

Vol. 10 N° 1 • enero - junio 2020



## PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EMPLEANDO TERMOGRAFÍA PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE DESINFECTANTES

(Predictive maintenance plan using thermography for a production line of a disinfectant company)

<sup>1</sup>Ángel Piñeiro, <sup>2</sup>Leonar Socarras

<sup>1</sup>I.U.P. Santiago Mariño, Maracaibo, Zulia.

<sup>2</sup>Instituto Educativo Manuel German Cuello, Valledupar. Colombia

<sup>1</sup>angelpineiro22@gmail.com, <sup>2</sup>lsocarrasm@gmail.com

### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal desarrollar un plan de mantenimiento predictivo empleando termografía para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, con el fin de diagnosticar la condición actual del funcionamiento de los motores eléctricos, identificar las fallas del mantenimiento predictivo, determinar la confiabilidad de los equipos asociados, establecer las rutas y los puntos críticos de medición de equipos, pronosticar los puntos posibles de fallas, para finalmente ejecutar una serie de inspecciones termográficas para la línea de producción. De esta forma el estudio se basó en teorías de autores como Duffua (2008), Hernández (2010), Moubray (2007), Perozo (2008), Manual del Ingeniero (2009), Manara (2011), entre otros. Se consideró proyecto factible de tipo aplicado, descriptiva, de campo; los sujetos considerados para esta investigación quedaron constituidos por nueve (9) sujetos que laboran en el Departamento de Producción de manera indirecta, así como una unidad de análisis representada por los motores de la línea de producción, contando con la aplicación de entrevistas abiertas y la observación directa. Concluyendo que los valores de temperatura no son tan significativos como se esperaban, y que los incrementos en temperatura son productos del entorno mas no originados por la maquinaria, tomando en consideración algunos equipos que si requieren esta proyección de mantenimiento respectivamente.

**Palabras clave:** Mantenimiento Predictivo, Termografía, Línea de producción.

### ABSTRACT

The main objective of this research was to develop a predictive maintenance plan using thermography for the production line of a disinfectant company, in order to diagnose the current condition of the operation of electric motors, identify the failures of predictive maintenance, determine the reliability of the associated equipment, establishing the routes and critical points for measuring equipment, forecasting the possible points of failure, and finally carrying out a series of thermographic inspections for the production line. Thus, the study was based on theories of authors such as Duffua (2008), Hernández (2010), Moubray (2007), Perozo (2008), Manual del Ingeniero (2009), Manara (2011), among others. A feasible project of the applied, descriptive, field type was considered; the subjects considered for this investigation were made up of nine (9) subjects who work in the Production Department indirectly, as well as an analysis unit represented by the engines of the production line, with the application of open interviews and the direct observation. Concluding that the temperature values are not as significant as expected, and that the increases in temperature are products of the environment but not caused by the machinery, taking into account some equipment that does require this maintenance projection, respectively.

**Keywords:** Predictive Maintenance, Thermography, Production line.

## INTRODUCCIÓN

Bajo un oscuro panorama en cuanto a la industrialización y manutención de equipos de producción en los diversos rubros de primera necesidad se encuentra inmersa Venezuela; donde la imperativa necesidad de redimensionar las empresas implica ejecutar mantenimientos, que permitan enfrentar nuevos retos y oportunidades que conlleven al mejoramiento de los procesos productivos. Básicamente, este es el objetivo principal del mantenimiento; asegurar la competitividad de la empresa garantizando la confiabilidad y disponibilidad planeada de la función deseada, a la vez que satisfaga todos los requisitos del sistema de calidad, que cumpla con las normas de seguridad, así como de medio ambiente, permitiendo que maximice el beneficio global.

Ahora bien, en Venezuela, de manera generalizada las filosofías predictivas se aplican en la maquinaria crítica en aquellas plantas que cuentan con una gestión optimizada de sus activos. El mantenimiento predictivo optimiza al mantenimiento preventivo determinando el momento preciso para cada intervención en los activos industriales, evaluando así el estado de la maquinaria y recomendando intervenir o no, lo cual produce grandes ahorros a las industrias.

Dentro de este contexto, la tecnología termográfica se ha convertido en una de las herramientas de diagnóstico más valiosas para el mantenimiento predictivo. Debido a que con esta técnica aplicando un termógrafo es posible detectar anomalías que no suelen ser visibles a simple vista debido a su naturaleza de origen térmico, la termografía permite identificar las zonas o puntos críticos donde se debe concentrar el estudio para realizar las correcciones antes de que se produzcan costosos fallos en el sistema.

Sobre la base de lo anteriormente expuesto, el mantenimiento preventivo se crea con la idea de prever, así como de anticiparse a los fallos de las máquinas, equipos, vehículos, entre otros, utilizando para ello tecnología termográfica, así como una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive sus distintas partes. Bajo esa premisa, se diseñan los planes o programas, con frecuencias calendario o usos del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones, que se considere importante realizar para evitar fallos.

Cabe resaltar, que en el Estado Zulia, específicamente en la ciudad de Maracaibo, Municipio Maracaibo, se encuentra la empresa Corporación Brix C.A, organización del ramo productivo que dentro de, la cual entre sus funciones principales destacan, fabricar y distribuir todo tipo de productos de limpieza; entre ellos pueden mencionarse, desinfectantes con diferentes aromas, cloro, pulimentos para pisos, diversos tipos de jabones, desengrasantes industriales, entre otros, utilizados en los hogares e incluso a nivel industrial para el mantenimiento de las empresas.

Ahora bien, dentro de la Corporación Brix C.A., se encuentra la planta de producción, la cual posee tres (3) líneas de producción, donde actualmente una de esas presenta síntomas de fallas en sus equipos e instrumentos, basados principalmente en la elevación precipitada de la temperatura en puntos críticos y a la vez representan puntos de suma importancia dentro de dicha línea, entre los que se puede mencionar principalmente el área de rosado de tapas de los envases y el área de bombas que surten a los inyectores de llenado.

Lo anterior, es debido a la falta de mantenimiento en los mismos, así como también a la ausencia de capacitación al momento de ejecutar los planes preventivos que hacen vida en la empresa, ocasionando de esta manera averías en los mecanismos y retrasando el proceso para la línea de producción de cloro, desinfectantes y desengrasantes, con una disminución de la fabricación en ciertas áreas, que según indica la Corporación Brix C.A., puede traducirse en un 17.03 por ciento de pérdidas para la empresa.

Por las consideraciones anteriores, surge la necesidad de un plan para la total aplicación, con el objeto de pronosticar el punto futuro de falla, como lo define, Perozo (2008), un mantenimiento predictivo es donde un componente pueda reemplazarse con base a un plan, justo antes de que falle, esto permite detectar en el momento oportuno el deterioro de las piezas del equipo y así evitar paradas de plantas repentinas para realizar un mantenimiento mayor.

Por tal razón, esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento predictivo empleando un análisis termográfico a equipos rotativos de la línea de producción, como solución a los problemas presentes para Corporación Brix C.A. Realizar este plan será de gran ayuda, pues permitirá prevenir las fallas que estén por ocurrir en

los mecanismos de la línea, mediante historiales o curvas de funcionamiento del equipo a lo largo del tiempo. De tal manera, se deben realizar inspecciones periódicas a la maquinaria, generalmente con equipo de alta tecnología para determinar el estado en que se encuentran trabajando los elementos.

## METODOLOGÍA

Según Sabino (2008), la investigación es aplicada “si los conocimientos a obtener son insumos necesarios para proceder luego a la acción”. (p. 18). El propósito del trabajo busca la resolución del problema, es decir, los resultados aportados a la investigación implementan técnicas y estrategias para enfrentar y solucionar el problema. De igual manera, el autor mencionado considera la investigación de campo, como aquella que se apoya en informaciones que provienen de entrevistas abiertas, cuestionarios, encuestas y observaciones directas.

Por esta razón, el presente estudio se reconoce como proyecto factible, ya que para el análisis se utilizó como principal fuente de información toda aquella referente al mantenimiento predictivo, específicamente la relacionada a las principales fallas y tiempo de ocurrencia entre las mismas. De igual manera, se considera de tipo aplicada, documental, de campo.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), el tipo de investigación determina el enfoque del estudio influyendo en instrumentos, y hasta la manera de cómo se analizan los datos recaudados. Así, el punto de los tipos de investigación va a constituir un paso importante en la metodología, pues este va a determinar el enfoque del mismo. Así mismo, exponen que la investigación de tipo descriptivo mide o evalúa los diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Se seleccionan una serie de datos y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga.

Por su parte Sabino (2008), plantea que los estudios de tipo descriptivos se concretan en describir las características fundamentales, destacando los elementos esenciales que caracterizan al fenómeno estudiado. Ahora bien, desde el punto de vista científico, la investigación es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes.

La población la define Arias (2010), como un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio. En este sentido, Arias también describe la muestra, como un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. Por tal motivo, la población fue de tipo finita y estuvo conformada nueve (9) sujetos que laboran en el Departamento de Producción de la Corporación Brix, C.A. (ver cuadro 1). De igual manera, para este estudio la unidad de análisis estuvo representada por los motores de la línea de producción de la Corporación Brix, C.A.

**Cuadro 1 Distribución Poblacional**

Áreas de Trabajo	Nº de Personas
Gerente General	1
Gerente de planta	1
Gerente de línea de automatización	1
Ingeniero de producción	1
Obreros	5
Total	9

**Fuente:** Datos suministrados por la empresa Corporación Brix, C.A. (2019)

En el caso de estudio, la población también tiene referencia a la unidad de análisis. Según Hernández (2010), se refiere al contexto, ser o entidad poseedora de la característica, evento, cualidad o variable que se desea estudiar, es decir, es el objeto del cual se desea obtener información. Muchas veces se hace referencia a las unidades de análisis con el nombre de elementos. En este sentido, se puede decir que la unidad de análisis de la presente investigación estuvo conformada por los motores de la línea de producción de la Corporación Brix, C.A., los cuales se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2 Unidad de Análisis**

Motores	Cantidad
Motores marca Leeson	2
Motor magnético vibrador marca FMC technologies. Modelo Syntron	1
Motores eléctricos adicionales para transmisión de movimiento	2
Total	5

**Fuente:** Datos suministrados por la empresa Corporación Brix, C.A. (2019)

Las técnicas de investigación, según Hernández (2010), consisten en registros normativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación directa principalmente y las entrevistas estructuradas o no; para ello, se aborda según el tipo de investigación. En este sentido, consideran la observación directa, como aquella que consiste en interrelaciones directas con el medio y con la gente que lo forman para realizar los estudios de observación de campo.

Al respecto, Arias (2010), define los instrumentos de recolección de datos como cualquier recurso, dispositivos o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar la información. De igual manera, se empleó esta técnica

para validar y establecer las funciones y fallas de los equipos. Por lo tanto, para esta investigación, se utilizó la técnica de observación directa por medio de entrevistas abiertas, también denominadas entrevistas no estructuradas.

## RESULTADOS

A continuación, se describen los distintos indicadores que componen las variaciones de los motores. Seguidamente, se clasifican los componentes por categorías, regidas por principios establecidos, con el objeto de puntualizar las especificaciones técnicas de cada motor, basados en los manuales del fabricante de los motores observados, así como la observación directa y las entrevistas abiertas.

**Cuadro 3 Condición actual del funcionamiento de los motores eléctricos**

<b>MOTORES INDICADORES</b>	<b>Motores marca Leeson</b>	<b>Motor magnético vibrador marca FMC technologies modelo Syntron</b>	<b>Motores eléctricos adicionales para transmisión de movimiento</b>
<b>Temperatura</b>	Sin ninguna lectura que indique sobrecalentamiento, o que sobrepase los estándares de seguridad.	Sin lectura, Fuera de servicio.	Sin ninguna lectura que indique sobrecalentamiento, o que sobrepase los estándares de seguridad.
<b>Consumo de energía</b>	90 voltios – ¼ HP.	115 voltios – 60HZ – 2AMP	110 voltios.
<b>Vibración</b>	Prácticamente nula.		Pequeñas ondas producto del desgaste por uso, que tienden a nulas.
<b>Presión</b>	No posee manejo de presión hidráulica ni neumática”, el mecanismo de funcionamiento o transmisión de movimiento de los mismos se efectúa de forma mecánica, mediante el uso de cojinetes y la forma de alimentación energética se efectúa de forma eléctrica con corriente continua.	No posee manejo de presión hidráulica ni neumática, su funcionamiento está basado de forma mecánica.	Funcionamiento mecánico alimentado por corriente eléctrica, estos motores no manejan fuentes de presión hidráulica ni tampoco neumática.
<b>Velocidad</b>	62 RPM		80 RPM

Los resultados arrojaron una información valiosa que permitió la descripción de la condición actual, así como determinar las fallas presentes en los motores eléctricos para la línea de producción, de esta manera establecer las actividades de mantenimiento preventivo y diseñar el plan de mantenimiento predictivo empleando termografía, para ofrecer una respuesta a los objetivos planteados al inicio del estudio.

En este orden de ideas, en cuanto a los motores marca Leeson: la línea de producción principal maneja dos motores con las mismas características, cabe destacar que de los mismos, uno trabaja de forma continua durante todo el proceso, aproximadamente ocho (8) horas por jornada, y el segundo sobre la misma línea y con las mismas características técnicas lo hace de forma intermitente encendiendo y apagando en aproximadamente un 60 por ciento del tiempo total de operación de la línea. La ubicación de ambos es de forma horizontal al eje de los mismos.

En relación al motor magnético vibrador marca FMC technologies, modelo Syntron: de este modelo de motor solo se encuentra uno en lo que comprende la línea productiva, este está ubicado en el área de tolva de almacenamiento a granel de las tapas plásticas para las unidades de producto final. Su función principal es la de evitar que se aglomeren o amontonen las tapas plásticas y así garantizar que las mismas circulen con total fluidez sobre las líneas de la máquina enroscadora, su función no es de vital importancia para el proceso productivo, tan solo es necesario la supervisión del operador para sustituir esta labor, tomando en cuenta que esta última no es la condición ideal.

Así mismo, en cuanto a los motores eléctricos adicionales para transmisión de movimiento: como complemento a la línea principal de producción de desinfectantes se encuentran el área de roscado y el área de disposición final de la línea, en el área de roscado se encuentra ubicado un motor eléctrico cuya finalidad es la de alimentar el movimiento de un arreglo de ejes y piñones que mueven los rodillos de roscado y las bandas de goma para el ajuste de las botellas plásticas, este es alimentado por una corriente de 110V y transmite un movimiento mecánico en forma angular, su funcionamiento es continuo e ininterrumpido durante todo el proceso, la ubicación del mismo es de forma horizontal al de su eje de trabajo.

También, existe otro motor eléctrico dentro de

estas especificaciones y con características similares, que se encuentra ubicado en el área de disposición final del proceso, su función es la de imprimir movimiento en forma angular para que mediante un arreglo de plataforma se vaya disponiendo el producto final para su retiro de la línea de producción, su condición de trabajo es mucho más sencilla, ya que su eje solo va conectado a una plataforma para imprimirle el movimiento de giro, su condición de trabajo es de forma perpendicular.

### Análisis de fallas y confiabilidad

Después de haber realizado la identificación de las fallas del mantenimiento predictivo para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, se determina la confiabilidad de los equipos asociados, en función del tercer objetivo del estudio, con el objeto de desarrollar un plan de mantenimiento predictivo empleando termografía.

En relación a lo anterior, para determinar la mantenibilidad de los equipos asociados para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, se realizaron unas ecuaciones con el programa Excel de office 2010, con el objeto presentar la cantidad de parada por tipo de unidad, determinando la parada de planta por tipo. Así mismo, la duración de paradas por minuto, generando el tiempo de ocio en minutos para determinar la parada por tiempo, y así determinar la disponibilidad en la línea de producción. (Ver cuadros 10 y 11).

1 día laboral equivale a 8 horas reloj

1 hora reloj equivale a 60 minutos

Si la duración total de paradas de planta fue de 1745 minutos (mes de abril del año 2015), esto equivale a:

$$\frac{1 \text{ hora reloj}}{x} \rightarrow \frac{60 \text{ minutos}}{1745 \text{ minutos}}$$

= 29,08 horas totales de parada dentro del periodo mencionado

$$\frac{1 \text{ día}}{x} \rightarrow \frac{8 \text{ horas laborales}}{29,08 \text{ horas}} = 3,6 \approx 4 \text{ días de parada (mantenibilidad)}$$

Por lo anterior, si el periodo mensual de labores está comprendido en 20 días hábiles laborales y se le restan los 4 días de parada por diversas razones (expuestas en los cuadros 10 y 11) entonces se tiene un total de 16 días de disponibilidad de la línea de producción, por lo tanto, los equipos son confiables.

**Cuadro 4 Número de paradas (Mantenibilidad)**

$\text{número} / \Sigma \text{total} * 100 = \%$	Cantidad de parada por Tipo (unidad)	Número	$\rightarrow 3/15 * 100 = 20\% \rightarrow$  <b>número de paradas (MANTENIBILIDAD)</b>	Parada de planta por tipo	%
	Mantenimiento	3		Mantenimiento	20
	Operaciones	2		Operaciones	13
	Calidad	1		Calidad	7
	Seguridad	0		Seguridad	0
	Despacho	2		Despacho	13
	Administración	0		Administración	0
	Fuerza Mayor	4		Fuerza Mayor	27
	Preparación	3		Preparación	20
		$\Sigma 15$			$\Sigma 100$

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

**Cuadro 5 Tiempo de ocio en minutos (Mantenibilidad)**

$\text{minutos} / \Sigma \text{total} * 100 = \%$	Duración de paradas por minuto	Minutos	$\rightarrow 530/1745 * 100 = 30\% \rightarrow$  <b>tiempo de ocio en minutos (MANTENIBILIDAD)</b>	Parada por Tiempo	%
	Mantenimiento	530		Mantenimiento	30
	Operaciones	105		Operaciones	6
	Calidad	60		Calidad	3
	Seguridad	0		Seguridad	0
	Despacho	180		Despacho	10
	Administración	0		Administración	0
	Fuerza Mayor	480		Fuerza Mayor	28
	Preparación	390		Preparación	22
		$\Sigma 1745$			$\Sigma 99$

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

Dentro de este contexto, para comenzar evaluando en función de la severidad de la frecuencia de fallas, se comenzó por determinar la mantenibilidad de los componentes, para luego determinar la confiabilidad y probabilidad de falla en general, pasando de un periodo infantil a uno de mortalidad, donde se analizaron las distintas fallas, pero

en especial las relacionadas y sus tiempos con el sistema de velocidades del conjunto motor electro-mecánico y térmico, zonas donde se generan picos o posibles alzas o bajas de temperatura respectivamente. De acuerdo a las confiabilidades individuales de los equipos asociados, se observa: (Ver cuadro 6).

**Cuadro 6 Resumen de confiabilidad de los equipos asociados**

Compresor			
Confiabilidad	14%	Mantenibilidad	100%
Componente	Confiabilidad	Mantenibilidad	Etapa
Rodamientos	60.21%	50.56%	Normal
Poleas	0%	100%	Normal
Cables	70.78%	35.38%	Desgaste

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

Una vez que se determinó el análisis de confiabilidad y mantenibilidad por pieza acorde a las teorías de Duffua (2008), se determina la rata de falla de los equipos asociados y sus componentes, para ello se definió la siguiente ecuación que describe la

relación entre los eventos de fallas con respecto a los tiempos de operación:

Según el historial de fallas de los equipos asociados, se tiene la rata de falla general:

$$\lambda = \frac{\text{Numero de fallo}}{\text{Horas de Operacion de la unidad}}$$

- Tiempo de operación: 3 meses (Duración de las pruebas) que equivalen a 2016 Horas

- Tiempos de parada total: 1600 horas (aproximadamente)

Número total de horas de operación de la unidad: 2016 horas – 1600 horas= 416 horas

$$\lambda = \frac{40 \text{ Fallas (Componentes criticos)}}{416 \text{ horas operacion}} = 0.0961 \text{ fallas/horas}$$

De la misma manera, se realizó para los demás componentes críticos. Todos estos resultados se tabularon en el siguiente cuadro, el cual describe los componentes y sus ratas de fallas individuales para un tiempo de operación variante de acuerdo a la falla por sistema individual, donde se obtuvieron: (Ver cuadro 7).

**Cuadro 7 Resumen de ratas de fallas y sus componentes críticos**

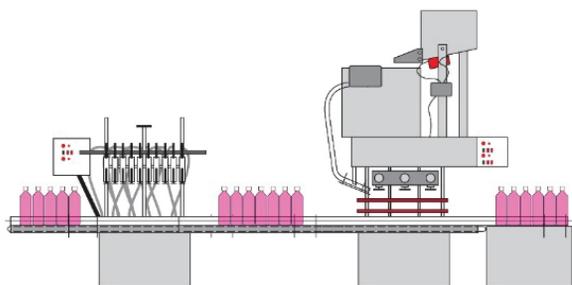
Compresor			
Rata de falla	0.0961 fallas/horas		
Componente	Número de fallo	Horas de operación	Rata de falla
Rodamientos	2	1992	0.00100
Poleas	1	1998	0.00050
Cables	15	1896	0.007911

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

### Rutas y puntos críticos

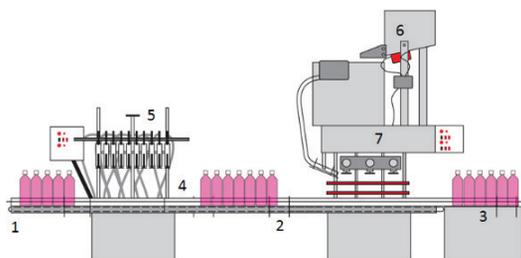
Se presentan a continuación tres (3) figuras que representan: la línea de producción de la empresa Corporación Brix, C.A. y sus componentes (Ver figura 1), los puntos de medición (Ver figura 2) y las rutas críticas (ver figura 3).

**Figura 1. Línea de producción de la empresa Corporación Brix, C.A.**



Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

**Figura 2. Puntos de medición de la línea de producción de la empresa Corporación Brix, C.A.**



Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

1. Motor eléctrico transmisor de movimiento para la banda transportadora de botellas número 1.
2. Motor eléctrico transmisor de movimiento para la banda transportadora de botellas número 2.
3. Motor eléctrico transmisor de movimiento para la bandeja circular de disposición final.
4. Bomba surtidora de producto a los inyectores de llenado.
5. Inyectores de llenado.
6. Motor vibrador de tolva de almacenamiento de tapas.
7. Tren de mecanismos de máquina de roscado de tapas.

En función de las figuras señaladas anteriormente, se puede establecer que fue necesario conocer los puntos principales para clasificarlos según su importancia, estudiándolos de forma directa, evaluando las mediciones termográficas, a través de inspecciones visuales para obtener resultados lógicos y reales en cuanto a los puntos de medición y las rutas críticas de la línea de producción de la empresa de desinfectantes Corporación Brix, C.A.

### Pronóstico de los puntos posibles de fallas para la línea de producción de una empresa de desinfectantes

Se hizo necesario establecer las frecuencias de monitoreo de mantenimiento a los rodamientos, cojinetes y ejes, determinando los niveles críticos de los componentes del sistema mecánico conforma-

do por poleas, cables o conductores eléctricos y los rodamientos.

En este sentido, los niveles fueron determinados por normas en cada área que están establecidas y cumplidas por los fabricantes. A continuación, se

muestra en el cuadro 8 los niveles de peligrosidad en los componentes críticos para la línea de producción en una empresa de desinfectantes, entre los cuales se encuentra la determinación de los niveles de alarma para cada uno de los mismos:

**Cuadro 8 Niveles de alarma**

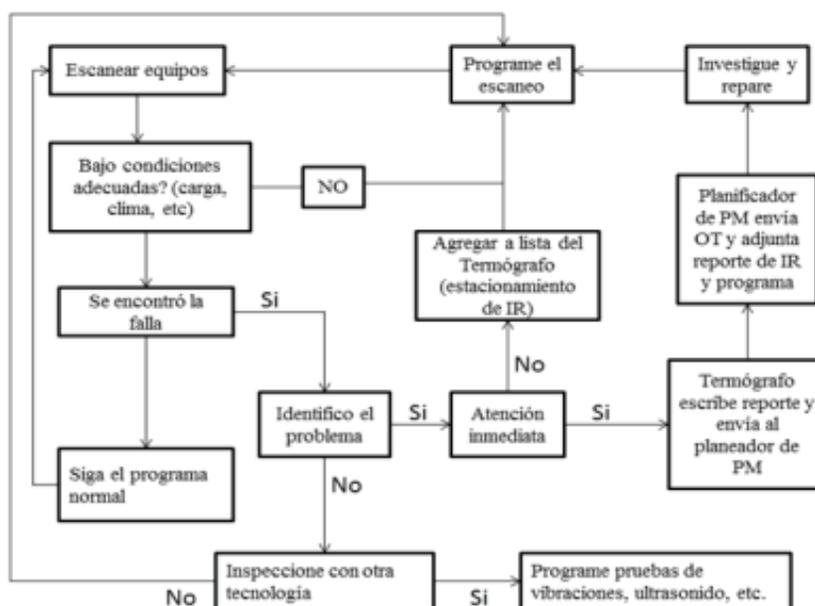
Componente	Sistema	Alarma Inferior	Alarma Superior	Normativa
Rodamientos	Mecánico	20°C	100°C	SKF*
Poleas		20°C	40°C	ASTM**
Cables eléctricos	Eléctrico	15°C	100°C	COVENIN***
Observaciones	Las normas utilizadas * SKF: Norma de rodamiento (norma ISO 492) (norma DIN 69051) ** ASTM: American Society of Testing Materials *** COVENIN 200:1999.			

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

En referencia a los componentes críticos y a los sentidos de medición para el conjunto de temperaturas de las partes electro-mecánicas de esta investigación, es importante determinar la frecuencia de las inspecciones para el establecimiento del plan de mantenimiento predictivo a proponer a la empresa, así mismo, mostrar el procedimiento para la predicción de valores futuros. Por otra parte, el proceso de inspección consiste en seguir los pasos con respecto al proceso productivo y los puntos especificados en el plan, inclusive con las limitaciones e influencias de la termografía por infrarrojos.

Es de suma importancia, poseer un procedimiento de las inspecciones termográficas para su aplicación, el siguiente diagrama de flujo (Ver figura 3) es un ejemplo de cómo la termografía puede encajar lógicamente en un programa de mantenimiento que incluye otras tecnologías de Mantenimiento Predictivo. Seguidamente, en el cuadro 9 se encuentran los niveles de certificación para termógrafos con sus respectivos niveles y sus conocimientos a los que se enfocan éstos.

**Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de inspección termográfico**



Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

**Cuadro 9 Niveles de certificación de termógrafos**

NIVELES DE CERTIFICACIÓN DE TERMÓGRAFO	
NIVEL 1	Está enfocado a la termografía cualitativa (interpretación de imágenes térmicas, sin análisis de las temperaturas) y realización de reportes
NIVEL 2	Está enfocado a la termografía cuantitativa, correcta medición de las temperaturas y la correcta evaluación de la severidad de los problemas en instalaciones y equipos eléctricos, mecánicos y edificación
NIVEL 3	Está enfocado a la administración de un programa de los procedimientos de trabajo termográfico, conocimiento de otras técnicas de ensayos no destructivos y a la formación

Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A

Dentro de este contexto, se pudo constatar que no existe un sobrecalentamiento de los equipos asociados, dentro de la empresa Corporación

Brix, C.A., las máquinas se adaptan a la temperatura del ambiente, el cual tiende a refrescarse por medio de los ventiladores dentro del área de la línea de producción. En este sentido, se realizó una comparación de la temperatura del techo de zinc que ronda los 38 grados centígrados con la del ambiente, la cual es de 34 grados centígrados aproximadamente.

A su vez, se tomó la temperatura de los alrededores de los ventiladores aéreos, la cual es la misma del ambiente, y se comparó con las tomadas de la superficie de las máquinas, observándose que en términos prácticos es la misma, es decir, en los equipos se iguala la temperatura que generan los ventiladores, de igual manera se evidenció que la temperatura promedio de la carcasa inferior del espacio de trabajo donde casi no llega la ráfaga de viento que le imprime el ventilador, es la única que sobrepasa la temperatura que ronda el sistema de ventilación. (Ver cuadros 10 y 11), (Ver figura 4). Así mismo, se presenta una gráfica de temperatura Vs tiempo en minutos, representando el comportamiento de las temperaturas (Ver gráfica 1).

**Cuadro 10 Temperatura del área**

Horario de encendido de la maquinaria	8:00am
Temperatura interna promedio del cajón*	34°
Temperatura de los rodillos	33,5°
Temperatura de techo del área	38,4°
Temperatura de ventilador más cercano	32,6 @ 34,1°
Temperatura de ventilador número 2	34°

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

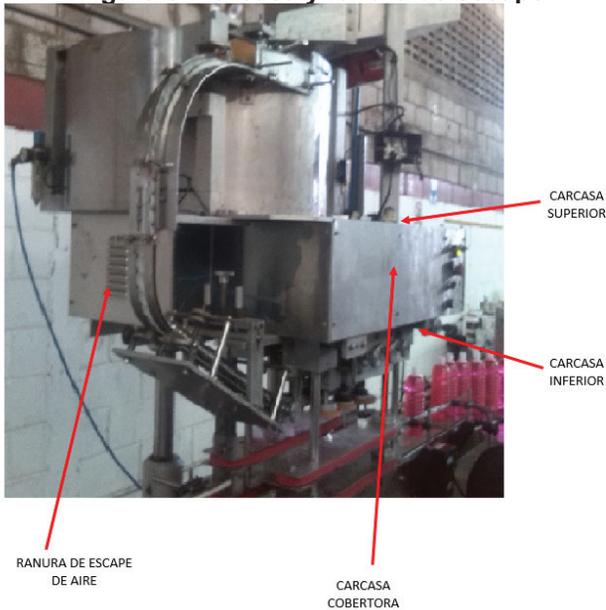
\* Todas las medidas de temperatura se encuentran en centígrados.

**Cuadro 11 Temperatura promedio**

HORA (A.M)	CARCASA COBERTORA	AMBIENTE	RANURA DE ESCAPE	CARCASA INFERIOR	CARCASA SUPERIOR
10:10	32,3	31,8	35,8		
10:20	31,7	32,2	34,3	38,7	36,1
10:30	32	31,2	33,6	34	34
10:40	32,7	31,1	34	35	36
10:50	31,3	31,7	33,4	35	35
Promedio	32	31,6	34,22	35,7	35,3

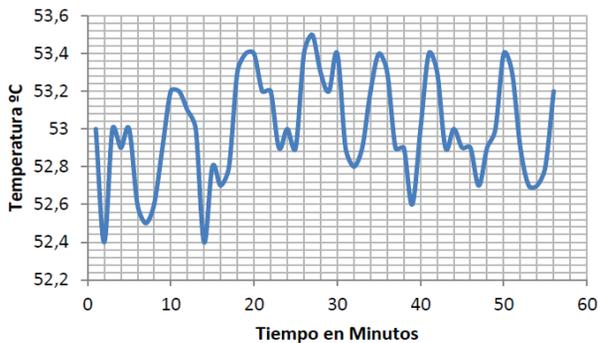
Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

Figura 5. Carcasa y ranura de escape.



Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

Gráfica 1. Comportamiento de las temperaturas.



$$A = -\ln 1 - e^{-\lambda} = -\ln 1 - e^{-0,002863} = 5.8573$$

$$C = \frac{C_i}{C_f} = \frac{\$200}{\$20000} = \frac{2312Bs/hora}{231200 Bs/hora} = 0.01$$

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

En este sentido, se llevaron a cabo las mediciones termográficas como tal, se debió haber tomado en cuenta cada uno de los siete puntos críticos indicados en el objetivo anterior pero luego de verificar que de los siete puntos señalados, seis de ellos eran de variaciones despreciables y tan sólo uno era de valores representativos como lo es el caso del punto denominado con el número 7 (motor de la máquina roscadora de tapas) se basa el estudio termográfico en dicho punto y se señalan los resultados de forma gráfica, relacionando la temperatura vs el tiempo.

Fallas que puede ser detectadas: 5 fallas por pico.

$$F = \frac{F_i}{\lambda} = \frac{5 \text{ Falla por inspeccion}}{0,002863 \text{ fallas/horas}} = 1746.4198 \text{ horas/inspeccion}$$

$$I = C \times F \times A = 0,01 \times 1746.4197 \times 6.9082 = 120.6461 \text{ horas/inspeccion}$$

$$f = \frac{1}{120.6461 \text{ horas/inspecciones}} = 0.008288 \text{ Inspecciones/Hora}$$

Teniendo en cuenta las relaciones de equivalencia entre días, meses y años, se tiene:

$$1 \text{ año} \rightarrow 12 \text{ meses}$$

$$1 \text{ año} \rightarrow 8640 \text{ horas}$$

$$1 \text{ mes} \rightarrow 4 \text{ semanas}$$

$$f \approx 6 \text{ Inspecciones al mes}$$

$$f \approx 1.5 \text{ Semanas}$$

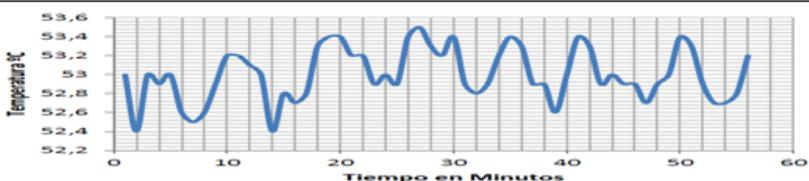
$$f \approx 71 \text{ Inspecciones al año}$$

De la misma manera, se tabularon todos los resultados para los equipos asociados y sus componentes con la finalidad de predecir la cantidad de inspecciones al año para la preservación óptima a lo largo del tiempo de la línea de producción de la empresa de desinfectantes Corporación Brix, C.A.

## PLAN DE MANTENIMIENTO

La justificación de este plan traerá beneficio a la Empresa Corporación Brix, C.A., ya que permitirá controlar y evaluar la línea de producción, manteniéndola operativa de modo eficaz y confiable, garantizando disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad en sus componente asociados, cuando el trabajo las requiere y exija, ofreciendo una rápida y eficaz labor a la empresa, cumpliendo con los objetivos trazados para el desarrollo de esta investigación.

Cuadro 12 Plan de Mantenimiento Predictivo

Prueba Termográfica			Frecuencia de las Inspecciones		Valor/Unidad	Observaciones
	Elaborado por:	Angel Piñeiro	Horas	1 x hora		Verificar la temperatura ambiente de los alrededores para utilizarla como patrón de comparación.
	Revisador por:	Kenneth Rosillón				
	Autorizado por:	Corporación Brix, C.A.				
Equipo Termográfico	AR300+		Días			
Rango	-32°C-400°C		Meses			
ANÁLISIS DE RIESGO			Años			
Alto	Normal	Bajo				
Niveles de Alarma (° C)			Dirección de la mediciones			
Max:	Nominal:	Min:	Directo	Indirecto	Punto Crítico	
50	30	20	x			
Pieza	Motor de Máquina Tapadora	Sistema	Mecánico			
Herramientas		Procedimiento de Medición (Ruta de Medición)				
Trapos Pirómetros Guantes Lentes de Seguridad		1. Establecer la zona de medición. 2. Apuntar fijamente y en movimiento circular el instrumento a lo largo de la superficie uniforme.				
Comportamiento de las temperaturas			<p style="text-align: center;"><b>Gráfico de Control</b></p> 			

Fuente: Piñeiro y Socarras (2019)

## CONCLUSIONES

En función de la condición actual del funcionamiento de los motores eléctricos para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, se logró reconocer y diagnosticar en un principio todos los elementos mecánicos relacionados a la línea de producción, se evaluaron todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la misma, además se observó con detalle la condición actual de cada uno y se comparó según fuera el caso, con los parámetros y estándares de funcionamiento según los dictaran los manuales y especificaciones del fabricante de los mismos.

En relación con las fallas, se encontraron parámetros o líneas puntuales para la detección de fallas que facilitaron identificar rápidamente la existencia de las mismas, estos parámetros se pueden verificar de forma individual según sea el caso de falla que se desea detectar, por ejemplo: en las fallas mecánicas se realizó un estudio visual de las condiciones de los sistemas de transmisión de movimientos como lo son las cadenas de la cinta transportadora, y los motores que alimentan las mismas. Verificándose que a los mismos se expo-

nen al contacto directo con los elementos corrosivos del producto, ocasionando la corrosión de los elementos metálicos y de esta forma ver limitado su funcionalidad dentro de la línea.

En cuanto a la confiabilidad de los equipos asociados para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, se realizó una revisión de los datos obtenidos en estudios periódicos anteriores con lo relacionado a tiempos de trabajo y efectividad de los mismos, alcanzando así determinar los periodos de trabajo efectivo obtenidos de la línea, y de igual manera el periodo de tiempo que se necesitó emplear para que la maquinaria pudiera estar en las condiciones óptimas para su mejor desempeño.

En relación con las rutas y los puntos críticos de medición de equipos para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, fue necesario conocer los puntos de posibles fallas dentro de la línea de estudio, esto permitió concentrarse en los mismos y estudiarlos de forma estricta y directa, evaluando los resultados de las mediciones termográficas e inspecciones visuales, y de igual manera las rutas y secuencias que se debían seguir para obtener resultados lógicos y reales.

En relación a los puntos posibles de fallas para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, se logró desarrollar el estudio a fondo dentro de cada uno de los componentes que conforman la línea de producción y luego de obtener los resultados de la evaluación visual se pudieron observar los puntos de posible falla dentro de la misma.

Finalmente, sobre inspecciones termográficas para la línea de producción de una empresa de desinfectantes, se pudo observar y comprobar las variaciones en temperatura en la línea de producción y en su entorno, se visualizó variaciones en los valores de temperatura que no son tan significativas como se esperaban, y se puede concluir que los incrementos en temperatura son productos del entorno mas no originados por la maquinaria

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias (2010) El proyecto de investigación. Editorial Episteme, 4ta edición en español, Caracas, Venezuela.
- Duffua (2008) Sistemas de Mantenimiento. Editorial Limusa, 2da edición en español. México DF.
- Hernández, Fernández y Baptista (2010). Metodología de la investigación. Editorial Mc Graw Hill, 6ta edición en español. México DF.
- Manual del Ingeniero (2009) Aplicaciones del mantenimiento industrial. Editorial Salesiana, España.
- Manara (2011) Sistemas de mantenimiento industrial. Editorial Salesiana, España.
- Moubray (2007). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Editorial HB en español. 2da Edición, España.
- Perozo (2008) Mantenimiento Industrial. Apuntes de la Catedra. Editorial Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Sabino (2008). El proceso de investigación. Editorial LV, 2da Edición en español, Colombia.