corrosión dada la naturaleza de los residuos. Los rechazos son arrastrados con una placa de acero fijo movida con barras metálicas, las cuales son movidas por 2 cadenas laterales cuidadosamente protegidas.

La cinta transportadora la produce una compañía italiana llamada Ziliani Carlo. La información obtenida proviene de la información de la UTE Ecored y de la página web del productor ([www.zilianicarlo.it](http://www.zilianicarlo.it))

La cinta transportadora es perfecta para el transporte de residuos desde los camiones de basura (de cualquiera dimensión) a los vehículos de larga distancia.

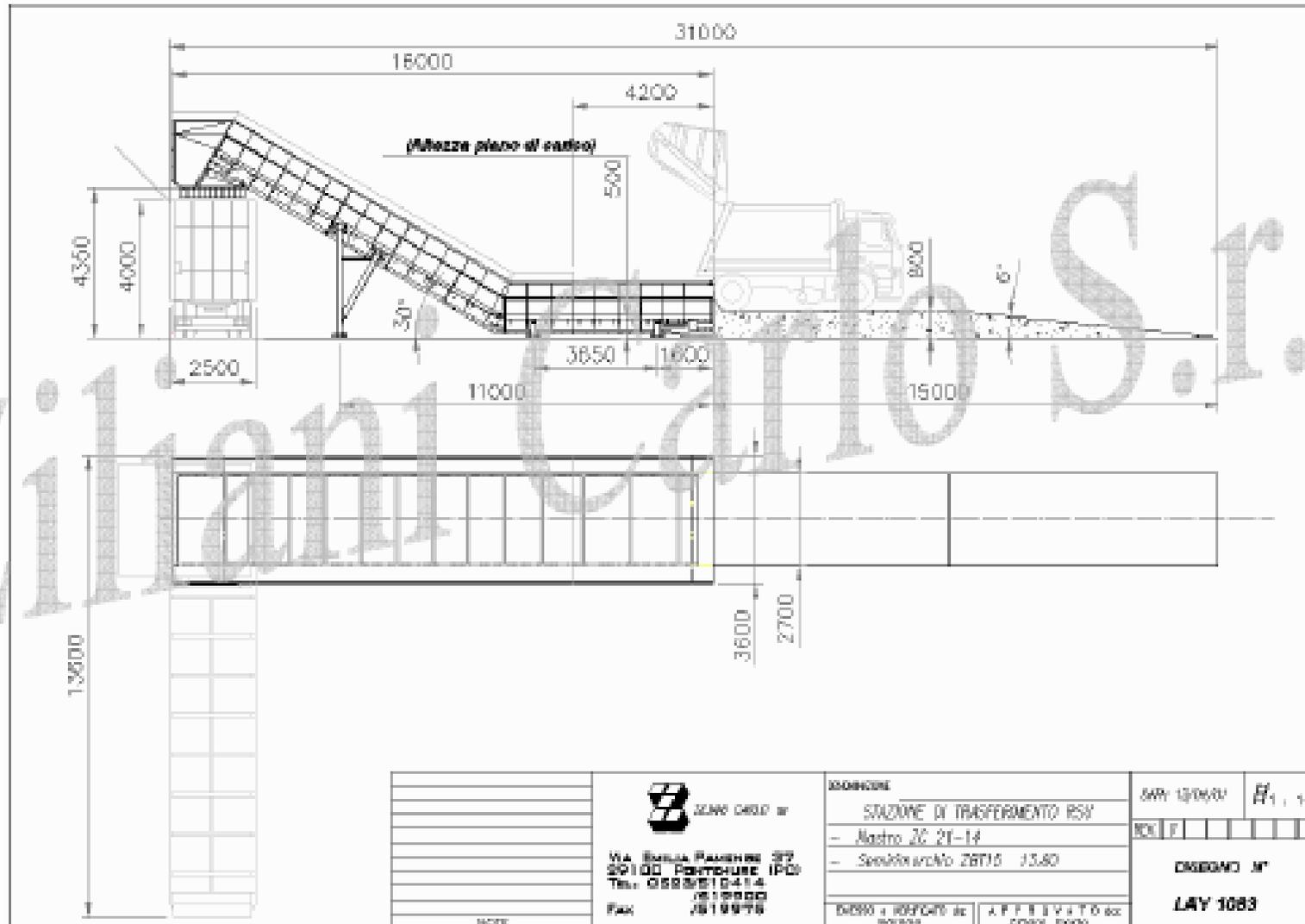
Las características principales son las siguientes:

- Transmisión: el movimiento se debe a 2 cadenas sobre las que están fijadas horizontalmente barras metálicas.
- Energía: proporcionado por el Motor VM.
- Ángulo de carga: 30° hacia arriba, siendo una inclinación óptimo para la carga de residuos sólidos.
- Velocidad de la cadena: 16/20 metros por minuto.
- Estructura: la cinta está hecha de Domex 420 (Resistencia del material a al conformación de 420 MPa) de 5 mm de grueso. También está equipada con paredes laterales de 1 metro de altura.
- Las placas sobre las que se desplazan los residuos están hechas de Hardox 400(Resistencia del material a la conformación de 1.000 MPa) de 5 mm de grueso, acero con propiedades técnicas de alta calidad y bien formado.
- Modularidad: la cinta está compuesta de piezas de 2 metros de largo, las cuales pueden ser unidas en poco tiempo. Ésto hace simple la capacidad de

ensamblado/desensamblado, con un fácil transporte para poder reubicar la nueva planta de transferencia.

- Cubierta: la estructura está recubierta con una hoja de acero prensada.
- Tanque para la recolección de líquidos residuales: ubicado debajo de la cinta transportadora. Perfecto para no que no vayan a parar al suelo.
- Acabado: el transportador tiene una escalera para la inspección y el control de los residuos a lo largo de ella. Además está provista de un panel de control.
- Dimensiones generales:
  - Anchura externa: 3.600 mm.
  - Anchura interna: 2.700 mm.
  - Mínima altura del terreno: 800 mm.
  - Elevación de la cinta: 4.200 mm.
- Protección eléctrica: dispone de un botón de emergencia y un pulsador de comenzar/terminar.
- Tanque de aceite:
  - Depósito: 200 litros.
  - Capacidad de bombeo: 44 litros por minuto.

### CONVEYOR BELT ZC21-14



*Figura 4.1: Plano de la cinta transportadora ZC21-14*



*Figura 4.2: Foto de la cinta transportadora ZC21-14 de Caudete de las Fuentes*



g. General Mendoza, 3 - entlf. C · 17002 GIRONA (ESPAÑA/SPAIN) · Tels.: +34-972 21 26 91 / +34-972 41 42 44 · Fax: +34-972 21 23 57  
e-mail: info@zilianicarlo.com · www.zilianicarlo.com

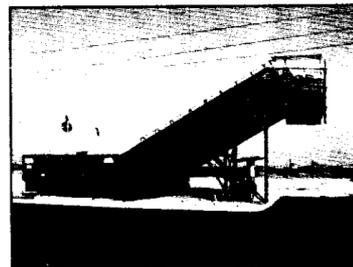
## PLANTAS DE TRANSFERENCIA



### PLANTAS DE TRANSFERENCIA ZILIANI CARLO

PLANTAS MÓVILES OPERADAS POR 1 HOMBRE  
estas innovadoras instalaciones de la firma Ziliani Carlo,  
permiten realizar el trabajo  
de una forma rápida, fácil y eficaz

- Sistema de fácil montaje y mantenimiento: 1 solo hombre es suficiente para realizar todas sus operaciones.
- Con el sistema de engrase automático, el mantenimiento es nulo.
- No necesita la presentación de un permiso de obra ya que el sistema va instalado sobre 6 patas.
- Capacidad de carga de la Planta de Transferencia: 200 ton/día la versión simple y 1.000 ton/día la versión doble.
- Un motor autónomo permite trabajar en cualquier lugar, aunque no exista instalación eléctrica.
- Equipo altamente reforzado para evitar el desgaste.
- El semiremolque auto-comptactante ZC BT 15, con sistema "step-by-step", es fácil de usar, tiene un mínimo mantenimiento y una rápida carga y descarga (se puede cargar en 20 minutos).
- La planta de transferencia descarga en 4 minutos.



Recolector descargando sobre planta de transferencia satélite Ziliani Carlo.



*Figura 4.3: Anuncio de la cinta transportadora ZC21-14 en una publicación especializada*

## 4.2 Motor VM SUN 3105.

Para la puesta en marcha de la estación de transferencia se requieren el funcionamiento de 2 motores. Este motor se encarga de poner en movimiento la cinta transportadora., con lo que se suben los R.U. dejados por el camión recolector al piso móvil del trailer. No siempre está en funcionamiento. Se utiliza de forma discontinua durante la noche y las primeras horas de la mañana, momento en el que los camiones basura suelen trabajar en todas las poblaciones. Durante ese periodo se está encendiendo y parando multitud de veces, por lo que sufre más que usando de forma continua.

El movimiento de la cinta transportadora se consigue cuando el motor VM le da la presión requerida de aceite (grupo hidráulico) para mover todos sus engranajes. El depósito de aceite se encuentra junto con el motor. Y también junto a ellos está el depósito de gasoil que hace funcionar el motor.

Las características técnicas del Motor VM son las siguientes:

- Fabricante: VM Motori
- Modelo: SUN 3105.
- Tipo de motor: Diesel.
- Dimensiones:

Longitud: 806 mm.

Ancho: 551 mm.

Altura: 770 mm.



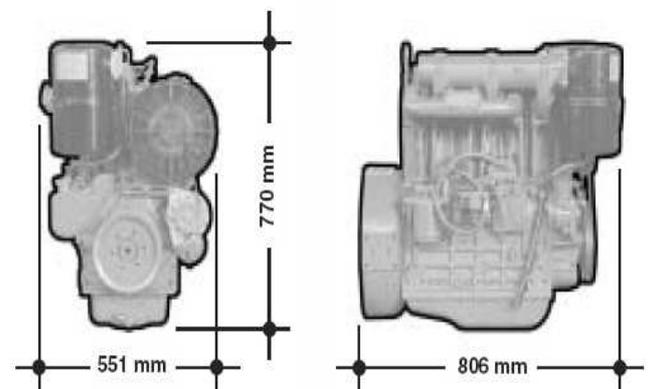
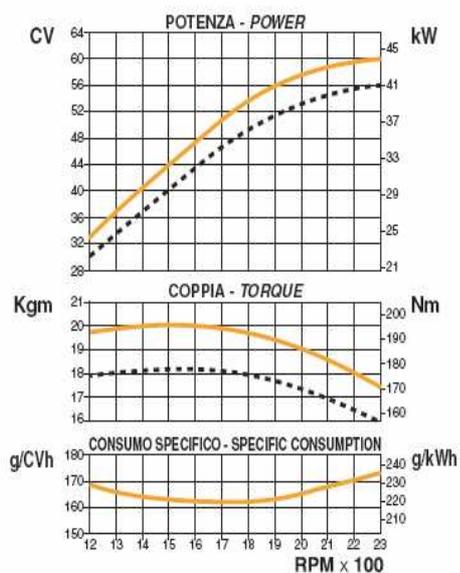
*Figura 4.4: Ilustración del Motor VM SUN 3105*

- Peso: 312 Kg
- N° de cilindros: 3 en línea.
- Par máximo: 196 Nm (20 kgm) @ 1.600 RPM.
- Potencia máxima: 44 kW (60 CV) @ 2.300 RPM.

- Desplazamiento: 2.987 litros.
- Diámetro y carrera: 105x115 mm.
- Enfriamiento: aire
- La combustión: inyección directa.
- Relación de compresión: 17:1
- Aspiración: natural.
- Filtro de aire seco.
- Filtros de aceite y gasoil.
- Alternador 12 V- 33 A.
- Motor de encendido 12 V- 3 kW.
- Interruptor de presión de aceite.
- Deposito de gasoil de 50 litros.

— = Potenza Cont. - Cont. Power "B" DIN 6271 - CEE 80/1269  
 - - - = Potenza Cont. - Cont. Power "A" DIN 6271

**SUN 3105**



*Figura 4.5: Diagramas de potencia, par de torsión y consumo específico del motor VM*

SUN 3105

### 4.3 Motor Hatz 3L41C

Para la puesta en marcha de la estación de transferencia se requieren el funcionamiento de 2 motores. Este motor se encarga de poner en movimiento el piso móvil del trailer que compacta los R.U. de los camiones basura. Se utiliza de forma continua cuando se depositan los residuos en el mega contenedor.

Aunque no parezca muy importante su función, es importante para poder transportar la mayor cantidad de residuos en un solo viaje.

Al igual que el motor VM, está junto a un depósito de aceite (grupo hidráulico) y otro de gasoil. El gasoil hace posible que mueva el aceite hidráulico, lo cual mueve los elementos constituyentes del suelo del piso móvil.

A continuación se describen el tipo de construcción:

- Motor diesel de 4 tiempos, refrigerados por aire, de 3 cilindros en sistema modular.
- Cáster de fundición gris, cilindros verticales en línea.
- Cigüeñal y biela con cojinetes de fricción.
- Cilindros individuales (fundición gris),



culatas individuales

*Figura 4.6: Ilustración del Motor Hatz 3L41C*

(aleación ligera), bombas de inyección individuales.

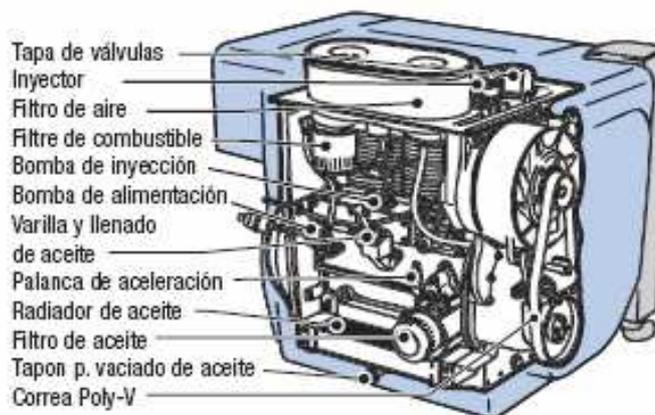
- Platonos y bielas desmontables hacia arriba.
- Inyección directa con inyector de orificios múltiples.
- Accionamiento de las válvulas mediante balancines, varillas de empuje, botadores y árbol de levas.

- Árbol de levas suplementario para accionamiento de las bombas de inyección, con regulador centrífugo y variador de avance automático para la inyección.
- Lubricación a presión mediante bomba de engranajes, filtro cambiable y radiador de aceite en el flujo principal.
- Ventilador axial con alternador incorporado.
- Los Silent Packs son motores de la familia L envueltos en una cápsula antiruido.
- El fácil acceso a los elementos de manejo y servicio de los motores Silent Pack se mantiene inalterado.

A continuación se describen las principales características:

- Motor diesel listo para su montaje y aplicación.

- Motor diesel industrial para aplicación universal.
- Consumo de combustible y aceite extremadamente bajo.



*Figura 4.7: Ilustración interna del Motor Hatz 3L41C*

- Emisión de gases aun menor que las normas para maquinarias en Europa, Estados Unidos de América y Japón.
- Robusto y de larga vida.
- Gran intercambiabilidad de piezas debido al sistema de construcción modular.
- Gastos de reparación reducidos debido a cilindros, culatas y bombas de inyección individuales.
- Especial seguridad en el funcionamiento:

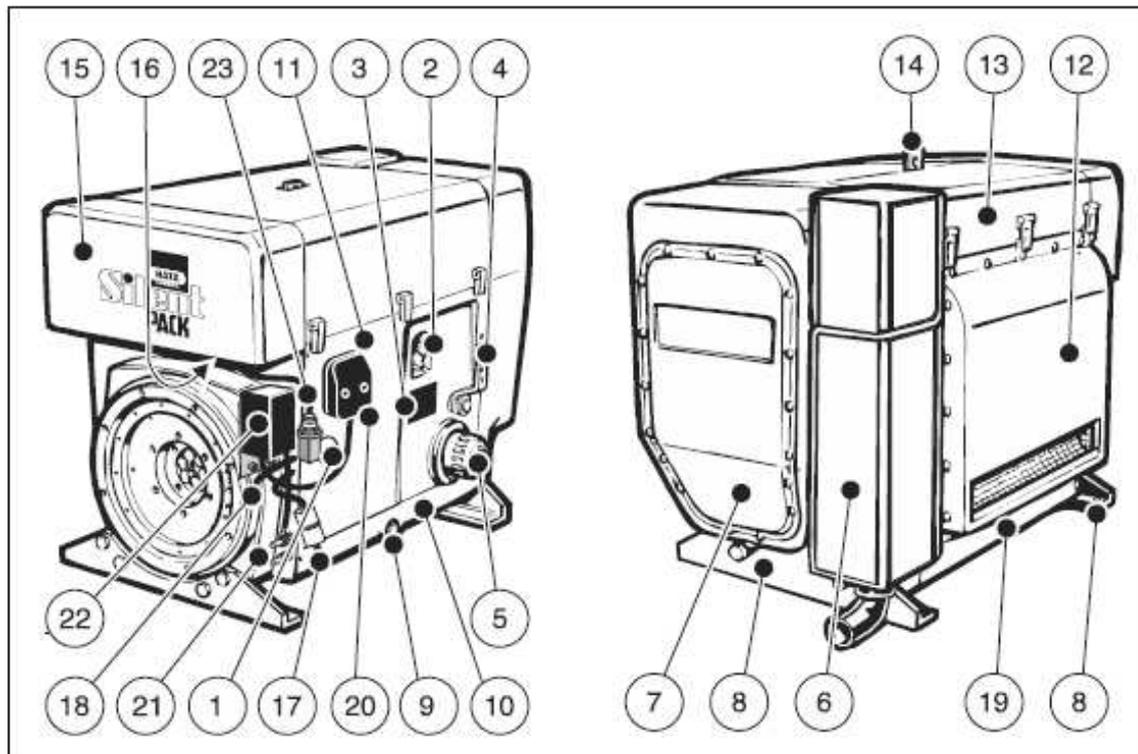
- Parada automática en caso de rotura de la correa de ventilación.
- Sobrealimentación automática para el arranque en frío.
- Filtro de aire seco protegido contra gran suciedad.
- Árbol de levas y bomba de aceite accionado por engranajes.
- Mantenimiento fácil:
  - Purga de aire automática del sistema de inyección.
  - Elementos de manejo y servicio reunidos en un solo lado del motor.
  - Tensor hidráulico de la correa de ventilación.
- El motor diesel industrial más silencioso en su categoría.
- Con la cápsula antiruido se reduce en una 90% la energía sonora.
- Otros elementos adicionales se pueden montar dentro de la cápsula.
- La cápsula es más pequeña y manejable que los revestimientos que no absorben el ruido, e igual de efectiva pero mucho más liviana y barata que el revestimiento completo de la maquinaria.
- El silenciador de escape está integrado en el contorno de la cápsula.

Y a continuación están los datos del motor:

- Número de cilindros: 3.
- Diámetro x carrera del cilindro: 102x105 mm.
- Cilindrada: 2.574 litros.
- Peso: 363 kg.
- Velocidad media del pistón a 3.000 RPM: 10.5 m/s.
- Relación de compresión: 20:1.

- Cantidad de aceite máx/mín: 8/5 litros.
- Regulación de revoluciones: aprox. 900 RPM.
- Deposito de gasoil de 50 litros.

**Versión „Silent Pack“ totalmente encapsulada.  
Motor 2...4 L41 C**



1

- |   |  |
|---|--|
| 1 Tapón del depósito de combustible   | 14 Asa de suspensión (retráctil),<br>carga máxima 5000 N           |
| 2 Tubería de llenado de aceite y varilla<br>de nivel                        | 15 Conducto de aspiración de aire para<br>la cápsula               |
| 3 Chapa de características  | 16 Orificio de aspiración para el aire de<br>combustión            |
| 4 Control de velocidad  | 17 Tubería de alimentación de combustible<br>con pre-filtro        |
| 5 Filtro de aceite con elemento recambiable                                 | 18 Tubería de retorno de combustible                               |
| 6 Silenciador de escape (encapsulado)                                       | 19 Chapa de cobertura, lado de salida de aire                      |
| 7 Tapa de la guía de entrada de aire<br>(Acceso a la correa del ventilador) | 20 Enchufe central del sistema eléctrico                           |
| 8 Patas de soporte del motor  | 21 Conexiones para batería   |
| 9 Tapón de purga de aceite  | 22 Caja de relés   |
| 10 Chapa de recubrimiento, lado de control                                  | 23 Interruptor de mantenimiento eléctrico<br>para filtrado de aire |
| 11 Panel lateral  |  |
| 12 Conducto de salida del aire  |  |
| 13 Tapa superior  |  |

*Figura 4.8: Características del Motor Hatz tipo*

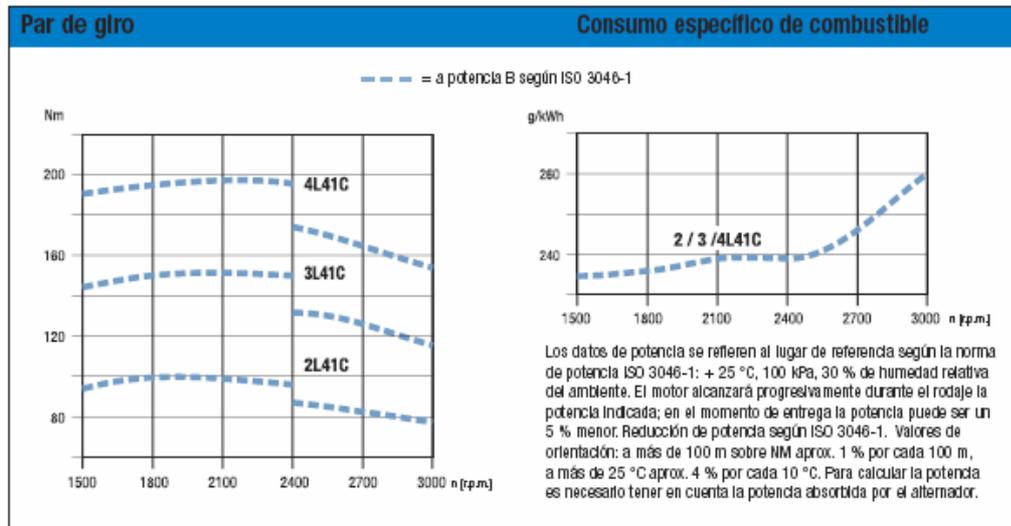


Figura 4.9: Diagramas del par de giro y consumo específico del motor Hatz 3L41C

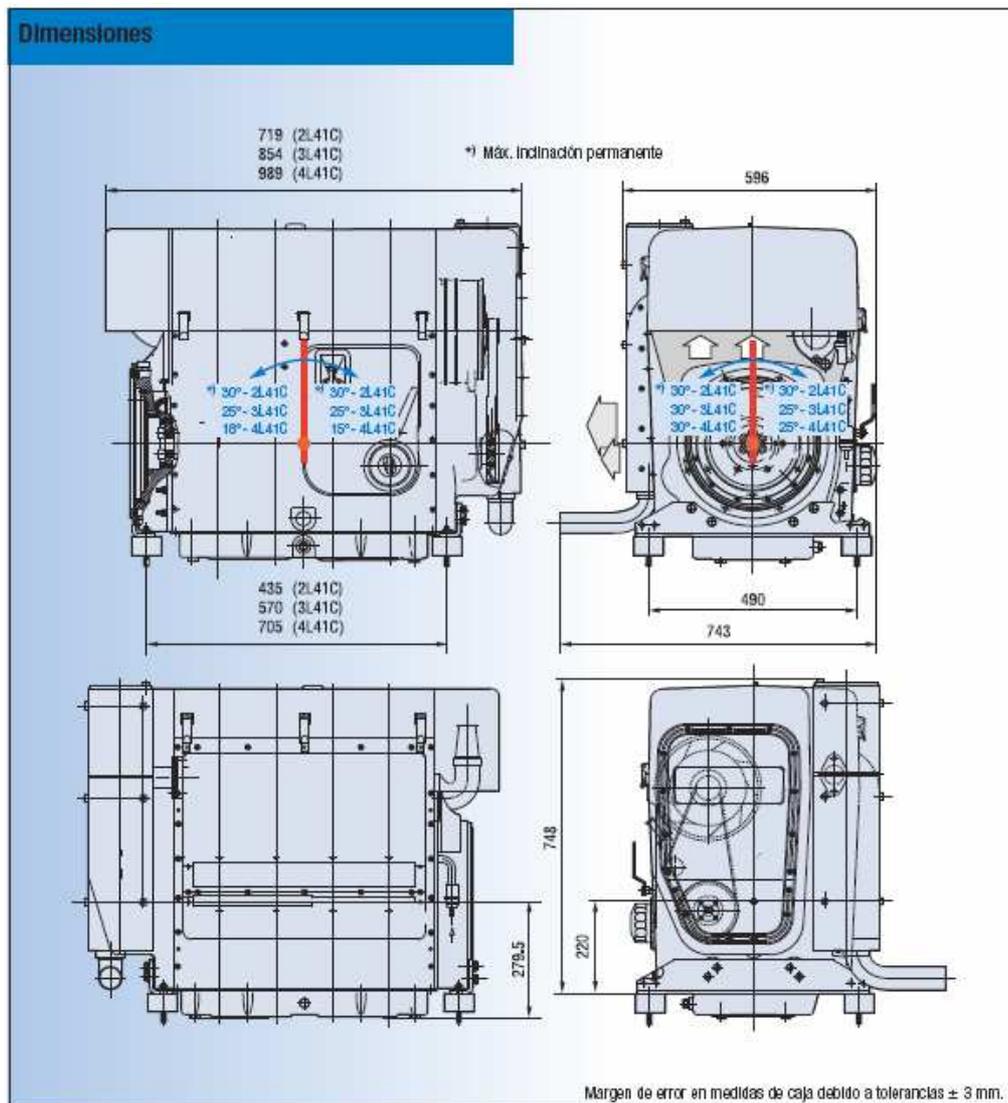


Figura 4.10: Dimensiones del motor Hatz 3L41C

#### 4.4 Báscula S-BP4H.

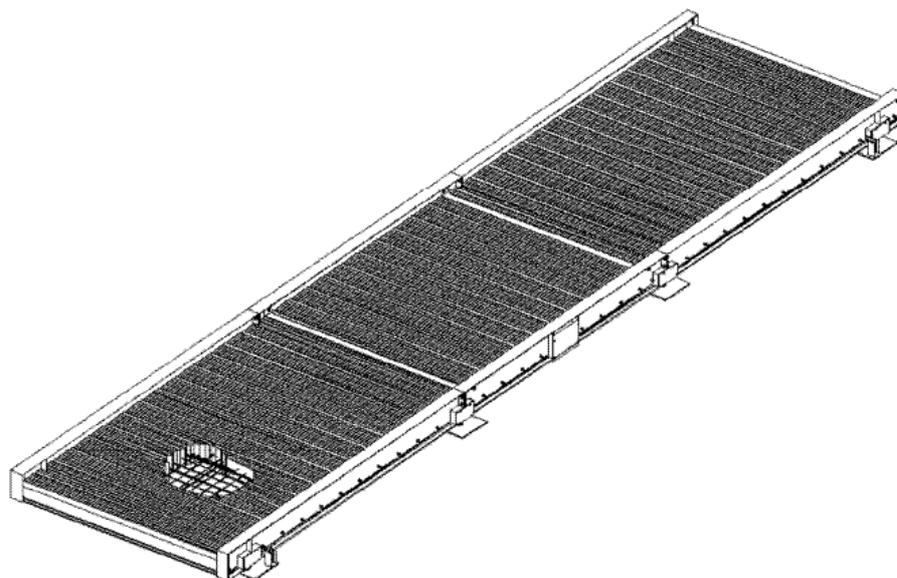
La estación de transferencia sirve como punto intermedio para juntar R.S.U. En este lugar es necesaria una báscula, con la que se controlan los pesos de los camiones de basura cuando entran y cuando salen (cargados y descargados). De esta forma se podrán saber los kgs que dejan en la cinta transportadora.

La báscula puente se compró a la empresa Sipesa Pesaje. A continuación están las características generales, información encontrada en su página web ([www.sipesa-pesaje.com](http://www.sipesa-pesaje.com)):

- Báscula puente sobresuelo mixta metálica-hormigón electrónica.
- Dimensiones: 16 mt x 3 mt.
- Con 8 puentes de apoyo.
- Formada por 2 perfiles IPE longitudinales y hormigón en la parte de rodadura.
- La plataforma no tiene la posibilidad de partirse.
- La losa de hormigón esta armada mediante varillas rea tanto en sentido transversal como longitudinal y llevan una capa de mallazo cubriendo toda la superficie. Las varillas transversales tienen rosca en los extremos para evitar que se pueda abrir la estructura.
- El encofrado se realiza mediante plástico en el suelo.
- Toda la tornillería es zincada.
- La pintura es acrílica de alta calidad y color negro satinado.
- Disponen de topes de movimiento ajustables en los dos sentidos para evitar esfuerzos sobre las células.
- La estructura de la báscula se puede adaptar a cualquier célula del mundo.
- En toda la plataforma van tubos de 40 mm. de diámetro en sentido longitudinal y en sentido transversal para poder pasar los cables de la célula en cualquier dirección.

A continuación están las características técnicas:

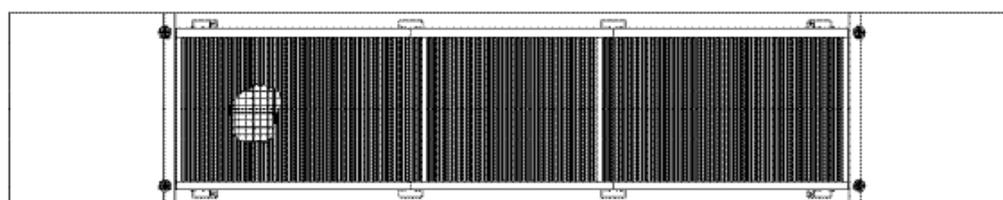
- Capacidad: 60.000 Kg.
- Divisiones: de 20 Kg.
- Viga longitudinal: IPE 400.
- Viga transversal: IPE 220.
- Puntos apoyo: 8.
- N° losas hormigón: 3.
- Diámetro real: 20 mm.
- N° varillas transversales: 20.
- Tipo Mallazo: 150-10.



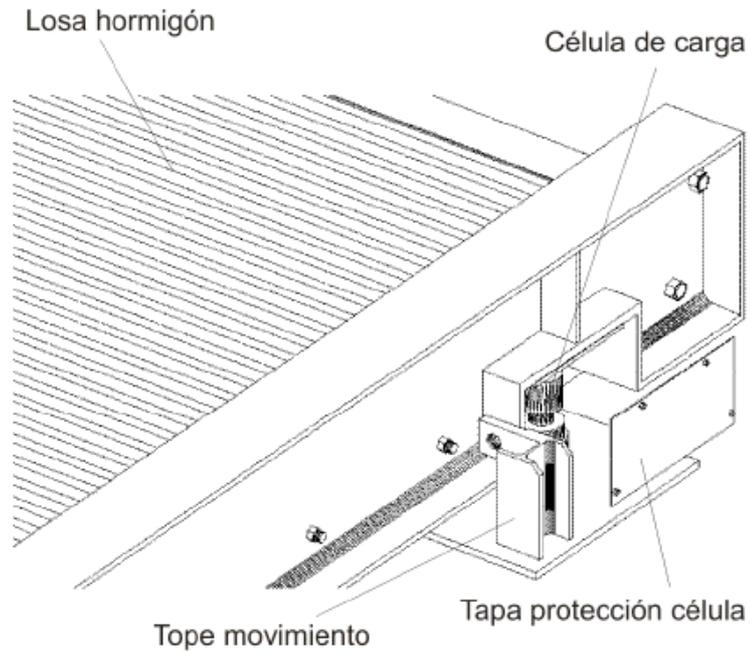
Perfil en obra civil



Planta en obra civil



*Figura 4.11: Vistas de la báscula S-BP4H*



*Figura 4.12: Detalle de la báscula S-BP4H*



*Figura 4.13: Foto de la báscula S-BP4H de Caudete de las Fuentes*

## 4.5 Grupo electrógeno IPK-20.

La estación de transferencia de Caudete de las Fuentes se encuentra a 5 Km aproximados del centro urbano. Eso hace muy difícil la conexión de una red eléctrica que se encuentre próxima a éste.

La estación está funcionando a pleno rendimiento por la noche, lo que hace necesario el uso de iluminación exterior. Además, la caseta necesita electricidad para hacer funcionar el ordenador, el aire acondicionado/calefacción (imprescindible en un día de verano y en un día de invierno) y demás aparatos.

Así pues, el grupo electrógeno puede proporcionar la electricidad necesaria para satisfacer la demanda de la planta de transferencia de Caudete. La elección de un grupo electrógeno alquilado (y no la conexión directa a la red eléctrica) se debe a varios factores:

- Se necesitaba tener la planta de transferencia funcionando en 3 meses desde la obtención del Plan Zonal. El simple hecho de pedir a Industria la aprobación de la instalación y a Iberdrola la toma de corriente ya serían muchos meses más.
- Sustancial ahorro de dinero. La inversión de un grupo electrógeno de éste tipo es muy fuerte. El periodo de retorno de la inversión se considera 13 años, el cual es una cifra muy alta. En un principio la planta provisional tenía una vida de 2 años, aunque ahora parece que va a llegar a una vida útil de casi 5 años.
- La seguridad de tener un grupo electrógeno. Además, al ser alquilado la compañía propietaria se preocupa del mantenimiento. Y estar seguro que si se estropea, la compañía nos proporcionaría uno de forma inmediata.
- Al ser alquilado, no estar preocupado del posible robo o desperfecto del mismo.

El grupo electrógeno es de la empresa Inmesol ([www.inmesol.com](http://www.inmesol.com)). Es el modelo IPK-20, siendo el motor PERKINS 404C-22G.

El conjunto del grupo electrógeno esta formado por la propia carrocería, el cuadro eléctrico y el motor. Las principales características son las siguientes:

- Carrocería:

1) Resistencia y Confort: La carrocería insonorizada está fabricada en acero, con aristas redondas para obtener una mayor robustez y absorber las vibraciones. Se efectúa un proceso de capado y fosfatado previo a la impregnación de la pintura.

La pintura electroestática polvo de poliéster epoxídico se impregna con un posterior secado en horno a altas temperaturas. Con lo cual la carrocería resiste todo tipo de condiciones climáticas.

2) Mantenimiento y Transporte: La carrocería va equipada con amplias puertas que permiten un fácil acceso al interior del grupo electrógeno para su reparación y limpieza. Los grupos electrógenos estáticos insonorizados, se adaptan a un kit móvil para facilitar sus desplazamientos.

El kit móvil puede ser normal, para movimiento en obra u homologado para circular por la vía pública, con suspensión elástica, enganche de anilla y ruedas.

- Cuadro manual para grupos electrógenos insonorizados:

Se encuentra en el lateral de la carrocería. A continuación se encuentran las principales características:

a) Composición:

- Voltímetro.
- Conmutador de frecuencia.
- Frecuencímetro.
- 3 Amperímetros.
- Cuenta horas.
- Reloj de nivel de combustible.
- Reloj presión aceite.
- Reloj temperatura del agua.

b) Protección:

- Diferencial.
- Interruptor magneto térmico general.
- Interruptor magneto térmico 3 polos 16 A. (Base auxiliar).
- Interruptor magneto térmico diferencial 1P+N. (Base auxiliar).
- Central manual de protección del motor.
- Sirena.
- Parada de emergencia.
- Fusibles.

c) Toma de corriente:

- Bornes de utilización.
  - Base auxiliar 3P+N+T 16 A.
  - Base auxiliar 2P+T 16 A.
- 
- Motor Perkins IPK-20, modelo 404C 22G
    - Potencia: 20 Kva.
    - Nº de cilindros: 4.
    - Aspiración: natural.
    - Sistema refrigeración: agua.
    - Dimensiones:
      - \*Anchura: 950 mm.
      - \*Longitud: 2.000 mm.

\*Alto: 1.117 mm.

- Peso: 1.005 kg.
- Depósito de gasoil: 100 litros.
- Ruido: 63 dB.
- Velocidad (a 50 Hz): 1.500 RPM.
- Cilindrada: 2.216 cc.
- Potencia continua (a 50 Hz): 18,5 kW.
- Relación de compresión: 22,4:1.



*Figura 4.14: Foto del grupo electrógeno IPK-20 de Caudete de las Fuentes*

## 4.6 Piso Móvil.

*(A pesar de no ser considerada como un equipo crítico, es bueno conocer las características técnicas).* La finalidad de la estación de transferencia es juntar R.S.U. de camiones más pequeños en otros que puedan llevar mucha mas cantidad, y por lo tanto haya un ahorro importante en la parte de logística.

Hay distintas posibilidades para poder transportar más cantidad en el mismo espacio. Una de las mejores posibilidades es usar un compactador. Ésta posibilidad se rechaza en la estación de transferencia debido a varios factores:

- Requiere un tiempo y espacio mayor. Los camiones tendrían que echar la basura en un punto intermedio, cosa que ralentizaría el proceso; se necesitaría más espacio, soporte construido y personal, lo que elevaría el coste final de la planta.
- Los residuos urbanos no reducen mucho su volumen, por lo que no estaríamos ganando mucho volumen. Y además, se debe de considerar que se generaría mucho más líquido del normal (en verano aumentaría aun más), el cual se perdería al llegar al contenedor del trailer. Esto haría perder dinero.

Así pues, una solución intermedia entre la nula y la máxima compactación de los residuos será el piso móvil. Lo que hace un piso móvil es desplazar las varillas que forman el suelo del contenedor, con lo que se organiza mejor los residuos. No se necesita un empleado que mueva y lo distribuya por todo el contenedor.

Se debe de considerar que el piso móvil es un mega contenedor que es desplazado con la cabeza tractora (es decir, un trailer), propiedad de la empresa que se encarga de la logística (actualmente no es la UTE Ecored, pero se encargará en un futuro cercano). Con ello nos ahorramos el dinero de un compactador.

Las principales características del piso móvil, las cuales se han sacado de la página web [www.froilanvi.com](http://www.froilanvi.com) , son las siguientes:

---

\*Chasis de Aluminio:

- Largueros doble “T”, Altura bastidor: Max: 500 mm, Mín:450 mm. Altura de cuello: Max: 250 mm, Min: 160 mm. Con una única soldadura en la parte inferior.
- Dimensiones: 16 metros de largo x 2,5 metros de ancho.
- Peso máximo a transportar: aprox. 30 Tn.
- Patas de apoyo JOST dos velocidades y patín deslizante.
- Suspensión neumática.
- Soportes de eje de aluminio.
- Tres ejes SAF o BPW.
- Freno de disco o tambor.
- EBS a un eje.
- Elevador al primer eje.
- Llantas de aluminio o acero.
- Neumáticos (7) 385/65 R22.5.
- King Pin 2”.
- Placa de King-Pin de aluminio.
- Instalación eléctrica blindada apta para ADR.
- Piso móvil hidráulico Walking Floor con cuna de aluminio.

\*Carrocería:

- Frontal de aluminio de lamas con pasarela balcón.
- Laterales de lama de aluminio de 30 mm.

- Trampilla de dos hojas tipo libro o de una pieza, fallebas de acero inoxidable y trampilla cerealera.
- Instalación eléctrica blindada apta para ADR.

\*Accesorios:

- Cajón de herramientas, Bidón de agua y Cajón de extintor doble de acero inoxidable.
- Sujetapuertas para trampilla trasera de acero inoxidable.
- Escalera trasera escamoteable.
- Dos calzos.
- Carracas con cinta o tornos.
- Placa de vehículo largo.
- Paragolpes de aluminio con soportes en aluminio.
- Engrasadores en el punto de giro y en las botellas, con sus tapones correspondientes.
- 3ª luz de freno.
- Pilotos traseros con soportes en aluminio, totalmente blindados.
- Pilotos laterales LED embutidos en la banda lateral.
- Instalación de cableado embutida en tubos de aluminio y a su vez con tubo corrugado.
- Kit de protecciones laterales.



*Figura 4.15: Fotos del piso móvil usado en la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes*

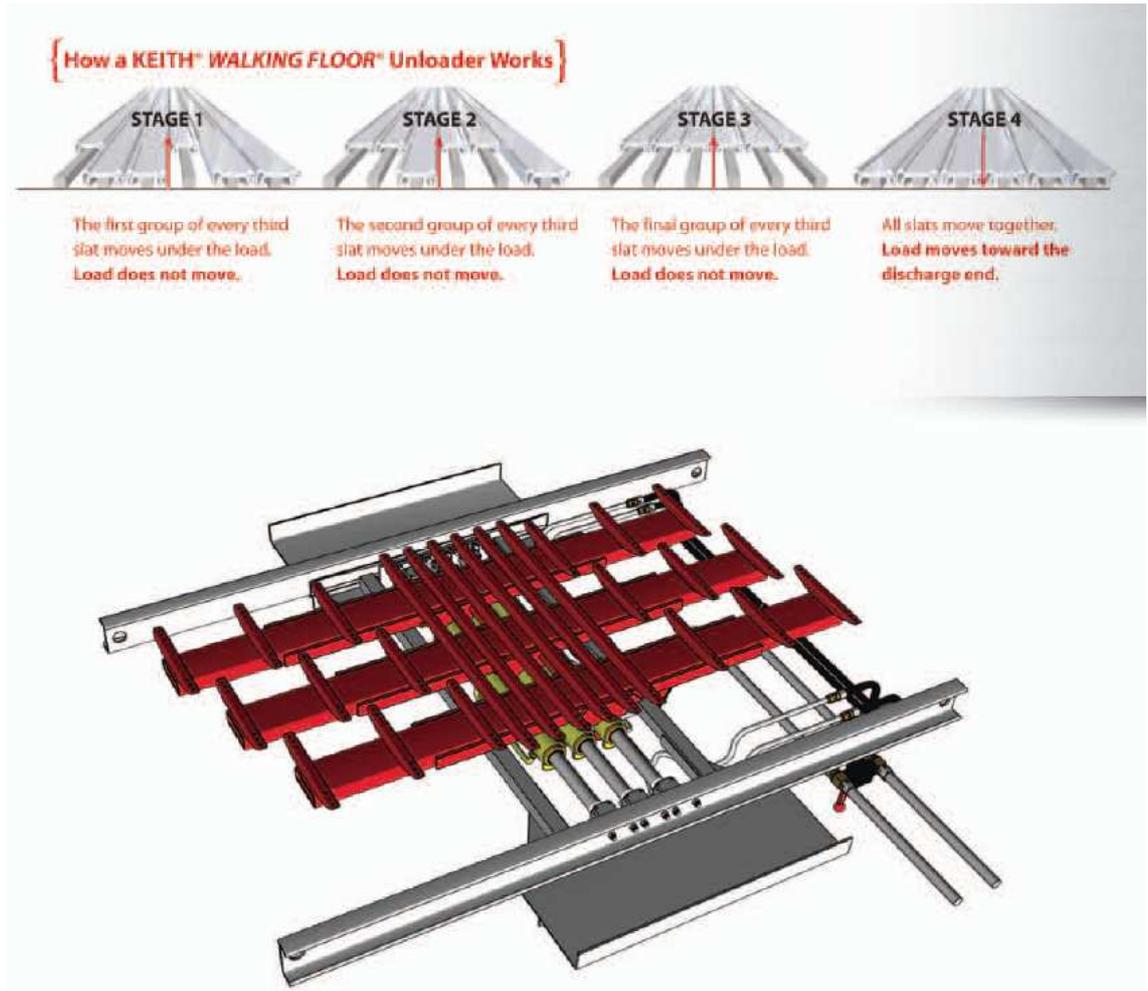


Los equipos *WALKING FLOOR* combinan las ventajas de la autodescarga con la ligereza de diseño, asegurando la máxima carga útil, y descargan casi cualquier material a granel en pocos minutos.

Para las estaciones de transferencia, los trailers equipados con un sistema *WALKING FLOOR* presentan una solución económica y sencilla para el transporte y la eliminación de basura. Los trailers ubicados en una estación de transferencia almacenan la basura hasta que esté preparada para su ulterior transporte al basurero.

Según sea requerido, los trailers pueden ser cargados superiormente (nuestro caso), por una prensa embaladora o con un compactador. Para la descarga no se necesita ningún camión basculante.

Figura 4.16: Fotos de la extracción de R.S.U. de un piso móvil



*Figura 4.17: Ilustración del funcionamiento de un piso móvil*



## **CAPÍTULO 5:**

# **METODOLOGÍA RCM2 PARA LA CINTA TRANSPORTADORA ZC21-14.**



**ÍNDICE**

<b>5.1</b>	<b>Funciones.....</b>	<b>5.4</b>
<b>5.2</b>	<b>Fallos funcionales.....</b>	<b>5.4</b>
<b>5.3</b>	<b>Modos de fallo.....</b>	<b>5.5</b>
<b>5.4</b>	<b>Efectos del fallo.....</b>	<b>5.5</b>
<b>5.5</b>	<b>Consecuencias.....</b>	<b>5.5</b>
<b>5.6</b>	<b>Análisis de criticidad.....</b>	<b>5.6</b>
<b>5.7</b>	<b>Tabla resumen.....</b>	<b>5.9</b>
<b>5.8</b>	<b>Diagrama y tabla de decisión.....</b>	<b>5.10</b>
<b>5.9</b>	<b>Procedimiento para la ejecución del plan.....</b>	<b>5.14</b>

## 5.1. FUNCIONES

### Función principal

- Transporte de los RSU al piso móvil.

### Funciones secundarias

- Integridad medioambiental.
- Seguridad y protección.
- Eficiencia.

## 5.2. FALLOS FUNCIONALES

A continuación se dispone de un listado con los fallos ocurridos en el equipo objeto de nuestro estudio y en otros similares además de aquellos que podrían ocurrir si no se realizase un correcto mantenimiento y otros que pueden surgir por deterioro o debido a errores humanos.

Estos fallos suponen la no realización de algunas de las funciones encomendadas de nuestro equipo. En concreto, estos fallos se caracterizan por una disminución cuantitativa de los parámetros asociados con las funciones que se corresponden con el estándar de uso definido anteriormente.

En las tablas que se adjuntan se relacionan cada uno de estos fallos asociados con las funciones que incumplen.

- Presenta fugas o desbordamientos de los lixiviados de la basura.
- Fallo en la tolva de descarga.
- Parada de la cinta transportadora.
- Falla la seguridad eléctrica.
- Fallo de señales luminosas y sonoras.
- No está identificado.

### **5.3. MODOS DE FALLO**

#### **Categorías**

Disminución de la capacidad inicial por deterioro, suciedad y errores humanos principalmente.

#### **Causas**

Para cada fallo asociado con una determinada función, se indica la causa que lo origina en las tablas adjuntas.

### **5.4. EFECTOS DEL FALLO**

En cuanto a los efectos, se relacionan las evidencias o síntomas que indican que el fallo ha ocurrido. Así, podemos tener efectos sobre la operación, como sería la interrupción del proceso por la existencia de una anomalía u otros efectos como serían señales luminosas o acústicas que me indican la situación de alarma en la que me encuentro. Por otra parte, también podríamos tener efectos sobre la seguridad o medio ambiente así como posibles daños físicos.

### **5.5. CONSECUENCIAS**

Debido al contexto operacional en el que se encuentra el equipo, cualquier fallo en la operación o en la seguridad tiene gran relevancia y supone tanto un deterioro de imagen de la organización, como pérdidas económicas, además de las consecuencias desde el punto de vista penal en caso de sanciones. En cuanto a las consecuencias operacionales, se verán agravadas en mayor o menor medida en función de la disponibilidad de partes o de un equipo de sustitución y el momento en el que se produzcan los fallos. En cuanto a las consecuencias sobre la seguridad, no son tan importantes sino se encuentra ningún operario en la zona afectada.

#### **Consecuencias sobre seguridad y medio ambiente**

Si nos encontramos con este tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva (preventiva o predictiva), si disminuye la probabilidad de fallo a un nivel tolerable.

### **Consecuencias operacionales**

Si nos encontramos con este otro tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico de realizarla es menor que el coste asociado a las consecuencias más el coste de reparación del fallo a prevenir (suele ser lo habitual). En mi caso las consecuencias operacionales tienen gran repercusión ya que no se da el servicio a los camiones de recogida de basura.

### **Consecuencias no operacionales**

Si las consecuencias no son operacionales, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico es menor que el coste de reparación del fallo a prevenir.

## **5.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Para analizar la criticidad de cada fallo, se procede a calcular el valor numérico de ésta a partir de otros parámetros como serían la probabilidad de que se produzca el fallo, la gravedad de éste y la detectabilidad.

A continuación se representan las tablas con los valores numéricos asociados a la gravedad de las distintas consecuencias posibles de cada modo de fallo y aquellos asociados con el grado de detectabilidad existente en cada caso.

**Tabla de consecuencias**

Consecuencias modo fallo (G)	Valor
Incendio	20
Parada	10
Accidente	10
Fuga	5
Pérdida de imagen	5
Inseguridad potencial	3
No importante	1

*Tabla 5.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo*

**Tabla de detectabilidad**

Detectabilidad (E)	Valor
Muy alta	1
Alta	5
Baja	8
Muy baja	10

*Tabla 5.2: Valoración de detectabilidad*

**Probabilidad**

Valor numérico clasificado de 1 a 10, siendo 1 el fallo poco probable a ocurrir y 10 el fallo muy probable a ocurrir.

De esta forma, y aplicando la siguiente fórmula, obtendremos un análisis de criticidad de los fallos que pueden ocurrir.

$$CR = G \times E \times P$$

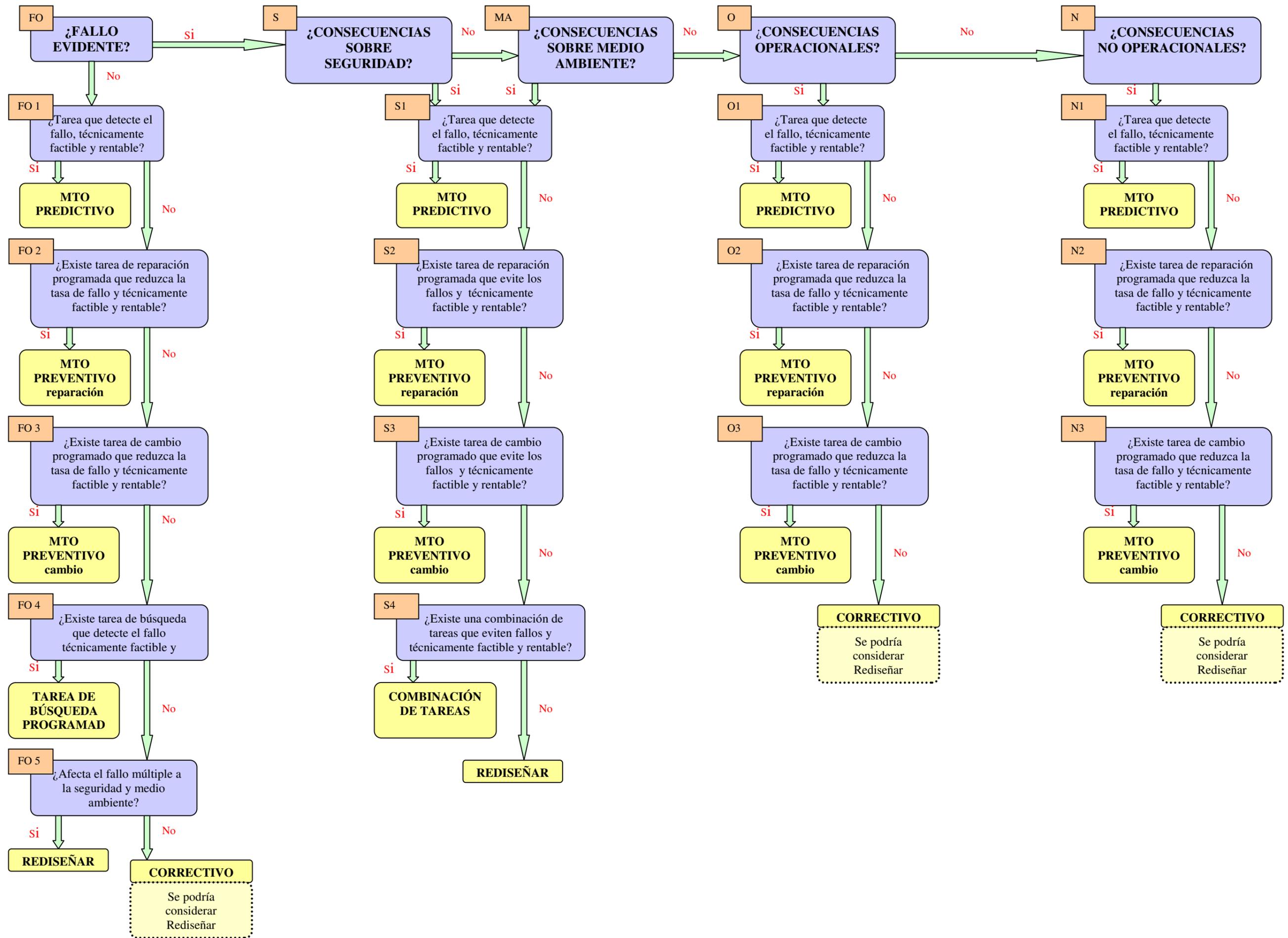
**5.7. TABLA RESUMEN**

SISTEMA: CINTA TRANSPORTADORA				MARCA Y MODELO: ZILIANI CARLO ZC21-14				
SUBSISTEMA:								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
1. Transportar los RSU al piso móvil	A. Presenta fugas o desbordamientos de los lixiviados de la basura	1. Inexistencia de un sistema de evacuación 2. Deterioro/rotura del sistema de evacuación de lixiviados 3. Llenado de la fosa séptica	Lixiviado acaba en el suelo	Mala imagen para la compañía	5	5	1	25
	B. Fallo en la tolva de descarga	1. Zona no adecuada para ese fin 2. Deterioro/rotura de la plancha metálica 3. Malas maniobras de los recolectores 4. Mala iluminación	La basura queda en el suelo	No se transporta la basura al piso móvil	5	5	3	75
	C. Parada de la cinta transportadora	1. Enganches de la basura a lo largo de la cinta 2. Deterioro/rotura de las costillas 3. Rotura de la cadena de la cinta 4. Destensamiento de la cinta	La basura queda en el suelo	No se transporta la basura al piso móvil	8	10	5	400
	D. Falla la seguridad eléctrica	1. Fallo eléctrico 2. Fallo sensores	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada. De mal funcionamiento a No transportar la basura al piso móvil	1	10	5	50
	E. Fallo de señales luminosas y sonoras	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada	2	10	1	20
	F. No está identificado	1. Inexperiencia del operario 2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada. De mal funcionamiento a No transportar la basura al piso móvil	5	10	5	250

*Tabla 5.3: Análisis criticidad de fallos de cinta transportadora ZC21-14*

## **5.8. DIAGRAMA Y TABLA DE DECISIÓN**

Una vez recogida toda la información necesaria y recopilada en las tablas anteriores, para cada uno de los modos de fallo de mayor criticidad, se ha de establecer cuáles son las tareas idóneas de mantenimiento a realizar a una determinada frecuencia. Para poder tomar las decisiones oportunas, se cuenta con el diagrama de decisión que se adjunta a continuación, con el que, respondiendo a una serie de cuestiones me lleva la solución final. Esta información se reflejará en las tablas correspondientes que son el resultado de la aplicación del proceso y que serán utilizadas para la creación de los planes de mantenimiento correspondientes.



### TABLA DE DECISIÓN

SISTEMA: CINTA TRANSPORTADORA							MARCA Y MODELO: ZILIANI CARLO ZC21-14								
SUBSISTEMA:															
INFORMACIÓN REFERENCIA			EVALUACIÓN CONSECUENC.				FO S1 O1 N1	FO2 S2 O2 N2	FO3 S3 O3 N3	ACCIONES A TRATAR MF			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADO POR:
										FO4	FO5	S4			
F	FF	MF	F	S	E	O									
1	A	1,2y3	S	S	N	S					S		REDISEÑO: se ha construido un sistema de evacuación más complejo, siendo la fosa séptica su destino.	Anual	
1	B	1	S	S	N	S					S		REDISEÑO: se ha cerrado la zona de la tolva por los laterales y puestos topes de seguridad para los colectores	Anual	
1	B	2	S	S	N	S		S	S				PREVENTIVO: reparación o cambio de las partes dañadas	Mensual	
1	B	3	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: Campañas de información a todos los recolectores.	Semestral	
1	B	4	S	S	N	S		S	S				PREVENTIVO: reparación o cambio de la piña de la luz	Semestral	
1	C	1	S	N	S	S		S					PREVENTIVO: reparación	Diaria	



													zona afectada	Semanal	
1	C	2	S	N	S	S		S					PREVENTIVO: reparación de las costillas	Semanal	
1	C	3	S	N	S	S	S	S					PREDICTIVO: observar partes de cadenas dañadas  PREVENTIVO: reparar eslabones una vez se observe una mínima rotura	Diario  Diario Semanal	
1	C	4	S	N	N	S	S						PREDICTIVO: comprobación con regla de separación existente. Y si el desajuste es considerable, destensarla o tensarla lo necesario.	Semanal Mensual	
1	F	1	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
1	F	2	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	

*Tabla 5.4: Evaluación y decisión de cinta transportadora ZC21-14*

## **5.9. PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PLAN**

A continuación se adjunta una relación de las gamas de Mantenimiento a realizar sobre la cinta transportadora. Se realizará una base de datos para llevar un control más exhaustivo de dichas intervenciones cuya información podrá ser volcada con posterioridad a un programa específico de gestión de mantenimiento por ordenador. De esta manera, se dispondrá de un histórico de reparaciones que será revisado cada año para posibles mejoras de los planes de mantenimiento.

## CINTA TRANSPORTADORA

### PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	
OPERACIONES	

	Frec. Min.	Cosas realizadas	Comentarios
Comprobar estado de las costillas y cadena	Diaria Semanal		
Comprobar estado tensado/destensado	Semanal Mensual		
Comprobar y reparar los elementos que forman toda la estructura (planchas, luz, etc)	Semestral		
Limpieza exhaustiva	Anual		

Códigos:

A= Ajustado

N= Nuevo (cambiado)

V= Verificado

N/A= No Aplicable

L= Limpiado

R= Reparado/reconstruido

X= Comprobado

\*= Datos numéricos

E= Engrasado

C= Calibrado

Firma del Operario/s:

--

Firma del Encargado:

--

## CINTA TRANSPORTADORA

### PLAN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	

SINTOMA	CAUSA	CORRECCION	Comentarios	Nº reparaciones previas

Códigos:

A= Ajustado

N= Nuevo (cambiado)

V= Verificado

N/A= No Aplicable

L= Limpiado

R= Reparado/reconstruido

X= Comprobado

\*= Datos numéricos

E= Engrasado

C= Calibrado

Firma del Operario/s:

--

Firma del Encargado:

--

## **CAPÍTULO 6:**

# **METODOLOGÍA RCM2 PARA EL MOTOR VM SUN 3105.**



## **ÍNDICE**

<b>6.1</b>	<b>Funciones.....</b>	<b>6.4</b>
<b>6.2</b>	<b>Fallos funcionales.....</b>	<b>6.4</b>
<b>6.3</b>	<b>Modos de fallo.....</b>	<b>6.5</b>
<b>6.4</b>	<b>Efectos del fallo.....</b>	<b>6.6</b>
<b>6.5</b>	<b>Consecuencias.....</b>	<b>6.6</b>
<b>6.6</b>	<b>Análisis de criticidad.....</b>	<b>6.6</b>
<b>6.7</b>	<b>Tabla resumen.....</b>	<b>6.9</b>
<b>6.8</b>	<b>Diagrama y tabla de decisión.....</b>	<b>6.14</b>
<b>6.9</b>	<b>Procedimiento para la ejecución del plan.....</b>	<b>6.19</b>

## 6.1. FUNCIONES

### Funciones principales

- Accionar el grupo hidráulico (grupo motor).
- Hacer que la cinta transportadora se mueva (grupo hidráulico).
- Proporcionar gasóleo al grupo motor (depósito de gasóleo).

### Funciones secundarias

- Integridad medioambiental.
- Seguridad y protección.
  - Señales luminosas y sonoras para indicar si existe algún problema en el motor o si se pone en funcionamiento.
- Eficiencia.

## 6.2. FALLOS FUNCIONALES

A continuación se dispone de un listado con los fallos ocurridos en el equipo objeto de nuestro estudio y en otros similares además de aquellos que podrían ocurrir si no se realizase un correcto mantenimiento y otros que pueden surgir por deterioro o debido a errores humanos.

Estos fallos suponen la no realización de algunas de las funciones encomendadas de nuestro equipo. En concreto, estos fallos se caracterizan por una disminución cuantitativa de los parámetros asociados con las funciones que se corresponden con el estándar de uso definido anteriormente.

En las tablas que se adjuntan se relacionan cada uno de estos fallos asociados con las funciones que incumplen.

- Presenta fugas de gasóleo, aire o aceite
- Falla el inicio del grupo motor o del grupo hidráulico.
- Falla la batería.
- Aparece humo negro, blanco o azul.
- Fallan los ventiladores.
- No se alcanza una presión adecuada.
- Fallo del sistema de refrigeración.
- Fallo del sistema de evacuación de gases.
- Falla la seguridad eléctrica.
- Fallo de señales luminosas y sonoras.
- Fallo del sensor del depósito de aceite y de gasóleo.
- Se para el grupo motor o el grupo hidráulico.
- Se saturan los filtros de aire, aceite o gasoil.
- No funcionan las señales/sensores de temperatura y de presión.
- No está identificado.

### **6.3. MODOS DE FALLO**

#### **Categorías**

Disminución de la capacidad inicial por deterioro, suciedad y errores humanos principalmente.

#### **Causas**

Para cada fallo asociado con una determinada función, se indica la causa que lo origina en las tablas adjuntas.

### **6.4. EFECTOS DEL FALLO**

En cuanto a los efectos, se relacionan las evidencias o síntomas que indican que el fallo ha ocurrido. Así, podemos tener efectos sobre la operación, como sería la

interrupción del proceso por la existencia de una anomalía u otros efectos como serían señales luminosas o acústicas que me indican la situación de alarma en la que me encuentro. Por otra parte, también podríamos tener efectos sobre la seguridad o medio ambiente así como posibles daños físicos.

## **6.5. CONSECUENCIAS**

Debido al contexto operacional en el que se encuentra el equipo, cualquier fallo en la operación o en la seguridad tiene gran relevancia y supone tanto un deterioro de imagen de la organización, como pérdidas económicas, además de las consecuencias desde el punto de vista penal en caso de sanciones. En cuanto a las consecuencias operacionales, se verán agravadas en mayor o menor medida en función de la disponibilidad de partes o de un equipo de sustitución y el momento en el que se produzcan los fallos. En cuanto a las consecuencias sobre la seguridad, no son tan importantes sino se encuentra ningún operario en la zona afectada.

### **Consecuencias sobre seguridad y medio ambiente**

Si nos encontramos con este tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva (preventiva o predictiva), si disminuye la probabilidad de fallo a un nivel tolerable.

### **Consecuencias operacionales**

Si nos encontramos con este otro tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico de realizarla es menor que el coste asociado a las consecuencias más el coste de reparación del fallo a prevenir (suele ser lo habitual). En mi caso las consecuencias operacionales tienen gran repercusión ya que no se da el servicio a los camiones de recogida de basura.

### **Consecuencias no operacionales**

Si las consecuencias no son operacionales, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico es menor que el coste de reparación del fallo a prevenir.

## 6.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Para analizar la criticidad de cada fallo, se procede a calcular el valor numérico de ésta a partir de otros parámetros como serían la probabilidad de que se produzca el fallo, la gravedad de éste y la detectabilidad.

A continuación se representan las tablas con los valores numéricos asociados a la gravedad de las distintas consecuencias posibles de cada modo de fallo y aquellos asociados con el grado de detectabilidad existente en cada caso.

### Tabla de consecuencias

Consecuencias modo fallo (G)	Valor
Incendio	20
Parada	10
Accidente	10
Fuga	5
Pérdida de imagen	5
Inseguridad potencial	3
No importante	1

*Tabla 6.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo*

**Tabla de detectabilidad**

Detectabilidad (E)	Valor
Muy alta	1
Alta	5
Baja	8
Muy baja	10

*Tabla 6.2: Valoración de detectabilidad*

**Probabilidad**

Valor numérico clasificado de 1 a 10, siendo 1 el fallo poco probable a ocurrir y 10 el fallo muy probable a ocurrir.

De esta forma, y aplicando la siguiente fórmula, obtendremos un análisis de criticidad de los fallos que pueden ocurrir.

$$CR = G \times E \times P$$

**6.7. TABLA RESUMEN**

SISTEMA: MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA				MARCA Y MODELO: MOTOR VM SUN 3105				
SUBSISTEMA: GRUPO MOTOR								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
1. Hacer que la cinta transportadora se mueva	A. Presenta fugas de gasóleo o aceite	1. Deterioro/rotura del sistema de válvulas 2. Mal funcionamiento del motor	Líquido acaba en el suelo	Mal funcionamiento	3	5	1	15
	B. Falla el inicio del grupo motor	1. Fallo eléctrico 2. Fallo mecánico 3. Sobreacumulación de basura	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	10	10	1	100
	C. Aparece humo distinto del normal durante la combustión	1. No entra la cantidad necesaria de gasóleo 2. No hay una relación de aire/gasóleo óptima durante la mezcla	El motor funciona erróneamente	Mal funcionamiento	1	3	1	3
	D. Fallan los ventiladores	1. Fallo eléctrico 2. Acumulación de partículas 3. Rotura de piezas/equipo	Ruido distinto del normal	De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	2	5	5	50
	E. Fallo del sistema de refrigeración	1. Fallo del sensor 2. Acumulación de partículas 3. Trabajar con sobreesfuerzo	Aumento de temperatura en el equipo	Interrupción de la subida de basura por la cinta	2	5	8	80
	F. Fallo del sistema de evacuación de gases	1. Encontrarse en un recinto cerrado 2. Deterioro/rotura de las válvulas que lo conectan con el exterior	Ambiente extremo y nocivo en el recinto de los motores	De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	4	5	1	20
	G. Falla la seguridad eléctrica	1. Fallo eléctrico 2. Fallo sensores	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada. De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	1	10	5	50
	H. Fallo de señales luminosas y sonoras	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada	2	10	1	20
	I. Se para el motor	1. Fallo eléctrico 2. Fallo mecánico 3. Fallo de sensores 4. Sobre calentamiento	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	10	10	1	100
	J. Se saturan los filtros de	1. Ventilación inadecuada	No hay	Interrupción de la subida	5	10	1	50

	aire, aceite o gasóleo	2. Calidad insuficiente del producto	desplazamiento de la cinta	de basura por la cinta				
	K. No funcionan las señales/sensores de temperatura	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	3	10	1	30
	L. No está identificado	1. Inexperiencia del operario 2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada .De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	5	10	5	250

*Tabla 6.3: Análisis criticidad de fallos del motor VM SUN 3105.Grupo Motor*



SISTEMA: MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA				MARCA Y MODELO: MOTOR VM SUN 3105				
SUBSISTEMA: GRUPO HIDRAULICO								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
2. Hacer que la cinta transportadora se mueva	A. Presenta fugas de aceite	1. Deterioro/rotura del sistema de válvulas 2. Deterioro/rotura del grupo reductor 3. Deterioro/rotura del depósito de aceite	Aceite acaba en el suelo o sobre la cinta transportadora	Interrupción de la subida de basura por la cinta	8	10	1	80
	B. Falla el inicio del grupo hidráulico	1. Fallo eléctrico 2. Fallo mecánico 3. Sobreacumulación de basura	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	10	10	1	100
	C. Fallan los ventiladores	1. Fallo eléctrico 2. Acumulación de partículas 3. Rotura de piezas/equipo	Ruido distinto del normal	De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	2	5	5	50
	D. No se alcanza una presión adecuada	1. Fugas de aceite 2. Mal funcionamiento del grupo hidráulico	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	5	10	5	250
	E. Fallo del sistema de refrigeración	1. Fallo del sensor 2. Acumulación de partículas 3. Trabajar con sobreesfuerzo	Aumento de temperatura en el equipo	Interrupción de la subida de basura por la cinta	2	5	8	80
	F. Falla la seguridad eléctrica	1. Fallo eléctrico 2. Fallo sensores	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada. De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	1	10	5	50
	G. Fallo del sensor del depósito de aceite	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada	3	10	1	30
	H. Se para el grupo hidráulico	1. Fallo eléctrico 2. Fallo mecánico 3. Fallo de sensores 4. Sobrecalentamiento 5. Fallo del grupo motor	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	10	10	1	100
	I. Se saturan los filtros de aceite	1. Calidad insuficiente del producto	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	5	10	1	50
	J. No funcionan las	1. Problemas electrónicos	No hay	Interrupción de la subida	3	10	1	30

	señales/sensores de presión	2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	desplazamiento de la cinta	de basura por la cinta				
	K. No está identificado	1. Inexperiencia del operario 2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada .De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	5	10	5	250

*Tabla 6.4: Análisis criticidad de fallos del motor VM SUN 3105.Grupo Hidráulico*

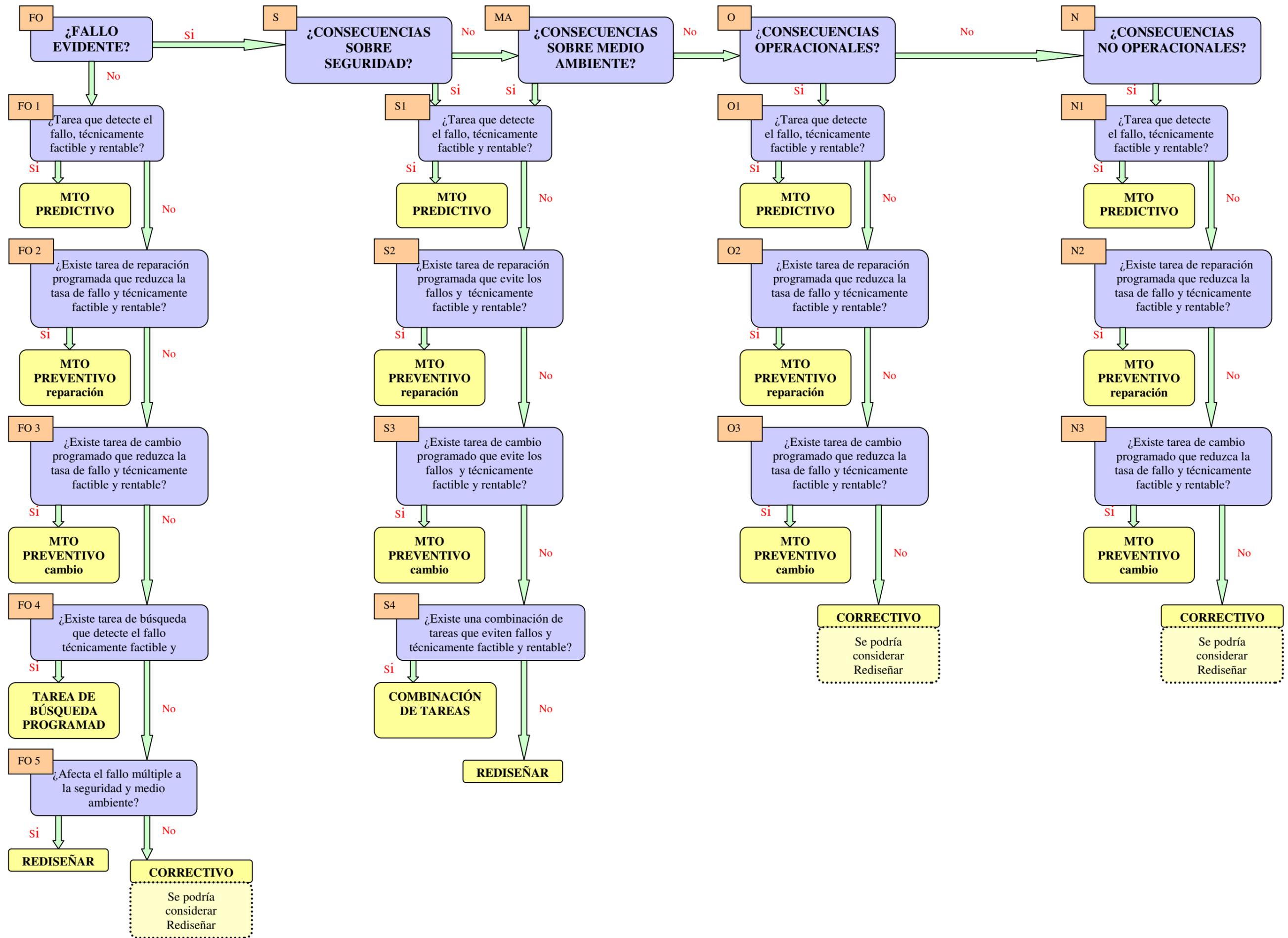


SISTEMA: MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA		MARCA Y MODELO: MOTOR VM SUN 3105						
SUBSISTEMA: GRUPO GASOLEO								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
3. Hacer que la cinta transportadora se mueva	A. Presenta fugas de gasóleo	1. Deterioro/rotura del sistema de válvulas 2. Deterioro/rotura del depósito de gasóleo	Gasóleo acaba en el suelo	Interrupción de la subida de basura por la cinta	3	20	1	60
	B. Falla la seguridad eléctrica	1. Fallo eléctrico 2. Fallo sensores	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada. De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	1	10	5	50
	C. Fallo del sensor del depósito de gasóleo	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada	3	10	1	30
	D. Se saturan los filtros de gasóleo	1. Calidad insuficiente del producto	No hay desplazamiento de la cinta	Interrupción de la subida de basura por la cinta	5	10	1	50
	E. No está identificado	1. Inexperiencia del operario 2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas	No hay desplazamiento de la cinta	Indeterminada .De mal funcionamiento a interrupción de la subida de basura por la cinta	5	10	5	250

*Tabla 6.5: Análisis criticidad de fallos del motor VM SUN 3105.Grupo Gasóleo*

## **6.8. DIAGRAMA Y TABLA DE DECISIÓN**

Una vez recogida toda la información necesaria y recopilada en las tablas anteriores, para cada uno de los modos de fallo de mayor criticidad, se ha de establecer cuáles son las tareas idóneas de mantenimiento a realizar a una determinada frecuencia. Para poder tomar las decisiones oportunas, se cuenta con el diagrama de decisión que se adjunta a continuación, con el que, respondiendo a una serie de cuestiones me lleva la solución final. Esta información se reflejará en las tablas correspondientes que son el resultado de la aplicación del proceso y que serán utilizadas para la creación de los planes de mantenimiento correspondientes.



### TABLA DE DECISIÓN

SISTEMA: MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA							MARCA Y MODELO: MOTOR VM SUN 3105								
SUBSISTEMA:															
INFORMACIÓN REFERENCIA			EVALUACIÓN CONSECUENC.				FO S1 O1 N1	FO2 S2 O2 N2	FO3 S3 O3 N3	ACCIONES A TRATAR MF			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADO POR:
										FO4	FO5	S4			
F	FF	MF	F	S	E	O									
1	B	1	S	S	S	S	S						PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el cuadro eléctrico y cables.	Anual	
1	B	2	S	N	S	S	S						PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el estado del motor.	Anual	
1	F	1	S	S	S	S					S		REDISEÑO: se añadieron a los tubos de escape unas prolongaciones para que el humo salga al exterior de la caseta de motores	Anual	
1	I	1	S	S	S	S					N		CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
1	I	2	S	S	S	S					N		CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
1	I	3	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba el estado de los sensores	Mensual	



1	I	4	S	S	N	N	S							PREDICTIVO: se comprueba la temperatura del motor y del recinto interior (mayor cuidado en verano)	Mensual	
1	L	1	S	N	S	S	S			S		S		PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
1	L	2	S	N	S	S	S			S		S		PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	
2	B	1	S	S	S	S	S							PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el cuadro eléctrico y cables.	Anual	
2	B	2	S	N	S	S	S							PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el estado del motor.	Anual	
2	B	3	S	N	S	N	S							PREDICTIVO: formación de los recolectores y operarios para no permitir que se eche mucha basura	Diaria	
2	D	1	S	S	N	N	S							PREDICTIVO: comprobar niveles de aceite y los latiguillos	Diario Semanal	
2	D	2	S	S	N	N	S							PREDICTIVO: comprobar movimiento del aceite por el sistema de válvulas y los grupos reductores	Diario Semanal	
2	H	1	S	S	S	S					N			CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	

2	H	2	S	S	S	S					N		CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
2	H	3	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba el estado de los sensores	Mensual	
2	H	4	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba la temperatura del motor y del recinto interior (mayor cuidado en verano)	Mensual	
2	H	5	S	N	N	S					N		CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
2	K	1	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
2	K	2	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	
3	A	1	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba el estado del sistema de válvulas	Semanal	
3	A	2	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba el estado del depósito	Mensual	
3	E	1	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
3	E	2	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	

*Tabla 6.6: Evaluación y decisión de motor VM SUN 3105*

## **6.9. PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PLAN**

A continuación se adjunta una relación de las gamas de Mantenimiento a realizar sobre el Motor VM. Se realizará una base de datos para llevar un control más exhaustivo de dichas intervenciones cuya información podrá ser volcada con posterioridad a un programa específico de gestión de mantenimiento por ordenador. De esta manera, se dispondrá de un histórico de reparaciones que será revisado cada año para posibles mejoras de los planes de mantenimiento.

## MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA

### PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	
OPERACIONES	

	Frec. Min.	Cosas realizadas	Comentarios
Comprobar correcto movimiento y sonido de la cinta transportadora sin carga	Diario		A realizar por operario de la tarde
Comprobar niveles de aceite y gasoil. Comprobar estado de los latiguillos y sistema de válvulas	Diario		A realizar por operario de la tarde
Medir temperatura de la caseta de motores	Bisemanal		Hacer misma hora del día siempre
Comprobar estado de los sensores del motor	Mensual		
Comprobar estado del grupo depósito	Mensual		
Revisión exhaustiva del: cuadro eléctrico; grupo motor, grupo hidráulico y grupo depósito	Anual		A realizar por técnico exterior
Limpieza exhaustiva	Anual		

Códigos:

A= Ajustado      N= Nuevo (cambiado)      V= Verificado      N/A= No Aplicable  
L= Limpiado      R= Reparado/reconstruido      X= Comprobado      \*= Datos numéricos  
E= Engrasado      C= Calibrado

Firma del Operario/s:

Firma del Encargado:

## MOTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA

### PLAN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	

SINTOMA	CAUSA	CORRECCION	Comentarios	Nº reparaciones previas

Códigos:

A= Ajustado

N= Nuevo (cambiado)

V= Verificado

N/A= No Aplicable

L= Limpiado

R= Reparado/reconstruido

X= Comprobado

\*= Datos numéricos

E= Engrasado

C= Calibrado

Firma del Operario/s:

Firma del Encargado:



## **CAPÍTULO 7:**

# **METODOLOGÍA RCM2 PARA EL MOTOR HATZ 3L41C.**



## **ÍNDICE**

<b>7.1</b>	<b>Funciones.....</b>	<b>7.4</b>
<b>7.2</b>	<b>Fallos funcionales.....</b>	<b>7.4</b>
<b>7.3</b>	<b>Modos de fallo.....</b>	<b>7.5</b>
<b>7.4</b>	<b>Efectos del fallo.....</b>	<b>7.5</b>
<b>7.5</b>	<b>Consecuencias.....</b>	<b>7.6</b>
<b>7.6</b>	<b>Análisis de criticidad.....</b>	<b>7.7</b>
<b>7.7</b>	<b>Tabla resumen.....</b>	<b>7.9</b>
<b>7.8</b>	<b>Diagrama y tabla de decisión.....</b>	<b>7.14</b>
<b>7.9</b>	<b>Procedimiento para la ejecución del plan.....</b>	<b>7.19</b>

## 7.1. FUNCIONES

### Funciones principales

- Accionar el grupo hidráulico (grupo motor).
- Hacer que los componentes del piso móvil se desplacen (grupo hidráulico).
- Proporcionar gasóleo al grupo motor (depósito de gasóleo).

### Funciones secundarias

- Integridad medioambiental.
- Seguridad y protección.
  - Señales luminosas y sonoras para indicar si existe algún problema en el motor o si se pone en funcionamiento.
- Eficiencia.

## 7.2. FALLOS FUNCIONALES

A continuación se dispone de un listado con los fallos ocurridos en el equipo objeto de nuestro estudio y en otros similares además de aquellos que podrían ocurrir si no se realizase un correcto mantenimiento y otros que pueden surgir por deterioro o debido a errores humanos.

Estos fallos suponen la no realización de algunas de las funciones encomendadas de nuestro equipo. En concreto, estos fallos se caracterizan por una disminución cuantitativa de los parámetros asociados con las funciones que se corresponden con el estándar de uso definido anteriormente.

En las tablas que se adjuntan se relacionan cada uno de estos fallos asociados con las funciones que incumplen.

- Presenta fugas de gasóleo, aire o aceite
- Falla el inicio del grupo motor o del grupo hidráulico.
- Falla la batería.
- Aparece humo negro, blanco o azul.
- Fallan los ventiladores.
- No se alcanza una presión adecuada.
- Fallo del sistema de refrigeración.
- Fallo del sistema de evacuación de gases.
- Falla la seguridad eléctrica.
- Fallo de señales luminosas y sonoras.
- Fallo del sensor del depósito de aceite y de gasóleo.
- Se para el grupo motor o el grupo hidráulico.
- Se saturan los filtros de aire, aceite o gasoil.
- No funcionan las señales/sensores de temperatura y de presión.
- No está identificado.

### **7.3. MODOS DE FALLO**

#### **Categorías**

Disminución de la capacidad inicial por deterioro, suciedad y errores humanos principalmente.

#### **Causas**

Para cada fallo asociado con una determinada función, se indica la causa que lo origina en las tablas adjuntas.

### **7.4. EFECTOS DEL FALLO**

En cuanto a los efectos, se relacionan las evidencias o síntomas que indican que el fallo ha ocurrido. Así, podemos tener efectos sobre la operación, como sería la

interrupción del proceso por la existencia de una anomalía u otros efectos como serían señales luminosas o acústicas que me indican la situación de alarma en la que me encuentro. Por otra parte, también podríamos tener efectos sobre la seguridad o medio ambiente así como posibles daños físicos.

## **7.5. CONSECUENCIAS**

Debido al contexto operacional en el que se encuentra el equipo, cualquier fallo en la operación o en la seguridad tiene gran relevancia y supone tanto un deterioro de imagen de la organización, como pérdidas económicas, además de las consecuencias desde el punto de vista penal en caso de sanciones. En cuanto a las consecuencias operacionales, se verán agravadas en mayor o menor medida en función de la disponibilidad de partes o de un equipo de sustitución y el momento en el que se produzcan los fallos. En cuanto a las consecuencias sobre la seguridad, no son tan importantes sino se encuentra ningún operario en la zona afectada.

### **Consecuencias sobre seguridad y medio ambiente**

Si nos encontramos con este tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva (preventiva o predictiva), si disminuye la probabilidad de fallo a un nivel tolerable.

### **Consecuencias operacionales**

Si nos encontramos con este otro tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico de realizarla es menor que el coste asociado a las consecuencias más el coste de reparación del fallo a prevenir (suele ser lo habitual). En mi caso las consecuencias operacionales tienen una repercusión relativa, ya que si no funcionase no se conseguiría compactar los RSU de los camiones de recogida de basura.

### **Consecuencias no operacionales**

Si las consecuencias no son operacionales, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico es menor que el coste de reparación del fallo a prevenir.

## 7.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Para analizar la criticidad de cada fallo, se procede a calcular el valor numérico de ésta a partir de otros parámetros como serían la probabilidad de que se produzca el fallo, la gravedad de éste y la detectabilidad.

A continuación se representan las tablas con los valores numéricos asociados a la gravedad de las distintas consecuencias posibles de cada modo de fallo y aquellos asociados con el grado de detectabilidad existente en cada caso.

### Tabla de consecuencias

Consecuencias modo fallo (G)	Valor
Incendio	20
Parada	10
Accidente	10
Fuga	5
Pérdida de imagen	5
Inseguridad potencial	3
No importante	1

*Tabla 7.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo*

**Tabla de detectabilidad**

Detectabilidad (E)	Valor
Muy alta	1
Alta	5
Baja	8
Muy baja	10

*Tabla 7.2: Valoración de detectabilidad*

**Probabilidad**

Valor numérico clasificado de 1 a 10, siendo 1 el fallo poco probable a ocurrir y 10 el fallo muy probable a ocurrir.

De esta forma, y aplicando la siguiente fórmula, obtendremos un análisis de criticidad de los fallos que pueden ocurrir.

$$CR = G \times E \times P$$

**7.7. TABLA RESUMEN**

SISTEMA: MOTOR DEL PISO MOVIL				MARCA Y MODELO: MOTOR HATZ 3L41C				
SUBSISTEMA: GRUPO MOTOR								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
1. Hacer que los componentes del piso móvil se desplacen	A. Presenta fugas de gasóleo o aceite	1. Deterioro/rotura del sistema de válvulas 2. Mal funcionamiento del motor	Líquido acaba en el suelo	Mal funcionamiento	3	5	1	15
	B. Falla el inicio del grupo motor	1. Fallo eléctrico 2. Fallo mecánico	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	10	10	1	100
	C. Aparece humo distinto del normal durante la combustión	1. No entra la cantidad necesaria de gasóleo 2. No hay una relación de aire/gasóleo óptima durante la mezcla	El motor funciona erróneamente	Mal funcionamiento	1	3	1	3
	D. Fallan los ventiladores	1. Fallo eléctrico 2. Acumulación de partículas 3. Rotura de piezas/equipo	Ruido distinto del normal	De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	2	5	5	50
	E. Fallo del sistema de refrigeración	1. Fallo del sensor 2. Acumulación de partículas 3. Trabajar con sobreesfuerzo	Aumento de temperatura en el equipo	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	2	5	8	80
	F. Fallo del sistema de evacuación de gases	1. Encontrarse en un recinto cerrado 2. Deterioro/rotura de las válvulas que lo conectan con el exterior	Ambiente extremo y nocivo en el recinto de los motores	De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	4	5	1	20
	G. Falla la seguridad eléctrica	1. Fallo eléctrico 2. Fallo sensores	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada. De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	1	10	5	50

H. Fallo de señales luminosas y sonoras	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada	2	10	1	20
I. Se para el motor	1. Fallo eléctrico 2. Fallo mecánico 3. Fallo de sensores 4. Sobre calentamiento	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	10	10	1	100
J. Se saturan los filtros de aire, aceite o gasóleo	1. Ventilación inadecuada 2. Calidad insuficiente del producto	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	5	10	1	50
K. No funcionan las señales/sensores de temperatura	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	3	10	1	30
L. No está identificado	1. Inexperiencia del operario 2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada .De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	5	10	5	250

*Tabla 7.3: Análisis criticidad de fallos del motor Hatz 3L41C. Grupo Motor*



SISTEMA: MOTOR DEL PISO MOVIL				MARCA Y MODELO: MOTOR HATZ 3L41C				
SUBSISTEMA: GRUPO HIDRAULICO								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
2. Hacer que los componentes del piso móvil se desplacen	A. Presenta fugas de aceite	1. Deterioro/rotura del sistema de válvulas 2. Deterioro/rotura del sistema de enganche con el piso móvil 3. Deterioro/rotura del depósito de aceite 4. Fisura del depósito de aceite o de las válvulas del piso móvil	Aceite acaba en el suelo o en el depósito del piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	8	10	1	80
	B. Falla el inicio del grupo hidráulico	1. Fallo eléctrico 2. Fallo mecánico	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	10	10	1	100
	C. Fallan los ventiladores	1. Fallo eléctrico 2. Acumulación de partículas 3. Rotura de piezas/equipo	Ruido distinto del normal	De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	2	5	5	50
	D. No se alcanza una presión adecuada	1. Fugas de aceite 2. Mal funcionamiento del grupo hidráulico	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	5	10	5	250
	E. Fallo del sistema de refrigeración	1. Fallo del sensor 2. Acumulación de partículas 3. Trabajar con sobre esfuerzo	Aumento de temperatura en el equipo	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	2	5	8	80
	F. Falla la seguridad eléctrica	1. Fallo eléctrico 2. Fallo sensores	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada. De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	1	10	5	50
	G. Fallo del sensor del depósito de aceite	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada	3	10	1	30

H. Se para el grupo hidráulico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fallo eléctrico</li> <li>2. Fallo mecánico</li> <li>3. Fallo de sensores</li> <li>4. Sobrecalentamiento</li> <li>5. Fallo del grupo motor</li> </ol>	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	10	10	1	100
I. Se saturan los filtros de aceite	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calidad insuficiente del producto</li> </ol>	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	5	10	1	50
J. No funcionan las señales/sensores de presión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problemas electrónicos</li> <li>2. Cables o conectores en mal estado</li> <li>3. Fallos en interruptores o botoneras</li> </ol>	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	3	10	1	30
K. No está identificado	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inexperiencia del operario</li> <li>2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas</li> </ol>	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada .De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	5	10	5	250

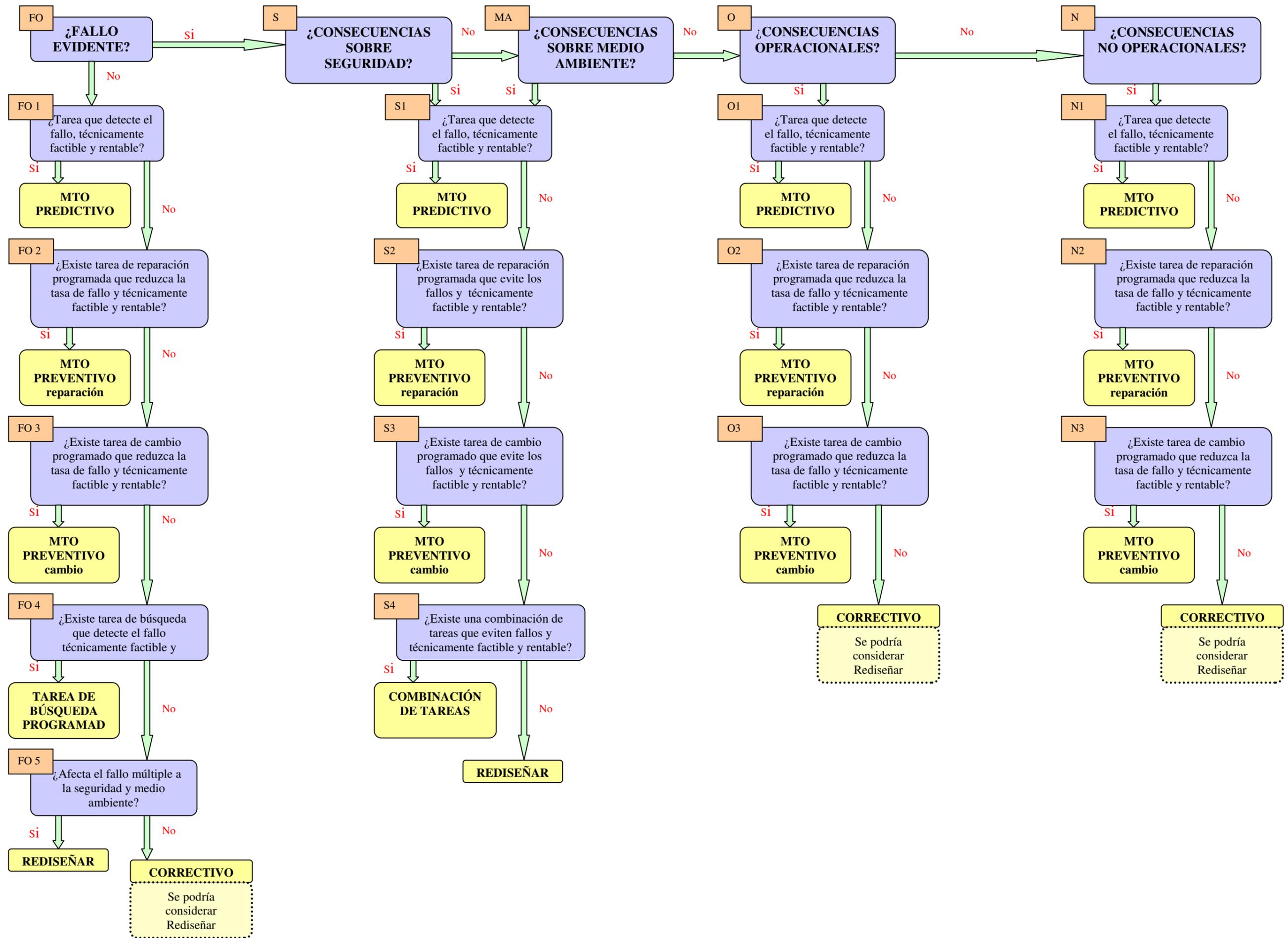
*Tabla 7.4: Análisis criticidad de fallos del motor Hatz 3L41C.Grupo Hidráulico*

SISTEMA: MOTOR DEL PISO MOVIL				MARCA Y MODELO: MOTOR HATZ 3L41C				
SUBSISTEMA: GRUPO GASOLEO								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
3. Hacer que los componentes del piso móvil se desplacen	A. Presenta fugas de gasóleo	1. Deterioro/rotura del sistema de válvulas 2. Deterioro/rotura del depósito de gasóleo	Gasóleo acaba en el suelo	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	3	20	1	60
	B. Falla la seguridad eléctrica	1. Fallo eléctrico 2. Fallo sensores	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada. De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	1	10	5	50
	C. Fallo del sensor del depósito de gasóleo	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada	3	10	1	30
	D. Se saturan los filtros de gasóleo	1. Calidad insuficiente del producto	No se desplaza la basura en el piso móvil	Interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	5	10	1	50
	E. No está identificado	1. Inexperiencia del operario 2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada .De mal funcionamiento a interrupción del movimiento de los componentes del piso móvil	5	10	5	250

*Tabla 7.5: Análisis criticidad de fallos del motor Hatz 3L41C.Grupo Gasóleo*

## **7.8. DIAGRAMA Y TABLA DE DECISIÓN**

Una vez recogida toda la información necesaria y recopilada en las tablas anteriores, para cada uno de los modos de fallo de mayor criticidad, se ha de establecer cuáles son las tareas idóneas de mantenimiento a realizar a una determinada frecuencia. Para poder tomar las decisiones oportunas, se cuenta con el diagrama de decisión que se adjunta a continuación, con el que, respondiendo a una serie de cuestiones me lleva la solución final. Esta información se reflejará en las tablas correspondientes que son el resultado de la aplicación del proceso y que serán utilizadas para la creación de los planes de mantenimiento correspondientes.



### TABLA DE DECISIÓN

SISTEMA: MOTOR DEL PISO MOVIL							MARCA Y MODELO: MOTOR HATZ 3L41C								
SUBSISTEMA:															
INFORMACIÓN REFERENCIA			EVALUACIÓN CONSECUCN.				FO S1 O1 N1	FO2 S2 O2 N2	FO3 S3 O3 N3	ACCIONES A TRATAR MF			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADO POR:
										FO4	FO5	S4			
F	FF	MF	F	S	E	O									
1	B	1	S	S	S	S	S						PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el cuadro eléctrico y cables.	Anual	
1	B	2	S	N	S	S	S						PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el estado del motor.	Anual	
1	F	1	S	S	S	S					S		REDISEÑO: se añadieron a los tubos de escape unas prolongaciones para que el humo salga al exterior de la caseta de motores	Anual	
1	I	1	S	S	S	S					N		CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
1	I	2	S	S	S	S					N		CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
1	I	3	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba el estado de los sensores	Mensual	



1	I	4	S	S	N	N	S							PREDICTIVO: se comprueba la temperatura del motor y del recinto interior (mayor cuidado en verano)	Mensual	
1	L	1	S	N	S	S	S			S		S		PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
1	L	2	S	N	S	S	S			S		S		PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	
2	B	1	S	S	S	S	S							PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el cuadro eléctrico y cables.	Anual	
2	B	2	S	N	S	S	S							PREDICTIVO: técnico exterior comprueba el estado del motor.	Anual	
2	D	1	S	S	N	N	S							PREDICTIVO: comprobar niveles de aceite	Diario Semanal	
2	D	2	S	S	N	N	S							PREDICTIVO: comprobar movimiento piso móvil	Diario Semanal	
2	H	1	S	S	S	S					N			CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
2	H	2	S	S	S	S					N			CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
2	H	3	S	S	N	N	S							PREDICTIVO: se comprueba el estado de los sensores	Mensual	

2	H	4	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba la temperatura del motor y del recinto interior (mayor cuidado en verano)	Mensual	
2	H	5	S	N	N	S				N			CORRECTIVO: técnico exterior reparará lo que ocurra	-	
2	K	1	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
2	K	2	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	
3	A	1	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba el estado del sistema de válvulas	Semanal	
3	A	2	S	S	N	N	S						PREDICTIVO: se comprueba el estado del depósito	Mensual	
3	E	1	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
3	E	2	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	

*Tabla 7.6: Evaluación y decisión de motor Hatz 3L41C*

## **7.9. PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PLAN**

A continuación se adjunta una relación de las gamas de Mantenimiento a realizar sobre el Motor Hatz. Se realizará una base de datos para llevar un control más exhaustivo de dichas intervenciones cuya información podrá ser volcada con posterioridad a un programa específico de gestión de mantenimiento por ordenador. De esta manera, se dispondrá de un histórico de reparaciones que será revisado cada año para posibles mejoras de los planes de mantenimiento.

## MOTOR DEL PISO MOVIL

### PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	
OPERACIONES	

	Frec. Min.	Cosas realizadas	Comentarios
Comprobar correcto movimiento y sonido del piso móvil sin carga	Diario		A realizar a la llegada de cada camión
Comprobar niveles de aceite y gasoil	Diario		A realizar por operario de la tarde
Medir temperatura de la caseta de motores	Bisemanal		Hacer misma hora del día siempre
Comprobar estado de los sensores del motor	Mensual		
Comprobar estado del grupo depósito	Mensual		
Revisión exhaustiva del: cuadro eléctrico; grupo motor, grupo hidráulico y grupo depósito	Anual		A realizar por técnico exterior
Limpieza exhaustiva	Anual		

Códigos:

A= Ajustado      N= Nuevo (cambiado)      V= Verificado      N/A= No Aplicable  
L= Limpiado      R= Reparado/reconstruido      X= Comprobado      \*= Datos numéricos  
E= Engrasado      C= Calibrado

Firma del Operario/s:

Firma del Encargado:

## MOTOR DEL PISO MOVIL

### PLAN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	

SINTOMA	CAUSA	CORRECCION	Comentarios	Nº reparaciones previas

Códigos:

A= Ajustado

N= Nuevo (cambiado)

V= Verificado

N/A= No Aplicable

L= Limpiado

R= Reparado/reconstruido

X= Comprobado

\*= Datos numéricos

E= Engrasado

C= Calibrado

Firma del Operario/s:

--

Firma del Encargado:

--



## **CAPÍTULO 8:**

# **METODOLOGÍA RCM2 PARA LA BÁSCULA S-BP4H.**



## **ÍNDICE**

<b>8.1</b>	<b>Funciones.....</b>	<b>8.4</b>
<b>8.2</b>	<b>Fallos funcionales.....</b>	<b>8.4</b>
<b>8.3</b>	<b>Modos de fallo.....</b>	<b>8.5</b>
<b>8.4</b>	<b>Efectos del fallo.....</b>	<b>8.5</b>
<b>8.5</b>	<b>Consecuencias.....</b>	<b>8.5</b>
<b>8.6</b>	<b>Análisis de criticidad.....</b>	<b>8.6</b>
<b>8.7</b>	<b>Tabla resumen.....</b>	<b>8.9</b>
<b>8.8</b>	<b>Diagrama y tabla de decisión.....</b>	<b>8.10</b>
<b>8.9</b>	<b>Procedimiento para la ejecución del plan.....</b>	<b>8.13</b>

## 8.1. FUNCIONES

### Función principal

- Pesaje de los recolectores de R.S.U. a la entrada y salida de la planta de transferencia

### Funciones secundarias

- Integridad medioambiental.
- Seguridad y protección.
- Eficiencia.

## 8.2. FALLOS FUNCIONALES

A continuación se dispone de un listado con los fallos ocurridos en el equipo objeto de nuestro estudio y en otros similares además de aquellos que podrían ocurrir si no se realizase un correcto mantenimiento y otros que pueden surgir por deterioro o debido a errores humanos.

Estos fallos suponen la no realización de algunas de las funciones encomendadas de nuestro equipo. En concreto, estos fallos se caracterizan por una disminución cuantitativa de los parámetros asociados con las funciones que se corresponden con el estándar de uso definido anteriormente.

En las tablas que se adjuntan se relacionan cada uno de estos fallos asociados con las funciones que incumplen.

- Fallo en la toma de datos.
- Fallo en el sistema desatendido.
- Fallo de sensores de peso.
- Desperfectos en la entrada y salida de la báscula.
- No está identificado.

### **8.3. MODOS DE FALLO**

#### **Categorías**

Disminución de la capacidad inicial por deterioro, suciedad y errores humanos principalmente.

#### **Causas**

Para cada fallo asociado con una determinada función, se indica la causa que lo origina en las tablas adjuntas.

### **8.4. EFECTOS DEL FALLO**

En cuanto a los efectos, se relacionan las evidencias o síntomas que indican que el fallo ha ocurrido. Así, podemos tener efectos sobre la operación, como sería la interrupción del proceso por la existencia de una anomalía u otros efectos como serían señales luminosas o acústicas que me indican la situación de alarma en la que me encuentro. Por otra parte, también podríamos tener efectos sobre la seguridad o medio ambiente así como posibles daños físicos.

### **8.5. CONSECUENCIAS**

Debido al contexto operacional en el que se encuentra el equipo, cualquier fallo en la operación o en la seguridad tiene gran relevancia y supone tanto un deterioro de imagen de la organización, como pérdidas económicas, además de las consecuencias desde el punto de vista penal en caso de sanciones. En cuanto a las consecuencias operacionales, se verán agravadas en mayor o menor medida en función de la disponibilidad de partes o de un equipo de sustitución y el momento en el que se produzcan los fallos. En cuanto a las consecuencias sobre la seguridad, no son tan importantes sino se encuentra ningún operario en la zona afectada.

## **Consecuencias sobre seguridad y medio ambiente**

Si nos encontramos con este tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva (preventiva o predictiva), si disminuye la probabilidad de fallo a un nivel tolerable.

## **Consecuencias operacionales**

Si nos encontramos con este otro tipo de consecuencias, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico de realizarla es menor que el coste asociado a las consecuencias más el coste de reparación del fallo a prevenir (suele ser lo habitual). En mi caso las consecuencias operacionales tienen gran repercusión ya que no se da el servicio a los camiones de recogida de basura.

## **Consecuencias no operacionales**

Si las consecuencias no son operacionales, merece la pena realizar una tarea proactiva en un intervalo de tiempo determinado, si el gasto económico es menor que el coste de reparación del fallo a prevenir.

## **8.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Para analizar la criticidad de cada fallo, se procede a calcular el valor numérico de ésta a partir de otros parámetros como serían la probabilidad de que se produzca el fallo, la gravedad de éste y la detectabilidad.

A continuación se representan las tablas con los valores numéricos asociados a la gravedad de las distintas consecuencias posibles de cada modo de fallo y aquellos asociados con el grado de detectabilidad existente en cada caso.

**Tabla de consecuencias**

Consecuencias modo fallo (G)	Valor
Incendio	20
Parada	10
Accidente	10
Fuga	5
Pérdida de imagen	5
Inseguridad potencial	3
No importante	1

*Tabla 8.1: Valoración de consecuencias de modo de fallo*

**Tabla de detectabilidad**

Detectabilidad (E)	Valor
Muy alta	1
Alta	5
Baja	8
Muy baja	10

*Tabla 8.2: Valoración de detectabilidad*

**Probabilidad**

Valor numérico clasificado de 1 a 10, siendo 1 el fallo poco probable a ocurrir y 10 el fallo muy probable a ocurrir.

De esta forma, y aplicando la siguiente fórmula, obtendremos un análisis de criticidad de los fallos que pueden ocurrir.

$$CR = G \times E \times P$$

## 8.7. TABLA RESUMEN

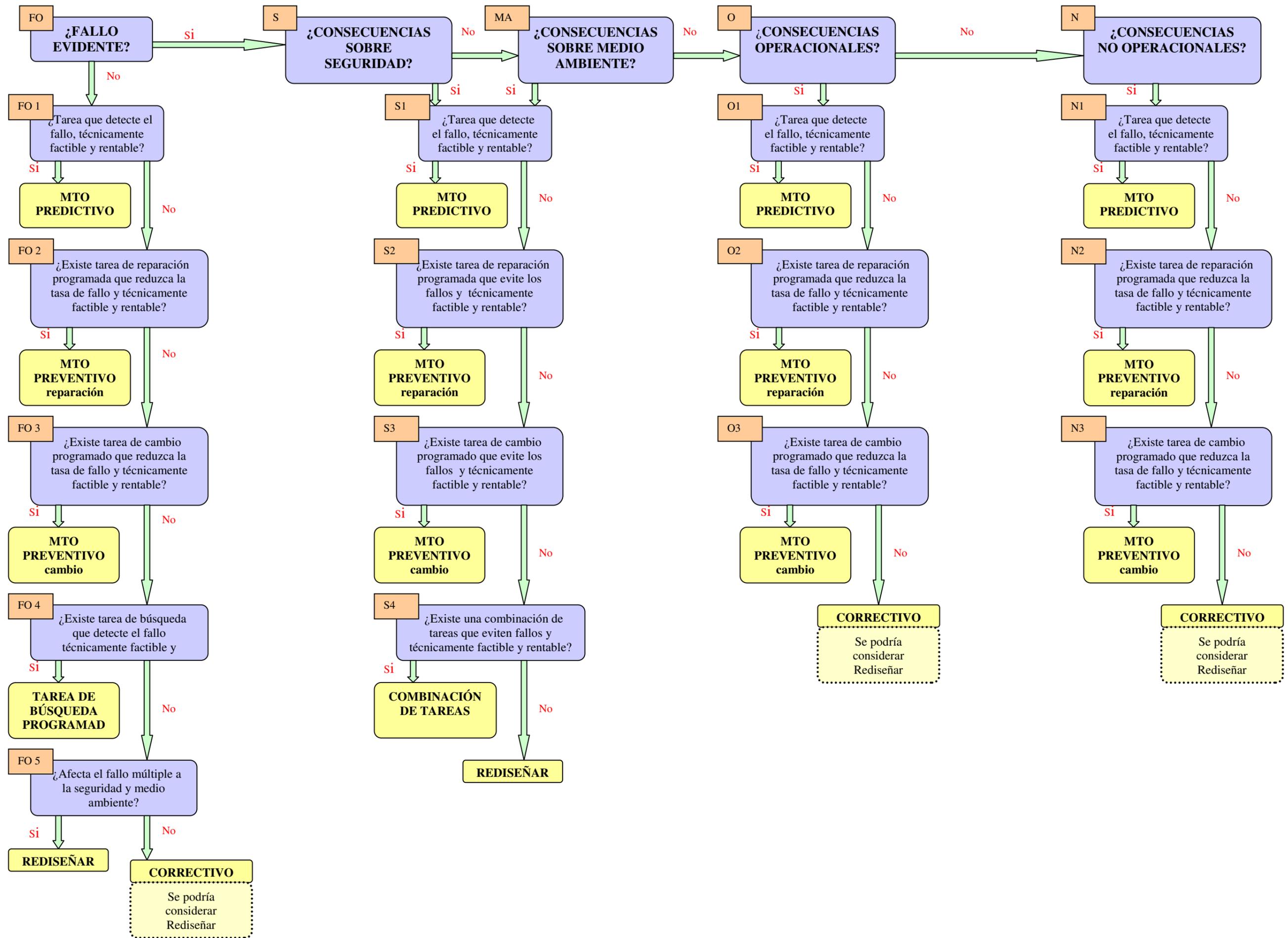
SISTEMA: BASCULA				MARCA Y MODELO: SIPESA PESAJE S-BP4H				
SUBSISTEMA:								
FUNCION	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO	CONSECUENCIA	P	G	E	CR
1. Pesaje de los recolectores de R.S.U.	A. Fallo en la toma de datos	1. Desconfiguración del ordenador 2. Uso incorrecto del conductor del recolector 3. Cables o conectores en mal estado	No se obtiene el pesaje automáticamente	Se envían los recolectores a la otra planta de transferencia	2	10	1	20
	B. Fallo en el sistema desatendido	1. Desconfiguración de la tarjeta magnética 2. Uso incorrecto del conductor de la tarjeta magnética 3. Cables o conectores en mal estado 4. Conexión mala del lector de tarjetas/ordenador	No se obtiene el pesaje automáticamente	Se debe de funcionar en modo manual	2	10	1	20
	C. Fallo de sensores de peso	1. Desajuste de las células de carga 2. Cables o conectores en mal estado	Variará el peso	Enviar los recolectores a la otra planta de transferencia	1	10	10	100
	D. Entrada y salida de la báscula mal acondicionada	1. Condiciones climatológicas adversas 2. Deterioro/ rotura del cemento y pilones de situación de la báscula	Difícil acceder a la báscula	Indeterminada	3	10	1	30
	E. Fallo de señales luminosas y sonoras	1. Problemas electrónicos 2. Cables o conectores en mal estado 3. Fallos en interruptores o botoneras	No se desplaza la basura en el piso móvil	Indeterminada	3	10	1	20
	F. No está identificado	1. Inexperiencia del operario 2. Condiciones de trabajo variantes/nuevas	No se obtiene el pesaje automáticamente	Indeterminada. De mal funcionamiento a enviar los recolectores a la otra planta de transferencia	5	10	5	250

*Tabla 8.3: Análisis criticidad de fallos de báscula S-BP4H*

---

## 8.8. DIAGRAMA Y TABLA DE DECISIÓN

Una vez recogida toda la información necesaria y recopilada en las tablas anteriores, para cada uno de los modos de fallo de mayor criticidad (en rojo), se ha de establecer cuáles son las tareas idóneas de mantenimiento a realizar a una determinada frecuencia. Para poder tomar las decisiones oportunas, se cuenta con el diagrama de decisión que se adjunta a continuación, con el que, respondiendo a una serie de cuestiones se lleva la solución final. Esta información se reflejará en las tablas correspondientes que son el resultado de la aplicación del proceso y que serán utilizadas para la creación de los planes de mantenimiento correspondientes.



### TABLA DE DECISIÓN

SISTEMA: BASCULA							MARCA Y MODELO: SIPESA PESAJE S-BP4H								
SUBSISTEMA:															
INFORMACIÓN REFERENCIA			EVALUACIÓN CONSECUENC.				FO S1 O1 N1	FO2 S2 O2 N2	FO3 S3 O3 N3	ACCIONES A TRATAR MF			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	REALIZADO POR:
F	FF	MF	F	S	E	O				FO4	FO5	S4			
1	C	1	S	N	S	S	S						PREDICTIVO: calibración de la báscula (En el anejo III se encuentra el certificado de calibración de la empresa externa)	Anual	
1	C	2	S	S	S	S	N	S					PREVENTIVO: comprobar estado de cables y conectores	Anual	
1	F	1	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación exhaustiva del operario	Semestral	
2	F	2	S	N	S	S	S			S		S	PREDICTIVO: formación ante variaciones	Semestral	

*Tabla 8.4: Evaluación y decisión de báscula S-BP4H*

## **8.9. PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PLAN**

A continuación se adjunta una relación de las gamas de Mantenimiento a realizar sobre la báscula. Se realizará una base de datos para llevar un control más exhaustivo de dichas intervenciones cuya información podrá ser volcada con posterioridad a un programa específico de gestión de mantenimiento por ordenador. De esta manera, se dispondrá de un histórico de reparaciones que será revisado cada año para posibles mejoras de los planes de mantenimiento.

## BÁSCULA

### PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	
OPERACIONES	

	Frec. Min.	Cosas realizadas	Comentarios
Limpieza de los bajos	Semanal		
Comprobar estado de la entrada y salida	Semestral		
Comprobar estado de cables y conectores	Anual		
Calibración	Anual		

#### Códigos:

A= Ajustado

N= Nuevo (cambiado)

V= Verificado

N/A= No Aplicable

L= Limpiado

R= Reparado/reconstruido

X= Comprobado

\*= Datos numéricos

E= Engrasado

C= Calibrado

Firma del Operario/s:

--

Firma del Encargado:

--

## BÁSCULA

### PLAN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Marca y modelo:	
Ubicación: Liria / Caudete de las Fuentes	Fecha:
Tiempo empleado:	
Operario/s:	

SINTOMA	CAUSA	CORRECCION	Comentarios	Nº reparaciones previas

Códigos:

A= Ajustado

N= Nuevo (cambiado)

V= Verificado

N/A= No Aplicable

L= Limpiado

R= Reparado/reconstruido

X= Comprobado

\*= Datos numéricos

E= Engrasado

C= Calibrado

Firma del Operario/s:

Firma del Encargado:



## **CAPÍTULO 9:**

# **METODOLOGÍA RCM2 PARA EL GRUPO ELECTRÓGENO IPK-20.**



Ya en el capítulo 4 se explica que el grupo electrógeno es alquilado y las razones de ello. Por ello, no se aplica la metodología RCM2 para el grupo electrógeno. Me puse en contacto con la empresa que nos lo alquila, para que me facilitasen las operaciones de mantenimiento que llevan a cabo. Adjunto el programa de mantenimiento, que es el sugerido en el manual de instrucciones de dicho modelo, y un albarán de mantenimiento para ver la comunicación entre ambas empresas.

Operación	10 h/a diario	500 h	1000h /1 año	2000h /2 años	2500h /3 años	Según necesidad
Comprobar el nivel de aceite motor y refrigerante	X					
Comprobar el indicador de obstrucción del filtro de aire <sup>1</sup>	X					
Cambiar el aceite motor y el filtro <sup>2</sup>		X				
Cambiar el filtro de combustible		X				
Comprobar la tensión de la correa y el tensor automático <sup>3</sup>		X	X			
Comprobar y ajustar la holgura del taqués <sup>4</sup>			X	X		
Limpiar el tubo del respiradero del cárter			X			
Limpiar las mangueras, las conexiones y el sistema de admisión			X			
Comprobar el amortiguador de vibraciones (6 cil.) <sup>5</sup>				X		
Comprobar el régimen del motor y el regulador de velocidad				X		
Vaciar y limpiar el sistema de refrigeración <sup>6</sup>				X	X	
Vaciar el agua y los sedimentos del filtro de combustible						X
Limpiar el filtro <sup>1</sup>						X
Comprobar el termostato y los inyectores (acuda a su concesionario) <sup>7</sup>						X

*Tabla 9.1: Operaciones de mantenimiento para el grupo electrógeno*

1. Limpiar el filtro de aire cuando el indicador de obstrucción esté en rojo. Sustituir el filtro después de 6 limpiezas o anualmente.
2. Cambiar el aceite motor y el filtro después de las primeras 100 horas de trabajo, y después, cada 500 horas. Cambiar el aceite motor y el filtro al menos una vez al año.
3. Comprobar la tensión de la correa cada 500 horas en los motores tensor manual. Comprobar el tensor de correa automático cada 1000 horas/1 año en los motores con este equipamiento.
4. Hacer ajustar la holgura de taqués en su concesionario o distribuidor de motores siguiendo el modo especificado del fabricante del motor.
5. Cambie el amortiguador de vibraciones en su concesionario siguiendo el modo especificado del fabricante del motor.
6. Vaciar y limpiar el sistema de refrigeración cada 2500 horas/ 3 años, en caso de utilizar refrigerante especificado del fabricante del motor. En caso contrario, cada 200 horas/ años.

7. Si sospecha que el termostato o los inyectores pueden estar averiados, acuda a su concesionario. Sustituir los inyectores cada 5000 horas, y el termostato cada 10000 horas.



## ENRIQUE FERRIOL, S. A.

ALQUILER MAQUINARIA O.P.

172873

**OFICINA Y TALLER:**  
C/ta. Viejo de Godella - Entrada de Algarín  
Teléfonos 96 363 23 71 - 96 363 17 32  
VALENCIA

**DOMICILIO SOC. AL:**  
Carrer Major, 66, 1.<sup>a</sup>  
Teléfono 96 363 97 44  
GODELLA (Valencia)

FECHA 6-12-10

HORA

HORAMETRO

a D. ECORSA CAUSEJA

Cantid	ARTICULO	Precio	Euros
NOTA	REVISIA NIVEL DEL GRUPO N° 1051-F HORAS 2734 H. (ACEITE n NIVEL) (NOVA n NIVEL)		
	BUYPER N° 596F 4x4 AUTOCARGANTE ACEITE NIVEL		HORAS 7955
	HORA 11-15		
<p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">SE ENTREGAN</p> <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 0.8em;">ENTREGA DE MATERIAL</p> <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 0.8em;">INSTALACION Y COMPROBACION DE SEGURIDAD</p> <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 0.8em;">Y COMPROBACION DE OBRAS</p>		<p>DEVOLUCION DE MATERIAL</p>	<p>O B R A</p>

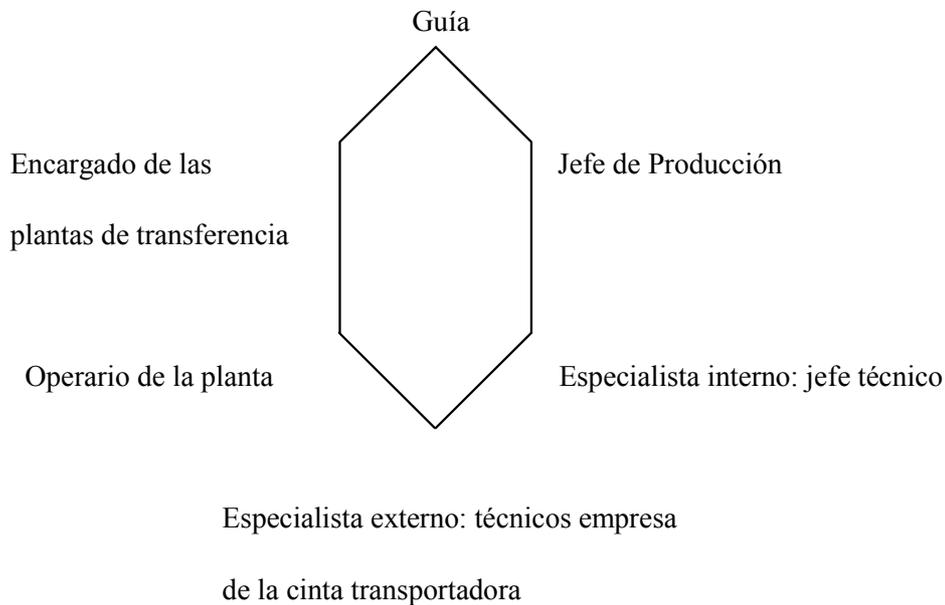
Figura 9.1: Albarán de operación de mantenimiento para el grupo electrógeno

## **CAPÍTULO 10:**

# **VALORACIÓN DEL PROYECTO DE MANTENIMIENTO.**



Para la elaboración del Proyecto RCM se ha requerido la presencia de las personas que se indican en el siguiente gráfico, según el esquema típico del RCM. Estas personas intervienen tanto en la fase de proyecto como en la fase de implantación:



*Figura 10.1: Personas que participan en la elaboración del sistema de mantenimiento*

Se ha confeccionado un Presupuesto que recoge los costes para el diseño del Sistema de Mantenimiento según la Metodología RCM.

Este presupuesto está dividido en tres capítulos: Personal, Material y Asistencia a Cursos, partidas necesarias para la elaboración del presente documento.

**PRESUPUESTO**

<b>CAPÍTULO 1: PERSONAL</b>					
<i>Cod</i>	<i>U</i>	<i>Resumen</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Importe</i>
1.1	h	Trabajo de ingeniero encargado del proceso para la elaboración del Proyecto RCM2	180	12	2.160,00 €
1.2	h	Reuniones con jefe de producción	20	14	280,00 €
1.3	h	Reuniones con encargado de plantas	30	10	300,00 €
1.4	h	Reuniones con operarios	8	8	64,00 €
1.5	h	Reuniones con jefe técnico	10	14	140,00 €
1.6	h	Reuniones con tecnicos externos	3	20	60,00 €
TOTAL CAPÍTULO 1:					3.004,00 €
<b>CAPÍTULO 2: MATERIAL</b>					
2.1	u	Ordenador con acceso a Internet, impresora y escaner	1	1300	1.300,00 €
2.2	u	Material de oficina (papel, bolígrafos, grapadora, calculadora, etc.)	1	150	150,00 €
2.3	u	Cámara fotográfica	1	100	100,00 €
TOTAL CAPÍTULO 2:					1.550,00 €
<b>CAPÍTULO 3: ASISTENCIA A CURSOS</b>					
3.1	u	Cursos y material recibido	1	2200	2.200,00 €
3.2	u	Viajes	1	300	300,00 €
TOTAL CAPÍTULO 3:					2.500,00 €
IMPORTE TOTAL CAPÍTULOS:					7.054,00 €
IVA (18%)					1.269,72 €
<b>IMPORTE TOT</b>					<b>8.323,72 €</b>

*Tabla 10.1: Presupuesto aplicación metodología RCM2*

**CAPÍTULO 11:**

**CONCLUSIONES.**



A partir de la Realización del Proyecto RCM se sacan las siguientes conclusiones:

- Se han establecido aquellos equipos de mayor criticidad sobre los que resulta imprescindible realizar un Mantenimiento del más alto nivel.
- Se cumplen los objetivos marcados en cuanto a la increíble mejora del Sistema de Gestión de Mantenimiento.
- La técnica aplicada resulta de gran utilidad para el diseño de un Plan de Mantenimiento adecuado, cuyo calendario de ejecución será controlado a través de una aplicación informática de futura creación o adaptación.
- Las periodicidades establecidas de cada operación preventiva o predictiva, conllevan un aumento de fiabilidad de los equipos y por tanto, reducción de los fallos y costes asociados en servicio que suponen una disminución de la disponibilidad de los equipos en situación de alto riesgo.
- En cuanto al registro de las operaciones correctivas, se dispondrá de toda la información necesaria para un posterior análisis de fallos y mejora del Plan de Mantenimiento a seguir.
- El proceso se puede aplicar con facilidad a cualquier equipo siempre que los beneficios obtenidos justifiquen la inversión a realizar.
- Se han revisado y creado nuevos procedimientos de reparación. El personal propio no contaba con estos ya que la única información suministrada por parte de las empresas contratadas consistía en una descripción genérica de las operaciones realizadas en el mejor de los casos.
- Se ha conseguido una mayor motivación del personal interno y una mejora del trabajo en equipo

Con la implantación de la Metodología se esperan las siguientes ventajas:

- Aumento en la fiabilidad de los equipos de elevada criticidad, asociada a un aumento de la disponibilidad de los equipos y del nivel de servicio, además de una disminución de los costes de mantenimiento.
- Aumento de la vida útil de los equipos que suponen una elevada inversión.
- Mayor seguridad e integridad medioambiental.
- Mejora del funcionamiento operativo.
- Disposición de una aplicación informática eficaz, donde queden registradas todas las operaciones preventivas, predictivas y correctivas realizadas sobre cada equipo para su posterior revisión.

Los estudios de Máster realizados suponen una puerta abierta a futuros proyectos a partir de la base sólida de conocimiento adquirida, claramente orientada al mundo laboral. Este trabajo es el claro ejemplo de aplicación práctica de la formación recibida, cuyo objetivo principal reside en la mejora continua de los Sistemas de Gestión a distintos niveles en manos de Responsables de Mantenimiento.

Se describen a continuación los trabajos futuros a realizar divididos en dos grandes líneas de actuación:

- Ampliación del proceso RCM a mayor número de equipos. De esta manera, se podrían incluir en el plan todos los equipos que pudiésemos, siguiendo el orden de prioridad establecido.
- Mejora continua del Sistema de Gestión de Mantenimiento implantado. Esto supone por una parte, la revisión de los planes de mantenimiento y de los procedimientos de reparación y técnicas predictivas asociadas. También incluye la mejora de las aplicaciones informáticas, en la medida que se pueda y sea viable.

Ambas líneas de actuación harán que las futuras plantas de transferencia permanentes tengan desde el principio mejores índices de fiabilidad y se estropeen menos, fin buscado actualmente para el inicio de la aplicación de la metodología RCM2 en la planta de transferencia de Caudete de las Fuentes.

**CAPÍTULO 12:**

**BIBLIOGRAFÍA.**



**Bibliografía usada:**

- MOUSBRAY, John. *Reliability Centred Maintenance*. 2ª ed. Oxford: Elsevier, 1997. 416 pag. ISBN: 978-0-7506-3358-1.
- NOWLAN, F.S.; HEAP, H.F. *Reliability-Centered Maintenance*. Washington D.C. U.S. Department of Defense. 1978. Unclassified, MDA 903-75-C-0349.
- MACIÁN, Vicente; TORMOS, Bernardo; OLMEDA, Pablo. *Fundamentos de Ingeniería de Mantenimiento*. Valencia: Editorial UPV, 1999. 147 p. REF: 2005.193.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid, McGraw-Hill, 1994, p. 469-502.
- DELGADO, Fernando. *RCM2: Tendencias internacionales en mantenimiento*. Disponible en: [http://www.todoenplastico.com/noticias/noticia.asp?id\\_noticia=116](http://www.todoenplastico.com/noticias/noticia.asp?id_noticia=116). Versión a 17 de octubre de 2007.
- GRANT, Randy. *RCM2: Prevent the Consequences of Noncompliance*. Disponible en: <http://www.ivara.com/index.php/category/rcm/> .Versión a 4 de mayo de 2009.
- SAEVIL, Glen. *Re-using RCM2 Analysis Content*. Disponible en: <http://www.ivara.com/index.php/category/rcm/> .Versión a 21 de julio de 2009.
- PLUCKNETTE, Douglas. *Only Leaders Can Provide Successful RCM*. Disponible en: [http://reliabilityweb.com/index.php/articles/only\\_leaders\\_can\\_provide\\_successful\\_rcm/](http://reliabilityweb.com/index.php/articles/only_leaders_can_provide_successful_rcm/).
- Allied Reliability Inc. *Why RCM Don't Work: How to Avoid the 5 Biggest Mistakes that Lead to False Starts and Dead Ends*. 24 pag. 3ª Ed. 2008.

- SOTUYO, Santiago. *Los 10 Mandamientos del RCM2- Claves para el éxito de un Proyecto de Implementación RCM*. (Uruguay: CMRP Ellman, Sueiro y Asociados). Conferencia Reliability World Latín América 2006, del 5 al 9 de junio de 2006.
- BRAVO, Oscar. Proyecto Piloto de RCM (+) en Minería de Cobre. Disponible en: <http://www.twpl.co.uk>.
- ELLMAN, Enrique; BENOIT, Luis; SOTUYO, Santiago. *Implementación de RCM2 en Empresa de Gran Minería*. (Uruguay: CMRP Ellman, Sueiro y Asociados). Conferencia Reliability World Latín América 2005, del 1 al 3 de junio de 2005.
- BACKLUND, Fredrik. *Doctoral Thesis: RCM as a Method of Working within Hydropower Organisations*. 317 pag. 2003.
- SOTUYO, Santiago. *Optimización Integral de Mantenimiento*. (Uruguay: CMRP Ellman, Sueiro y Asociados). 23 pag. 2001.
- ORREGO, Juan Carlos. *Desarrollando un Plan de Mantenimiento apoyado en RCM*. Disponible en: <http://www.mantonline.com>.
- PICAZO, M<sup>a</sup> Jose. *Tesis: Mejora del Sistema de Mantenimiento de los equipos de Electromedicina mediante la aplicación de la Metodología RCM2*. 224 pag. 2008.

**ANEJO I:**

**HISTÓRICO.**

- **Histórico de Caudete de las Fuentes**

FECHA	¿QUÉ OCURRE?	TIEMPO PARADO (en h)	¿CÓMO SE SOLUCIONA?
29/01/2008	Se avería el motor VM	3	Se cambian varios fusibles
29/03/2008	Se sale el aceite del grupo hidráulico del piso móvil	0	Se cambia el tapón
12/04/2008	Rotura de un maguito (de freno) de un camión tirando todo el hidráulico al suelo	0	Se pone sepiolita
24/04/2008	El motor VM no funciona	4	Se quita basura y se le da más presión
08/05/2008	El motor HATZ no arranca por problema eléctrico (absorbía la electricidad de la batería de arranque las baterías de recarga situadas inicialmente//habían problemas de derivación de electricidad a tierra)	5	(Provisionalmente: lo arregla 1º un electricista y luego un operario cargando/cambiando batería de arranque) Se desconectan las baterías supletorias del sistema en Junio de 2009
12/05/2008	Se rompe una costilla	0	El operario la cambia
20/05/2008	El camión descarga de golpe y la cinta se atasca	2	Con ayuda de la retro/dumper
01/06/2008	El motor HATZ no arranca por problema eléctrico (absorbía la electricidad de la batería de arranque las baterías de recarga situadas inicialmente//habían problemas de derivación de electricidad a tierra)	7	(Provisionalmente: lo arregla 1º un electricista y luego un operario cargando/cambiando batería de arranque) Se desconectan las baterías supletorias del sistema en Junio de 2009
18/06/2008	El motor HATZ no arranca por problema eléctrico (absorbía la electricidad de la batería de arranque las baterías de recarga situadas inicialmente//habían problemas de derivación de electricidad a tierra)	4	(Provisionalmente: lo arregla 1º un electricista y luego un operario cargando/cambiando batería de arranque) Se desconectan las baterías supletorias del sistema en Junio de 2009

21/07/2008	El motor HATZ no arranca por problema eléctrico (absorbía la electricidad de la batería de arranque las baterías de recarga situadas inicialmente//habían problemas de derivación de electricidad a tierra)	5	(Provisionalmente: lo arregla 1º un electricista y luego un operario cargando/cambiando batería de arranque) Se desconectan las baterías supletorias del sistema en Junio de 2009
21/07/2008	El motor HATZ no arranca por problema eléctrico (absorbía la electricidad de la batería de arranque las baterías de recarga situadas inicialmente//habían problemas de derivación de electricidad a tierra)	20	(Provisionalmente: lo arregla 1º un electricista y luego un operario cargando/cambiando batería de arranque) Se desconectan las baterías supletorias del sistema en Junio de 2009
22/07/2008	Se prende la basura en la cinta transportadora	2	Tirando la basura al suelo
30/07/2008	El motor VM tiene problemas eléctricos	3	Se cambia el fusible
11/08/2008	El motor HATZ no funciona	3	Se cambia el fusible
27/08/2008	Se estropea el motor VM	10	<i>(Provisionalmente se ponía/colocaba correctamente cables/juntas durante más de 1 año)</i> Se cambia la ubicación del cuadro eléctrico, para que no esté cerca del sobrecalentamiento del filtro de aceite,( que hacía que se calentase los cables/junta de las clavijas)
07/09/2008	Todos los camiones patinan en la rampa por acumulación de fango	0	Nada, el propio camino es infranqueable con fuertes lluvias /nevadas. Se lleva a la otra planta de transferencia en Liria en esos días del año
27/09/2008	Fallo en la batería y cuadro de mandos del motor HATZ	36	Cambio de ambos elementos

29/09/2008	El motor HATZ no arranca por problema eléctrico (absorbía la electricidad de la batería de arranque las baterías de recarga situadas inicialmente//habían problemas de derivación de electricidad a tierra)	6	(Provisionalmente: lo arregla 1º un electricista y luego un operario cargando/cambiando batería de arranque) Se desconectan las baterías supletorias del sistema en Junio de 2009
04/10/2008	Fallo en la batería y alternador del motor VM	32	Cambio de ambos elementos
10/10/2008	Se rompe la rampa y soportes de la entrada al caer un camión en la misma	6	Se reparan las planchas metálicas
28/11/2008	El motor VM no funciona por sobrecarga en la cinta	5	Se quita basura y se le da más presión
28/12/2008	Se rompe la cadena de la cinta transportadora	12	Se pone una nueva
29/12/2008	Un camión rompe un pilar de la báscula	0	Se repara ese y se cortan los demás, para que molesten menos (era muy aparatoso)
05/01/2009	Está acelerado el motor HATZ	0	Se rebajan las revoluciones
05/01/2009	El humo de los motores llena toda la habitación	0	Se fijan extensiones al tubos de escape para que el humo salga fuera de la habitación
13/02/2009	Se rompe 1 costilla	1	Se cambia por otra costilla
02/03/2009	Se enganchan cables y demás piezas en los ejes de la cinta	0	Darse cuenta y quitarlos!
24/03/2009	El grupo de arranque del motor HATZ lleva funcionando mal los últimos días	5	(Provisionalmente se enciende con destornillador haciendo puente) Arreglan el arranque
01/04/2009	La sirena de la cinta no funciona	0	(Provisionalmente se opera con más cuidado) Arreglan la cinta
27/04/2009	La clavija del motor VM se humedeció	4	Se debe secar
18/06/2009	Se para el motor amarillo	3	Se cambian los filtros de gasoil y aire
10/07/2009	Se pierde aceite por el tapón del grupo hidráulico del motor HATZ	0	Cambia tapón y controlar la cantidad de aceite a poner

07/09/2009	Se rompe la cadena de la cinta transportadora	28	Se pone una nueva
02/10/2009	Se sale aceite del grupo hidráulico del motor VM (por los tornillos de la bomba/manguera y el tapón del depósito)	0	(Dura 2 meses sin saber que era lo que ocurría) Paró el problema
05/10/2009	Se enciende la luz roja de nivel de aceite(del motor VM)	2	Se sujeta la manguera del grupo hidráulico del depósito a la bomba
19/10/2009	La cinta se para	7	Había un mal contacto de un fusible
22/10/2009	Una patilla del bombín de la llave está en mal estado del motor VM	2	Se cambia el bombín de la llave (la estructura)
30/10/2009	Se para el motor HATZ (problema eléctrico)	8	Separa la base del cuadro eléctrico (con respecto del motor)
08/11/2009	La batería del motor HATZ no funciona	6	Se recargan
27/11/2009	La clavija del motor VM se humedeció	4	Se debe secar
02/12/2009	El aviso sonoro de la sirena funciona de forma irregular	0	Se desmonta y se arregla el sistema electrónico
24/12/2009	Se quedo el sensor(boya) del grupo hidráulico del motor VM muy lleno y el sensor se quedo bloqueado	3	Se baja manualmente
14/01/2010	La bomba de agua que da presión a la caseta de control se avería (hielo rompe las juntas/válvulas)	0	(Provisionalmente se usan cubos de agua).Se cambian las piezas rotas
03/03/2010	Sacar agua de la sala de motores	0	Estar siempre atento cuando llueva y haga viento
16/03/2010	Se superan niveles de aceite del grupo hidráulico del motor VM	0	Se espera hasta que bajen sin realizar nada
17/03/2010	Se sale aceite del grupo hidráulico del motor VM	0	Cambiar manguito
24/03/2010	Se sale un manguito del grupo de luz y se sale gasoil y hay que purgarlo	4	Purgar y cambiar los manguitos dañados
28/03/2010	Se sale gasoil de la manguera del grupo combustible	0	Se cambia la manguera

11/05/2010	Falla la bombilla de la zona de descarga	1	Se empalma el cable dañado
12/05/2010	Sacar agua de la sala de motores	0	Estar siempre atento cuando llueva y haga viento
15/05/2010	Se para el motor VM	1	Se echa aceite al grupo motor
09/06/2010	Cuando se encienden las farolas exteriores (con lluvia) salta el automático del grupo electrógeno	0	Se encinta la punta del cable que estaba suelto
11/06/2010	El Motor HATZ se para varias veces (filtro de gasoil embozado)	2	Se cambia el filtro
02/07/2010	Falla la bombilla de la zona de descarga	1	Se cambia la bombilla
21/07/2010	Falla el grupo hidráulico del motor VM	6	Se cambia el giro

- **Histórico de Liria**

FECHA	¿QUÉ OCURRE?	TIEMPO PARADO (en h)	¿CÓMO SE SOLUCIONA?
09/02/2008	Se estropea la cinta por meter 20.100 kg de golpe	7	Se vacía con una retroexcavadora/dumper
12/02/2008	Un botón de emergencia obstruido	2	Con asistencia telefónica
12/02/2008	Se estropea el dumper	48	Se lo llevan a arreglar
17/02/2008	Se atasca la cinta	3	Se recoge la basura manual/ayuda dumper
18/02/2008	Se atasca la cinta	3	Se recoge la basura manual/ayuda dumper
20/02/2008	Un camión rompe parte de la rampa de la báscula	0	Se repara
22/02/2008	Se para el motor VM	8	Ver falta de presión neumática
23/02/2008	No arranca la cinta	12	Se cambia 1 relé que no funciona
25/02/2008	La toma de corriente estropeada(cable eléctrico del piso móvil)	34	Haciendo una buena conexión-enganche del cabezal(motor HATZ) con el piso móvil
25/02/2008	Se estropea el mecanismo de la llave de contacto del VM	1	Se cambia la pieza
04/03/2008	El mando de parada de la cinta no funciona correctamente (pues sigue arrastrando aunque más despacio)	12	Ver falta de presión neumática
05/03/2008	El motor VM se para. Marca que falta aceite, arranca y no aguanta.	6	Se fija la llave del aceite de la bomba (se ata con alambre, para que no se afloje)
14/03/2008	Un piso móvil pierde aceite	0	Darse cuenta de cuál pierde, ya que eso nos quita aceite del motor amarillo
16/03/2008	Se revisa el motor VM, ya que sigue perdiendo aceite	0	No se encuentra el motivo (Fue algo temporal)
19/03/2008	Se atasca la cinta	0	Se da más presión al motor VM, dándole más fuerza a la cinta
24/03/2008	El botón de arranque de la cinta no funciona. Se detecta avería cuadro eléctrico	30	Se cambia el cuadro
20/04/2008	Se rompe la piña de luz de la tolva	0	(provisional) Se conectan los cables directamente al piso

22/04/2008	El motor VM se apaga	0	(provisional) Se tocan los cables de al lado para que funcione
01/06/2008	No funciona el hidráulico de la cinta	0	(provisional) Se carga echándolo marcha atrás poco a poco la cinta
12/05/2008	Se desmonta botonera de arriba de la cinta (llena de agua y cables suelto)	3	sellado con silicona
12/05/2008	El aparato de las tarjetas de la báscula de salida no funciona	0	(se hace manual)Viene 1 experto de la casa
26/05/2008	Rompe la plataforma al descargar (se mete demasiado)	3	Se arregla
02/06/2008	Se sobrecalienta y se para el motor VM 2 veces en 2 horas	0	Se cambia el filtro de gasoil
03/06/2008	Falla la cinta transportadora lateral, sólo funciona en una posición	NS	Se arregla llamando a un mecánico
28/06/2008	Tope de la rampa de la plataforma suelto	NS	Reparación mecánica
14/07/2008	Se rompe la goma del faldón de arriba de la zona de descarga de basura al piso móvil (que evita que se caiga la basura fuera del piso móvil y pueda dañar a un operario)	5	Se arregla poniendo otro nuevo
18/07/2008	Arranque placa del tope de descarga camiones	0	Reparación mecánica (urgente)
24/07/2008	Un camión le pega saliendo a la tolva	0	Reparación mecánica
12/08/2008	Se estropea motor VM (el arranque)	5	Se cambia 1 relé fundido
14/08/2008	Se sale la cinta transportadora (se para inmediatamente)	30	Se mete manualmente (desmontando eslabones y luego soldándolos)
04/10/2008	Se avería el lector de sobremesa de la báscula (por sobrecargas de tensión en todo el sistema)	10	(Provisionalmente se hace a ojo) Otra empresa distinta de la suministradora de la báscula proporciona uno nuevo
10/10/2008	Se para el motor VM	3	Se cambia el sensor hidráulico
13/10/2008	El motor de arranque del VM no funciona	5	Se cambia el motor de arranque
14/11/2008	El motor VM parece tener una pequeña fuga de aceite	0	No se encuentra el motivo (Fue algo temporal)

29/12/2008	No arranca el motor HATZ-problema eléctrico	3	Se cambia un fusible
13/01/2009	Gotea aceite del grupo hidráulico del HATZ	0	Cambio de los manguitos
22/01/2009	La cadena de la cinta se rompe	48	Reparación de los técnicos
30/01/2009	Perdida del depósito de gasoil por el tapón	0	Se cambia el tapón (sin sensor)
02/03/2009	La tapa de la correa (del ventilador)del motor VM se rompe	2	Se cambia por otra
09/03/2009	Se tira mucha basura a la vez (14000kg), lo que para todo	8	Se quita con ayuda de la retro/dumper
14/03/2009	Se rompe la correa y el ventilador del motor VM	4	Se cambian las piezas rotas del motor VM
21/03/2009	Se para la cinta (panel del hidráulico en mínimos)	0,8	Se revisan y cambian llaves de las mangueras
06/04/2009	El motor VM se para muchas veces en ese periodo	NS	No se saben las causas
11/05/2009	El motor VM no funciona	2	Poner chaveta para el grupo hidráulico del motor VM
02/06/2009	1 fusible del motor HATZ quemado (por sobrecarga)	2	Se cambia
10/06/2009	Ambos motores no funcionan	6	Se cambia la batería del motor VM y el porta fusibles del cuadro eléctrico del motor HATZ
03/07/2009	La cadena se sale un poco del eje de arriba (se engancho con algo)	2	Se coloca dentro con martillazos
05/07/2009	Hay una fuga de hidráulico por las tuberías por las que sube por arriba de la cinta	0	Se cambian las tuberías
13/07/2009	Se atasca la cinta por sobrepeso	2	Se da más presión al motor VM, dándole más fuerza a la cinta
26/07/2009	De un golpe, se avería la caja que lee las tarjetas magnéticas de la báscula	0	(Se hace manual) Reparación de los técnicos
07/08/2009	Se acumulan/forman baches delante de la báscula	0	Se tapan agujeros con zahorra
19/08/2009	Salta el diferencial del grupo de luz auxiliar	0,2	Se reinicia el sistema
13/01/2010	Se para la cinta	2	-
14/01/2010	Se para la cinta	3	El mecánico lo repara

17/01/2010	Se para el motor HATZ varias veces	0	Se cambia el filtro del gasoil y tapan poros de la manguera
08/02/2010	Se rompe (estría)el tornillo para cambiar el aceite del motor del piso móvil	0	Se cambia por otro tornillo
21/02/2010	El motor HATZ no arranca	1	Se ponen las pinzas a la batería para arrancarlo
23/02/2010	El motor HATZ no arranca	1	Se ponen las pinzas a la batería para arrancarlo
06/03/2010	Se localiza una fuga de hidráulico en las tuberías que suben del motor HATZ, se ha soltado una abrazadera y la tubería se ha descolgado.	0	Se engancha con 1 cuerda
08/03/2010	Se destensa la cadena de la cinta transportadora	0	Se tensa cadena 2 cm
09/03/2010	Se destensa la cadena de la cinta transportadora	0	Se tensa cadena 3 cm
26/04/2010	Se rompe un grupo reductor (situado arriba)	12	Se compra uno nuevo
04/05/2010	Un camión recolector rompe uno de los topes	0	(Provisional: se pone un cartel de aviso)Se repara
10/05/2010	El motor HATZ (cinta transportadora) se para por problemas eléctricos	6	Se consigue hacer que funcione de nuevo (no se sabe el motivo exacto)
07/06/2010	Un camión recolector echa de golpe mucha basura y para la cinta	3	Se coge la basura manualmente y con el dumper para descargarla hasta que al final se mueve
18/06/2010	Grupo electrógeno parado	3	Arreglo provisional
23/06/2010	Grupo electrógeno parado	3,5	Arreglo provisional
27/06/2010	Grupo electrógeno parado	8	Arreglo provisional
28/06/2010	El motor HATZ (cinta transportadora) se para múltiples veces en unas horas por problemas eléctricos	8	Se consigue hacer que funcione de nuevo (no se sabe el motivo exacto). La retroexcavadora se usa 4 horas
29/06/2010	El motor HATZ (cinta transportadora) se para múltiples veces en unas horas por problemas eléctricos	5	Se consigue hacer que funcione de nuevo (no se sabe el motivo exacto). La retroexcavadora se usa 3 horas
29/06/2010	Grupo electrógeno parado	3,5	Se cambia, finalmente, por otro grupo
01/07/2010	Una farola no funciona	0	Se cambia la bombilla fundida
14/07/2010	El motor HATZ (cinta transportadora) se para por	6	Se cambia (definitivamente) todo el cuadro eléctrico

problemas eléctricos



**ANEJO II:**

**REPORTAJE GRÁFICO PLANTA  
DE TRANSFERENCIA  
CAUDETE DE LAS FUENTES.**



Foto de la Planta de Transferencia de Caudete de las Fuentes.



Se ve: la báscula, con el sistema desatendido



Se ven: las plancha metálicas laterales añadidas; el sistema mejorado de evacuación de lixiviados; y el suelo cimentando para la propia entrada de recolectores (y escaleras para los operarios y/o recolectores)



Se ven: los pivotes añadidos en la estructura metálica para que los recolectores no se metan dentro de la cinta; y las piñas de luz en los laterales para facilitar el trabajo nocturno.



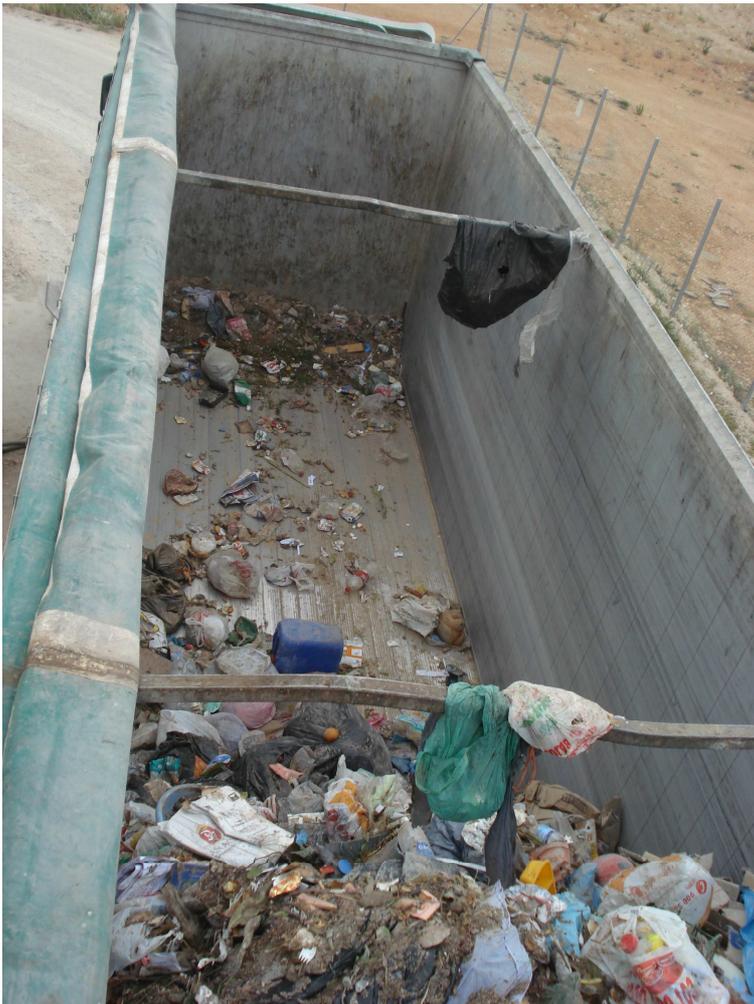
Se ven: el sistema de recogida de los RSU que vuelven por la cinta transportadora; y el mecanismo para controlar el tensado/destensado de la cinta transportadora



Se ve: la zona tapada de la caseta de los motores.



Se ve: arqueta y sistema de evacuación de lixiviados mejorado



Se ven: caseta de control; y  
piso móvil del trailer

**ANEJO III:**

**CERTIFICADO DE  
CALIBRACIÓN BÁSCULA.**

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration  
NÚMERO: 021-1008BE  
Number  
Página 1 de 5 páginas  
Page 1 of 5 pages

C/ Europa, módulo C8 (Apto. 384)  
30169 San Ginés (Murcia)  
Teléfono: 968 889 060  
Fax: 968 889 061  
e-mail: metrologia@metrologiadelsureste.com

**Metrología  
del  
Sureste**

<b>OBJETO</b> <i>Item</i>	BÁSCULA PUENTE DE CAMIONES
<b>MARCA</b> <i>Mark</i>	SIPESA
<b>MODELO</b> <i>Model</i>	S-BP4H
<b>IDENTIFICACIÓN</b> <i>Identification</i>	1696
<b>SOLICITANTE</b> <i>Applicant</i>	UTE ECORED Camino de Silla, s/n 46960 ALDAYA -Valencia-
<b>FECHA CALIBRACIÓN</b> <i>Date of calibration</i>	9 de octubre de 2008

**Signatarios autorizados**  
*Authorized Signatory/ies*

Diego López Spreáfico  
Responsable Técnico

**Fecha de emisión**  
*Date of issue*

4 de noviembre de 2008

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad con patrones nacionales.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y ENAC.

*This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.*

*This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory and ENAC.*

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificación de Metrología  
Número de Certificación: 08BE

Number

Página 2 de 5 páginas  
Page 2 of 5 pages

C/ Europa, módulo C8 (Aptdo. 384)  
30169 San Ginés (Murcia)  
Teléfono: 968 889 060  
Fax: 968 889 061  
e-mail: metrologia@metrologiadelsureste.com

**Metrología  
del  
Sureste**

## INSTRUMENTO:

MARCA: SIPESA

CÓDIGO: BP-01

FECHA DE RECEPCIÓN:

ALCANCE MÁXIMO: 60000 kg

ALCANCE MÍNIMO: 400 kg

DIVISIÓN DE ESCALA: 20 kg

CLASE DE PRECISIÓN: III

## DISPOSITIVO RECEPTOR DE CARGA:

DIMENSIONES: 16 mt x 3 mt

APOYOS: 8

## DISPOSITIVO TRANSMISOR DE CARGA:

TIPO (Palanca, célula de carga, híbrido, etc):

Células de carga

EN CASO DE CÉLULA DE CARGA:

Nº DE CELULAS DE CARGA: 8

MARCA/MODELO: SENSOCAR /SPA-INOX

CAPACIDAD NOMINAL: 25 t

## DISPOSITIVO INDICADOR:

MARCA: FIDENS

MODELO: CM6

Nº DE SERIE: 231

## 2.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

TEMPERATURA: Ver página 5

HUMEDAD RELATIVA: Ver página 5

## 3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

El instrumento se ha calibrado con masas patrón clasificadas según OIML R 111, aplicando el procedimiento 08.00.00 revisión 12 JUN 06, realizándose, para la prueba de repetibilidad diez reiteraciones en cada punto de calibración.

## 4.- EQUIPOS EMPLEADOS

Termohigrómetro, número de serie 01156679 con código 7802, incertidumbre (k=2): +/- 0,15 °C, +/- 3,2 % hr.

Masa de 1 kg con código 66112 e incertidumbre (k=2): +/- 16 mg.

Masas de 2 kg con códigos del 66105 al 66109 e incertidumbre(k=2): +/- 30 mg.

Masas de 5 kg con códigos 6650 y 6651 e incertidumbre (k=2): +/- 80 mg.

Masa de 500 kg con código 6620 e incertidumbre(k=2): +/-25 g

Masas de 1000 kg con códigos 6600-6619 e incertidumbre (k=2): +/-50g.

## 5.- TRAZABILIDAD

Los patrones empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de laboratorios reconocidos por ENAC o EA, o de laboratorios nacionales participantes en intercomparaciones del BIPM.

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration Number 008BE

Number

Página 3 de 5 páginas

Page 3 of 5 pages

C/ Europa, módulo C8 (Aptdo. 384)  
30169 San Ginés (Murcia)  
Teléfono: 968 889 060  
Fax: 968 889 061  
e-mail: metrologia@metrologiadelsureste.com

**Metrología  
del  
Sureste**

PRUEBAS REALIZADOS (Todas las indicaciones son en kg):  
PRUEBA DE CARGA Y DESCARGA:

## CARGA

L	I	$\Delta L$	E	$E_c$	P	Incert.(K=2)
500	500	8	2	--	502	15,6
2000	2000	9	1	-1	2001	15,5
6000	6000	7	3	1	6003	15,6
10000	10000	6	4	2	10004	15,7
16000	16000	5	5	3	16005	15,9
20000	20000	7	3	1	20003	15,8
19964,9	--	--	--	--	--	--
29964,9	29960	7	-1,9	-3,9	29963	22,8
39964,9	39980	14	11,1	9,1	39976	23,6

## DESCARGA

L	I	$\Delta L$	E	$E_c$	P	Incert.(K=2)
39964,9	39980	14	11,1	9,1	39976	23,6
29964,9	29960	5	0,1	-1,9	29965	22,7
19964,9	19960	8	-2,9	-4,9	19962	22,6
20000	--	--	--	--	--	--
16000	16000	7	3	1	16003	15,7
10000	10000	6	4	2	10004	15,7
6000	6000	9	1	-1	6001	15,6
2000	2000	5	5	3	2005	15,8

L= Masa Patrón empleada.

I = Indicación del equipo.

$\Delta L$  = Cantidad en la que se ha incrementado una determinada carga, para que la indicación de la balanza pase de un escalón al inmediatamente superior.

E= Error.

$E_c$  = Error que comete la balanza en un determinado punto menos el error en cero.

Error en cero es el error que comete la balanza cuando se le aplica una carga mínima para variar la indicación de cero a una indicación positiva.

P= Peso real para el equipo, la diferencia entre este y la carga aplicada, en un punto, nos determina el Error ( E )

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration  
 NÚMERO: 021-1008BE

Number

Página 4 de 5 páginas

Page 4 of 5 pages

C/ Europa, módulo C8 (Apto. 384)  
 30169 San Ginés (Murcia)  
 Teléfono: 968 889 060  
 Fax: 968 889 061  
 e-mail: metrologia@metrologiadelsureste.com

**Metrología  
 del  
 Sureste**

## PRUEBA DE REPETIBILIDAD (a carga media)

L= 19964,9 kg

Repeticiones	I	$\Delta L$	P
1	19960	7	19963
2	19960	5	19965
3	19960	7	19963
4	19960	9	19961
5	19960	7	19963
6	19980	16	19974
7	19980	18	19972
8	19980	18	19972
9	19980	16	19974
10	19980	18	19972

P.medio: 19967,9

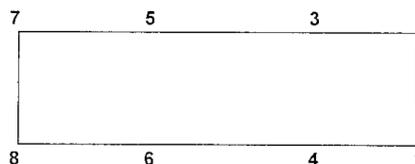
P.med.corregido(kg)= 19964,9

## PRUEBA DE EXCENTRICIDAD:

L	I	$\Delta L$	E	$E_c$	P	Situación
500	500	8	2	-	502	0 <sup>(*)</sup>
8000	8000	7	3	1	8003	0 <sup>(*)</sup>
8000	8020	16	14	12	8014	1
8000	8000	5	5	3	8005	2
8000	8000	7	3	1	8003	3
8000	8020	12	18	16	8018	4
8000	8000	9	1	-1	8001	5
8000	8000	7	3	1	8003	6
8000	8000	9	1	-1	8001	7
8000	8000	8	2	0	8002	8
8000	8000	6	4	2	8004	0 <sup>(*)</sup>

(\*) La situación cero corresponde al centro del receptor de carga.

Dibujo de situación:



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration  
NUMERO: 021-1008BE

Number

Página 5 de 5 páginas

Page 5 of 5 pages

C/ Europa, módulo C8 (Apto. 384)  
30169 San Ginés (Murcia)  
Teléfono: 968 889 060  
Fax: 968 889 061  
e-mail: metrologia@metrologiadelsureste.com

**Metrología  
del  
Sureste**

## PRUEBA DE REPETIBILIDAD: (Próximo al máximo)

L= 39964,9 kg

Repeticiones	I	$\Delta L$	P
1	39980	14	39976
2	39980	12	39978
3	39980	14	39976
4	39980	14	39976
5	39980	10	39980
6	39980	12	39978
7	39980	10	39980
8	39980	12	39978
9	39980	14	39976
10	39980	12	39978

P. medio (kg): 39977,6

## CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura	H. Relativa
inicio	12,7 °C	47,8 %
fin	11,9 °C	49,7 %

## NOTAS:

- Todos los resultados están expresados en: kg
- El error es la cantidad a sumar algebraicamente a la lectura del instrumento para obtener el valor convencionalmente verdadero.
- Pmedio =Media aritmética de los 10 pesos obtenidos en la prueba de repetibilidad.
- Para el cálculo de la incertidumbre, no se ha tenido en cuenta el error. La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA4/02.
- Este certificado no atribuye al instrumento otras características que las mostradas por los datos aquí contenidos, los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.
- **Lugar de calibración:**

Paraje Las Atalayas, s/n  
46315 Caudete de las Fuentes -Valencia-