



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR, EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO EN LOS *CHILLERS* UTILIZADOS PARA ENFRIAMIENTO DE INYECTORES  
DE POLÍMEROS, PARA MEJORA CONTINUA**

**Brandon José Velásquez Ordóñez**

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR, EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO EN LOS CHILLERS UTILIZADOS PARA ENFRIAMIENTO DE INYECTORES  
DE POLÍMEROS, PARA MEJORA CONTINUA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**BRANDON JOSÉ VELÁSQUEZ ORDÓÑEZ**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
EXAMINADOR	Ing. Walter Aníbal García Pérez
EXAMINADOR	Ing. Axel Suntecun Castellanos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR, EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS *CHILLERS* UTILIZADOS PARA ENFRIAMIENTO DE INYECTORES DE POLÍMEROS, PARA MEJORA CONTINUA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 7 de febrero de 2017.



**Brandon José Velásquez Ordóñez**

Guatemala 17 de septiembre de 2019

Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Director de la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el estudiante **BRANDON JOSÉ VELÁSQUEZ ORDÓÑEZ**, identificado con el registro académico **201313918** de la carrera **Ingeniería Mecánica industrial**, ha finalizado satisfactoriamente su trabajo de graduación bajo mi asesoría, que lleva por nombre: **"ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR, EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS CHILLERS UTILIZADOS PARA ENFRIAMIENTO DE INYECTORES DE POLÍMEROS, PARA MEJORA CONTINUA"**

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.

  
Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071

.....  
**Carlos Humberto Pérez Rodríguez**  
**Ingeniero Mecánico Industrial**  
**Colegiado No. 3071**



REF.REV.EMI.092.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR, EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS CHILLERS UTILIZADOS PARA ENFRIAMIENTO DE INYECTORES DE POLÍMEROS, PARA MEJORA CONTINUA**, presentado por el estudiante universitario **Brandon José Velásquez Ordóñez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. ~~Nora Leonor Elizabeth García Robar~~  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.193.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor **ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR, EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS CHILLERS UTILIZADOS PARA ENFRIAMIENTO DE INYECTORES DE POLÍMEROS, PARA MEJORA CONTINUA**, presentado por el estudiante universitario **Brandon José Velásquez Ordóñez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas  
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2019.

/mgp



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DEL TIEMPO ESTÁNDAR, EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS CHILLERS UTILIZADOS PARA ENFRIAMIENTO DE INYECTORES DE POLÍMEROS, PARA MEJORA CONTINUA**, presentado por el estudiante universitario: **Brandon José Velásquez Ordóñez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, noviembre de 2019



AACE/asga  
/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por haberme dado la vida, a mis padres, mi familia y mis amigos, que me apoyaron en todo momento, por haberme dado la oportunidad y las fuerzas para lograr esta meta.
- Mis padres** José Efraín Velásquez López y Ericka Zojaida Ordóñez, por haber creído en mí; por todos aquellos regaños y consejos que me formaron para alcanzar esta meta, por su amor incondicional, los amo.
- Mi abuela** América Ordóñez, por su amor incondicional y por enseñarme que las cosas por más difíciles que se vean, nada es imposible. Daría lo que fuera necesario para poder tenerte una vez más, vivirás por siempre en nuestros corazones.
- Familia** Por haberme apoyado y brindado consejos para alcanzar esta meta.
- Usac** Por tener el privilegio de haber estado en la casa de estudios donde se forman los mejores profesionales en las ramas de ingeniería de Guatemala.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Mi asesor**

Por la paciencia, los consejos y las enseñanzas de vida que me brindó durante la elaboración de este trabajo de graduación.

### **Ing. Esdras Miranda**

Por haber creído en mí, por toda la confianza que deposito en mí, por todos aquellos consejos y por el apoyo que me brindó durante mi formación profesional.

### **Catedráticos**

Por haber compartido su conocimiento y experiencia que me ayudaron en mi formación tanto como profesional como persona.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Inicios de la empresa en Guatemala .....	1
1.2. Información general.....	2
1.2.1. Misión .....	2
1.2.2. Visión.....	2
1.2.3. Ubicación .....	3
1.3. Estudio de tiempos .....	3
1.3.1. Definición .....	3
1.3.2. Características.....	4
1.3.3. Método para el estudio de tiempos.....	5
1.4. Mantenimiento .....	6
1.4.1. Definición.....	6
1.4.2. Tipos de mantenimiento .....	6
1.4.3. Características.....	7
1.4.4. Ventajas y desventajas .....	8
1.4.5. Procedimiento.....	9
1.4.6. Costos asociados .....	11
1.5. Polímeros .....	12

1.5.1.	Características .....	12
1.5.2.	Procesos productivos relacionados a polímeros .....	13
1.6.	Inyectores de polímeros .....	14
1.6.1.	Descripción.....	14
1.6.2.	Clasificación .....	15
1.6.3.	Clasificación según su forma.....	17
1.6.4.	Funcionamiento .....	20
1.7.	Dispositivos mecánicos termodinámicos.....	21
1.7.1.	Definición.....	21
1.7.2.	Clases de dispositivos .....	22
1.7.3.	Tipos .....	23
1.7.4.	Funcionamiento .....	24
1.8.	Ciclos de refrigeración.....	25
1.8.1.	Fundamento teórico .....	25
1.8.2.	Tipos de ciclos de refrigeración .....	26
1.9.	Chillers .....	28
1.9.1.	Descripción.....	28
1.9.2.	Tipos .....	29
1.9.3.	Funcionamiento .....	29
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	31
2.1.	Materia prima .....	31
2.1.1.	Polímeros utilizados .....	31
2.1.2.	Propiedades .....	31
2.1.3.	Polímero reutilizado.....	32
2.2.	Descripción del equipo.....	33
2.2.1.	Inyectora de polímeros .....	33
2.2.2.	<i>Chillers</i> .....	33
2.3.	Descripción del producto.....	33

2.3.1.	Tipos de piezas poliméricas.....	34
2.3.2.	Pruebas de calidad .....	35
2.4.	Mantenimiento de equipo .....	36
2.4.1.	Personal encargado.....	36
2.4.2.	Procedimientos y herramientas .....	38
2.4.3.	Registro de datos.....	42
2.5.	Análisis de desempeño.....	43
2.5.1.	Tiempos estándares .....	43
2.5.2.	Factores que afectan la producción de piezas de polímeros .....	44
2.6.	Capacitación del personal de mantenimiento .....	45
2.7.	Normativo de higiene y seguridad industrial.....	45
3.	PROPUESTA PARA LA DETERMINACIÓN Y EL ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL TIEMPO ESTÁNDAR .....	47
3.1.	Capacitación de personal .....	47
3.1.1.	Inducción teórica al estudio de tiempos.....	47
3.1.2.	Capacitación técnica sobre mantenimiento en <i>chillers</i> .....	47
3.2.	Seguridad e higiene industrial .....	49
3.2.1.	Normativo .....	49
3.2.2.	Equipo de seguridad.....	50
3.2.3.	Respuesta ante accidentes.....	51
3.3.	Mantenimiento .....	52
3.3.1.	Procedimiento.....	52
3.3.2.	Herramientas a utilizar .....	59
3.4.	Tratamiento de agua de alimentación de <i>chillers</i> .....	61
3.5.	Tiempo estándar.....	61
3.5.1.	Toma de tiempos .....	62

3.5.2.	Determinación de tiempos elementales .....	63
3.5.3.	Determinación de tiempo estándar.....	64
3.6.	Análisis de los efectos del tiempo estándar .....	65
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	67
4.1.	Plan de acción.....	67
4.1.1.	Implementación del plan.....	67
4.1.2.	Entidades responsables .....	68
4.1.3.	Gerencia.....	68
4.1.4.	Área de mantenimiento .....	68
4.2.	Inducción.....	69
4.3.	Determinación del tiempo estándar de las actividades de mantenimiento.....	69
4.3.1.	Toma de tiempos cronometrados.....	69
4.3.2.	Determinación de tiempos normales y tiempo estándar .....	72
4.4.	Análisis de los efectos del tiempo estándar .....	73
4.5.	Estandarización de las actividades de mantenimiento .....	74
4.6.	Logística en el proceso .....	74
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA .....	75
5.1.	Resultados obtenidos.....	75
5.1.1.	Interpretación .....	75
5.1.2.	Aplicación .....	76
5.2.	Ventajas y beneficios .....	77
5.2.1.	Reducción de paros en producción .....	77
5.2.2.	Aumento de productividad de inyección .....	77
5.2.3.	Control en las actividades de mantenimiento preventivo en <i>chillers</i> .....	78

5.3.	Método de evaluación del nuevo proceso .....	78
5.3.1.	Inspecciones.....	78
5.3.1.1.	Actividades de mantenimiento preventivo .....	78
5.3.1.2.	Tratamiento de agua de alimentación..	79
5.3.2.	Evaluaciones .....	79
5.3.2.1.	Proceso de mantenimiento .....	79
5.3.2.2.	Estándares de calidad de agua .....	80
5.4.	Acciones correctivas.....	81
5.4.1.	Mejora de los parámetros de calidad del agua de alimentación.....	81
5.4.2.	Personal capacitado .....	81
5.4.3.	Estandarización de las actividades de mantenimiento preventivo en los <i>chillers</i> .....	82
5.5.	Mejora continua .....	82
	CONCLUSIONES .....	85
	RECOMENDACIONES .....	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	ANEXOS.....	91



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Descomposición del ciclo del trabajo .....	4
2.	Esquema básico de una máquina inyectora.....	15
3.	Unidad de inyección por tornillo .....	16
4.	Unidad de inyección de tornillo y pistón .....	17
5.	Inyectora rotativa.....	18
6.	Inyectora de plástico vertical .....	19
7.	Inyectora de plástico horizontal.....	19
8.	Diagrama de velocidades del compuesto en el proceso de Inyección.....	21
9.	Diagrama T-S y esquema de dispositivos de ciclo de Carnot Invertido .....	26
10.	Diagrama T-S y esquema de dispositivos del ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	27
11.	Diagrama T-S y esquema de dispositivos del ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.....	28
12.	Propiedades del polipropileno TELDENE H12-ML.....	32
13.	Pata tipo león .....	34
14.	Pata tipo biconica.....	35
15.	Organigrama actual de la empresa .....	37
16.	Diagrama de flujo de inspección actual.....	40
17.	Normativo de seguridad industrial actual de la empresa.....	46
18.	Diagrama de flujo mantenimiento mensual .....	53
19.	Diagrama de flujo de mantenimiento semestral .....	56

20. Ciclo de Deming.....82

**TABLAS**

I. Ventajas y desventajas de los tipos de mantenimiento.....9

II. Hoja de reporte de la empresa.....43

III. Tiempo estándar del proceso de inspección actual .....44

IV. Inducción al estudio de tiempos.....48

V. Capacitación sobre *chillers* .....48

VI. Cuadro para toma de tiempos .....62

VII. Cuadro de cálculos para tiempo base y tiempo elemental.....63

VIII. Cuadro para cálculo del tiempo estándar .....64

IX. Cuadro comparativo de tiempos estándar .....65

X. Tiempos cronometrados promedio de las 3 corridas de cada método de mantenimiento respectivamente .....71

XI. Determinación del tiempo base elemental .....72

XII. Determinación del tiempo normal y tiempo estándar .....73

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
%	porcentaje
Q	quetzales



## GLOSARIO

<b>Chiller</b>	Unidad de refrigeración que permite mantener el agua a una temperatura bastante baja y por medio de ella enfriar diferentes procesos.
<b>Compresor</b>	Bomba de mecanismo de refrigeración que arrastra o introduce el gas refrigerante del lado de baja presión o de absorción de calor y lo comprime hacia el área de alta presión o de condensado del ciclo.
<b>Condensador</b>	Parte del mecanismo de refrigeración que recibe gas a alta temperatura y alta presión del compresor y que enfría el refrigerante gaseoso hasta que este regrese a su estado líquido.
<b>Inyectora</b>	Unidad encargada de fundir, mezclar e inyectar el polímero a moldes para conseguir piezas poliméricas listas para continuar en el proceso de producción.
<b>Mantenimiento</b>	Serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método, a fin de conservarlo y mantener la calidad de servicio para el cual fue diseñado.

**Tiempo estándar**

Es el tiempo que se concede para efectuar una tarea, donde se incluyen los tiempos de los elementos cíclicos casuales o contingentes, así como valorar el ritmo de trabajo observado durante un estudio de tiempos.

**MSDS**

Es una hoja informativa sobre sustancias peligrosas, acerca de su naturaleza, sus propiedades físicas y químicas, información sobre salud, seguridad, fuego y riesgos.

## RESUMEN

A continuación, se presenta una propuesta de una serie de actividades de mantenimiento preventivo con el objetivo de reducir el riesgo de incidencia de fallas mecánicas en la planta de ensamble de camas en el área de inyección, la cual sufría de paros continuos en la producción de piezas poliméricas, debido a la inclusión de nuevos procedimientos y maquinaria. El departamento de mantenimiento no contaba con el conocimiento adecuado para la realización de un plan de mantenimiento; los proveedores de las máquinas indicaron que se harían cargo del mantenimiento correctivo bajo la condición que la empresa no tocará las máquinas en ningún momento.

Las fallas en su mayoría se debían al mal tratamiento de agua de alimentación de los *chillers*; de igual manera la poca limpieza y el mantenimiento que estos tenían, lo que ocasionaba que las tuberías se obstruyeran lo que provocaba que estas se fracturaban; para lo cual se propuso un plan de mantenimiento, el cual consta de 3 conjuntos de actividades y un análisis de tiempo para obtener indicadores que permitan medir la eficiencia del plan para su mejora continua.

Con la implementación del plan propuesto de mantenimiento preventivo para los *chillers*, se logró hacer más eficiente el proceso, al disminuir los tiempos muertos en producción, lo cuales previo a la implementación del sistema se tenía una pérdida en un rango de 40 a 60 días debido a la tardía respuesta por parte de los proveedores ante la falla; mientras que ahora se tiene un promedio de 3 a 5 días para la solución de problemas menores.



# OBJETIVOS

## General

Estandarizar un conjunto de actividades de mantenimiento preventivo para los *chillers* utilizados para el enfriamiento de inyectores de polímeros para la mejora continua.

## Específicos

1. Determinar el tiempo estándar de las actividades de mantenimiento preventivo de los *chillers*.
2. Analizar los efectos que causa el tiempo estándar de las actividades de mantenimiento preventivo para los *chillers* en el área de inyección.
3. Optimizar los costos relacionados a las actividades de mantenimiento preventivo en los *chillers* en el área de producción de piezas poliméricas.
4. Estandarizar los parámetros para el control de calidad del agua de alimentación de los *chillers* de manera que sean medibles y analizables para mejora continua.
5. Determinar los problemas electromecánicos más frecuentes en relación al uso de *chillers* en los procesos de inyección de polímeros.

6. Minimizar los tiempos muertos en la producción debidos a fallas electromecánicas del *chiller*.

## INTRODUCCIÓN

Los dispositivos de enfriamiento *Chillers* son dispositivos que se encargan de enfriar un fluido, agua o aire; son de mucha ayuda en la industria, en donde es necesario enfriar partes de las máquinas específicas, para evitar el sobrecalentamiento del dispositivo o porque es necesario en el proceso de producción; como en el proceso de inyección de polímeros y los moldes que se enfrían con el objetivo de solidificar el plástico caliente.

El enfriamiento sucede mediante la circulación del fluido de bajo nivel energético (agua o aire), por las partes que se desean enfriar, para que se realice un intercambio térmico entre el fluido y dispositivo, por la utilización de mangueras especiales como venas alrededor de la zona caliente; similar al sistema circulatorio en el humano; posterior a este proceso, el agua o el aire es retornado al ciclo de enfriamiento dentro del *chiller*.

Los *chillers* o enfriadores, son máquinas con un funcionamiento complejo, para lo cual es necesario contar con personal capacitado para utilizarlo y preservar su vida útil; para que los enfriadores cumplan con la calidad estipulada es necesario que tengan un plan de mantenimiento preventivo riguroso, con constantes inspecciones y evaluaciones a los dispositivos internos.



# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

Anterior a la década de 1930, la fabricación de camas tenía un carácter artesanal. Con el pasar del tiempo, los procesos fueron evolucionando con base en la aplicación de los principios de la ingeniería industrial: análisis de métodos de trabajo, estudio de tiempos y movimientos, estandarización de procesos, simplificación de operaciones, división del trabajo, entre otros. Fue así como la fabricación de camas se industrializó, lo que permitió incrementar los volúmenes de producción, según las crecientes demandas, y lo que desplazó, casi en su totalidad, el sistema artesanal.

En 1931, varios fabricantes artesanales independientes de colchones se reunieron para discutir el impacto de cada una de sus marcas en Estados Unidos. A raíz de esto, reconocieron que para ser competitivos debían asociarse. Sin embargo, cada uno conservaría sus compañías, clientes y mercado. Dichos fabricantes llegaron a ser los accionistas originales de una corporación con licencia nacional, denominada Guardian Knight, que posteriormente fue renombrada como Sleeper Products. En 1938 se lanzó una exitosa campaña para renombrarla como Serta Company.

En 1970, Serta introdujo un cómodo y lujoso “*pillow soft*” en los colchones, y en 1980 usar esponja corrugada, y el uso de resorte continuo para un mejor soporte. En 1990 introdujo una de las mayores innovaciones para mejorar el confort de sus productos, que combina fibras de poliéster y esponja corrugada

en las capas enguataadas del colchón; en 2003 *Serta* fue la primera marca en ofrecer camas con tela retardante de flama.

En Guatemala, comienza sus operación alrededor de los años 70 en la producción de planchas de esponja; luego del gran avance toman la decisión de invertir en maquinaria para la producción de camas, donde comienzan a incursionar en el mercado nacional, en el cual tienen como propósito innovar constantemente en tecnología y métodos de punta en sistemas de descanso; toma gran fuerza y valor en el mercado nacional, por la época de los 90 deciden adquirir la franquicia estadounidense *therapedic international*.

## **1.2. Información general**

Actualmente, la empresa opera bajo los siguientes aspectos:

### **1.2.1. Misión**

“Cambiamos la vida de la gente positivamente, brindándoles una mejor calidad de vida a través del descanso.”<sup>1</sup>

### **1.2.2. Visión**

“Ser el líder de productos y servicios de calidad para dormir y descansar bien, en la región de Centroamérica.”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Grupo DIVECO. *Misión y visión*. <http://www.grupo-diveco.com>. Consulta: 15 de agosto de 2019.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

### **1.2.3. Ubicación**

La empresa cuenta con plantas de producción en Costa Rica, Guatemala y Honduras. Posee participación en el mercado de toda Centroamérica. La planta de Guatemala se ubica en la ciudad de Guatemala, en la 48 avenida, zona 3 de Mixco, colonia El Rosario.

### **1.3. Estudio de tiempos**

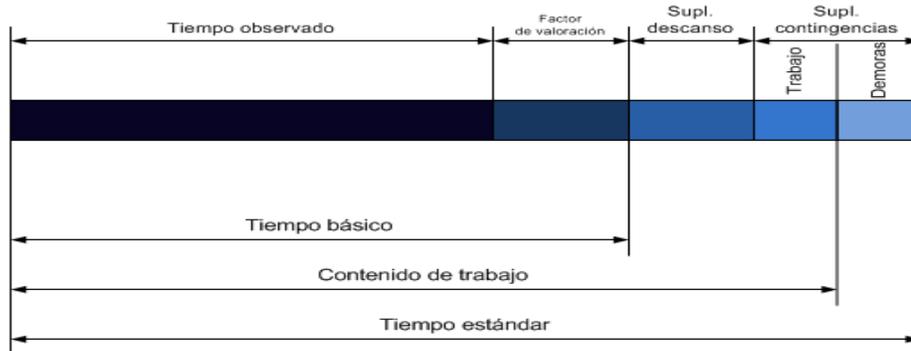
Es un conjunto de técnicas y métodos establecidos para determinar el tiempo necesario en la inversión del recurso humano en la realización de procedimiento establecido.

#### **1.3.1. Definición**

Productividad se define de forma sencilla como el resultado que existe entre la cantidad fabricada y los recursos involucrados. El estudio del trabajo inspecciona y califica el recurso humano; utiliza la aplicación de técnicas de análisis como la ingeniería de métodos, para validar que los procedimientos aplicados son los correctos; elimina actividades innecesarias y estandariza procesos; utiliza el estudio de tiempos como herramienta.

Un estudio de tiempos consiste en la determinación del tiempo que un operario capacitado promedio realiza una actividad previamente establecida, se denomina tiempo estándar; este, a su vez, es un indicador utilizado en la ingeniería de métodos; a diferencia del tiempo cronometrado, este no se puede determinar de forma directa, ya que este cuenta con la valoración del ritmo de trabajo y los suplementos (ver figura 1).

Figura 1. **Descomposición del ciclo del trabajo**



Fuente: SALAZAR, Bryan. *Suplementos del tiempo estándar*.

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com>. Consulta: 15 de agosto de 2019.

### 1.3.2. **Características**

Realizar un estudio de tiempos no es lo mismo que realizar un estudio del trabajo; es una herramienta para la medición y valoración del trabajo; es necesario la determinación del tiempo estándar de cada actividad en el proceso; a pesar que este se defina como el tiempo de un operario promedio en realizar un procedimiento, este no se puede determinar de forma directa a diferencia del tiempo cronometrado, ya que considera el ritmo de trabajo y los suplementos.

El tiempo estándar es un indicador por el cual se puede evaluar el trabajo, se tiene la posibilidad de calcular: las proyecciones de unidades a producir, los estándares de producción para mantener la eficiencia, el cálculo de la productividad en relación a las unidades fabricadas y el tiempo que se invirtió en ello, el cálculo de jornadas laborales en función de las exigencias del cliente, el tiempo promedio de aprendizaje para los nuevos operarios, la realización de un plan de incentivos basados en la productividad para el incremento de salarios.

### 1.3.3. Método para el estudio de tiempos

Se analiza el proceso determinando las actividades involucradas y se determinan las variaciones; si las variaciones no se originan a la naturaleza del proceso, es probable que ocurra un error en el cronometraje o el trabajador desconozca la tarea en estudio por lo que es apropiado repetir el estudio de tiempos.<sup>3</sup>

Se cronometran cada uno de los elementos observados, sumando las lecturas que se consideren como consistentes, se anota el número de lecturas que han sido consideradas por cada elemento. Posterior se procede a determinar el tiempo promedio por elemento ( $T_e$ ), la suma de los tiempos entre la cantidad de corridas realizadas.<sup>4</sup>

$$T_e = \frac{\sum x_i}{n} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Se multiplica el tiempo promedio ( $T_e$ ) por el factor de valoración (ver anexo 1) para la determinación del tiempo base.<sup>5</sup>

$$T_b = T_e(\text{Valoración en \%}) \quad [\text{Ec. 2}]$$

Para la determinación del tiempo estándar se tiene que considerar los suplementos por elemento (ver anexo 2), se procede a sumarle los suplementos al tiempo normal, mediante la siguiente ecuación:

$$T_n = T_b(1 + \text{tolerancias}) \quad [\text{Ec. 3}]$$

---

<sup>3</sup> SALAZAR, Bryan. *Suplementos del tiempo estándar*. <http://www.ingenieriaindustrialonline.com>. Consulta: 15 de agosto de 2019.

<sup>4</sup> *Ibíd.*

<sup>5</sup> *Ibíd.*

Para la determinación del tiempo estándar del procedimiento completo, se suman todos los tiempos estándar de los elementos considerados.

$$T_{es} = \sum Tt \text{ de cada estación} \quad [\text{Ec. 4}]$$

## **1.4. Mantenimiento**

Para mantener una productividad alta, es necesario mantener el equipo y conservar la calidad de trabajo, mediante un plan de mantenimiento.

### **1.4.1. Definición**

Es un conjunto de actividades técnicas y procedimientos estandarizados destinados a conservar el equipo y preservar la calidad de trabajo, se establecen parámetros de operación adecuados para cada una de las máquinas principales y los dispositivos auxiliares.

El departamento o área de mantenimiento es el encargado de planificar las inspecciones, revisiones, tareas de conservación y organizar los; definir los parámetros de calidad de operación resolviendo problemas para darle dirección a los procedimientos planificados, y controlar las actividades llevando un historial detallado de las acciones realizadas.

### **1.4.2. Tipos de mantenimiento**

No existe un plan de mantenimiento perfecto, este debe plantearse conforme a la capacidad de la empresa, según los recursos y la naturaleza de las actividades:

- Mantenimiento preventivo: es una de las técnicas más comunes de mantenimiento; consiste en aplicar un procedimiento periódicamente, para evitar fallas en los componentes que provocan daños materiales y un paro en producción.
- Mantenimiento predictivo: es una técnica difícil de implementar, se basa en predecir las fallas y realizar las acciones necesarias para evitarlo, no se realiza periódicamente; se basa en análisis rigurosos de la maquinaria para definir el estado y determinar si es necesario una intervención. Es necesario herramientas especializadas para llevar a cabo las inspecciones por lo que tiene un costo alto.
- Mantenimiento correctivo: es un tipo de mantenimiento reactivo, ya que se llevan a cabo actividades de reparación hasta que ocurre la falla en el equipo, esto provoca que se eleve el costo; al ocurrir una falla se pueden dañar más elementos de las máquinas que provoca un paro en la producción.

### **1.4.3. Características**

- Mantenimiento preventivo: es uno de los conceptos mayormente adoptados por las industrias, cuenta con las características de no necesitar de rigurosos estudios, inspecciones u observaciones para llevarse a cabo, se puede realizar una planificación y determinar el intervalo de tiempo para su ejecución.
- Mantenimiento predictivo: es un método que consiste en la intervención técnica previo a que suceda la falla, para la implementación es necesario

una gran inversión inicial, ya que este tipo de actividades necesita una serie de inspecciones y revisiones periódicas.

Se basa en la predicción de fallas, se establecen estándares de operación adecuados, documentado el estado de los elementos, que compara estos estándares para determinar si esta del rango de aceptable o programar una intervención.

- Mantenimiento correctivo: es la metodología menos recomendable para adoptar, debido a que no existen procesos de preservación, que causa que el desgaste entre los elementos mecánicos sea demasiado alto, concluye en una falla que afectan de muchas maneras a la maquinaria; toma grandes tiempos de reparación, así como altos costos de operación por la variedad de repuestos y paros en la producción.

La combinación de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo resulta en un procedimiento de mantenimiento muy efectivo. Considerando las tareas de conservación rutinarias y las rigurosas evaluaciones e inspecciones para la determinación del estado del equipo, disminuye la posibilidad de que ocurra una falla al mínimo; garantiza la disponibilidad de la maquinaria y los equipos, alargando la vida útil de los dispositivos y mantiene la calidad del trabajo de operación.

#### **1.4.4. Ventajas y desventajas**

En la industria no existen procesos perfectos, es necesario generar mejora continua, por medio de la constante evaluación e inspección de las actividades de mantenimiento, para determinar las debilidades, documentar los resultados y proponer cambios; es de gran importancia tomar en cuenta las actividades

diarias de la empresa; así mismo, los recursos con los que se cuenta para aplicar un plan de mantenimiento que se adecue de manera perfecta a la naturaleza de la empresa.

A continuación, se presenta una tabla en donde se exponen las ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de mantenimiento.

Tabla I. **Ventajas y desventajas de los tipos de mantenimiento**

<b>Tipo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Predictivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuye el costo de mantenimiento.</li> <li>• Aprovecha vida útil completa.</li> <li>• No aplica actividades innecesarias.</li> <li>• Se fundamenta en el monitoreo de condiciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No permite una buena planificación comparado con el preventivo.</li> <li>• Depende de la confiabilidad de los diagnósticos.</li> <li>• Requiere instrumentos sofisticados.</li> </ul>
Preventivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evita grandes y costosas reparaciones.</li> <li>• Aumenta la disponibilidad.</li> <li>• Permite planificar recursos y coordinar actividades.</li> <li>• Posibilita que los equipos cubran su amortización total.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades preventivas tienen un costo y reducen la disponibilidad.</li> <li>• Desaprovecha vida útil.</li> <li>• Frecuencias inadecuadas, podrían permitir fallas.</li> <li>• Requiere optimizar programación mediante modelos.</li> <li>• Requiere entre 2 y 4 años para implementarlo.</li> <li>• Tiene fundamentos estadísticos, y depende la muestra.</li> </ul>
Correctivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca necesidad de diagnóstico o inspección.</li> <li>• Poca infraestructura administrativa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costos de reparaciones importantes.</li> <li>• Grandes paros en producción</li> <li>• Reducción en la vida útil.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 1.4.5. Procedimiento

El mantenimiento predictivo se basa en la anticipación de fallas con el fin de realizar las reparaciones o intervenciones necesarias para evitar fallas en los equipos; consta de los siguientes elementos: se planifica los intervalos de

tiempo en que se realizarán las evaluaciones e inspecciones y los recursos a utilizar para cada uno de los estudios, se llevan a cabo las observaciones del estado de la infraestructura y el funcionamiento de la maquinaria de igual manera la realización de las inspecciones para realizar las mediciones necesarias para la recaudación de datos.

Se deben tabular los datos para obtener un estricto monitoreo y documentación del estado de la maquinaria; se compara esta información con los parámetros de funcionamiento previamente establecido y definir el plan de acción a realizar para la conservación de la calidad de operación, para evitar fallas en el proceso productivo.

El mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades de preservación de la infraestructura y las máquinas, se planifican las actividades de preservación, se determinan los recursos necesarios para la ejecución de las actividades como herramientas, repuestos, consumibles, entre otros. Se ejecutan las actividades planificadas.

Se documentan los procedimientos realizados, se analiza el estado del equipo y se compara con los parámetros establecidos, para determinar si es necesario realizar una acción correctiva la cual se procede a planificar y ejecutar posteriormente.

El mantenimiento correctivo es una técnica reactiva, en la cual no se tiene ningún procedimiento planificado ni estandarizado; se procede a realizar un proceso de reparación cuando el equipo presenta alguna falla o la calidad de trabajo entregado no cumple con los estándares de operación; se planifica y se establecen las actividades necesarias y se determinan los recursos necesarios, se ejecuta y se documentan los resultados obtenidos.

#### **1.4.6. Costos asociados**

Los costos asociados varían dependiendo del plan de mantenimiento y su alcance, de la naturaleza de la empresa y de los recursos asignados para su ejecución del mismo; que afectan al costo de manera directa como la mano de obra o lo afectan de manera indirecta como el tiempo muerto de una máquina; los aspectos a considerar de cada tipo de mantenimiento son:

- **Mantenimiento predictivo:** los costos a considerar en este tipo de plan de mantenimiento se pueden mencionar la mano de obra asignada a la implementación y el monitoreo del plan de mantenimiento, para realizar evaluaciones e inspecciones; también, se deben considerar los costos que conlleva el ámbito de la salud y la seguridad ocupacional; así como los costos asociados a las herramientas e insumos para la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- **Mantenimiento preventivo:** para llevar a cabo este tipo de mantenimiento se deben planificar las actividades de mantenimiento con previa anticipación, lo cual involucra un proceso administrativo; por lo cual se deben tomar en cuenta el costo de planificación, la gestión, la evaluación y la mejora del programa de mantenimiento, así como el salario a devengar de los encargados de mantenimiento; el costo por el paro de producción en el lugar del mantenimiento, al igual que se debe tomar en cuenta los costos de la implementación y operación del equipo necesario, el costo del plan y el equipo de salud y seguridad, y el de los insumo utilizados.
- **Mantenimiento correctivo:** debido a la metodología de este tipo de mantenimiento y la falta de planificación, actúa cuando ocurra una falla

en la maquinaria no es necesario contemplar personal para el monitoreo de la maquinaria instalada; no obstante, se deben tomar en cuenta los gastos por el paro en la producción y las grandes reparaciones que conlleva el desgaste, que en conjunto termina siendo una de las opciones; hablando en función del costo asociado como plan de mantenimiento, es la más costosa en comparación a los otros tipos de planes de mantenimiento, sin embargo, puede darse el caso que teniendo otro plan de mantenimiento, predictivo o preventivo, sea necesario aplicar mantenimiento correctivo, con menor frecuencia.

## **1.5. Polímeros**

Es un conjunto de macromoléculas formadas por cadenas largas de una misma unidad química llamada monómero. Al proceso de formación de estas macromoléculas se le llama polimerización. Los polímeros pueden ser sintéticos o naturales.

### **1.5.1. Características**

Los polímeros naturales provienen de las plantas y los animales: la seda, lana, algodón, celulosa, entre otros. Los polímeros sintéticos son todos aquellos conformados de monómeros que se obtienen de manera artificial; este tipo de polímeros son utilizados en gran variedad de procesos productivos como el caso de envases o figuras plásticas.

Lo que distingue a los plásticos como polímeros son sus propiedades mecánicas; por lo general, tienen una excelente resistencia a la tracción o a la compresión debido a las grandes cadenas que se atraen; al igual que las

propiedades fisicoquímicas al no reaccionar con gran número de fluidos, siendo ideales para el almacenamiento de químicos altamente corrosivos.

Existe una gran variedad de plásticos entre los cuales están los de alta densidad y los de baja densidad; tienen una gran variedad de propiedades mecánicas, por lo que son utilizados para la fabricación de envases duros como las botellas o canecas, o suaves tales como bolsas o empaque para alimentos; de la misma manera, existen envases duros de alto peso molecular para almacenar y transportar químicos y agroquímicos.

### **1.5.2. Procesos productivos relacionados a polímeros**

La fabricación de piezas plásticas es una actividad productiva muy variada; existen distintos procedimientos y maquinaria para la transformación de resinas termoplásticas; las actividades más comunes son los procesos de soplado y de inyección.

El proceso de soplado consiste en la fabricación de envases plásticos mediante la fundición de resina termoplástica; la máquina encargada de realizar este procedimiento se denomina sopladora.

Se hace pasar resina fundida por una boquilla para formar una corriente de material fundido; luego, se cierra un molde sellando la parte baja del material fundido; posteriormente, se hace pasar una corriente de aire a gran presión, el cual permitirá llenar la parte hueca del molde con el material; procede a realizar el enfriamiento del molde mediante el paso de agua fría proveniente del *chiller*, para el endurecimiento del material formando el envase.

El procedimiento de inyección utiliza moldes que se conforman de dos partes que se entrelazan entre sí, que deja un espacio hueco entre ellos; el proceso comienza calentando resina a través del tornillos sin fin, que hace pasar por una boquilla que entregará una corriente de plástico como en una especie de hilo, que pasará al molde llenándolo, se comienza el enfriamiento para el endurecimiento de las piezas.

## **1.6. Inyectores de polímeros**

El método de moldeo de plástico por inyección es uno proceso común en la industria de plástico, se realiza mediante una máquina llamada inyectora.

### **1.6.1. Descripción**

Es una técnica muy popular que se emplea en la fabricación de piezas plásticas, en la cual una resina sensible térmicamente se le induce calor mediante unas resistencias colocadas a lo largo de un tornillo sin fin.

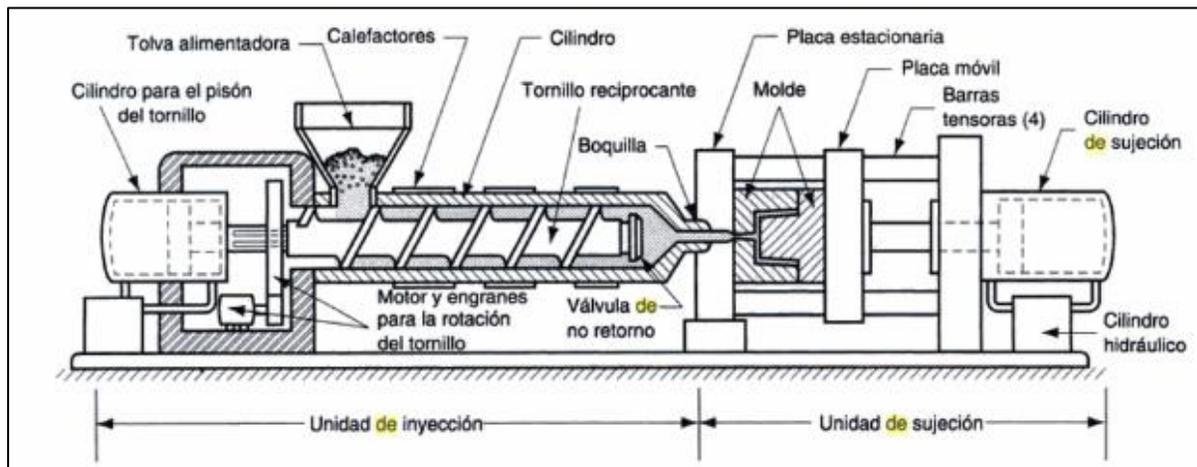
Mientras se encuentra en movimiento la resina plástica y el colorante se mezclan da como resultado un material fluido que sale a presión por una boquilla que se canaliza el material fundido en un molde, permite un momento para que se enfríe y obtener la pieza deseada.

El material a utilizar dependerá de las características mecánicas que se deseen obtener, se pueden utilizar materiales de alta densidad inyección cuando se desea obtener una pieza con bastante rigidez, dúctil y poco flexible como el que se utilizada en las tapaderas de rosca, capaces de soportar agentes químicos corrosivos; mientras que si desea tener una pieza con



largo de todo este tramo; se obtiene material fundido al final del segmento donde sucede la mezcla final con los aditivos y colorantes que se utilicen (ver figura 3).

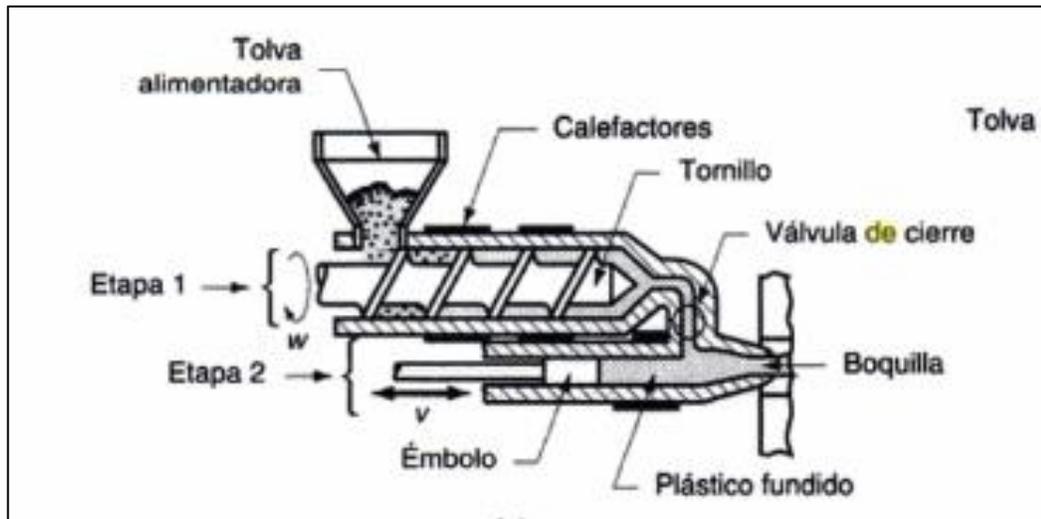
Figura 3. **Unidad de inyección por tornillo**



Fuente: GROOVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. p. 85.

Inyectoras con unidad de inyección de embolo, su funcionamiento se diferencia básicamente por el elemento encargado de transportar y mezclar el material a lo largo del cilindro, el cual es un embolo o pistón; el material se calienta al punto de fundirse a una temperatura por arriba de endurecimiento para mantener fluidez del material, y este puede salir por la boquilla a la entrada del molde (ver figura 4).

Figura 4. Unidad de inyección de tornillo y pistón



Fuente: GROOVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. p. 86.

### 1.6.3. Clasificación según su forma

Las inyectoras se pueden clasificar por la posición en el que trabajan, la cual dependerá de las necesidades de la empresa o el tipo de proceso. Cada una de ellas cuenta con características únicas; se obtiene ventajas y desventajas entre ellas, existen 3 clases de inyectoras: verticales, horizontales y rotativas. Las inyectoras verticales se utilizan en procesos en los cuales se requiera una gran capacidad de inyección, pero se dispone de pequeñas áreas y una gran altura de la nave industrial.

Las inyectoras horizontales son las más comunes, son máquinas de gran capacidad de inyección; donde se tiene el cañón a lo largo del eje horizontal del equipo, se utilizan en ambientes de áreas grandes, y baja altura. Ideales para naves de varios niveles que aprovechan de mejor manera el espacio físico.

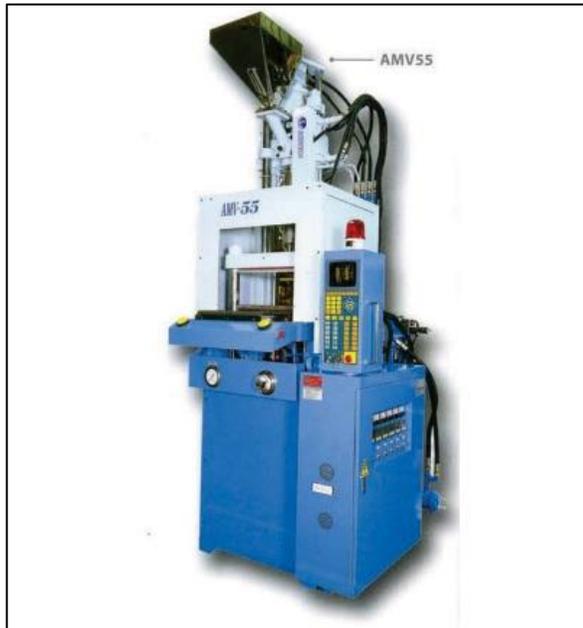
Las inyectoras rotativas a diferencia de las otras el molde no solo se abre y se cierra en el mismo eje, sino que consta de un conjunto de moldes que giran alrededor de un punto central; se tiene una boquilla fija, se tienen varias estaciones y en cada una de ellas hay un molde; cuando se fija debajo de la boquilla se levanta, se realiza la inyección bajo el molde y la mesa rota para el enfriamiento del molde e inyección el siguiente (ver figura 5).

Figura 5. **Inyectora rotativa**



Fuente: Lida Machine. *Catálogo de productos online*. <http://www.chinainjection.es>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

Figura 6. **Inyectora de plástico vertical**



Fuente: Nissei Mx. *Catálogo digital Nissei*. <http://www.nisseimx.com/catalogo/>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

Figura 7. **Inyectora de plástico horizontal**



Fuente: Nissei Mx. *Catálogo digital Nissei*. <http://www.nisseimx.com/catalogo/>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

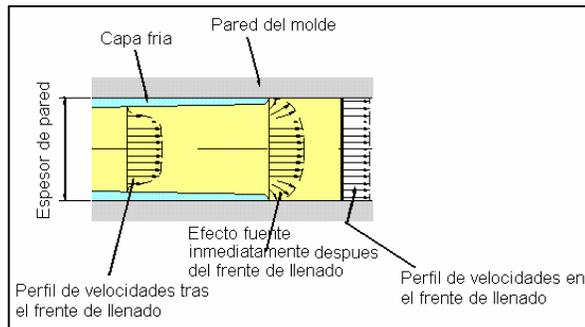
#### 1.6.4. Funcionamiento

El procedimiento de inyección es un conjunto de actividades de transformación de la resina; el proceso cuenta con 3 partes generalizadas; todo el proceso empieza con la admisión de la materia prima en el sistema, este puede ser vertiendo de manera directa a la tolva, o mediante la utilización de un alimentador capaz de mezcla resina virgen con resina proveniente del molino; mediante un dosificador se adjunta el colorante que se mezclará junto a la resina posteriormente.

El proceso continua mediante el paso de la materia por la zona de calentamiento, se hace mover la resina a través de un tornillo sin fin, donde se tendrán diferentes corrientes del fluido (ver figura 10), en el cual se encuentran colocadas resistencias calefactoras a lo largo de todo el tramo, las cuales pueden ser configuradas para obtener la temperatura ideal; en el punto final del tornillo y la entrada a la boquilla se mezclan definitivamente los colorantes con la materia; sale esta de forma fluido a la entrada del molde, el cual se cierra y se llena, con este material fundido.

Por último, se realiza el enfriamiento del molde, donde deja de fluir resina termoplástica fundida; hace pasar agua fría proveniente del ciclo de refrigeración del *chiller*, por conductos predefinidos a través del molde; causa una disminución de temperatura en ambas partes del molde y solidifica el plástico que adopta de forma definitiva la forma y consistencia; se abre el molde que entrega la pieza plástica terminada, con los residuos del proceso, al cual se le define como rebaba que se retira mediante el uso de una cuchilla.

Figura 8. **Diagrama de velocidades del compuesto en el proceso de Inyección**



Fuente: QUEZADA, Juan. *Selección de chillers para aire acondicionado*. p. 52.

## 1.7. Dispositivos mecánicos termodinámicos

Elementos mecánicos que funcionan bajo el principio de intercambio de energías, o alterando el estado de un fluido en un momento determinado.

### 1.7.1. Definición

Son elementos mecánicos con la finalidad de aprovechar el intercambio de energía para obtención de trabajo útil o enfriamiento de un espacio o de otro elemento mecánico; estos dispositivos utilizan fluidos como el aire, el agua, la gasolina, el refrigerantes, entre otros.

La combinación de elementos de compresión, intercambiadores de calor y dispositivos de estrangulación sirven para extracción de energía para enfriar un espacio determinado o un elemento mecánico, como el caso del aire acondicionado, o el de un enfriador o *chiller*. A todos estos dispositivos que

permiten la interacción de la energía en uno o varios fluidos son los dispositivos mecánicos termodinámicos.

### **1.7.2. Clases de dispositivos**

Los dispositivos termodinámicos son utilizados para distintos fines. La combinación de estos puede realizar distintas operaciones desde la transformación de combustible a potencia, transferencia de calor para evaporación de agua utilizada en la generación de electricidad y la extracción de energía de un espacio para su refrigeración. La clasificación dependerá de la función que cumpla en el sistema.

En los dispositivos de potencia existe un diferencial de energía cinética o mecánica para la entrega de potencia; se clasifican dependiendo del sentido de su acción: dispositivos de entrada como un compresor o bomba que entregan potencia al sistema, y dispositivos de salida, como las turbinas a las cuales el sistema les entrega potencia mediante un diferencial de entalpías en el transcurso de los elementos.

Los dispositivos de compresión se encargan de aumentar considerablemente la presión en un fluido en un estado específico, en la disminución de volumen de una cantidad de masa, o disminución de flujo volumétrico de un flujo másico en un espacio determinado; son dispositivos de entrada al sistema utilizados mayormente en los sistemas de refrigeración, que elevan la presión del refrigerante previo a expulsar el calor al entorno.

Los intercambiadores de calor son elementos que trabajan con base en el principio de equilibrio térmico, en el cual dos fluidos pasar a través del dispositivo sin mezclarse; el fluido de mayor nivel energético expulsa energía a

sus alrededores, donde en otra tubería se hace pasar un fluido frío que recibe la energía; idealmente la misma cantidad de energía que sale es la misma cantidad que recibe el otro fluido que alcanza un equilibrio térmico entre ambos.

Los dispositivos de estrangulación su función es la disminuir considerablemente la presión de un fluido mediante la obstrucción el flujo de masa sin afectar en su energía cinética, por ejemplo, en los ciclos de refrigeración se utiliza para bajar la presión del refrigerante para su reutilización en el evaporador.

### **1.7.3. Tipos**

Los dispositivos de potencia se clasifican dependiendo de la dirección que tenga el efecto del equipo: si la potencia generada afecta al sistema elevando las condiciones del fluido, se tiene un dispositivo de potencia de entrada estos pueden ser compresores y bombas, que ponen el fluido en movimiento y elevan la presión del mismo; existen varios tipos que se diferencian dependiendo de su método de trabajo, por ejemplo, existen bombas de desplazamiento positivo, centrífugas y helicentrífugas.

Aquellos dispositivos que sean afectados por el sistema, mediante el intercambio de energía para la entrega de potencia, son dispositivos de salida, tal como una turbina, que se clasifican dependiendo del fluido que se utilice en el sistema: vapor de agua o un gas; por lo general, estos dispositivos son utilizados en las plantas termoeléctricas para la generación de energía eléctrica.

Los dispositivos de compresión su función principal es la elevación de presión; se clasifican dependiendo del método que utilicen para cumplir su objetivo: bombas de vacío que trabajan por debajo de 1 atm., para obtener

presiones mayores a la atmosférica, se tienen 2 tipos; los compresores de desplazamiento positivo son aquellos que concentran una cantidad de masa constante en un espacio confinado disminuyendo el volumen.

Los compresores dinámicos donde se hace pasar un flujo másico que mediante la aceleración molecular se logra el aumento de presión entregando un flujo másico de mayor valor de presión.

Los intercambiadores de calor funcionan bajo el principio de equilibrio térmico; existen dos tipos de intercambiadores: los de carcasa y tubo donde un conjunto de tubos dentro de un cuerpo el cual estará lleno de fluido mientras el otro pasará dentro de los tubos intercambiando calor a través de las paredes de estos; y los de tipo plato donde en vez de tubos se tienen placas, en las cuales de forma alterna se hace pasar los fluidos para el intercambio de energía.

Los equipos de estrangulación tienen una función específica de la reducción de la presión del fluido; se clasifican de acuerdo su mecanismo de estrangulación; se pueden mencionar válvula de mariposa, válvula macho, válvula de globo y válvula de bola.

#### **1.7.4. Funcionamiento**

Los compresores son máquinas diseñadas para el aumento de presión de un fluido, mediante la disminución de volumen; el funcionamiento dependerá del tipo; existen compresores de desplazamiento positivo y compresores dinámicos. Los compresores de desplazamiento positivo funcionan mediante la admisión de una cantidad de masa fija que disminuye su volumen considerablemente, como los compresores de pistón o reciprocantes y los compresores de diafragma.

Los compresores dinámicos se caracterizan por emplear el principio de aceleración molecular; el gas ingresa de manera constante mediante un flujo másico por un impulsor, el cual acelera el flujo constante empujando de gas a las paredes exteriores a un difusor en el cual se aumenta la presión.

Cuando es necesaria la compresión constante, rápida y en grandes caudales, se utilizan los compresores tipo dinámicos similares a un ventilador; utiliza una turbina que gira a gran velocidad para la introducción del gas, disminuye el diámetro del trayecto que logra el aumento de presión a la salida, como los compresores centrífugo axial, y centrífugo radial.

Los intercambiadores de calor, como su nombre lo indica, su función principal es el intercambio de energía entre dos cuerpos a distintas condiciones; se basa en el principio de equilibrio térmico, donde ambos fluidos buscaran estar en un estado equivalente al del otro flujo másico, en el cual no existe mezcla de los flujos; una corriente llevará un nivel energético mayor que expulsará calor a sus alrededores, siendo este absorbido por el otro fluido de menor nivel energético, donde el calor de salida será igual al calor de entrada.

## **1.8. Ciclos de refrigeración**

Una de las principales áreas de aplicación de la termodinámica es la refrigeración, la transferencia de calor de una región de temperatura inferior hacia una temperatura superior.

### **1.8.1. Fundamento teórico**

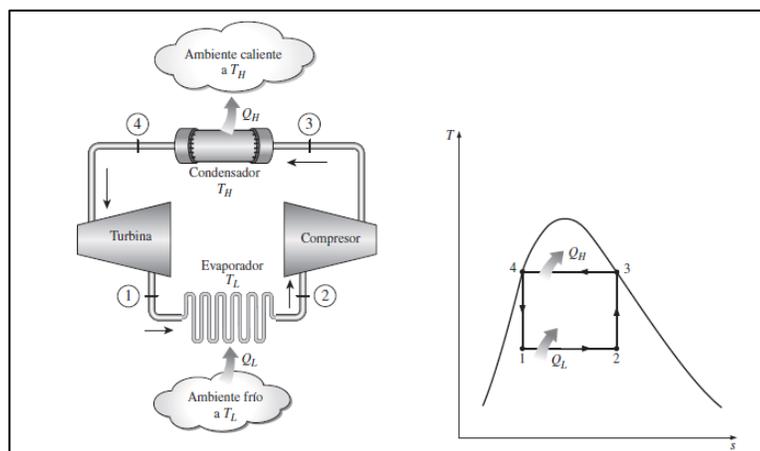
En la actualidad el ciclo de refrigeración mayormente empleado es el de compresión de vapor; se basa en la definición de equilibrio térmico; se utiliza un

fluido con condiciones de saturación muy bajas denominado refrigerante, capaz de absorber grandes cantidades de calor en condiciones de presión por debajo de la atmosférica y expulsar calor por encima de las condiciones ambientales.

### 1.8.2. Tipos de ciclos de refrigeración

El ciclo de Carnot compuesto por cuatro procesos, dos isotérmicos y dos isentrópicos; cuenta con la máxima eficiencia térmica para determinados límites de temperatura. Puesto que es un ciclo reversible, se invertirán las direcciones de cualquier interacción de calor y de trabajo. El resultado es un ciclo que opera en dirección contraria a las manecillas del reloj en el diagrama T-s (ver figura 9), que se llama el ciclo invertido de Carnot. “Un refrigerador o bomba de calor que opera en el ciclo invertido de Carnot es definido como un refrigerador de Carnot o una bomba de calor de Carnot”.<sup>6</sup>

Figura 9. **Diagrama T-S y esquema de dispositivos de ciclo de Carnot Invertido**



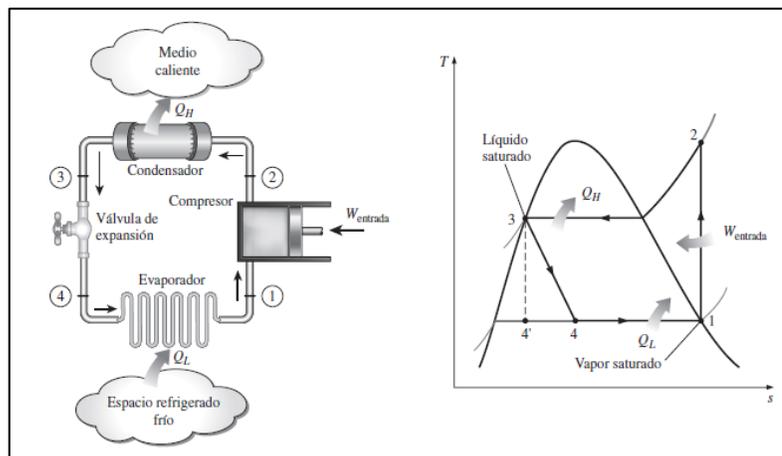
Fuente: APRAIZ, Ignacio; CENGEL, Yunes; BOLES, Michael. *Termodinámica*. p. 69.

<sup>6</sup> CENGEL, Yunnus; BOLES, Michael. *Termodinámica*. p. 69.

Fue el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, muchos de los aspectos imprácticos asociados con el ciclo invertido de Carnot pueden ser eliminados al evaporar el refrigerante por completo antes de que se comprima, y al sustituir la turbina con un dispositivo de estrangulamiento, tal como una válvula de expansión o un tubo capilar.

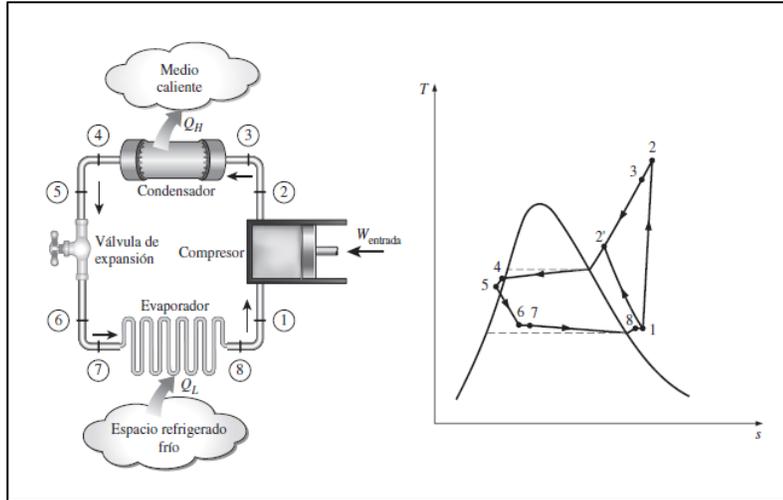
El ciclo que resulta se denomina ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, es el que más se utiliza en refrigeradores, sistemas de aire acondicionado y bombas de calor. Se compone de cuatro procesos: compresión isentropica del refrigerante, continuo con un rechazo de calor al ambiente mediante un condensador, seguida por estrangulamiento de refrigerante para culminar en la absorción de calor en un evaporador (ver figura 12).

Figura 10. **Diagrama T-S y esquema de dispositivos del ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor**



Fuente: APRAIZ, Ignacio; CENGEL, Yunes; BOLES, Michael. *Termodinámica*. p. 70.

Figura 11. **Diagrama T-S y esquema de dispositivos del ciclo real de refrigeración por compresión de vapor**



Fuente: APRAIZ, Ignacio; CENGEL, Yunes; BOLES, Michael. *Termodinámica*. p. 71.

## 1.9. Chillers

En la actualidad el calor es necesario para el mecanizado de plásticos; sin embargo, en la parte final del proceso se necesita un enfriamiento controlado, para lo cual es empleado un *chiller*.

### 1.9.1. Descripción

La unidad enfriadora de agua opera mediante el ciclo de refrigeración a base de la compresión de un vapor. Este proceso se realiza por medio de un intercambiador de calor donde llega fluido a alta temperatura que al tener interacción con el refrigerante expulsa su calor transfiriéndolo al cuerpo de menor energía, ya que los fluidos intentan estar en equilibrio térmico.

En la salida del intercambiador de calor se obtiene agua a baja temperatura, mientras que el refrigerante se obtiene al alta temperatura y en fase de vapor saturado o sobrecalentado, al cual se eleva la temperatura para obtener un vapor con valores de energía altos; se hace pasar por un grupo de serpentines los entre los cuales se hace pasar aire a alta velocidad que enfría el refrigerante que sigue a alta presión para lo cual estrangula mediante un válvula listo para empezar de nuevo el ciclo.

### **1.9.2. Tipos**

Los *chillers* tienen el objetivo mantener un fluido frío, por lo regular es agua, lo hace mediante el intercambio de calor con un refrigerante, el cual puede variar ante las necesidades de la empresa ya que depende de la temperatura a la que se desea que se mantenga el sistema.

Si se desea mantener una temperatura estable mínima a 35 grados centígrados se puede utilizar uno enfriado por agua, que mediante la evaporación de agua logra expulsar el calor que proviene del refrigerante, sucede en un dispositivo denominado torre de enfriamiento. Si se desea mantener una temperatura baja se utiliza un *chiller* enfriado por aire que utiliza un grupo de ventiladores que hacen pasar aire por medio de unos serpentines.

### **1.9.3. Funcionamiento**

Los *chillers* son máquinas auxiliares que tienen el objetivo de mantener una corriente de agua fría circulando en circuito cerrado, son de gran importancia en los procesos de moldeo de plástico, realiza el enfriamiento de los moldes.

La mayoría de los enfriadores se basan en el ciclo de enfriamiento por compresión, que consta de manera ideal de 4 procesos, de la misma manera cabe mencionar que se clasifican por dispositivos enfriados por aire y por agua.

El proceso inicia con el refrigerante en fase de vapor, que se introduce a un compresor, en el cual se aumentarán las condiciones térmicas del refrigerante; idealmente al compresor no debe entrar líquido para lo cual cuenta con un filtro de piedra que atrapa todo el líquido que pueda existir en el flujo; a la salida del compresor se obtiene un refrigerante a alta presión y muy sobrecalentado.

Posterior se hace enfriar el refrigerante isobáricamente expulsando el calor al ambiente; esta acción se realizará dependiendo del tipo de enfriador que se esté utilizando; si la unidad es enfriada por agua, el refrigerante se hace pasar por una torre de enfriamiento, donde se evapora el agua con el calor extraído del refrigerante, lo que representa un consumo de agua. Mientras que los dispositivos enfriados por aire el refrigerante caliente se hace pasar por un conjunto de serpentines denominado condensador, entre los cuales se hace pasar aire a alta velocidad expulsando el calor al ambiente; en estos no hay consumo de agua.

Se obtiene refrigerante a baja temperatura pero aún a alta presión se hace pasar por una válvula de estrangulamiento, la cual logra bajar la presión de manera isoentálpica para obtener un flujo en vapor húmedo a baja presión y baja temperatura; el proceso concluye con la extracción de calor del ambiente a refrigerar; se conoce evaporador donde el refrigerante se calienta isobáricamente hasta que se convierte en vapor sobrecalentado o saturado, cuando el ciclo vuelve a empezar en la compresión.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Materia prima**

Actualmente, la empresa utiliza polipropileno de inyección.

#### **2.1.1. Polímeros utilizados**

En el área de inyección se utiliza una mezcla de dos tipos de plástico:

- Polipropileno virgen: el 100 % es resina sin impurezas y sin previo proceso de reciclaje.
- Polipropileno reciclado: este material surge de reprocessar el material excedente resultante del proceso de inyección, y de las piezas que no cumplan con los estándares de calidad, se pasa por molinos hasta que su tamaño sea ideal para los alimentadores.

Para el suministro a la inyectora se utiliza una proporción de 70 % polipropileno virgen y 30 % polipropileno reciclado.

#### **2.1.2. Propiedades**

Se utiliza polipropileno de la marca TELDENE, debido a su gran resistencia al impacto que tiene y ductilidad (ver figura 12).

Figura 12. **Propiedades del polipropileno TELDENE H12-ML**

<b>Properties</b>	<b>Conditions</b>	<b>Method</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
<i>Density</i>	23°C	ISO 1183	0.900	g/cm <sup>3</sup>
<i>Melt Flow Rate (MFR)</i>	230°C/2.16 kg	ASTM D 1238-13	12	g/10-min
<b>Mechanical</b>				
<i>Flexural Modulus</i>		ISO 178	1,500	MPa
<i>Tensile Modulus</i>	1-mm/min	ISO 527	1,550	MPa
<i>Tensile Stress at Break</i>	50-mm/min	ISO 527	26	MPa
<i>Tensile Stress at Yield</i>	50-mm/min	ISO 527	35	MPa
<i>Tensile Strain at Break</i>	50-mm/min	ISO 527	> 50	%
<i>Tensile Strain at Yield</i>	50-mm/min	ISO 527	13	%
<i>Izod Notched</i>	23°C	ISO 180	3.9	kJ/m <sup>2</sup>
<b>Thermal</b>				
<i>Heat Deflection Temperature</i>	0.45 MPa Un-annealed	ISO 75B	91	°C
<i>Vicat Softening Temperature</i>	A50 (50°C/h 10N)	ISO 306	152	°C

**Note:** The above are typical data representing the product; not to be construed as analysis certificate or specifications.

Fuente: Natpet. *HSDM de TELDENE H12-ML*. www.natpet.com. Consulta: 3 de mayo de 2019.

### 2.1.3. Polímero reutilizado

Durante el proceso de moldeo por inyección se obtienen sobrantes que se denominan rebabas, se crean a raíz del material que pasa por los conductos a través del molde hacia las cavidades que se llenan de resina fundida; durante el proceso de enfriamiento se solidifica junto a la pieza, excedente que se retira al salir la pieza de la inyectora. Se procede a desecharlos, pero el material al no estar contaminado tiene potencial para volver al ciclo.

Todas las piezas desechadas y las rebabas se almacenan en barriles. Se contrata un servicio de reciclaje que se encarga de procesarlo en molinos obteniendo partículas pequeñas capaces de ser absorbido por los

alimentadores, se empaqueta en sacos de 25 libras y se entregan en tarimas de 55 sacos.

## **2.2. Descripción del equipo**

Para la fabricación se utilizan los siguientes equipos:

### **2.2.1. Inyectora de polímeros**

En el área de inyección se utilizan 3 inyectoras horizontales de plástico de marca FCS hidráulica con capacidad de procesar 300 toneladas de plástico al año, para moldes de acero de 80 kg, con alimentadores y dosificadores de colorante independientes, con unidad de inyección de tornillo sin fin, capaces de producir de 6 a 10 piezas, en ciclos de 25 y 32 segundos los cuales dependerán de la pieza y molde utilizado.

### **2.2.2. Chillers**

Para el molde de plástico por inyección es necesario mantener una temperatura estable de 5 grados centígrados en todo el circuito de agua para el enfriamiento de la inyectora y del molde; para lo cual la empresa cuenta con 3 *chillers* de marca SHINI enfriados por aire, de condensadores verticales que utiliza un compresor de tornillo, que utiliza refrigerante R-22, capaces de producir 20 toneladas de enfriamiento.

## **2.3. Descripción del producto**

En la empresa se utiliza el área de inyección para la producción de piezas plásticas, como soporte de las camas, que se colocan en la línea de ensamble

en posteriores procesos o se empacan para mandarlo junto al producto final y el cliente pueda colocarlos.

### **2.3.1. Tipos de piezas poliméricas**

La empresa actualmente maneja distintos tipos de camas, para las cuales se tiene disponible dos tipos de piezas plásticas (ver figuras 13 y 14).

Figura 13. **Pata tipo león**



Fuente: Ambar. *Catálogo digital de Ambar*. <https://ambarcatalogo.com/catalogo/>. Consulta: 11 de mayo de 2019.

Figura 14. **Pata tipo biconica**



Fuente: Ambar. *Catálogo digital de Ambar*. <https://ambarcatalogo.com/catalogo/>. Consulta: 11 de mayo de 2019.

### **2.3.2. Pruebas de calidad**

En el área de inyección se toma una muestra para realizar las 3 distintas pruebas:

- Prueba de arrastre: se arma un camastrón con un peso de 60 kg y se colocan las patas correspondientes y se procede a arrastrarlo por cierta cantidad de tiempo, con el fin de probar si la tapa de la pieza resiste a los esfuerzos.
- Prueba de impacto: se arma un camastrón; luego, se levanta a la altura aproximada de 1 metro; luego, se deja caer, repetidas veces, para verificar su resistencia al impacto.

- Prueba de torque; en esta prueba se toma una pata se fija a una base, y con un torquímetro que aplica una carga de 20 libras, por cierta cantidad de tiempo para verificar la resistencia que tiene la base del tornillo a los esfuerzos de torsión y de flexión a los cuales puedan estar sometidas las piezas.

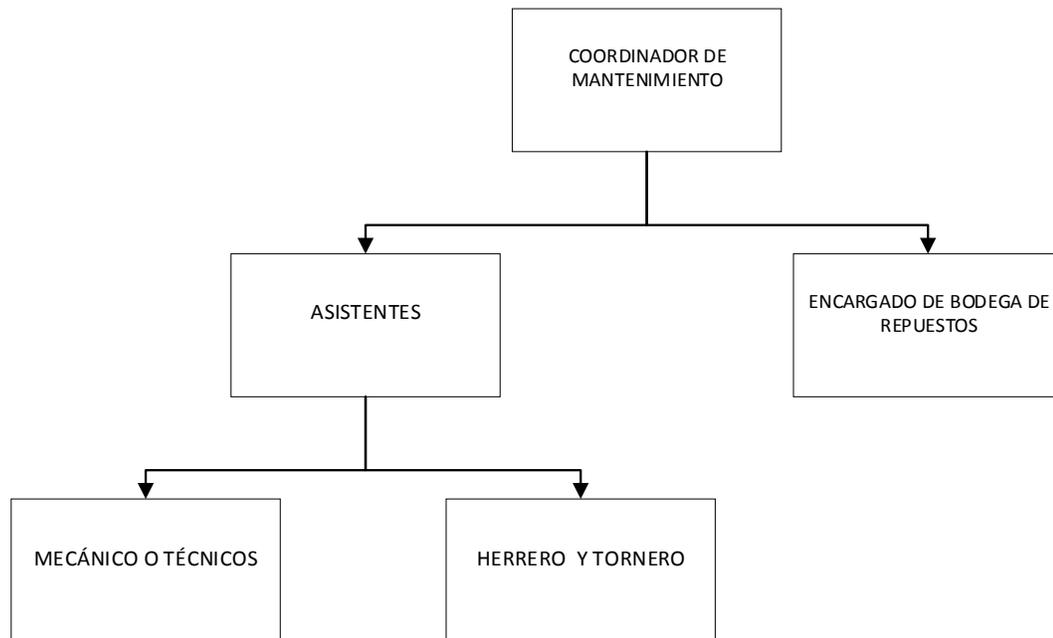
## **2.4. Mantenimiento de equipo**

La empresa cuenta con un área de mantenimiento conformado por un coordinador y los mecánicos encargados de llevar a cabo las actividades de mantenimiento al equipo.

### **2.4.1. Personal encargado**

El departamento de mantenimiento tiene una organización vertical, que se estructura de la siguiente manera (ver figura 17).

Figura 15. Organigrama actual de la empresa



Fuente: elaboración propia.

- Coordinador de mantenimiento: encargado de la administración de los recursos humanos y los materiales para llevar a cabo las actividades de mantenimiento de las estructuras y máquinas.
- Asistentes: velar por el cumplimiento del plan de mantenimiento, y entregar resultados positivos.
- Encargado de bodega de repuestos: brinda los suministros necesarios para la buena elaboración de mantenimiento.
- Mecánico o técnicos: encargados de realizar las actividades necesarias para la preservación de la maquinaria y equipo de la planta.

- Herrero y tornero: realizan reparaciones y modificaciones a las piezas metálicas utilizadas en el proceso de producción.

#### **2.4.2. Procedimientos y herramientas**

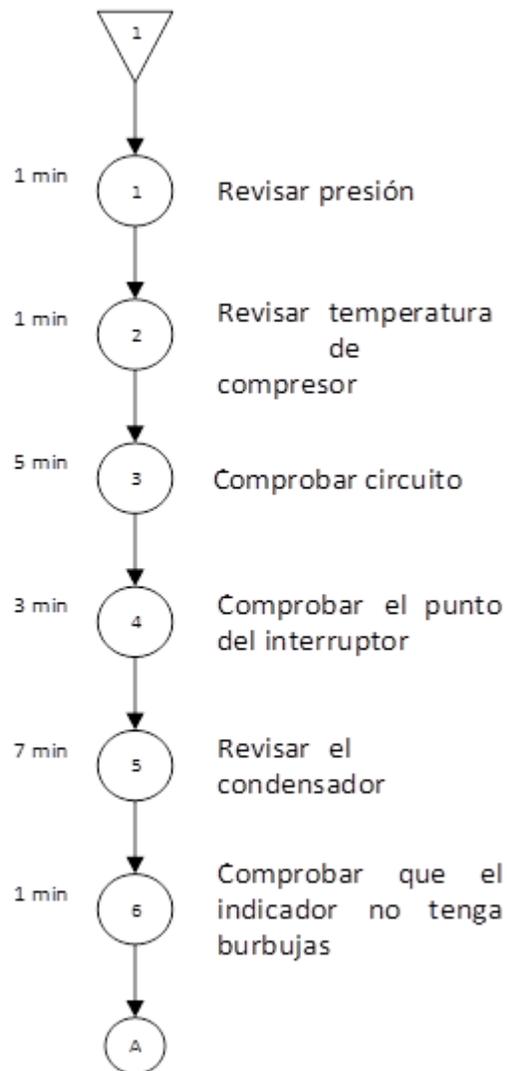
El procedimiento se detalla a continuación:

- Revisar el manómetro del *chiller*: comprobar que la presión del dispositivo esté trabajando en los parámetros de operación correctos, esto se debe realizar durante la jornada laboral a diario y llevar un control de las mediciones.
- Comprobar la temperatura del compresor: que esté operando con normalidad, esta actividad se debe realizar a diario durante la jornada laboral y llevarse un control e historial de las tomas realizadas.
- Comprobar el circuito de enfriamiento de agua en estado normal: durante la jornada laboral, diariamente, se debe comprobar que no exista ningún rastro de fuga de agua.
- Revisar si el punto del interruptor permanece en alta o baja presión tal como se establece conforme a las necesidades de operación: esto se deberá realizar de manera semanal.
- Comprobar el condensador: se determina que este no se encuentre bajo bloqueo, esto se debe realizar 3 veces por mes.
- Comprobar que no haya burbujas en el indicador del líquido: esto se deberá hacer de manera mensual.

- Comprobar que la bomba no realice algún ruido fuera de lo normal: esto se deberá ejecutar de manera mensual; de lo contrario, se deberá planificar y realizar las actividades de mantenimiento correctivo necesarias para el correcto funcionamiento.
- Comprobar el depósito de agua del *chiller*: que no existan incrustaciones, esto debe observarse de manera mensual; de existir alguna incrustación se debe notificar, realizar los análisis necesarios y tomar las acciones necesarias para eliminarlo.
- Realizar una limpieza general interna del tablero eléctrico: se elimina acumulación de polvo, se debe hacer de manera semanal.
- Limpiar el condensador del *chiller*: de manera semestral, donde se deberá verificar el estado del elemento.
- Comprobar el estado normal del contactor: con un multímetro se debe verificar que cumpla con su función, de manera anual.
- Cambiar el refrigerante del *chiller* cada tres años.
- Realizar el cambio de fusibles del *chillers* para garantizar la protección y el correcto funcionamiento de los tableros eléctricos, esto se debe realizar manera anual.

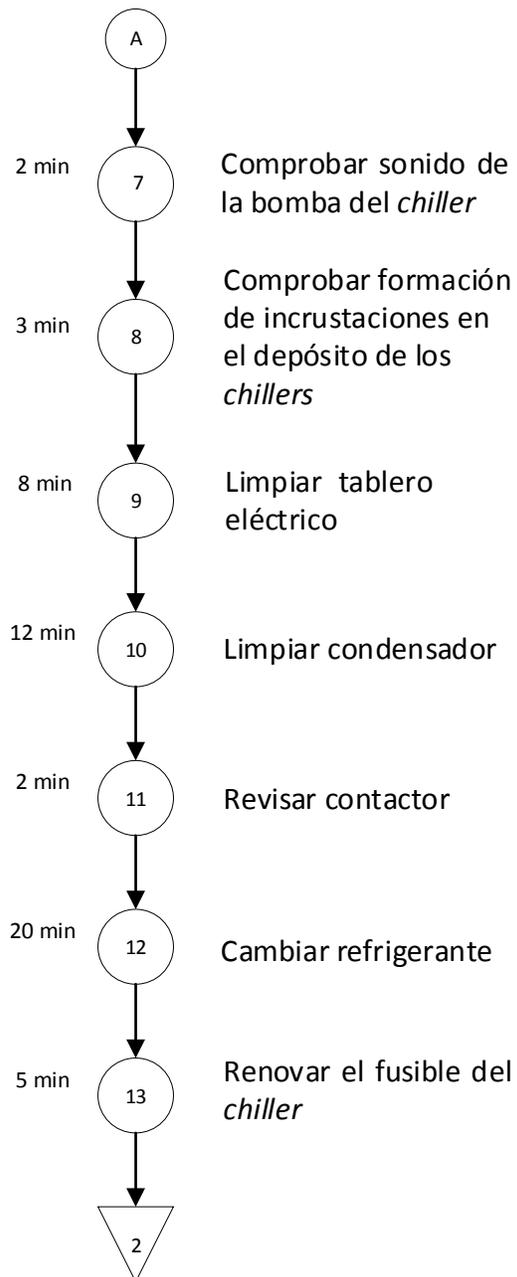
Figura 16. Diagrama de flujo de inspección actual

Empresa: DIVECO, S.A.	Hoja núm.: 1/3
Área: producción	Fecha: julio 2017
Elaborado por: Brandon Velásquez	Método: propuesto
Producto: piezas plásticas	



Continuación de la figura 16.

Empresa: DIVECO, S.A.	Hoja núm.: 2/3
Área: producción	Fecha: julio 2017
Elaborado por: Brandon Velásquez	Método: propuesto
Producto: piezas plásticas	



Continuación de la figura 16.

Empresa: DIVECO, S.A.  
Área: producción  
Elaborado por: Brandon Velásquez  
Producto: piezas plásticas

Hoja núm.: 3/3  
Fecha: julio 2017  
Método: propuesto

<b>Cuadro resumen</b>				
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Distancia (metro)</b>
	Operación	13	60	0
	Inspección	0	0	0
	Transporte	0	0	0
	Demora	0	0	0
	Almacenamiento	2	0	0
<b>Total</b>			<b>60</b>	<b>0</b>

Fuente: elaboración propia.

### **2.4.3. Registro de datos**

Los datos observados de las inspecciones se registran en la tabla II.

Tabla II. Hoja de reporte de la empresa

Equipo	Lista de control	Resultado	
Molde de pata león	Compruebe que lleva los pins líder y bujes.	Ok	NG
	Compruebe que lleva las diapositivas de leva.	Ok	NG
	Compruebe leva función componentes diapositiva.	Ok	NG
	Vuelva a verificar todas las conexiones eléctricas.	Ok	NG
	Compruebe visualmente consejos de condiciones.	Ok	NG
	Compruebe si hay daños en las zonas de cierre.	Ok	NG
Chiller	Compruebe si hay burbujas en el indicador del líquido.	Ok	NG
	Compruebe si hay sonido anormal en la bomba.	Ok	NG
	Compruebe si hay formación de incrustaciones en el depósito.	Ok	NG
	Limpieza general tablero eléctrico.	Ok	NG

Fuente: Grupo DIVECO S. A. *Reporte de la empresa.*

<https://directorio.guatemala.com/listado/diveco-s-a.html>. Consulta: 11 de octubre de 2018.

## 2.5. Análisis de desempeño

El departamento de mantenimiento no cuenta con un plan de conservación del equipo estandarizado; las actividades de reparación se llevan a cabo al momento que ocurre una falla adoptándose el método de mantenimiento correctivo; se analiza cuáles fueron los daños que sufrió el equipo y se procede a la compra de repuestos; en el caso del área de inyección, se procede a contactar al proveedor quien manda un técnico desde China, quien se encargará del análisis de los daños y ejecutar las reparaciones necesarias.

### 2.5.1. Tiempos estándares

Actualmente, la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo dedicado a la conservación del equipo e infraestructura ni a la preservación de la calidad de operación; se tiene una especie de procedimiento

de inspección, el cual se detalla en el número 2.4.2, el tiempo estándar para este conjunto de actividades se describe en la tabla III.

Tabla III. **Tiempo estándar del proceso de inspección actual**

Paso	Tiempo cronometrado	Tiempo elemental	Tiempo estándar
1	0:01:00	0:01:07	0:01:23
2	0:01:00	0:01:07	0:01:23
3	0:05:00	0:05:33	0:06:56
4	0:03:00	0:03:20	0:04:10
5	0:07:00	0:07:46	0:09:43
6	0:01:00	0:01:07	0:01:23
7	0:02:00	0:02:13	0:02:47
8	0:03:00	0:03:20	0:04:10
9	0:08:00	0:08:53	0:11:06
10	0:12:00	0:13:19	0:16:39
11	0:02:00	0:02:13	0:02:47
12	0:20:00	0:22:12	0:27:45
13	0:05:00	0:05:33	0:06:56
<b>Total</b>	<b>1:10:00</b>	<b>1:17:42</b>	<b>1:37:08</b>

Fuente: elaboración propia.

### **2.5.2. Factores que afectan la producción de piezas de polímeros**

El proceso de moldeo por inyección necesita condiciones ideales para su funcionamiento que tienen que trabajar en sincronía, la temperatura interna de la máquina la cual dependerá de la resina termoplástica que se utilice, para el Teldene H12-ML utilizada en el proceso actual es de 230 grados centígrados.

La inyectora cuenta con sectores de temperatura; el inicio del tornillo es la temperatura más baja, entre los 92 a 152 grados centígrados; se obtiene al final del tornillo una temperatura de 230 grados centígrados uniforme en todo el material; de la misma manera, toda la materia debe ser de la misma clase o se deberá considerar una temperatura para la mezcla de materiales.

La materia prima para el proceso debe estar libre de contaminación ya que si existe alguna partícula diferente a la resina, puede causar varios problemas: obstrucción de la boquilla de la inyectora que provoca que no suceda de forma correcta la inyección; al igual que esta partícula se puede quemar lo que causa que la pieza inyectada tenga unos puntos negros, para lo cual la pieza se debe desechar y purgar la máquina.

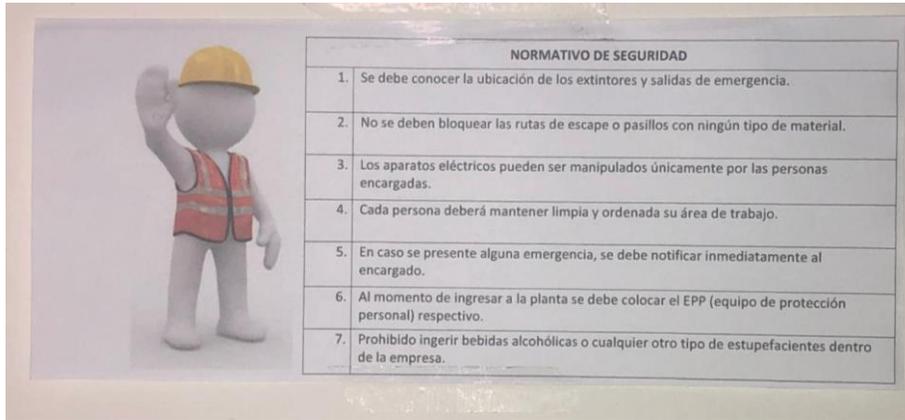
## **2.6. Capacitación del personal de mantenimiento**

En la empresa, el área de inyección es una implementación reciente, los equipos no cuentan con mantenimiento preventivo; toda falla que ocurra en los equipos son cubiertos por el fabricante quien envía un técnico desde China para las reparaciones necesarias; por lo tanto, la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento y de conservación de los equipos, por lo cual no se cuenta con un programa de mantenimiento.

## **2.7. Normativo de higiene y seguridad industrial**

La empresa cuenta con un normativo de seguridad e higiene industrial, el cual no se modifica desde hace 15 años, no cumple con el nuevo Acuerdo Gubernativo 299-2014 y sus reformas (ver figura 18), ya que no involucra aspectos de señalización del área de trabajo mencionado en el artículo 105; no considera las sustancias tóxicas que representan los fluidos de trabajo, como el refrigerante mencionado artículo 201.

Figura 17. **Normativo de seguridad industrial actual de la empresa**



Fuente: Grupo DIVECO S. A. *Normativo de seguridad industrial actual de la empresa.*  
<https://directorio.guatemala.com/listado/diveco-s-a.html>. Consulta: 11 de octubre de 2018.

### **3. PROPUESTA PARA LA DETERMINACIÓN Y EL ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL TIEMPO ESTÁNDAR**

Para la optimización de las actividades de mantenimiento en los *chillers* es necesario analizar los efectos del tiempo estándar.

#### **3.1. Capacitación de personal**

Realizar un plan de capacitación que se acople a las necesidades de la empresa, para el entendimiento del estudio de tiempo y sobre los enfriadores *chillers*, el cual será impartido al personal relacionado con los procesos de mantenimiento.

##### **3.1.1. Inducción teórica al estudio de tiempos**

Realizar un plan inducción para la comprensión del estudio de tiempos; se propone realizar una secuencia de charlas durante los sábados, constará de 5 fases, se realizarán 2 grupos (Ver tabla IV: Inducción al estudio de tiempos).

##### **3.1.2. Capacitación técnica sobre mantenimiento en *chillers***

Realizar un plan capacitación y adiestramiento para la familiarización y comprensión del funcionamiento de los *chillers*. Se propone realizar una secuencia de charlas informativas y prácticas durante los sábados, constará de 5 fases, se realizarán 2 grupos (ver tabla V).

Tabla IV. **Inducción al estudio de tiempos**

<b>Inducción al estudio de tiempos</b>		
Objetivo: comprender el significado, aplicación y determinación de un estudio de tiempos, los factores que lo afecta para su uso como herramienta para la evaluación del trabajo.		
Alcance: comprensión del significado y determinación del tiempo estándar; dirigida a coordinador de mantenimiento, asistentes, encargado de la bodega de repuestos, técnicos y torneros, del área de mantenimiento.		
<b>Fase</b>	<b>Temas</b>	<b>Duración</b>
• Introducción al estudio de tiempos	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Definición</li> <li>○ Características</li> </ul>	1 hora 30 minutos
• Toma de tiempos	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cronometro: tipos y funcionamiento. Toma y registro de tiempos.</li> <li>○ Determinación de la cantidad de corridas.</li> </ul>	2 horas
• Valoración del ritmo de trabajo y suplementos	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Valoración del ritmo de trabajo</li> <li>○ Sistema de suplemento por descanso</li> </ul>	1 hora
• Determinación del tiempo estándar	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Determinación del tiempo elemental</li> <li>○ Determinación del tiempo estándar</li> </ul>	2 horas
• Práctica y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Solución de caso practico</li> </ul>	45 minutos

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Capacitación sobre *chillers***

<b>Capacitación sobre <i>chillers</i></b>		
Objetivo: conocer un <i>chiller</i> , su funcionamiento, los tipos, los estándares correctos de operación, los problemas comunes y las soluciones.		
Alcance: actividades para adquirir conocimiento teórico y práctico de un <i>chiller</i> , dirigido a todo el personal de mantenimiento: coordinador de mantenimiento, asistentes del coordinador, técnicos, tornero.		
<b>Fase</b>	<b>Temas</b>	<b>Duración</b>
• Introducción a los <i>chillers</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ¿Qué es un <i>chiller</i>?</li> <li>○ Funcionamiento</li> <li>○ Aplicaciones en la industria</li> </ul>	1 hora
• Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Componentes: funcionamiento y estándares de operación</li> <li>○ Refrigerante</li> <li>○ Circuito de agua</li> </ul>	2 horas
• Fallas comunes y soluciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Parámetros operación</li> <li>○ Fallas comunes en los componentes y soluciones</li> </ul>	2 horas 30 minutos

Continuación de la tabla V.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Práctica: componentes de un <i>chiller</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conocer los componentes de manera visual y su manejo.</li> </ul>	3 horas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Práctica: limpieza de los componentes internos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ El modo correcto de limpiar los componentes del enfriador</li> </ul>	2 horas 30 minutos

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Seguridad e higiene industrial

Mantener la integridad y la salud del personal operativo o administrativo es gran importancia para el óptimo desarrollo de las actividades de la empresa. El personal de mantenimiento se encuentra expuesto a todo tipo de peligros y riesgos, a pesar de que las máquinas se encuentren en reposo o apagadas, la mayoría de piezas y componentes representan una amenaza.

#### 3.2.1. Normativo

Para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales, se propone el siguiente normativo. Conforme al artículo 124 reformado en el artículo 302, la salud y seguridad ocupacional es una medida de prevención que debe ser vigilada por un monitor de SSO ya que la empresa se encuentra entre el rango de 10 a 100 colaboradores. Se cuenta con un enfermero profesional, quien aprobó y comentó que las normas mínimas para evitar riesgos en el área de inyección al momento de realizar alguna actividad de mantenimiento son:

- Notificar al encargado de seguridad industrial previo a la ejecución del procedimiento para extender un permiso de trabajo.

- Utilizar el equipo de protección personal adecuado para las actividades de mantenimiento asignadas.
- Verificar que el *chiller* se encuentre apagado o en estado de reposo antes de iniciar cualquier actividad.
- No utilizar joyería ni accesorios.
- Delimitar el área de trabajo con material reflectivo, o fotolumincente.
- Revisar el equipo para determinar si existen fugas de gas, mediante el uso de un medidor de gases.
- No retirar la hoja MSDS o ficha técnica del refrigerante, que está colocado en la máquina; si este se encuentra en mal estado, proceder al cambio de las hojas.

### **3.2.2. Equipo de seguridad**

Basado en el artículo 98 que se reforma en el artículo 231, los trabajadores deben utilizar equipo de protección personal cuando exista alguna posibilidad de riesgos para la salud y seguridad ocupacional; se propone contar como mínimo con el siguiente equipo de protección personal:

- Lentes de protección antiempañó, con visores de policarbonato anti impacto, con insertos de gomas antideslizantes, con filtros UV del 99,97 %, con cuerdas ajustable, que cumple con la norma ANSI Z87; en caso de fugas de gas se debe utilizar unos lentes para la protección de salpicaduras con ventilaciones indirecta de PVC.

- Delantal de PVC que brinda protección de salpicadura de químicos, de 20 milímetros de espesor.
- Par de guantes recubiertos de PVC para frío, fabricados de nylon con tratamiento hidrófugo.
- Calzado de seguridad dieléctrico sin metal, con suela de caucho nitrilo, de cuero con tratamiento hidrófugo con franjas reflectivas de ambos lados, suela resistente a aceites y químicos, antideslizante con una plantilla antiperforación de kevlar.

### **3.2.3. Respuesta ante accidentes**

En caso de algún evento desafortunado, se propone ejecutar el siguiente plan de contingencia:

- Paso 1: despejar el área.
- Paso 2: notificar al encargado de salud y seguridad ocupacional; en este caso puede ser el enfermero calificado o el colaborador capacitado.
- Paso 3: avisar a las autoridades correspondientes.
- Paso 4: despejar al área y permitir ventilación al exterior, si existe fuga de refrigerante.
- Paso 5: llamar a la asistencia médica y entregar MSDS del refrigerante.
- Paso 6: agregar arena sobre el derrame de refrigerante.

- Paso 7: investigar y documentar el suceso.
- Paso 8: proponer mejoras para evitar que el accidente se repita.

### **3.3. Mantenimiento**

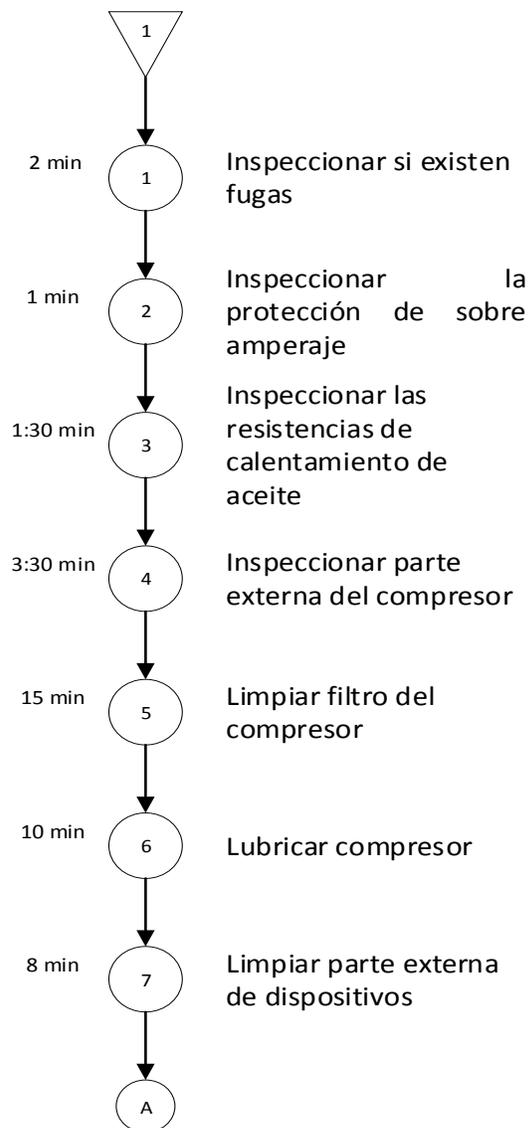
Para la conservación de los dispositivos y el mantenimiento de la calidad de trabajo de estos se propone lo siguiente.

#### **3.3.1. Procedimiento**

Para el óptimo funcionamiento de los *chillers*, se propone un conjunto de actividades de mantenimiento, las cuales deberán realizarse de forma periódica, mantenimiento menor cada mes de trabajo, y mantenimiento mayor semestre de trabajo; se detallará cada uno con diagramas de flujo.

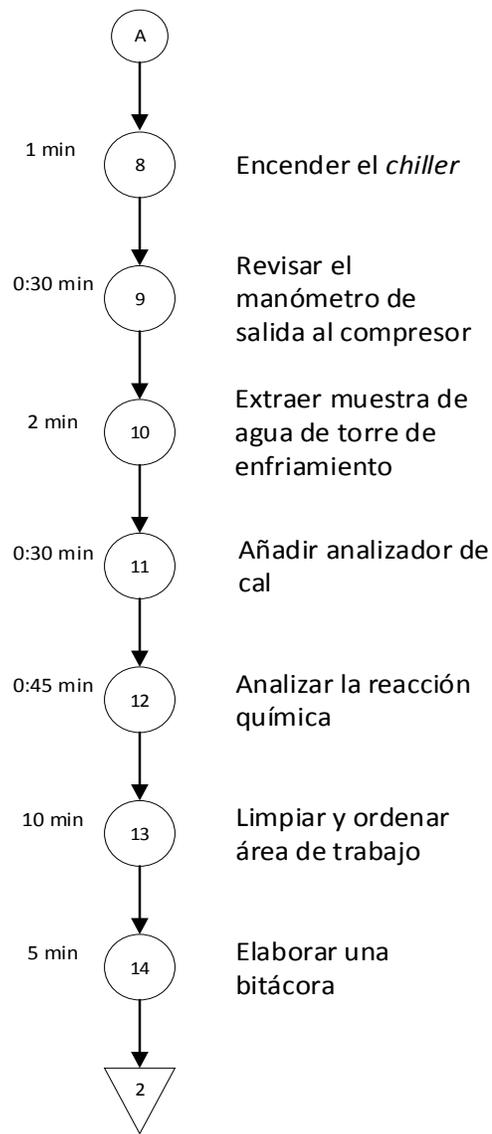
Figura 18. Diagrama de flujo mantenimiento mensual

Empresa: DIVECO, S.A.	Hoja núm.: 1/3
Área: producción	Fecha: julio 2017
Elaborado por: Brandon Velásquez	Método: propuesto
Producto: piezas plásticas	



Continuación de la figura 18.

Empresa: DIVECO, S.A.	Hoja núm.: 2/3
Área: producción	Fecha: julio 2017
Elaborado por: Brandon Velásquez	Método: propuesto
Producto: piezas plásticas	



Continuación de la figura 18.

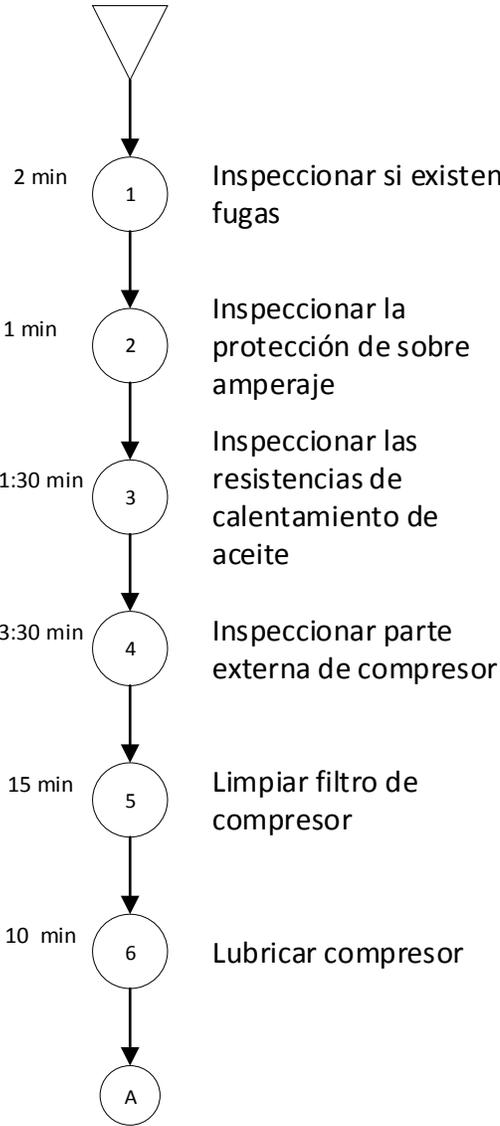
Empresa: DIVECO, S.A.	Hoja núm.: 3/3
Área: producción	Fecha: julio 2017
Elaborado por: Brandon Velásquez	Método: propuesto
Producto: piezas plásticas	

<b>Cuadro resumen</b>				
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Distancia (metros)</b>
	Operación	14	60,45	0
	Inspección	0	0	0
	Transporte	0	0	0
	Demora	0	0	0
	Almacenamiento	2	0	0
Total			60,45	0

Fuente: elaboración propia.

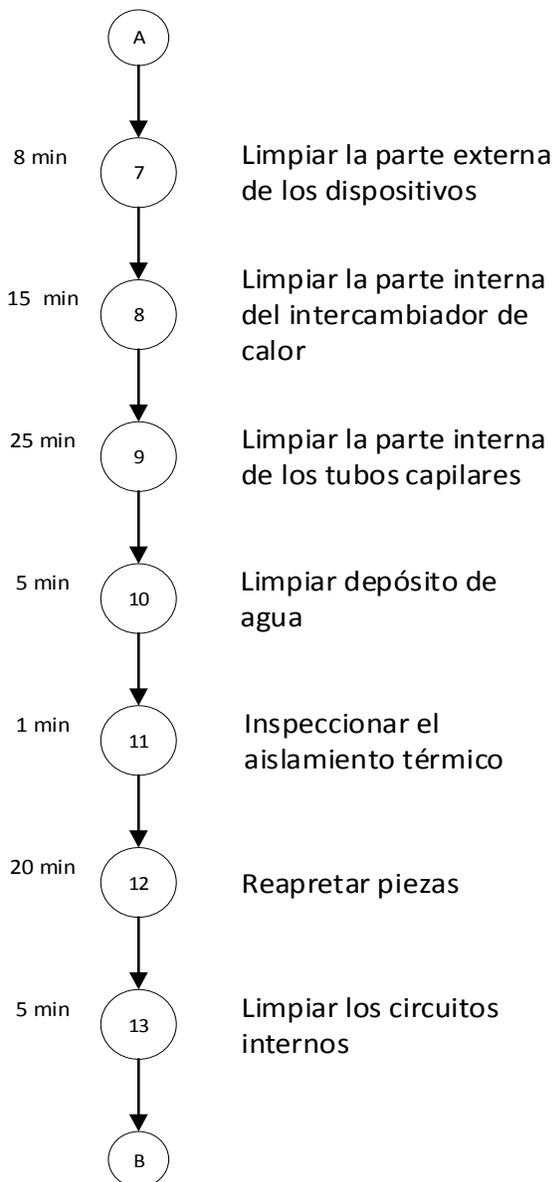
Figura 19. Diagrama de flujo de mantenimiento semestral

Empresa: DIVECO, S.A.	Hoja núm.: 1/4
Área: producción	Fecha: julio 2017
Elaborado por: Brandon Velásquez	Método: propuesto
Producto: piezas plásticas	



Continuación de la figura 19.

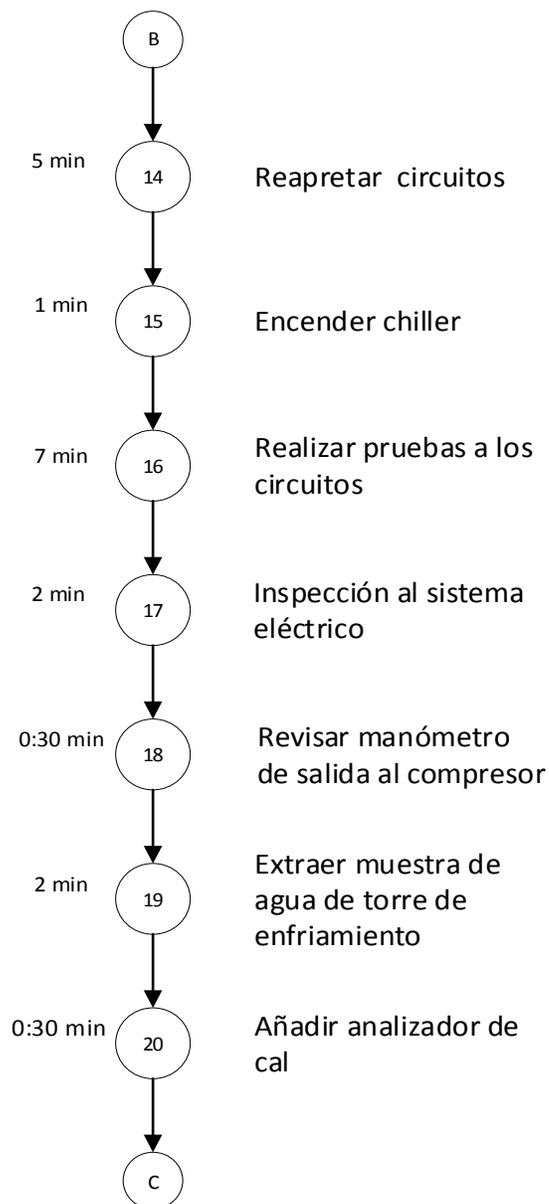
Empresa: DIVECO, S.A.	Hoja núm.: 2/4
Área: producción	Fecha: julio 2017
Elaborado por: Brandon Velásquez	Método: propuesto
Producto: piezas plásticas	



Continuación de la figura 19.

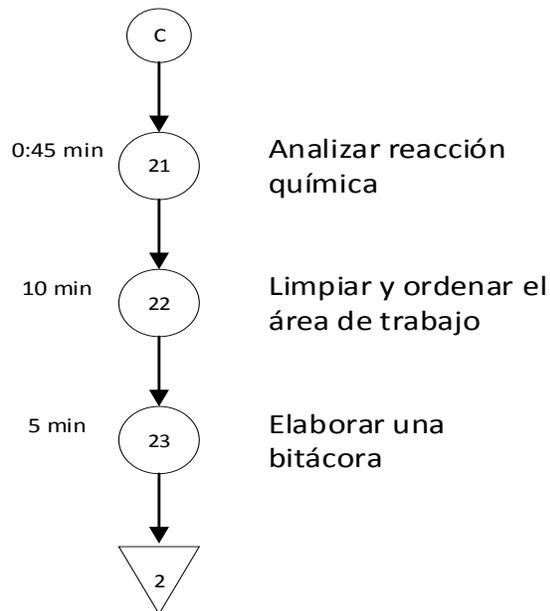
Empresa: DIVECO, S.A.  
Área: producción  
Elaborado por: Brandon Velásquez  
Producto: piezas plásticas

Hoja núm.: 3/4  
Fecha: julio 2017  
Método: propuesto



Continuación de la figura 19.

Empresa: DIVECO, S.A. Área: producción Elaborado por: Brandon Velásquez Producto: piezas plásticas	Hoja núm.: 4/4 Fecha: julio 2017 Método: propuesto
---	--



Resumen				
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (minutos)	Distancia (metro)
○	Operación	23	141,45	0
□	Inspección	0	0	0
→	Transporte	0	0	0
△	Almacenamiento	2	0	0
Total			141,45	0

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Herramientas a utilizar

Para la realización del conjunto de actividades de mantenimiento, es necesario el uso de distintas herramientas, las cuales dependerán del tipo de mantenimiento que se realizará, entre las cuales se propone:

- Para mantenimiento menor
  - Destornillador Phillips: de cuerpo largo, para la extracción de tornillos de la carcasa del equipo y de algunos elementos internos.
  - Juego de llaves Allen: para la extracción de tornillos hexagonales en los circuitos eléctricos.
  - Multímetro: para realizar las mediciones para la determinación de los estándares de trabajo del sistema eléctricos; revisar si las válvulas electrónicas están realizando de manera correcta su función.
  - Analizador de cal: para análisis de dureza de agua.
  - Líquido desengrasante: para la limpieza de los serpentines del evaporador.
  - Conos anaranjados: con franja reflectiva para la delimitación del área de trabajo.
  
- Para mantenimiento mayor
  - Equipo y accesorio para lubricación y engrase, aceitadora manual pequeña para la aplicación de aceite en las partes que funcionan a gran velocidad.
  - Limpiador de contactos para la limpieza de circuitos eléctricos.

- Hidrolavadora a presión para la limpieza de los ventiladores y las rejillas del condensador.

### **3.4. Tratamiento de agua de alimentación de *chillers***

El agua a utilizar en el circuito de enfriamiento debe tener condiciones muy específicas, entre las cuales debe cumplir con bajo niveles de dureza y de cualquier organismo; para lo cual se propone la utilización de 2 técnicas de tratamiento de agua, en la cual la primera es la cloración para evitar el crecimiento de organismos como hongos o algas que puedan afectar al flujo de agua.

Este procedimiento es de fácil aplicación y bajo costo, solo es necesario la aplicación cloro, dejando reposar en intervalos de 30 minutos a 1 hora, alcanzando una concentración máxima de 0,2 a 0,5 miligramo por cada litro de solución. Este proceso eliminará todo agente biológico que pueda afectar el trabajo de las máquinas, pero esto no garantiza el ablandamiento del agua.

Para la eliminación de la dureza del agua se proponer utilizar un tratamiento que consiste en la adición de cal hidratada para que esta reaccione formando carbonatos de calcio, que se precipita pudiendo eliminar mediante filtración.

### **3.5. Tiempo estándar**

Determinarlo para usarlo como herramienta en la evaluación del proceso.

### 3.5.1. Toma de tiempos

Se propone utilizar el siguiente formato para la toma de tiempos.

Tabla VI. Cuadro para toma de tiempos

Toma de tiempos	
Evaluador:	
Técnico:	
Fecha:	
Actividad	Tiempo cronometrado
Inspección de fugas	0:02:00
Inspección de la protección de sobre amperaje	0:01:00
Inspección de las resistencias de calentamiento de aceite	0:01:30
Inspección externa del compresor	0:03:30
Limpieza del filtro del compresor	0:15:00
Lubricación de compresor	0:10:00
Limpieza de parte externa de dispositivos	0:08:00
Limpieza interna de intercambiador de calor	0:15:00
Limpieza interna de tubos capilares	0:25:00
Limpieza del depósito de agua	0:05:00
Inspección del aislamiento térmico	0:01:00
Reapriete de piezas	0:20:00
Limpieza de circuitos internos	0:05:00
Reapriete de circuitos	0:05:00
Encender el <i>chiller</i>	0:01:00
Realizar pruebas a circuitos	0:07:00
Inspección al sistema eléctrico	0:02:00
Revisión de manómetro de salida al compresor	0:00:30
Extraer muestra de agua de torre de enfriamiento	0:02:00
Añadir analizador de cal	0:00:30
Analizar la reacción química	0:00:45
Limpiar y ordenar área de trabajo	0:10:00
Elaborar una bitácora	0:05:00
Total	1:40:45

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2. Determinación de tiempos elementales

Para la determinación de los tiempos elementales, se necesita evaluar el ritmo del trabajo para determinar el tiempo base; para este caso se determinó un valor del 11 %, basado en los datos expuestos en el anexo 1; para el control de los cálculos se propone la siguiente tabla.

Tabla VII. Cuadro de cálculos para tiempo base y tiempo elemental

Actividad	Tiempo cronometrado	Tiempo elemental
Inspección de fugas	0:02:00	0:02:13
Inspección de la protección de sobre amperaje	0:01:00	0:01:07
Inspección de las resistencias de calentamiento de aceite	0:01:30	0:01:40
Inspección externa del compresor	0:03:30	0:03:53
Limpieza del filtro del compresor	0:15:00	0:16:39
Lubricación de compresor	0:10:00	0:11:06
Limpieza de parte externa de dispositivos	0:08:00	0:08:53
Limpieza interna de intercambiador de calor	0:15:00	0:16:39
Limpieza interna de tubos capilares	0:25:00	0:27:45
Limpieza del depósito de agua	0:05:00	0:05:33
Inspección del aislamiento térmico	0:01:00	0:01:07
Reapriete de piezas	0:20:00	0:22:12
Limpieza de circuito internos	0:05:00	0:05:33
Reapriete de circuitos	0:05:00	0:05:33
Encender el <i>chiller</i>	0:01:00	0:01:07
Realizar pruebas a circuitos	0:07:00	0:07:46
Inspección al sistema eléctrico	0:02:00	0:02:13
Revisión de manómetro de salida al compresor	0:00:30	0:00:33
Extraer muestra de agua de torre de enfriamiento	0:02:00	0:02:13
Añadir analizador de cal	0:00:30	0:00:33
Analizar la reacción química	0:00:45	0:00:50
Limpiar y ordenar área de trabajo	0:10:00	0:11:06
Elaborar una bitácora	0:05:00	0:05:33
Total	1:29:45	1:39:37

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.3. Determinación de tiempo estándar

El tiempo estándar se calcula mediante el producto de los tiempos elementales por la suma de los valores de los suplementos que tengan efecto en el proceso; para este caso se determinó un valor de 16 %, basado en los valores de la tabla del anexo 2, para la cual se propone la tabla VIII.

Tabla VIII. Cuadro para cálculo del tiempo estándar

Actividad	Tiempo elemental	Tiempo estándar
Inspección de fugas	0:02:13	0:02:35
Inspección de la protección de sobre amperaje	0:01:07	0:01:17
Inspección de las resistencias de calentamiento de aceite	0:01:40	0:01:56
Inspección externa del compresor	0:03:53	0:04:30
Limpieza del filtro del compresor	0:16:39	0:19:19
Lubricación de compresor	0:11:06	0:12:53
Limpieza de parte externa de dispositivos	0:08:53	0:10:18
Limpieza interna de intercambiador de calor	0:16:39	0:19:19
Limpieza interna de tubos capilares	0:27:45	0:32:11
Limpieza del depósito de agua	0:05:33	0:06:26
Inspección del aislamiento térmico	0:01:07	0:01:17
Reapriete de piezas	0:22:12	0:25:45
Limpieza de circuito internos	0:05:33	0:06:26
Reapriete de circuitos	0:05:33	0:06:26
Encender el <i>chiller</i>	0:01:07	0:01:17
Realizar pruebas a circuitos	0:07:46	0:09:01
Inspección al sistema eléctrico	0:02:13	0:02:35
Revisión de manómetro de salida al compresor	0:00:33	0:00:39
Extraer muestra de agua de torre de enfriamiento	0:02:13	0:02:35
Añadir analizador de cal	0:00:33	0:00:39
Analizar la reacción química	0:00:50	0:00:58
Limpiar y ordenar área de trabajo	0:11:06	0:12:53
Elaborar una bitácora	0:05:33	0:06:26
Total	2:41:47	3:07:40

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Análisis de los efectos del tiempo estándar

Analizando los datos obtenidos de la medición de tiempos, se puede realizar una comparativa entre los datos históricos de tiempos estándares de las actividades de mantenimiento, para determinar si se ha mejorado en la realización del mantenimiento; para la comparativa se propone el siguiente cuadro comparativo.

Tabla IX. **Cuadro comparativo de tiempos estándar**

<b>Cuadro comparativo</b>			
Evaluador			
Fecha			
Técnico	Tiempo histórico	Tiempo obtenido	Comparativa
Comentario:			

Fuente: elaboración propia.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1. Plan de acción**

Para estandarizar las actividades de mantenimiento con el objeto de obtener e implementar un proceso medible, y mejorable continuamente, se creó un plan de acción para la implementación de la propuesta de manera efectiva.

#### **4.1.1. Implementación del plan**

Para la implementación del plan, es necesario resaltar lo siguiente:

- Identificar al personal de gerencia responsable de la implementación y el control del nuevo proceso.
- Informar al área de mantenimiento de la aplicación de los nuevos cambios.
- Brindar inducción sobre el estudio del trabajo, los cambios propuestos, la toma de tiempos y la elaboración de bitácora.
- Tomar los tiempos cronometrados.
- Determinar los tiempos normal y estándar.
- Análisis de los efectos del tiempo estándar.

- Propuesta de mejoras.

#### **4.1.2. Entidades responsables**

A lo largo de la implementación de la propuesta se han involucrado las siguientes entidades, que supervisa y controla el proceso.

#### **4.1.3. Gerencia**

El personal administrativo tiene un gran papel en la adopción del nuevo método de trabajo para el mantenimiento; tiene a su cargo la verificación de los siguientes aspectos:

- Análisis de los datos obtenidos
- Delegación de responsabilidades
- Control de la planificación de mantenimiento
- Evaluación de los procesos de mantenimiento estandarizados
- Delegación de evaluadores
- Propuesta y aprobación de mejoras al nuevo proceso

#### **4.1.4. Área de mantenimiento**

El área de mantenimiento es la responsable de primera instancia en el éxito del nuevo plan de mantenimiento; ejecuta y supervisa de manera directa las siguientes actividades:

- Llevar a cabo las actividades de mantenimiento
- Elaborar la bitácora
- Controlar los inventarios de repuestos y herramientas

## **4.2. Inducción**

Para la implementación de la propuesta de mejora, es necesario realizar cambios en las actividades o procedimientos ya existentes, para lo cual se considera normal que exista resistencia al cambio. Para vencer esta resistencia a los cambios es muy importante involucrar al personal, operativo y administrativo, al brindar charlas informativas de los aspectos a mejorar.

Para la realización de la inducción es necesario evaluar el conocimiento del personal para determinar el enfoque de las charlas; toma en cuenta el conocimiento técnico del mantenimiento y el estudio del trabajo.

## **4.3. Determinación del tiempo estándar de las actividades de mantenimiento**

La toma de tiempos cronometrados y la determinación del tiempo estándar son parte de la estandarización y propuesta de mejoras para el proceso de mantenimiento.

### **4.3.1. Toma de tiempos cronometrados**

La toma de tiempos se realizará al momento de efectuar las distintas actividades de mantenimiento estandarizadas, en las cuales se involucrarán el personal técnico de mantenimiento y el delegado por gerencia para la toma de tiempos.

Previamente a la toma de tiempos, la persona encargada de cronometrar deberá informarse el tipo de procedimiento que se realizará, para determinar cuáles serán las actividades a cronometrar (ver figuras 24 y 25). El encargado

de la toma de tiempos deberá utilizar el formato de la tabla IV para el registro de datos.

Para la determinación del tiempo estándar de los procesos propuestos se realizó un estudio preliminar de tiempo con una muestra de 5 corridas, para determinar mediante la siguiente ecuación el número de corridas necesarias para la determinación del tiempo estándar de los métodos de mantenimiento:

$$\sqrt{n} = \frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum x^2}}{\sum x}$$

Donde:

- n: número de observaciones a llevar a cabo en el estudio de tiempos actual; se deben tomar 3 corridas.
- n': número de observaciones preliminares; para este estudio fue de 5 corridas.
- X: tiempo total de la corrida preliminar.

Por lo tanto, se realizaron 3 corridas preliminares; se obtuvieron los siguientes resultados: 2 horas, 32 minutos; 2 horas, 46 minutos; 3 horas, 3 minutos; se determinó la cantidad de observaciones necesarias:

$$\sqrt{n} = \frac{40 \sqrt{3 \sum 02:47^2 - (\sum 02:47)^2}}{\sum 02:47}$$

La utilización de la ecuación dio un resultado de 3,04, por lo que se tendrán que realizar 3 corridas para la determinación del tiempo estándar; a continuación, se muestra el promedio de las 3 corridas realizadas.

Tabla X. **Tiempos cronometrados promedio de las 3 corridas de cada método de mantenimiento respectivamente**

<b>Actividad</b>	<b>Mantenimiento mensual</b>	<b>Mantenimiento mayor</b>
Inspeccionar en busca de fugas	0:13:02	0:11:08
Inspeccionar la protección de sobre amperaje	0:00:34	0:00:37
Inspeccionar las resistencias de calentamiento de aceite	0:01:55	0:02:09
Inspeccionar la parte externa del compresor	0:04:34	0:04:25
Limpiar el filtro del compresor	0:18:54	0:19:51
Lubricar compresor	0:07:11	0:07:50
Limpiar parte externa de dispositivos	0:17:18	0:17:32
Limpiar internamente intercambiador de calor		0:16:53
Limpiar internamente tubos capilares		0:23:16
Limpiar depósito de agua		0:04:42
Inspeccionar aislamiento térmico		0:01:36
Reapretar todas las piezas		0:16:32
Limpiar circuitos internos		0:04:39
Reapretar circuitos		0:05:42
Encender el <i>chiller</i>	0:01:12	0:01:27
Realizar pruebas a circuitos		0:08:27
Inspeccionar sistema eléctrico		0:03:56
Revisar manómetro de salida al compresor	0:00:43	0:00:38
Extraer muestra de agua de torre de enfriamiento	0:04:06	0:03:58
Añadir analizador de cal	0:00:35	0:00:38
Analizar la reacción química	0:01:06	0:01:02
Limpiar y ordenar área de trabajo	0:04:56	0:05:23
Elaborar una bitácora	0:03:52	0:02:48
<b>Sumatoria de tiempos</b>	<b>1:19:58</b>	<b>2:45:09</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.2. Determinación de tiempos normales y tiempo estándar

Para la determinación de los tiempos normales, fue necesario evaluar el ritmo del trabajo, para lo cual se recomienda visualizar el anexo 1; de igual manera, es necesario determinar los suplementos, para lo cual se recomienda visualizar el anexo 2; se determinará el producto del tiempo cronometrado y la suma de los porcentajes del ritmo de trabajo y los suplementos.

Para el cálculo y registro de los datos se deberá utilizar el formato de la tabla V, en el cual se deberá dejar constancia de cada uno de los cálculos. La determinación del tiempo estándar es equivalente a la sumatoria de los tiempos normales.

Teniendo los tiempos cronometrados promedio de las corridas, se realizó una tabla resumen de todos los suplementos.

Tabla XI. **Determinación del tiempo base elemental**

<b>Tiempo base elemental</b>		
Evaluación del desempeño		
Descripción	Valoración	%
Habilidad	Excelente	8
Esfuerzo	Bueno	2
Condiciones	Promedio	0
Consistencia	Buena	1
Total		11
T. cronometrado * (1+%)		
	T. Cronometrado	T. Elemental
Mantenimiento menor	1:19:58	1:28:46
Mantenimiento mayor	2:45:09	3:03:19

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Determinación del tiempo normal y tiempo estándar**

<b>Tiempo normal y tiempo estándar</b>		
Tolerancias y suplementos		
Descripción	%	
Necesidades personales	5	
Fatiga	4	
Trabajo de pie	2	
Posición incomoda	2	
Ruido intermitente y fuerte	2	
Proceso complejo	1	
Total	16	
Tiempo base elemental + (1+%)		
Plan de mantenimiento	T. Elemental	T. Estándar
Mantenimiento menor	1:28:46	1:42:58
Mantenimiento mayor	3:03:19	3:32:39

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. **Análisis de los efectos del tiempo estándar**

Se evaluó y se determinó que los factores que afectan al plan de mantenimiento son:

- Suplementos constantes: fueron aquellos factores que existen por el simple hecho de ser humano; se consideraron las necesidades fisiológicas y la fatiga.
- Trabajo de pie: se observó que la ejecución de las actividades de mantenimiento no se pueden realizar en el mismo lugar por lo que el técnico debe estar en constante movimiento; de la misma manera, existen componentes que solo son accesibles por la parte posterior.

- Posición incómoda: resultó que los componentes del enfriador se encuentran en lugares de difícil acceso, por lo que las posiciones incómodas era frecuentes.
- Ruido intermitente y fuerte: se analizó que el enfriador por lo general al necesitar comprimir el refrigerante se enciende el compresor y produce un ruido intermitente, que afecta la concentración.

#### **4.5. Estandarización de las actividades de mantenimiento**

El proceso se planteó con el objeto de ser evaluado para la mejora continua. Para lo cual se involucrará al personal de mantenimiento y gerencia, los cuales podrán proponer mejoras al procedimiento; se reunirán para discutir las ideas y seleccionar las mejoras e implementarlas en un proceso piloto en el cual se evaluará mediante la utilización de las herramientas previamente descritas y se determinarán las modificaciones que se preservarán y los que se desecharán.

#### **4.6. Logística en el proceso**

En la ejecución de los nuevos procedimientos, los técnicos solicitan herramientas y consumibles a la bodega de mantenimiento; el encargado de bodega recibe los requerimientos con previa anticipación; prepara los insumos necesarios; llena una vale por la entrega de los artículos, el cual se firma en ambas partes luego de haber revisado que cumpla con el requerimiento y se archiva en los pendientes. Al momento de devolver, el encargado de bodega saca el vale y revisa la entrega de las herramientas e insumos; se hace una solicitud del inventario de todo aquello que sea consumible que se haya utilizado.

## **5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**

La implementación de los nuevos procedimientos de mantenimiento preventivo generó cambios en el área de inyección, también, mantenimiento y gerencia.

### **5.1. Resultados obtenidos**

En la implementación del proceso propuesto se obtuvieron distintos resultados los cuales pueden ser medibles entregando resultados cuantitativos para su evaluación, los cuales fueron interpretados y aplicados para la mejora continua.

#### **5.1.1. Interpretación**

Con los datos obtenidos de la aplicación de los nuevos métodos se observó una amplia mejoría en el proceso de inyección en la empresa; aumentó la productividad ya que los paros en producción eran menos ocurrentes, ya que se realizan actividades de conservación a los equipos. El personal tiene un mejor conocimiento del equipo de inyección y sus equipos auxiliares; responde de manera eficiente ante los imprevistos que se presenten con los equipos, capaces de restaurar su calidad de trabajo; deja constancia de las actividades realizadas y tiene un control detallado de los movimientos de las bodegas de repuestos e insumos.

### 5.1.2. Aplicación

El análisis de los efectos del tiempo estándar en las actividades de mantenimiento preventivo brindó datos que tendrán las siguientes aplicaciones en el proceso de mejora continua del proceso de mantenimiento preventivo:

- Se elaboró una base de datos de tiempos estándar, para la evaluación constante del procedimiento de mantenimiento preventivo para *chillers*.
- Se determinó el tiempo estandarizado de las actividades de mantenimiento; tiene gran variedad de aplicaciones desde el cálculo de la eficiencia del operario, la efectividad del procedimiento o el tiempo de aprendizaje de un nuevo colaborador.
- Se evaluó el desempeño de los técnicos de mantenimiento.
- Se capacitó y adiestró al personal, en las actividades que necesitaban refuerzo, las cuales se determinaron por medio de la determinación del tiempo estándar de cada técnico.
- Se redujeron los tiempos muertos en el área de inyección causado por fallas en los *chillers*, debido a que las actividades de preservación se aplican de manera correcta y se tiene una mejor respuesta ante las fallas mecánicas.

## **5.2. Ventajas y beneficios**

La implementación de un proceso estandarizado para mejora continua tiene grandes ventajas y beneficios para las actividades regulares de la empresa.

### **5.2.1. Reducción de paros en producción**

Al contar con un personal capacitado y adiestrado sobre los dispositivos y el proceso de moldeo por inyección, con la realización periódica de actividades de preservación y mantenimiento del equipo, se han logrado disminuir las fallas; se disminuyó considerablemente en los paros de producción por mantenimiento correctivo. Cuando se dio una falla mecánica, el área de mantenimiento tuvo la capacidad de tener una respuesta rápida para reducir el paro de producción de 6 a 10 días a solo 2 días para realizar las actividades correctivas.

### **5.2.2. Aumento de productividad de inyección**

Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se logró un aumento de la eficiencia y eficacia de la producción de piezas poliméricas al evitar los tiempos muertos de las inyectoras, debido a fallas mecánicas de los *chillers*; al estandarizar el proceso se logró un cronograma de las actividades realizadas en el mantenimiento preventivo; la información que se compartió con el encargado del área de inyección para que realizara la planificación de producción previendo estos tiempos ocupados para mantenimiento.

### **5.2.3. Control en las actividades de mantenimiento preventivo en *chillers***

Con un conjunto de actividades de mantenimiento estandarizado, se logró llevar un control del cumplimiento del proceso, con lo cual se logró evaluar la implementación del plan de mantenimiento.

Se llevó un control detallado de la planificación y el cumplimiento de fechas y un control detallado de los movimientos en bodega del área de mantenimiento.

### **5.3. Método de evaluación del nuevo proceso**

Para determinar las fortalezas y debilidades del plan de mantenimiento preventivo propuesto es necesario realizar distintas y constantes evaluaciones e inspecciones a los procedimientos de mantenimiento.

#### **5.3.1. Inspecciones**

Las inspecciones se realizaron al momento de la ejecución de las actividades de mantenimiento, las que tenían como objetivo encontrar debilidades en los procedimientos de mantenimiento y tratamiento de agua de alimentación.

##### **5.3.1.1. Actividades de mantenimiento preventivo**

Se inspeccionaron y se supervisaron las actividades de mantenimiento preventivo en el área de inyección; se observaron cambios significativos en la limpieza de los equipos; de la misma manera, en los reportes de producción se

obtuvieron mejores resultados en las eficiencias, ya que las inyectoras no tuvieron paros durante la jornada laboral.

#### **5.3.1.2. Tratamiento de agua de alimentación**

Se realizó un análisis fisicoquímico en el cual resultó que la dureza del agua era mayor a la recomendada; por lo que se procedió a realizar un tratamiento de agua basado en cal, que reaccionó con el calcio lo que formó una especie de mezcla heterogénea entre sedimento en la parte inferior del tanque de agua, el cual se retiró de manera sencilla mediante filtración; la contaminación biológica no afecta en el circuito de agua frío; se utilizó cloro en concentración de 0,2 miligramo por cada litro y se dejó reposar 45 minutos previo a su utilización.

#### **5.3.2. Evaluaciones**

Las evaluaciones al igual que las inspecciones tienen como objeto eliminar todas las debilidades de las actividades de mantenimiento, con la diferencia que mediante las evaluaciones se obtienen resultados cuantificables.

##### **5.3.2.1. Proceso de mantenimiento**

Se evaluaron las actividades de mantenimiento y se consiguieron resultados positivos; se propusieron algunas modificaciones, pero se obtuvieron los mejores resultados con el siguiente plan de mantenimiento:

- Inspeccionar en busca de fugas
- Inspeccionar la protección de sobre amperaje
- Inspeccionar las resistencias de calentamiento de aceite

- Inspeccionar la parte externa del compresor
- Limpiar del filtro del compresor
- Lubricar de compresor
- Limpiar de parte externa de dispositivos
- Limpiar internamente de intercambiador de calor
- Limpiar internamente de tubos capilares
- Limpiar depósito de agua
- Inspeccionar aislamiento térmico
- Reapretar todas las piezas
- Limpiar circuitos internos
- Reapretar circuitos
- Encender el *chiller*
- Realizar pruebas a circuitos
- Inspeccionar sistema eléctrico
- Revisar manómetro de salida al compresor
- Extraer muestra de agua de torre de enfriamiento
- Añadir analizador de cal
- Analizar la reacción química
- Limpiar y ordenar área de trabajo
- Elaborar una bitácora

### **5.3.2.2. Estándares de calidad de agua**

Se evaluaron de manera constante los niveles de dureza de los depósitos de agua mediante unas pruebas fisicoquímicas que las realizó una empresa que se dedica a plantas de tratamiento de agua.

Se trató con químicos especiales; luego, se le dio seguimiento mediante pruebas con reactivos de cal; pero no se ha registrado ningún resultado negativo.

#### **5.4. Acciones correctivas**

Con el objeto de crear un proceso para la mejora continua, se implementó un conjunto de evaluaciones, las cuales se basarán en 3 aspectos para determinar si el proceso cumple con los objetivos de la empresa de manera óptima.

##### **5.4.1. Mejora de los parámetros de calidad del agua de alimentación**

Tras realizar las evaluaciones a los parámetros de calidad del agua de alimentación en las torres de enfriamiento, se determinaron las debilidades del procedimiento de tratamiento de agua, con lo cual se plantearon mejoras, para la óptima reducción de incrustaciones en las tuberías.

##### **5.4.2. Personal capacitado**

El proceso de evaluación de los conocimientos teóricos, técnicos y ritmos de trabajos, es necesario para la determinación de las debilidades del recurso humano, para el planteamiento de realizar capacitaciones constantes para elevar la efectividad del personal involucrado.

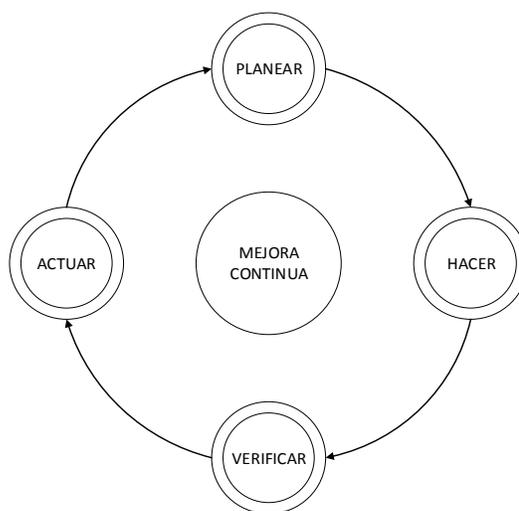
### 5.4.3. Estandarización de las actividades de mantenimiento preventivo en los *chillers*

Tras realizar las inspecciones y evaluaciones a los procedimientos ejecutados, se documentaron todos los datos obtenidos, se procedieron a analizar los efectos del tiempo estándar; se determinaron todas las actividades innecesarias y se planteó una propuesta de mejora, la cual se evaluó y se comparó con el procedimiento actual, el cual aún no se ha confirmado.

### 5.5. Mejora continua

El procedimiento actual se planteó con el objetivo de que los involucrados pudieran evaluar y proponer mejoras de manera constante; esta etapa de evaluación, retroalimentación y propuesta de cambios se basó en el ciclo de Deming, que tiene fundamento en 4 simples pasos.

Figura 20. **Ciclo de Deming**



Fuente: elaboración propia.

- Planear: en esta etapa se determinan las actividades de inspección y evaluación al procedimiento que se realiza, se fijan las metas y los objetivos que se deseen alcanzar; se establecen las personas encargadas de llevar a cabo esta investigación; se fijan los parámetros de operación adecuados y se determinan los datos a encontrar de las mejoras o cambios planteados.
- Hacer: durante este paso todo el personal involucrado tiene claras las actividades que deben realizar, así como los datos que deben determinar para su comparativa con los parámetros establecidos; de la misma manera, se toman nota de todos aquellos procesos que se puedan mejorar o simplificar.
- Verificar: en este proceso se analizan todos los datos obtenidos a raíz de todas de las observaciones y evaluaciones que se realizaron al procedimiento propuesto; en este se comparan los datos de amplia manera, para determinar dónde están las debilidades y los puntos fuertes.
- Actuar: en este punto plantean los cambios que se crean necesarios para la corrección de los aspectos malos y como reforzar los puntos clave del procedimiento; se vota entre todos los involucrados para determinar la idea ganadora que se llevará a cabo, un procedimiento piloto que será evaluado que dura inicio al ciclo de nuevo.



## CONCLUSIONES

1. Se determinó el tiempo estándar para cada uno de los métodos de mantenimiento: 1 hora, 42 minutos y 58 segundos para el mantenimiento menor; y 3 horas, 32 minutos y 39 segundos para el mantenimiento mayor.
2. Se analizaron los efectos de los tiempos de las actividades estandarizadas con las cuales se tuvo una mejor respuesta de parte del departamento de mantenimiento; en el área de resortes y de inyección se disminuyeron los tiempos muertos debido a los paros en la producción causado por fallas mecánicas.
3. Se optimizaron los costos del área de inyección, ya que se disminuyeron los tiempos muertos; junto a esto la necesidad de solicitar a un técnico a los fabricantes de las máquinas para su reparación.
4. Se estandarizaron los parámetros de dureza del agua, mediante la prueba del reactivo de cal.
5. Se determinó que las fallas más comunes se producen al mal tratamiento del agua y la poca limpieza superficial de los dispositivos, que terminan afectando al funcionamiento del mecanismo que se termina desgastando.

6. Se minimizaron los tiempos muertos en producción, debido a la implementación de una secuencia estandarizada de actividades de mantenimiento.

## RECOMENDACIONES

1. Para la mejora continua del plan de mantenimiento preventivo en las distintas áreas de la empresa, se recomienda determinar los tiempos estándares periódicamente con el objeto de calificar todas aquellas modificaciones que se puedan realizar.
2. Para el análisis de los efectos de los tiempos estándares en las actividades de mantenimiento, se recomienda llevar un registro de todas aquellas modificaciones que reciba el plan de mantenimiento, con el objeto de ser comparado, para lograr una retroalimentación y lograr la mejora continua en los métodos.
3. Para la optimización de los costos del plan de mantenimiento preventivo se recomienda realizar cambios que conlleven a una solución factible para la utilización de recursos en las actividades de mantenimiento preventivo.
4. Para la mejora de los parámetros de las propiedades del agua de alimentación se recomienda realizar pruebas de mayor confiabilidad cada periodo de tiempo y tratar el agua con mejores métodos.
5. Para reducir las fallas constantes en los mecanismos es necesario buscar la raíz de los problemas y tratar previo a que esta suceda; se recomienda tratar el agua de manera correcta y siempre mejorar los métodos de tratamiento del agua de alimentación.

6. Para la disminución de los tiempos muertos en producción se recomienda proponer mejoras constantemente y evaluarlas para la retroalimentación del plan de mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. APRAIZ, Ignacio; CENGEL, Yunes; BOLES, Michael. *Termodinámica*. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2011. 1041 p.
2. CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2001. 459 p.
3. CÉSPEDES, Arturo. *Principios de administración de mantenimiento*. Costa Rica: EUNED, 1981. 120 p.
4. SACRISTÁN, Francisco. *Manual de mantenimiento integral a la empresa*. España: FC Editorial, 2001. 194 p.
5. BILLMEYER, Fred. *Ciencia de los polímeros*. México: Reverté, 2004. 591 p.
6. ROLLE, Kurt. *Termodinámica*. 6a ed. México: Pearson educación, 2006. 611 p.
7. ALARCÓN, José. *Tratado práctico de refrigeración automática*. 12a ed. España: Marcombo, 1998. 303 p.
8. MORTON, Jones. *Procesamiento de plásticos*. México: Limusa, 1993. 302 p.

9. MEYERS, Fred. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. 3a ed. México: Pearson Educación, 2006. 508 p.
10. GROOVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. México: Pearson Educación, 1997. 1062 p.
11. QUEZADA ESCOBAR, Juan Francisco. *Criterios para la selección de equipos mecánicos en sistemas de aire acondicionado que utilizan equipos chillers entre 60 y 110 toneladas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 144 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Valoraciones para distintos ritmos de trabajo

HABILIDAD		ESFUERZO	
+0.15	A1	+0.13	A1
+0.13	A2 - Habilísimo	+0.12	A2 - Excesivo
+0.11	B1	+0.10	B1
+0.08	B2 - Excelente	+0.08	B2 - Excelente
+0.06	C1	+0.05	C1
+0.03	C2 - Bueno	+0.02	C2 - Bueno
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.10	E2 - Regular	-0.08	E2 - Regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 - Deficiente	-0.17	F2 - Deficiente

CONDICIONES		CONSISTENCIA	
+0.06	A - Ideales	+0.04	A - Perfecto
+0.04	B - Excelentes	+0.03	B - Excelente
+0.02	C - Buenas	+0.01	C - Buena
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.03	E - Regulares	-0.02	E - Regular
-0.07	F - Malas	-0.04	F - Deficiente

Fuente: SALAZAR, Bryan. *Valoración del ritmo de trabajo.*

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com>. Consulta: 3 de mayo de 2019.

## Anexo 2. Valores de suplementos

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO					
SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	5	7	<b>e) Condiciones atmosféricas</b>		
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de Kata (milicalorías/cm <sup>2</sup> /segundo)		
<b>a) Trabajo de Pie</b>			16	0	
Trabajo de pie	2	4	14	0	
			12	0	
<b>b) Postura anormal</b>			10	3	
Ligeramente incómoda	0	1	8	10	
Incómoda (inclinado)	2	3	6	21	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	5	31	
			4	45	
<b>c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)</b>			3	64	
			2	100	
Peso levantado por kilogramo			<b>f) Tensión visual</b>		
2.5	0	1	Trabajos de cierta precisión	0	0
5	1	2	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
7.5	2	3	Trabajos de gran precisión	5	5
10	3	4	<b>g) Ruido</b>		
12.5	4	6	Continuo	0	0
15	5	8	Intermitente y fuerte	2	2
17.5	7	10	Intermitente y muy fuerte	5	5
20	9	13	Estridente y muy fuerte	7	7
22.5	11	16	<b>h) Tensión mental</b>		
25	13	20 (máx.)	Proceso algo complejo	1	1
30	17	-	Proceso complejo o atención dividida	4	4
33.5	22	-	Proceso muy complejo	8	8
			<b>i) Monotonía mental</b>		
<b>d) Iluminación</b>			Trabajo algo monótono	0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo bastante monótono	1	1
Bastante por debajo	2	2	Trabajo muy monótono	4	4
Absolutamente insuficiente	5	5	<b>j) Monotonía física</b>		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: SALAZAR, Bryan. *Valoración del ritmo de trabajo*.

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com>. Consulta: 3 de mayo de 2019.