**AGROCENTRO 2019**

**IX SIMPOSIO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**Determinación de los indicadores de confiabilidad de la fábrica de piensos Rómulo Padrón del Municipio de Jaruco, Cuba**

***Determination of the reliability indicators of the Rómulo Padrón feed factory in the Municipality of Jaruco, Cuba***

**Dr.C. Antihus Hernández Gómez1, Ing. Pedro Vázquez Calderón1, Ing. Diosney Romero Centeno1, Ing. José Ricardo Machado Linares2**

1-Universidad Agraria de la Habana, Mayabeque, Cuba

2- Fábrica de Piensos ¨Rómulo Padrón¨, Mayabeque, Cuba

antihus@unah.edu.cu

**Resumen**

El objetivo de la investigación se enfocó a la determinación de los principales indicadores de confiabilidad de la fábrica productora de piensos “Rómulo Padrón” ubicada en el Municipio de Jaruco. El período de observación comprendió un período entre febrero de 2017 y hasta abril de 2018. Se emplea como método de observación científica: el fotocronometraje, determinándose la productividad y los indicadores de confiabilidad de la fábrica: Tiempo Promedio para Reparar (TPPR), Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF), y el Índice de Roturas (averías) (Ir). La productividad de la fábrica fue de 19,2 t/h, el tiempo promedio para reparar fue de 2.36 h/averías, el tiempo promedio entre fallos de 64 h y el índice de roturas fue de 5.78 %.

**Palabras claves:** confiabilidad, fábrica, piensos, alimento concentrado

***Abstract***

The research aim was focused to the determination of the main reliability indicators in the feed factory "Rómulo Padrón" located at Municipality of Jaruco. The period of observation was between February/2017 and April/of 2018. During the study was used the photo timing method for the factory productivity and reliability indicators determining: Time Average to Repair (TPPR), Time Average among failures (TMEF), and the Breaks Index (Ir) were obtained. The results show a factory productivity of 19,2 t/h, a time average to repair of 2.36 h/ breaks, the time average between breaks of 64 h and a breaks index of 5.78%.

# ***Key words:*** reliability, factory, feed, concentrate food

# **Introducción**

Una fábrica productora de piensos tiene como tarea principal garantizar la producción de piensos simples medicinados, antiparasitarios y reforzados para la alimentación y salud de la masa de animales de las explotaciones avícolas, vacunas, porcinas y otras especies, así como la recepción, almacenaje, circulación y venta de materias primas para piensos destinados al consumo y la reserva. A estos piensos se les puede llamar industriales, formulados, mezclados, compuestos o balanceados (o piensos), (FAO e IFIF, 2014).

El programa de mantenimiento en una fábrica productora de piensos es vital para lograr la producción de alimento animal de alta calidad y no menos importante para el control de costos y para asegurar al cliente que los alimentos solicitados lleguen a tiempo y según las especificaciones de la fórmula. El resultado de implementar prácticas para mejorar la confiabilidad de los activos e instalaciones, se traduce en tareas de mantenimiento más armoniosas, más efectivas, económicas y seguras, que minimizan los costos totales de producción y que garantizan la sobrevivencia de la fábrica (Mata, 2017).

La Confiabilidad Operacional lleva implícita la capacidad total de la organización, para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de unos límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. Es primordial precisar, que en un sistema de Confiabilidad Operacional es necesario el análisis de sus cuatro frentes operativos: Confiabilidad de los Procesos, Confiabilidad de los Activos, Confiabilidad del Talento Humano y Confiabilidad de Diseño del sistema; sobre los cuales se debe trabajar de manera integral si se quiere alcanzar un mejoramiento continuo y de largo plazo en la productividad y competitividad de la fábrica (Duran, 2011; Duffuaa y Raouf, 2015).

Los objetivos del mantenimiento deben de alinearse con los de la organización industrial y dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes (Torres, 2005) y la máxima producción debe asegurar la óptima disponibilidad y mantener la confiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.

Para lograr la política óptima de mantenimiento de los sistemas y equipos, es necesario determinar la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y el tiempo promedio entre falla por medio de las técnicas estadísticas (Meeker y Escobar, 1998; NC 92-31:81; NC 34-37:2003) con el fin de poder determinar que política se adapta mejor a las condiciones reales de los equipos y sistemas.

Según MINDUS, (2016) la confiabilidad de una industria, sistemas, conjuntos o piezas se determinan mediante los siguientes indicadores: el Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) o (MTTR); el Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) o (MFBF) y el Índice de roturas (averías) (Ir),

El (TPPR) es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado; es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño. El (TMEF)se utiliza para los equipos que son reparables, el cual indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento "fallo". Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. El (Ir)consiste en un análisis técnico de las averías producidas es una de las fases más importantes de la gestión del mantenimiento. Se trata de no conformarse con mantener las máquinas funcionando, sino que hay que buscar la mejora continua: mejorar la fiabilidad, aumentar la disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento. Los métodos usados para fijar la política de mantenimiento son insuficientes, por sí mismos para asegurar la mejora continua en mantenimiento. Será la experiencia quién nos mostrará desviaciones respecto a los resultados previstos. Por tal motivo se impone establecer una estrategia que, además de corregir las citadas desviaciones, asegure que todos los involucrados en el proceso de mantenimiento se impliquen en la mejora continua del mismo.

Desde este punto de vista el análisis de averías se podría definir como el conjunto de actividades de investigación que, aplicadas sistemáticamente, trata de identificar las causas de las averías y establecer un plan que permita su eliminación. Se trata, por tanto, de no conformarse con devolver a los equipos a su estado de buen funcionamiento tras la avería, sino de identificar la causa raíz para evitar, si es posible, su repetición. Si ello no es posible se tratará de disminuir la frecuencia de la citada avería o la detección precoz de la misma de manera que las consecuencias sean tolerables o simplemente podamos mantenerla controlada. El fin último sería mejorar la fiabilidad, aumentar la disponibilidad y reducir los costos. El análisis y control sistemático del índice de averías, su mejora continua y tendencia a minimizarlas, se ha mostrado como una de las metodologías más eficaces para mejorar los resultados del mantenimiento.

Por todo lo antes expuesto el objetivo de la presente investigación es la determinación los principales indicadores de confiabilidad de la fábrica productora de piensos “Rómulo Padrón” ubicada en el Municipio de Jaruco.

# **Metodología.**

Las investigaciones experimentales se realizan en las condiciones de la Unidad Empresarial de Base(UEB) fábrica de pienso **“**Rómulo Padrón” del Municipio Jaruco en la provincia Mayabeque, Cuba.

El período de observación fue desde febrero de 2017 hasta el 30 de abril de 2018, para un total de horas de trabajo de la fábrica de 5 460 h, durante éste tiempo se tuvieron en cuenta todas Órdenes de Trabajo según el modelo RMI-OT-01 (MINDUS, 2016) y recopilándose la información en un modelo de foto-cronometraje (NC 34-37:2003) que recoge de forma general: el número de fallos de forma consecutiva, el trabajo útil entre fallos, el sistema-conjunto-pieza que falla, la causa-efecto del fallo, calificación del operador, cómo se repara, si se desecha o no la pieza, el tiempo de recuperación de la capacidad de trabajo teniendo en cuenta desmontaje-reparación-montaje, el tipo de mantenimiento técnico efectuado especificando y el personal que lo realiza.

## Determinación de la productividad de la fábrica.

Para la determinación de la productividad de la fábrica se emplea la metodología definida en la NC 34-37:2003.

La productividad (W1) se determinó por la siguiente expresión:

*W1= Q/T1*, *t/h (1)*

Donde:

*Q* -cantidad de masa procesada durante el trabajo de la fábrica, *t*;

T1 -tiempo de trabajo limpio, h.

El tiempo limpio de trabajo total transcurrido en el cual la fábrica conserva, dosifica y no cambia el objeto de trabajo, cuando todos los conjuntos de trabajo principales se encuentran bajo carga y se logra una producción continua.

**Indicadores de confiabilidad**

**Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)**

$MTTR=\frac{Nha}{Na}$ (2)

donde:

Nha-número de horas de paro por averías, h;

 Na-número de averías.

**Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF)**

$MFBF=\frac{Nht}{Na}$ (3)

donde:

Nht-número de horas total durante todo el período analizado, h.

**Índice de roturas (averías) (Ir)**

$Ir=\frac{Nha}{Nha+Tto}x100$ , % (4)

donde:

Tto-tiempo total de operación, h.

# **Resultados y discusión**

## Caracterización de la unidad productiva Rómulo Padrón.

La Unidad Empresarial de Base (UEB) Rómulo Padrón o Fábrica de Piensos cuenta una tecnología española, se encuentra ubicada entre los 23° de latitud norte y los 82° de longitud oeste, subordinada a la Empresa de Piensos Occidente. Cuenta con un plan de mantenimiento anual en el que se realizan mantenimientos parciales y generales dependiendo del tiempo en días y teniéndose en cuenta los requisitos a efectuar para sus reparaciones. En la **figura 1** se muestra el esquema tecnológico del proceso de producción.

**Recepción de la materia prima**

Control de calidad

Silos o en almacenes (sacos, a granel)

Almacenamiento

**Etapa de producción**

Se encuentran los eslabones principales

Molinado

Mezclado

**Comercialización**

Molinos de martillos

Sinfin horizontal de acción continúa

Pesaje, control de materias extrañas

**Figura 1.** El esquema tecnológico y las etapas del proceso de la UEB Rómulo Padrón.

### 3.Resultados y d

### **Proceso de producción en la UEB Rómulo Padrón.**

La UEB Rómulo Padrón al igual que otras fábricas o empresas separan su proceso de producción en tres etapas (Recepción de la Materia Prima, Producción y Comercialización) para poder evaluar, controlar y manejar todo el proceso con la mayor organización y el control de los errores.

**1era etapa:** La materia prima (maíz, soya, etc.) es transportada en camiones a granel desde el puerto, al llegar a la fábrica pasa directamente al área de control del peso y luego pasa al área de recepción donde se voltea hacia una tolva a nivel del suelo, la cual cuenta en el fondo con un transportador sinfín que lleva el material hacia un elevador de canjilón (1 o noria principal) que lo traslada hacia un sinfín hasta los silos. Posteriormente a partir de esos silos y mediante un transportador de canjilón (1) se conduce el material hacia un transportador sinfín y mediante éste hacia los tanques elevados o depósitos de 10 t de capacidad que se encuentran en el área de producción. Por otra parte están los medicamentos, y otros ingredientes que se emplean en los piensos. En caso del calcio se recepciona y se almacena a granel, el camión después del pesaje va directo al área de depósito de calcio y lo voltea. Los medicamentos como la ampliada, fosfato y otros, llegan en sacos sellados los que son almacenados en el almacén central. A la salida del almacén existe una mezcladora en la que se preparan los ingredientes que se suministran en la receta de cada pienso.

**2da etapa:** En esta etapa se encuentran los procesos más importantes en toda la producción que son el molinado y el mezclado. En la UEB existen dos líneas de producción (L1, L2), las cuales cuentan con las mismas tecnologías y los mismos equipos pero en diferentes posiciones. En los molinos se destruye el material, luego mediante un elevador de canjilón (3) lo eleva hacia un depósito que se encuentra a la entrada de la mezcladora. Luego de haber molido todo la materia se pasa al mezclado, se abre este depósito y se vierten los otros componentes de la receta por la boca de la mezcladora. Después del mesclado (4 a 5 min) para los piensos normales y a los vitaminados 6 min, y mediante un transportador sinfín y otro elevador de canjilón (4) se lleva el producto terminado hacia un deposito general que es desde donde se traslada hacia el despacho por un transportador sinfín hacia el camión directamente a granel por la toma de descarga o hacia la ensacadora. A la salida de la toma de descarga se toma una muestra de producto terminado para que el laboratorio de calidad determine que está listo para comercializarse y cumple con las características zootécnicas del pienso.

## Productividad de la fábrica de piensos

La UEB tiene la posibilidad de producir 19,2 toneladas métricas de piensos por hora de trabajo limpio, la misma se ve afectada de forma general en cada turno de trabajo por: falta de desinfectantes para la protección de la bioseguridad; fallas de fluido eléctrico; fallas de transporte por parte de los clientes; falta de materia prima (maíz, soya, aceite u otros); roturas imprevistas y por la poca capacidad de ensilaje, pues solo se encuentran habilitados 3 silos de los 8 que existen. Todo ello genera una pérdida de producción durante el periodo de observación de 11 251,2 t de ellas aproximadamente el 63% se deben a roturas de la fábrica.

**Resultados de los indicadores de confiabilidad**

Como resultado de los indicadores de la fábrica en el periodo estudiado se obtuvo que el Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) un valor de 2.36 h/averías, en cuanto al Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) un valor de 64 h y el Índice de Roturas (averías) (Ir) fue de 5.78 %.

Entre los conjuntos de mayor índice de rotura se encuentran la noria principal con 1,43 %, los molinos (Li-L2) 6,08 y 5,70 % respectivamente y las mezcladoras (L1-L2) con 0,65 y 0,64% respectivamente; en la **tabla 1** aparecen los indicadores de confiabilidad de los nueve conjuntos que más fallan.

Por otro lado en la **tabla 2** aparecen los indicadores de confiabilidad de las 16 piezas que más fallan durante el periodo de observación entre los cuales se destacan las cribas de los molinos, los rodamientos, las cadenas y las correas.

**Tabla 1** Indicadores de confiabilidad de los conjuntos que más fallan

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Conjunto | TPPR (h/averías) | TMEF (h) | Ir(%) |
|  | Noria principal | 2,65 | 823,5 | 1,43 |
|  | Sinfin mesclador L1 | 4 | 736 | 0,54 |
|  | Sinfin mesclador L2 | 3 | 408,11 | 0,72 |
|  | Molino L1 | 2,47 | 38,18 | 6,08 |
|  | Molino L2 | 2,70 | 44,73 | 5,70 |
|  | Mezcladora L1 | 2.4 | 367.6 | 0.65 |
|  | Mezcladora L2 | 3.6 | 366.4 | 0.94 |
|  | Transportador canjilón de producto terminado L1 | 1.6 | 615.0 | 0.27 |
|  | Reductor de Sinfín carga camiones L-1 | 3.42 | 525.14 | 0.65 |

**Tabla 2** Indicadores de confiabilidad de las piezas que más fallan

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Pieza | TPPR (h/averías) | TMEF (h) | Ir  (%) |
|  | Cojinete de fricción Ec7071 | 5,33 | 1 228.25 | 0,43 |
|  | Rodamiento 71-210 | 3 | 1 847.65 | 0,16 |
|  | Criba 5 mm | 2 | 76,72 | 4,61 |
|  | Criba 6 mm | 2,41 | 116,93 | 2,02 |
|  | Martillos de los Molinos | 4,42 | 171,76 | 0,51 |
|  | Rodamiento 1313K | 4,08 | 304,25 | 1,32 |
|  | Rodamiento 6206 | 2.88 | 459.6 | 0.62 |
|  | Rodamiento 6208 | 4 | 524.5 | 0.76 |
|  | Cadena RC80 | 1.8 | 738.2 | 0.24 |
|  | Rodamiento 6309 | 3.25 | 921.75 | 0.35 |
|  | Rodamiento 6310 | 3.67 | 1 229.67 | 0.30 |
|  | Correa B-56 | 3.21 | 852.65 | 0.37 |
|  | Correa B-58 | 2.27 | 139,93 | 2.62 |
|  | Correa B-6 | 1.95 | 856.45 | 1.22 |
|  | Correa B-51 | 3.05 | 1 235.12 | 0.38 |
|  | Correa B-66 | 2.5 | 121,93 | 2.05 |

El Tiempo Promedio para Reparar una falla o avería se ve afectado fundamentalmente por la poca

capacitación de los operadores y del personal de mantenimiento, la falta de instrumentos de medición, herramientas de trabajo así como por el déficit de dispositivos para el arme y desarme de los equipos y conjuntos.

#

# **Conclusiones**

1. La productividad de la fábrica es de 19,2 t/h de tiempo de trabajo limpio.
2. La cantidad de toneladas dejadas de producir por paradas de la fábrica durante el periodo de observación es de 11 251,2 t, de ellas aproximadamente el 63% se deben a roturas de la fábrica.
3. El Tiempo Promedio para Reparar alcanzo un valor de 2.36 h/averías, en cuanto al Tiempo Promedio entre Fallos fue de 64 h y el Índice de Roturas promedio fue de 5.78 %.
4. Entre los conjuntos de mayor índice de rotura se encuentran la noria principal con 1,43 %, los molinos de las líneas 1 y 2 con 6,08 y 5,70 % respectivamente y las mezcladoras de ambas líneas con valores de 0,65 y 0,64% respectivamente
5. Las piezas que más fallan durante el periodo de observación se encuentran las cribas de los molinos, los rodamientos, las cadenas y las correas.

# **Referencias Bibliográficas**

1. FAO e IFIF. 2014. Buenas prácticas para la industria de piensos – Implementación del Código de Prácticas Sobre Buena Alimentación Animal. Manual FAO de producción y sanidad animal. No 9. Roma.
2. Mata, F. L. (2017). *Propuesta de la política de mantenimiento de la planta beneficiadora de semillas Noel Rodríguez*. Tesis de Maestría. Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez, Facultad de Ciencias Técnicas, Cuba, Universidad Politécnica Territorial José Antonio Anzoátegui.
3. Duffuaa S, Raouf A. Planning and control of maintenance systems. London: Springer – Verlag; 2015.
4. Duran J. Operational reliability: essential in productivity assurance [Internet]. México: TPMonLine.com; 2011. Recuperado de: http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE/articles\_on\_total\_productive\_maintenance/reliabil ity/operationalreliability.
5. Meeker W; Escobar L. Statistical Methods for Reliability Data. USA: John Wiley & Sons; 1998
6. Torres L. Mantenimiento. Su implementación y Gestión. 2nd ed. Argentina: Universitas; 2005.
7. Meeker W, Escobar L. Reliability. USA: John Wiley & Son; 2002.
8. NC 92-31:81. Fiabilidad, control de la calidad, cálculo de los índices de fiabilidad de los artículos industriales. CEN. (La Habana), aprobada 1981, vigente 1982.
9. NC 34-37:2003. Metodología para la evaluación tecnológica explotativa Máquinas Agropecuarias y Forestales. Máquinas Agrícolas CEN (La Habana), aprobada 2003.
10. Ministerio de Industrias (MINDUS). Manual del sistema de gestión de mantenimiento industrial cubano, 2016.