

03-039

## REDUCTION OF MAINTENANCE COSTS THROUGH RELIABILITY ANALYSIS OF SUGAR SECTOR ASSETS

*Salavert Fernández, José Miguel* <sup>(1)</sup>; *Ramos Ciprián, Rubén Darío* <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Dpto. Máquinas y motores térmicos. UPV, <sup>(2)</sup> Universidad Central del Este

This work shows the design of a preventive maintenance plan based on the reliability analysis of the most conflictive assets in a sugar cane transformation company located in the Dominican Republic, where this sector (sugar cane) is strategic. The objectives go beyond the design of the maintenance plan, but also in increasing the reliability of the facilities and reducing costs due to production stoppages due to breakdowns. In addition, interventions must interfere as little as possible with production so as not to penalize the availability and productivity of the plant. From the analysis and resolution of the presented situation, it is discovered that the most expensive failures are focused on few machines and few failure modes, fulfilling the Pareto theory. Parameters are also obtained to establish a quantified starting point: Failure rates of the different production equipment, Mean Time Before Failure (MTBF), and Mean Time of Down Time due to breakdown. The preventive maintenance plan that has just been proposed is a balance between reliability and intervention frequency, but it is able to organize whole maintenance operations, reducing maintenance costs.

*Keywords: reliability; maintenance; sugar cane sector*

## REDUCCIÓN DE COSTES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE ANÁLISIS DE FIABILIDAD EN ACTIVOS DEL SECTOR AZUCARERO. CASO DE ESTUDIO EN REPÚBLICA DOMINICANA

En este trabajo se muestra el diseño de un plan de mantenimiento preventivo basándose en el análisis de fiabilidad de los activos más conflictivos en una empresa de transformación de caña de azúcar sita en la República Dominicana, donde este sector (caña de azúcar) es estratégico. Se presentan como objetivos no solo el diseño del plan de mantenimiento, además, ha de incrementar la fiabilidad de las instalaciones, y reducir los costes por paro de producción debido a las averías. Además las intervenciones, han de interferir lo menos posible con la producción para no penalizar ni la disponibilidad ni la productividad de la planta. Del análisis y resolución de la situación planteada, se descubre que las averías más costosas se centran en pocas máquinas y en pocos modos de fallo, cumpliéndose la teoría de Pareto. También se obtienen parámetros para establecer un punto de partida cuantificado: Tasas de fallo de los distintos equipos de producción, Tiempos Medios de Buen Funcionamiento (MTBF), y Tiempos Medios de Paro por avería. El plan de mantenimiento preventivo que se acaba proponiendo, es un compromiso entre fiabilidad y frecuencia de intervención, pero en su conjunto ordena y racionaliza las operaciones de mantenimiento reduciendo costes de mantenimiento.

*Palabras clave: fiabilidad; mantenimiento; sector azucarero*

Correspondencia: José Miguel Salavert Fernández jmsalavert@mot.upv.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Es habitual que el Plan de Mantenimiento (García, 2015) de un equipo de producción se desarrolle atendiendo a los intervalos de actuación que proponen los fabricantes de las máquinas, pero se pueden obtener mejores resultados (mayor fiabilidad, y menos costes de mantenimiento) si se adaptan los intervalos de intervención a las circunstancias particulares de trabajo de cada máquina (Fuenmayor, 2017).

La cuestión es; ¿en base a qué criterio se puede tomar decisiones adecuadas? y ¿cómo estimar los tiempos de intervención más favorables?. En este sentido, el análisis de fiabilidad (Parra & Crespo, 2012) se muestra muy efectivo (y hasta imprescindible) en el diseño de Planes de Mantenimiento.

Por otra parte, el tiempo de intervención vendrá determinado por la fiabilidad pretendida (a mayor fiabilidad, tiempos de intervención más cortos) en contraposición a los costes de mantenimiento (tiempos de intervención más cortos suponen más intervenciones, y por lo tanto mayor coste en el mantenimiento preventivo). Así, la decisión sobre los tiempos de intervención, y por lo tanto el diseño del plan de mantenimiento vendrá dado por una solución de compromiso que balancee el binomio fiabilidad-coste (Salavert, Macián & Ballester, 2019).

En este trabajo se muestra la aplicación de esta técnica en los equipos de producción de una industria de transformación de la caña de azúcar, concretamente en una empresa de la república Dominicana, para la que ha supuesto toda una novedad en el diseño y redefinición de los Planes de Mantenimiento de los equipos tratados.

La motivación de este desarrollo tiene una componente eminentemente tecnológica en el propio contexto de la empresa en la que se desarrolla, consistente en la mejora de la productividad, en este caso basándose en el proceso “Mantenimiento”, aunque también se aprovechará la información obtenida para desarrollar conocimientos sobre la ingeniería del mantenimiento en la industria de transformación de caña de azúcar a través de una tesis doctoral en curso, dado el interés que este sector tiene en la República Dominicana.

## 2. Objetivos

Se plantean tres objetivos conectados entre sí en este trabajo:

- Diseño de un Calendario de Intervenciones de mantenimiento preventivo para una línea de procesado de caña de azúcar

La condición que ha de cumplir este calendario, va más allá de aglutinar y organizar las intervenciones de mantenimiento preventivo, por lo que también son objetivos a alcanzar , y son:

- El calendario, incluirá operaciones de mantenimiento preventivo que reduzcan las averías de los equipos productivos. Se ha de reducir Mantenimiento Correctivo en favor de operaciones de Mantenimiento Preventivo
- Como fin último, la nueva estructura de intervalos e intervenciones de mantenimiento preventivo han de reducir costes por parada de producción debido a averías en los activos productivos de la empresa objeto de estudio (Alcoholes Finos Dominicanos)

## 3. Metodología

Los pasos seguidos para realizar el estudio y proporcionar una solución realista y efectiva son los siguientes (García, 2018):

- Análisis del proceso productivo, identificando los principales activos. Con el objeto de conocer los equipos de producción involucrados, y sus funciones principales
- Recopilación de información de dichos activos referente a averías producidas, modos de fallo, y costes producidos por las paradas de producción partir del histórico de los mismos y de trabajo de campo.
- Priorización de averías mediante análisis de Pareto en tres niveles: Sección productiva, Activo afectado, y Modo de fallo. Buscando la coherencia entre los resultados de los tres niveles indicados.
- Estimación de la ley de degradación mediante análisis de fiabilidad de las averías detectadas aplicando técnicas estadísticas.
- Determinación de los tiempos de intervención en una estrategia de mantenimiento preventivo que eviten averías aleatorias y los consiguientes paros de producción no previstos (Salavert & Ramos, 2019), utilizando como criterio el nº de fallos esperable según el tiempo de intervención elegido.
- Desarrollo de las Rutinas de Mantenimiento que agrupen las intervenciones de mantenimiento preventivo en base a un tiempo de intervención base.

#### 4. Características del ingenio de transformación de caña de azúcar

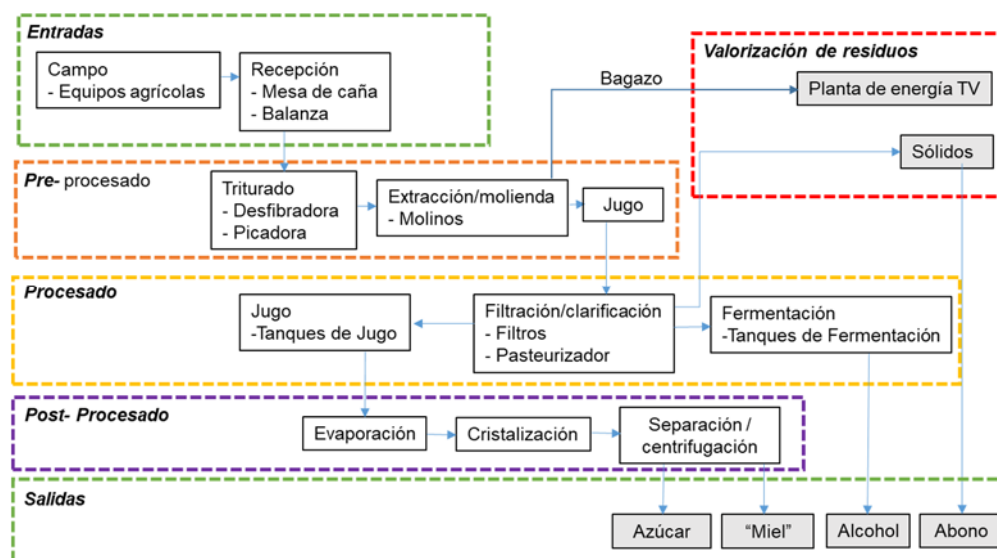
El proceso consiste en la transformación de la caña de azúcar en azúcar, alcohol tanto de uso industrial como para el sector alimentario, y miel. También se obtiene como subproducto CO<sub>2</sub>, y residuo vegetal (bagazo) que puede valorizarse utilizándolo como combustible para un grupo de generación eléctrica mediante turbina de vapor.

El objeto de estudio de este trabajo, es una industria ubicada en la República Dominicana, cuya producción media anual está alrededor de 260.000 toneladas de caña de azúcar, de la que se obtiene un 35 % de bagazo, y un 65 % de jugo del que se extraen aproximadamente 28 600 toneladas de azúcar, 11 700 toneladas de miel, 18 000 000 litros de alcohol y 4 000 toneladas de CO<sub>2</sub>. (Fuente: Alcoholes Finos Dominicanos, 2019)

Se trabajan en proceso continuo, 5 días/semana, 24 horas/día de ahí el interés de contar un plan de mantenimiento preventivo que acote las averías y se ajuste a los periodos en los que los activos pueden ser intervenidos por no estar en turno de producción.

El proceso productivo de la factoría (ingenio) que se trata, está esquematizado y resumido en la figura 1, donde se ha considerado 6 etapas desde la entrada de la materia prima (caña de azúcar) hasta la obtención del producto terminado, y en cada una de las etapas se ha dividido en secciones que agrupan a su vez las máquinas que realizan una parte “elemental” del proceso total de transformación.

Figura 1. Esquema del proceso de transformación de la caña de azúcar. Elaboración propia



A partir de este diagrama, quedan definidos los activos principales para los que se va a estudiar el efecto de la fiabilidad sobre el plan de mantenimiento.

## 5. Resultados

### 5.1. Organización y tratamiento de la información de partida

La clasificación y organización de los activos considerados siguiendo una desagregación sencilla (Lárez, 2019) se muestra en la tabla 1 en la que se ha codificado cada activo para posterior identificación, distribuyéndolos en 6 Etapas del proceso productivo, y en cada una de ellas considerando diferentes secciones (hasta 13 en total), en las que se localizan los 43 activos que forman parte del estudio.

**Tabla 1. Organización de los activos considerados**

Etapa	Sección	Activo	
01. Entrada	01.01. Recepción	01.01.01. Mesa de caña	
		01.01.02. Balanza	
		01.01.03. Conducto	
		01.01.04. Nivelado	
		01.01.05. Grúa	
		01.01.06. Imán	
02. Pre-procesado	02.01. Triturado	02.01.01. Desfibradora	
		02.01.02. Picadora	
		02.01.03. Pre-picadora	
	02.02. Extracción / Molienda	02.02.01. Molino 01	
		02.02.02. Molino 02	
		02.02.03. Molino 03	
	02.03. Jugo	02.03.01. Bomba jugo rebose	
	03. Procesado	03.01. Filtración / Clarificación	03.01.01. Filtro estático
			03.01.02. Filtro Tromel
03.01.03. Filtro DSM			
03.01.04. Pasteurizador			
03.01.05. Tanque filtrado			
03.01.06. Tanque primario			
03.01.07. Tanque pasteurizado			
03.01.08. Bomba jugo			
03.01.09. Intermedio 1			
03.01.10. Intermedio 2			
03.01.11. Intermedio 3			
03.02. Jugo	03.02.01. Bomba Jugo		
03.03. Fermentación	03.03.01. Tanque fermentación		
04. Post-Procesado	04.01. Evaporación	04.01.01. Equipo de evaporación	
	04.02. Cristalización	04.02.01. Equipo de cristalización	
	04.03. Separación / Centrifugado	04.03.01. PLC	
05. Salida	05.01. Salida	05.01.01. Equipo de expedición	

06. Valorización residuos	06.01. Energía	06.01.01. Cinta Bagazo 06.01.02. Banda 50 06.01.03. Banda de cogeneración 06.01.04. Caldera 06.01.05. Chuter 01 06.01.06. Chuter 02 06.01.07. Chuter 03 06.01.08. Chuter 04 06.01.09. Chuter 05 06.01.10. Grupo de cogeneración 06.01.11. Taco banda 56 06.01.12. Turbina 1
	06.02. Abono	06.02.01. Equipo de abono

De la información obtenida del histórico de averías, se tiene para cada activo la avería anotada por el técnico de mantenimiento y el tiempo de paro de producción que supuso la avería en cada activo, lo que permite analizar las averías repetitivas y las que más impacto tienen sobre la producción y trabajar sobre ellas.

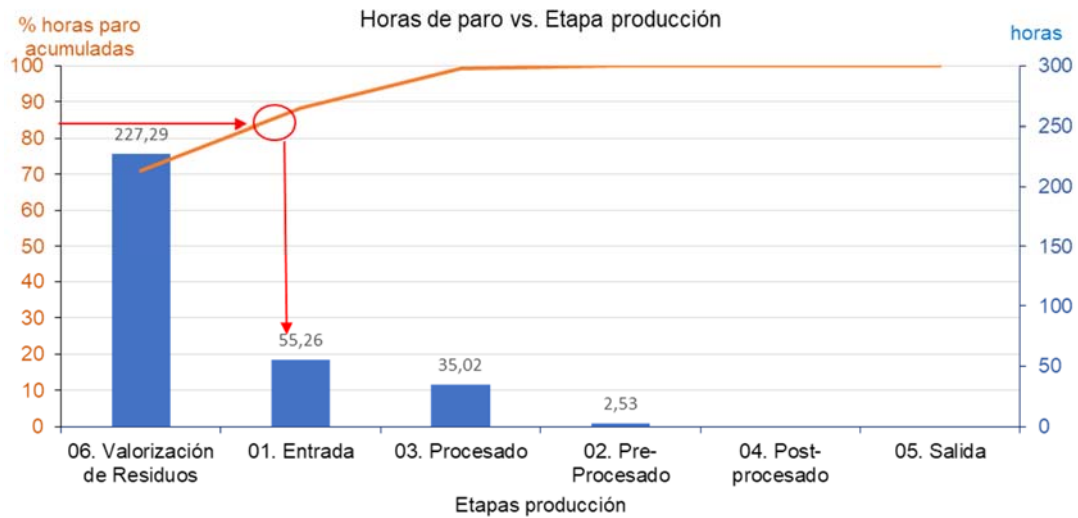
Se emplea un análisis de Pareto para tratar el efecto de las averías sobre la producción considerando como parámetro de comparación las horas de paro de producción que ha creado cada avería en cada activo. De la información original, se ha realizado una criba de situaciones informadas que han provocado paro en la producción, eliminando aquellas originadas por causas ajenas a averías, como por ejemplo falta de materia prima en algún proceso u operación errónea del equipo que ha obligado a reiniciar la producción. Desafortunadamente no se tiene información sobre el coste económico que ha supuesto cada una de las interrupciones en la fabricación.

De la recopilación de estos datos de partida, se obtienen los siguientes valores globales:

- Activos supervisados = 43
- Averías contabilizadas = 885
- Modos de fallo diferentes identificados = 151
- Horas de paro de producción totales = 320 horas
- Periodo de análisis captura de datos = 6 meses

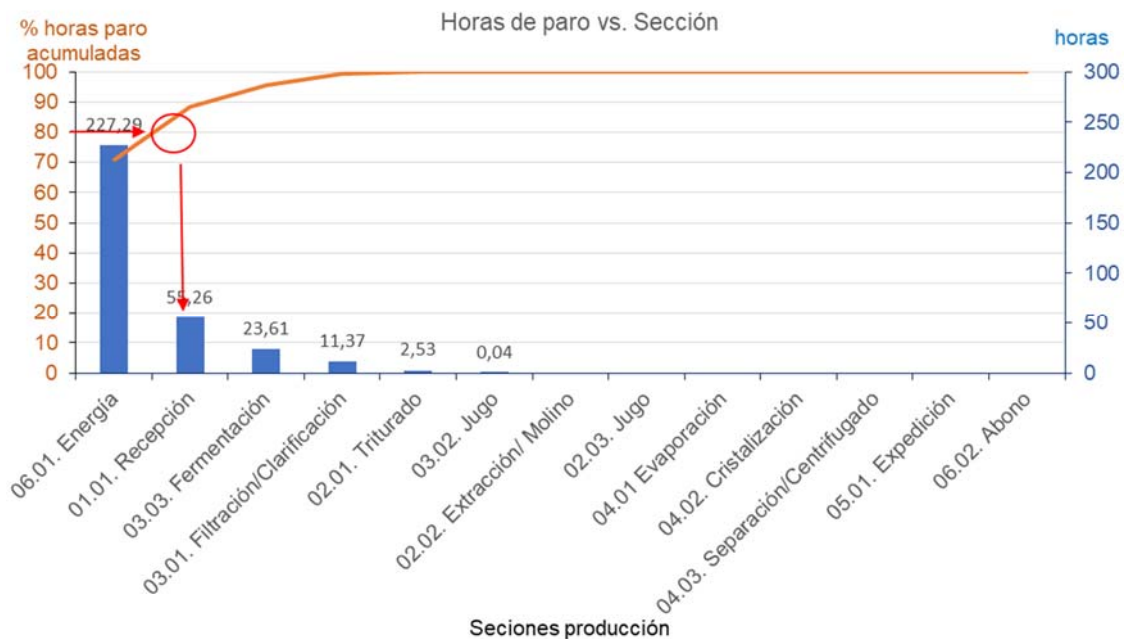
En la figura 2, se representa el tiempo de paro de producción que cada una de las Etapas de producción consideradas ha soportado por avería de sus activos, en la que se aprecia que es en la Valorización de Residuos donde se generan las averías que provocan la mayor parte de las paradas de producción, si bien, este análisis es muy global, y aunque empieza a iluminar la situación, no es aun suficiente como para tomar decisiones concretas, ya que cada Etapa contiene a su vez distintas secciones y diferentes equipos de producción. Realizando el análisis completo de Pareto, se extendería el campo también a la Etapa de Entrada de la caña al ingenio. Entre ambos conceptos abarcan el 80 % de las paradas de producción.

**Figura 2. Diagrama Pareto. Horas de paro por Etapa de producción.**



Haciendo un análisis por Secciones, se obtiene el diagrama de Pareto que se aprecia en la figura 3.

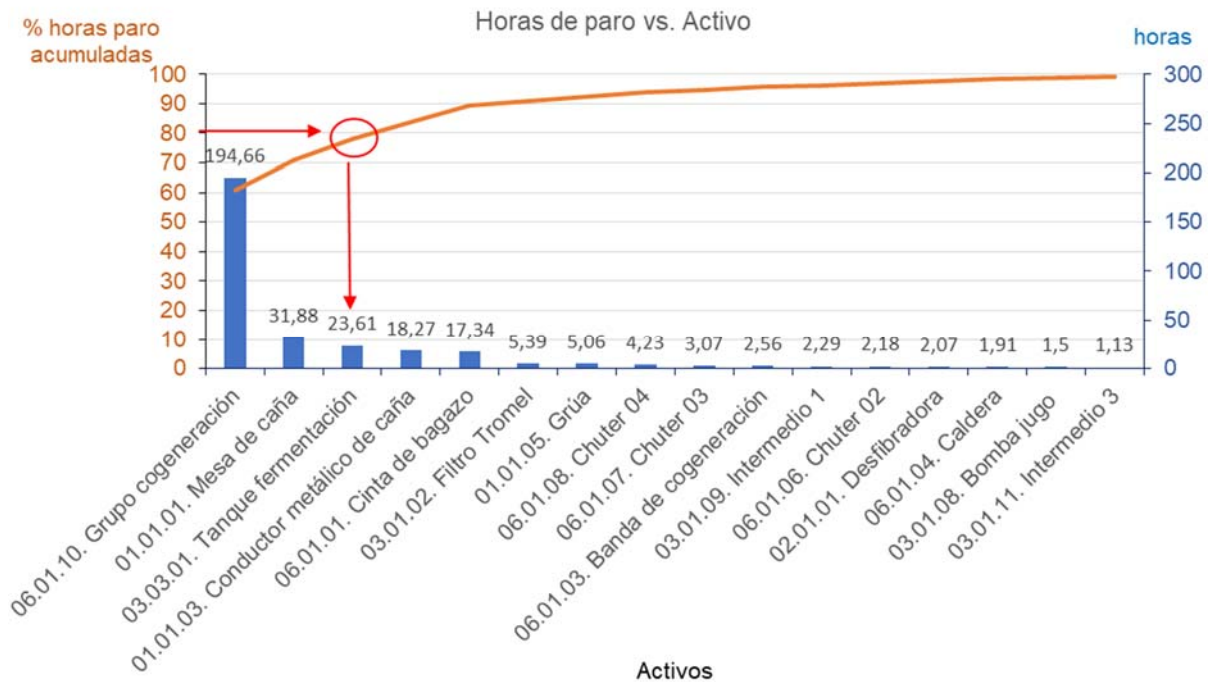
**Figura 3. Diagrama Pareto. Horas de paro por Sección**



También a partir de este análisis se dirige el foco de atención hacia los activos de la Sección de generación de energía cuyas averías además de ser muy frecuentes (699) provocan la mayor parte de las pérdidas de horas productivas. Se sigue confirmando que las secciones más conflictivas se encuentran en la 06 Revalorización y la 01 Entrada que también en este análisis más particularizado siguen aportando el 80 % del tiempo de parada de producción.

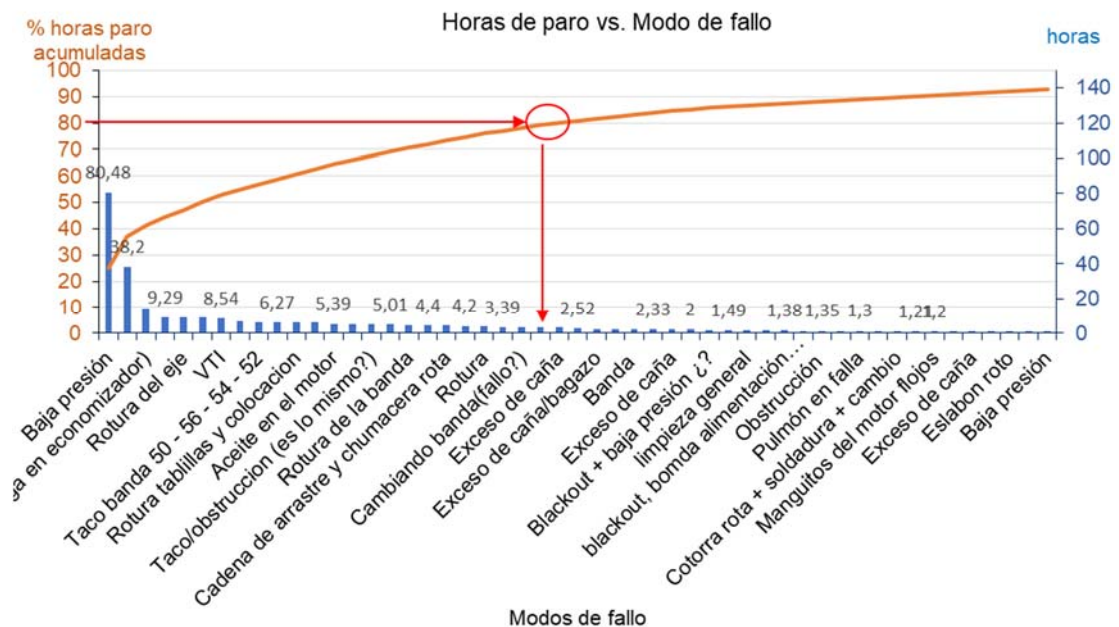
Realizando el análisis de Pareto individualizado a los activos de producción, se obtienen los resultados de la figura 4.

**Figura 4. Diagrama Pareto. Horas de paro por activo**



Como análisis más particular, se estudia la distribución de horas de paro de producción por modo de fallo. En la figura 5 se aprecia esta distribución en la que se han ordenado 151 modos diferentes de fallo.

**Figura 5. Diagrama Pareto. Horas de paro por modo de fallo**



Puesto que la representación gráfica no es capaz de mostrar de forma legible los 151 modos de fallo, se indica en la tabla 2 los modos de fallo que provocan el 80 % del paro de producción total y en qué activos se dan.

En definitiva, 26 modos de fallo sobre 151 (17 %) suponen 258 h de paro (el 80 %), y localizados básicamente en 3 activos de los 43 analizados. El 7 % de equipos de producción concentran el 80 % del tiempo de paro por averías.

**Tabla 2. Modos de fallo ordenados según Pareto hasta el 80% del tiempo total de paro**

Modo de fallo	Nº de averías	Tiempo de paro ocasionado [h]	Tiempo de paro acumulado [h]	Tiempo de paro acumulado [%]	Activo afectado
Baja presión	350	80,48	80,48	25,14	06.01.10. Cogeneración
Blackout (691 FALTA)	80	38,2	118,68	37,08	06.01.10. Cogeneración
Caldera (738 fuga en economizador)	3	14,19	132,87	41,51	06.01.10. Cogeneración
Lleno	7	9,29	142,16	44,41	03.03.01. Fermentación
Rotura del eje	2	9,17	151,33	47,28	06.01.10. Cogeneración
Cadena de arrastre rota	10	9,03	160,36	50,10	01.01.01. Mesa de caña
VTI	5	8,54	168,9	52,76	06.01.10. Cogeneración
Generador fuera	7	7,1	176	54,98	06.01.10. Cogeneración
Taco banda 50 - 56 - 54 - 52	32	6,33	182,33	56,96	06.01.10. Cogeneración
Exceso de jugo (lleno)	7	6,27	188,6	58,92	03.03.01. Fermentación
Rotura tablillas y colocación	1	6,2	194,8	60,86	01.01.03. Conductor metálico de caña
Fallo ventilador	2	6,2	201	62,79	03.03.01. Fermentación
Aceite en el motor	2	5,39	206,39	64,48	03.01.02. Filtro Tromel
Cadena sucia y fuera del sproker	2	5,16	211,55	66,09	03.01.01. Mesa de caña
Taco / obstrucción	18	5,06	216,61	67,67	01.01.03. Conductor metálico de caña
Cambio de chumacera	2	5,01	221,62	69,23	06.01.10. Cogeneración
Rotura de la banda	1	4,47	226,09	70,63	06.01.01. Cinta de bagazo
Eje banda 50 roto	2	4,4	230,49	72,01	06.01.10. Cogeneración
Cadena de arrastre y chumacera rota	2	4,32	234,81	73,36	01.01.01. Mesa de caña
Motor, banda 56	1	4,2	239,01	74,67	06.01.10. Cogeneración
Rotura	1	4,12	243,13	75,95	06.01.01. Cinta de bagazo



Cuña rota reductor	1	3,39	246,52	77,01	06.01.01. Cinta de bagazo
Cambiando banda	2	3,35	249,87	78,06	06.01.01. Cinta de bagazo
Cadena de arrastre fuera de carril /obstrucción	7	3,31	253,18	79,09	01.01.01. Mesa de caña
Exceso de caña	27	3,23	256,41	80,10	06.01.08. Chuter 4

La metodología para revertir esta situación, consistirá en redefinir el mantenimiento de los siguientes activos, y con la prelación indicada:

- a. 06.01.10. Grupo de cogeneración.
- b. 01.01.01. Mesa de caña.
- c. 03.03.01. Tanque de fermentación.

El desarrollo del nuevo plan de mantenimiento para reducir las averías de los activos se compone de dos vías de actuación complementarias:

1. Análisis del origen de los fallos con el fin de evitar que se reproduzcan (González, 2005).
2. Redefinición de un nuevo calendario de intervenciones de Mantenimiento Preventivo que aumente la fiabilidad de los activos y reduzca los paros por avería.

La primera vía de actuación, no se trata en este trabajo, y el desarrollo de la segunda vía de actuación es la que se va tratar a continuación.

## 5.2. Intervalos de intervención para el plan de Mantenimiento Preventivo

La información de partida para realizar el rediseño del plan de mantenimiento del activo "06.01.10. Grupo de cogeneración" es la aportada inicialmente con la que ha construido los diagramas de Pareto. En particular, se toma el primer "Modo de fallo" asociado al activo, y su caracterización:

- Modo de fallo: "Baja presión"
- Número de averías contabilizadas: 350 (6 meses)
- Tiempo total de paro del activo: 80,48 h

De estos datos, se obtienen los siguientes parámetros teniendo en cuenta que se trata de 5 días laborales/semana trabajando 24 h/día

- Averías diarias = 2,91  $\approx$  3 averías/día
- Tiempo medio de paro de máquina por avería = MTTR = 0,23 h
- Tiempo medio de buen funcionamiento = MTBF = 7,98 h

Haciendo la suposición de que los fallos son de carácter aleatorio y por lo tanto la tasa de fallos es constante, se obtiene:

$$\text{Tasa de fallos} = \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{7,98} = 0,125 \text{ fallos/h} \quad (1)$$

A partir de estos valores, se puede estimar el efecto de distintas opciones de Mantenimiento Preventivo. Si se considera como intervalos lógicos o deseables para realizar el mantenimiento preventivo el cambio de turnos o los fines de semana, se puede calcular la fiabilidad para distintos intervalos de intervención según se aprecia en la gráfica 6.

$$\text{Fiabilidad} = R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (2)$$

Así, realizando actividades de Mantenimiento Preventivo cada 4 horas (medio turno) se tendrá una Fiabilidad de 60,6 %, mientras que si se realiza la operación de mantenimiento en los cambios de turno (intervalo de 8 horas), la Fiabilidad será de 36,7 %.

Puesto que la reparación de la avería (Mantenimiento Correctivo) implica un tiempo medio de 0,23 h, es de esperar que el mantenimiento preventivo lleve menor tiempo, menor coste, y además se evita el paro de la producción.

Ante la realización de una intervención de mantenimiento preventivo cada 4 horas (dos veces por turno), se puede estimar las averías que se seguirán produciendo mediante la expresión:

$$N^{\circ} \text{ averías} = \int_0^{t_i} \lambda(t) \cdot dt \quad (3)$$

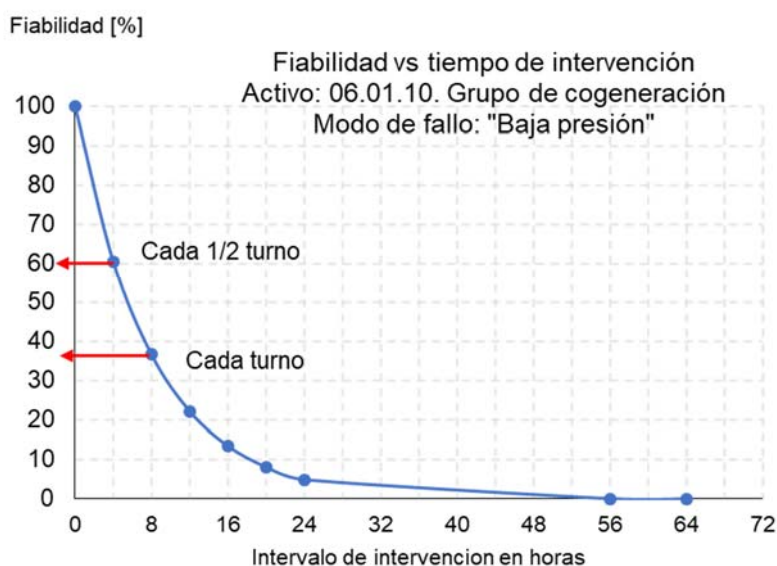
Que en este caso se simplifica al ser la tasa de fallos constante, por lo que el número de averías que cabe esperar realizando una intervención de mantenimiento preventivo cada 4 horas es de:

$$N^{\circ} \text{ averías en 4 horas} = \lambda \cdot \Delta t = 0,125 \text{ fallos/hora} \cdot 4 \text{ horas} = 0,5 \text{ fallos} \quad (4)$$

Con estos resultados, (Nº de averías para el periodo de intervención de 4 horas, sensiblemente inferior a 1) se establece el periodo inicial de intervención de Mantenimiento Preventivo para el actico considerado en 4 horas, o bien, 2 intervenciones por turno

Esta frecuencia de intervención supone las diferencias respecto al sistema de mantenimiento que se estaba llevando a cabo solo para el modo de fallo que se está tratando, y que se enumeran en la Tabla 3

**Figura 6. Variación de la Fiabilidad R(t) según el intervalo de actuación en horas**



**Tabla 3. Diferencias en el plan de intervenciones aportadas por el nuevo planteamiento**

Antes	Después
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 reparaciones urgentes al día, por término medio sin previo aviso</li> <li>- 0,69 horas diarias por término medio de paro en este activo por este Modo de Fallo, y su correspondiente coste</li> <li>- Tiempo consumido por el técnico de mantenimiento, que dada la urgencia y la frecuencia de la avería tiene que desatender otras actividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 intervenciones de Mantenimiento preventivo al día organizadas y con un horario conocido por todos los intervinientes (producción y mantenimiento)</li> <li>- Se evitan las interrupciones por el Modo de Fallo tratado. No hay costes por paro del activo en cuestión asociado al Modo de Fallo</li> <li>- Los tiempos de intervención de Preventivo, suelen ser menores que las de mantenimiento correctivo.</li> <li>- Puesto que esta operación de mantenimiento preventivo, se va a coordinar con otras tantas, el ahorro de tiempo y coste asociado a la intervención, será aún mayor.</li> </ul>

Realizando el mismo análisis para cada modo de fallo de la tabla 2, tomando como criterio que el número de averías esperable sea menor de 0,5 y agrupando por activos, se obtiene la planificación de la tabla 4 donde se indica también para cada modo de fallo el nº de averías esperadas y la fiabilidad.

**Tabla 4. Planificación de intervalos de intervención de Mantenimiento Preventivo**

Activo: 06.01.10. Cogeneración

Modo de fallo intervenido	Intervalo de intervención propuesto					Nº de fallos	Fiabilidad [%]
	½ turno	1 turno	1 día	1 semana	1 mes		
Baja presión	X					0,5	61
Blackout		X				0,2	80
Caldera-Economizador				X		0,2	85
Rotura eje				X		0,1	88
VTI				X		0,2	78
Generador				X		0,3	72
Taco banda			X			0,3	76
Cambio de chumacera					X	0,5	61
Eje banda					X	0,5	61
Motor banda 56					X	0,3	72

Con esta metodología quedaría estructurada la planificación del Mantenimiento preventivo para cada uno de los 3 activos identificados como críticos para la reducción de averías que provocan paro de los equipos, estableciendo como intervalos de intervención posibles los múltiplos de turno, días, y semanas, intentando priorizar los fines de semana para realizar las intervenciones a fin de no interferir en la producción.

## 6. Conclusiones

Se ha desarrollado un calendario de intervenciones de mantenimiento preventivo en los equipos de producción más conflictivos obteniendo el tiempo de intervención para cada operación de mantenimiento preventivo, mediante cálculo de fiabilidad. El resultado final del calendario, se ha obtenido mediante la “depuración” de todos los tiempos de intervención calculados, agrupándolos y reorganizándolos para que se adapten a los turnos de fabricación, con el fin de interrumpir lo menos posible la producción.

Todos los modos de fallo seleccionados a partir del análisis de Pareto y que provocan la mayoría de las averías (hasta el 80 %), son los que se incluyen en el nuevo calendario de mantenimiento preventivo. De esta forma se eliminan las intervenciones de Mantenimiento Correctivo correspondientes, cumpliendo por ello el segundo objetivo pretendido.

En cuanto a la reducción de costes por parada de producción debida a averías, también es un objetivo que se alcanza al aplicar la solución propuesta. Si bien no se sabe con exactitud hasta que el sistema implantado tenga recorrido de algunos meses, se puede realizar la suposición que el Mantenimiento Preventivo, en este caso y como promedio, solo interrumpe la producción un 20 % del tiempo de paro que provoca una avería, para el caso del activo 06.01.10. Cogeneración, significaría:

- Ausencia de averías aleatorias que provocan paro de producción.
- Se evitarían una media de 2,64 averías/día.
- El tiempo de paro de producción medio, pasaría de 1 h/día a 0,2 h/día.
- Las intervenciones de mantenimiento preventivo, se trasladan en su mayor parte a los fines de semana.

El análisis de la fiabilidad permite diseñar planes de mantenimiento a medida para cada activo y cada modo de fallo lo que se traduce en acciones adaptadas a cada caso, que permiten reducir las averías imprevistas y los consiguientes costes por mantenimiento ineficiente.

### 6.1. Restricciones y desarrollos futuros

La principal limitación encontrada para el desarrollo del trabajo, ha consistido en la falta de orden y estructura en los datos de partida. Si bien existía mucha información sobre averías e intervenciones, estos datos no estaban estandarizados ni organizados, por lo que se ha requerido invertir esfuerzos en entender la información de partida. Se ha encontrado una empresa en la que durante los últimos años, su crecimiento se ha basado obviamente en la producción, pero en la que el Mantenimiento no ha recibido el interés correspondiente para acompañar a la producción.

Los trabajos futuros van a estar encaminados al diseño de un Sistema de Mantenimiento acorde con los medios productivos tanto desde tres objetivos: Estructura Organizativa, Estrategia de Mantenimiento a implantar, y Gestión den Mantenimiento. Teniendo como objetivo participar en el escenario de Industria 4.0 y orientar el Mantenimiento hacia el “Mantenimiento según Condición”.

## Referencias

- Fuenmayor, E. (2017). [Internet]. Calculando la frecuencia óptima de mantenimiento o reemplazo preventivo. Caso de estudio basado en métodos y normas vigentes. Disponible en: <http://www.ernestoprimer.com/documents/Calculando%20la%20Frecuencia%20Optima%20de%20Mantenimineto%20o%20Reemplazo%20Preventivo.pdf>
- García, S. (2015). El Plan de mantenimiento programado. Renovetec.
- García, S. (2018). Guía para la implantación del mantenimiento 3.0. Renovetec
- González, F.J. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. FC Editorial
- Lárez, A. (2019). Estructura desagregada de activos y taxonomía. ISSN 0214-4344
- Parra, C. & Crespo, A. (2012) Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos. INGECON.
- Salavert, J.M., & Ramos, R.D. (2019). Efecto de la fiabilidad sobre el coste del Mantenimiento. *Jornadas sobre fiabilidad*. Asociación Española de Mantenimiento. Madrid 2019.
- Salavert, J.M., Macián, V., & Ballester, S. (2019). Análisis del desgaste de pastillas de freno en autobuses de transporte urbano mediante el modelo de Weibull. *Jornadas sobre fiabilidad*. Asociación Española de Mantenimiento. Madrid 2019.

## Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

