



## **Levantamiento de Stock de repuestos de equipos asociados a la Cooperativa Colanta**

Juan José Rojas Palacio

Informe de práctica para optar el título de Ingeniero Mecánico

Asesor Interno.

Sebastián López Gómez, Ingeniero Mecánico.

Asesor Externo.

Andrés Felipe Parra Moreno, Especialista en Gestión de Mantenimiento.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Colombia

2022

---

<b>Cita</b>	(Rojas Palacio, 2022)
<b>Referencia</b>	Rojas Palacio, J. (2022). <i>Levantamiento de stock de repuestos de equipos asociados a la Cooperativa Colanta, 2022</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2022)</b>	

---



Ingeniería mecánica, semestre de industria.



Centro de documentación de ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
3.1	<b>Objetivo general.</b> .....	<b>10</b>
3.2	<b>Objetivos específicos.</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
4.1	<b>Método implementado.</b> .....	<b>11</b>
4.2	<b>Equipos.</b> .....	<b>11</b>
4.2.1	<b>Descripción de los equipos</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Metodología</b> .....	<b>19</b>
5.1	<b>Recopilación de información.</b> .....	<b>19</b>
5.1.1	<b>Datos sistema de información de mantenimiento y activos fijos (SIMAF).</b> .....	<b>19</b>
5.1.2	<b>Datos suministrados por parte del personal técnico.</b> .....	<b>20</b>
5.3	<b>Matriz de valoración de riesgos.</b> .....	<b>21</b>
5.3.1	<b>Matriz de consecuencias.</b> .....	<b>21</b>
5.3.2	<b>Matriz de frecuencia.</b> .....	<b>26</b>
5.3.3	<b>Matriz de valoración de riesgo resultante.</b> .....	<b>27</b>
5.4	<b>Política de inventarios</b> .....	<b>29</b>
5.5	<b>Evaluación de repuestos.</b> .....	<b>31</b>
5.5.1	<b>Severidad.</b> .....	<b>31</b>
5.5.2	<b>Valor de frecuencia.</b> .....	<b>32</b>
5.5.3	<b>Calificación de repuestos.</b> .....	<b>33</b>
5.5.4	<b>Selección de repuestos y pronóstico de la demanda.</b> .....	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
6.1	<b>Repuestos seleccionados para stock.</b> .....	<b>36</b>
6.2	<b>Datos del personal técnico.</b> .....	<b>38</b>
6.3	<b>Consideraciones.</b> .....	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>39</b>

**Lista de figuras.**

Figura 1. Separadora centrífuga de la marca Alfa Lava (Cuevas, 2022).

Figura 2. Separación dentro de una centrífuga (Pak , 1996).

Figura 3. Homogeneizador. (Induherzig, 2022)

Figura 4. Glóbulos de grasa después de pasar por el proceso de homogenización y principio de funcionamiento de homogeneizador (Pak, 1996).

Figura 5. Intercambiador de calor de placas (Pak, 1996).

Figura 6. Llenadora de leche pasteurizada (Colanta, 2022).

**Lista de tablas.**

Tabla 1. Equipos para levantamiento de stock.

Tabla 2. Encuesta factores de criticidad.

Tabla 3. Resultado de encuesta de factores de criticidad.

Tabla 4. Niveles de criticidad por factor.

Tabla 5. Matriz de consecuencias.

Tabla 6. Valores de riesgo.

Tabla 7. Rango de niveles de la matriz de frecuencia.

Tabla 8. Matriz de frecuencia.

Tabla 9. Matriz de riesgo.

Tabla 10. Tabla de valores de frecuencia por equipos.

Tabla 11. Ejemplo de calificación de repuestos.

Tabla 12. Pronostico de demanda en los repuestos de la llenadora de Tampico BUANLIR.

Tabla 13. Porcentaje de repuestos considerados en el stock según el historial.

Tabla 14. Aporte de repuestos del personal técnico en los equipos.

## 1 RESUMEN

En los procesos de mantenimiento, debido a la demanda de repuestos que implican los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos, se hace indispensable contar con un número de repuestos disponibles en bodega (Stock), con el fin de reducir tiempos de espera mientras se consigue el repuesto ya sea por parte de un proveedor o fabricante.

Es necesario contar con un stock de repuestos, debido a que el repuesto puede presentar un proceso de manufactura complejo, por lo que puede tomar largos periodos de tiempo su fabricación o por que la pieza se tenga que solicitar al proveedor de la máquina, lo cual puede retrasar los procesos en algunos casos por el traslado de la pieza de un país a otro; Por otro lado, se debe de tener en cuenta, la cantidad de elementos que se guardaran en el stock, esto debido, a que el solo hecho de estar en el stock, presenta gastos de almacenamiento y logística importantes, por lo que no todos los repuestos de las máquinas deben de estar almacenados.

Así pues, el siguiente trabajo, tiene como finalidad elaborar un listado de repuestos para tener en bodega (Stock), partiendo de las necesidades de la empresa de generar un stock a 22 máquinas de una relevancia importante en los procesos de producción de la planta.

En este trabajo, también se desarrollara una matriz de riesgo teniendo en cuenta factores de criticidad según el criterio de supervisores de mantenimiento y la parte técnica del departamento de mantenimiento, la cual será indispensable para saber que repuestos deben de permanecer en el stock.

Para elaborar la lista de repuestos inicial, se utilizara el sistema de gestión de activos fijos de Colanta, con el fin de obtener información específica de los repuestos empleados en cada máquina, entre el 2014 y el 2021 (8 años), en el caso de los enfriadores se debe de tener en

cuenta, que en el sistema no aparecen muchos repuestos asociados por lo que para estos repuestos, se tomará en cuenta las recomendaciones del equipo técnico del departamento de mantenimiento (Electromecánicos).

Posterior a esto, se evaluarán los repuestos y se llevará a cabo una selección para conformar el stock, luego, se implementara un modelo matemático simple, para predecir la demanda anual de estos, con el fin de tener una cantidad óptima de repuestos.

Finalmente se generará un listado por equipo de los repuestos y la cantidad que deben de tener en bodega por un periodo de un año.

## 2 INTRODUCCIÓN

La Cooperativa Colanta es una empresa colombiana que fue fundada en el norte antioqueño en el municipio de Don Matías, cuando se asociaron 60 campesinos productores de leche impulsados por la Secretaría de Agricultura del Departamento; Colanta es una de las empresas más importantes del país en la producción de alimentos, teniendo presencia en 13 departamentos y 57 municipios.

Hoy en día, los productos lácteos (leche y sus derivados) son indispensables en la canasta familiar, los primeros indicios del consumo de leche animal datan de hace aproximadamente once mil años, debido a la domesticación del ganado durante el llamado óptimo climático; En la industria de alimentos, los productos lácteos tienen alta relevancia en la canasta familiar debido al aporte nutricional que estos tienen.

La leche, antes de estar lista para el consumo humano, tiene que pasar por un proceso de pasteurización, el cual consiste en alcanzar el punto de ebullición a cierta temperatura y prolongarla en el tiempo, con el fin de eliminar los microorganismos presentes en la leche y de esta forma anular el riesgo de contraer enfermedades producidas por bacterias como la tuberculosis; Una vez los proveedores ingresan la leche a la planta, esta será examinada, para autorizar su tratamiento, posteriormente será sometida a procesos de pasteurización, separación (Reducción de grasa existente) y normalización, para finalmente estar adecuada para el consumo.

Por otra parte, algunos productos derivados de la leche como la mantequilla, se producen a partir de la grasa existente en la leche (nata), la cual, luego de pasar por un proceso de separación, entrará a un proceso de adaptación, para con esto adecuar los parámetros que debe tener la materia prima para obtener el producto final (Tetra Pak, 1996).

Por consiguiente, para los procesos de producción descritos anteriormente, las máquinas toman un rol fundamental para incrementar la producción y reducir los tiempos en los procesos, esto hace necesario que las máquinas tengan una alta disponibilidad para cumplir con la demanda de la industria alimenticia. Para asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas y corregir fallos que estas puedan presentar, aparece el departamento de mantenimiento, el cual está encargado de gestionar la conservación de equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento.

En el departamento de mantenimiento, uno de los costes más importantes es el que constituye el consumo de repuestos, anteriormente este era el coste más importante en el departamento, pero debido a la optimización en las bodegas de repuestos (Stocks) y a la relevancia que hoy en día tiene el talento humano en la gestión del mantenimiento este paso a ser el segundo coste más importante, no obstante, no deja de ser relevante por lo que su coste siempre se deberá optimizar (García, 2003).

Una máquina o equipo, está compuesta por varias partes y en algunos casos, sistemas que trabajaran en conjunto para garantizar un correcto funcionamiento del equipo, cada uno de estos componentes tendrá un nivel de criticidad el cual lo determinan, variables como: producción, calidad, riesgo al personal y funcionamiento del equipo.

En consecuencia aparece una jerarquización, en la cual, los repuestos de las piezas que más criticidad tengan en los procesos, que más demanda tengan y que presenten un complejo proceso de adquisición, deben tener un carácter prioritario y por consiguiente deben tener una alta disponibilidad en el stock de repuestos.

En la planta Jenaro Pérez, existen variedad de máquinas por lo que el stock mínimo de repuestos de la planta en general, tiene un alto costo, en consecuencia, optimizar el stock reducirá los costos de almacenamiento y los costos por tiempos muertos generados por fallas en los equipos, al mejorar la disponibilidad de repuestos que serán utilizados durante los mantenimientos correctivos y preventivos.

En los procesos de producción las máquinas toman un papel fundamental, siendo éstas capaces de acortar los tiempos de los procesos con respecto a un trabajo manual, por lo que se hace necesario mantener las máquinas en constante producción para así cumplir con la demanda de la empresa.

Cómo parte del mejoramiento continuo de la empresa se desea optimizar el stock de repuestos correspondiente a la planta Jenaro Pérez con la finalidad de mejorar la disponibilidad de los repuestos y optimizar costos asociados al almacenamiento de estos en el departamento de suministros.

Esto se logrará a partir del análisis de los repuestos en los cuales se involucra, su criticidad y su historial de fallos, entre otros, con la finalidad de saber la cantidad óptima que se debe almacenar de cada repuesto en el stock y así lograr un ahorro significativo dentro de la cadena de suministro.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general.

- Generar un stock de repuestos para el mantenimiento correctivo y preventivo de equipos de producción en la planta Jenaro Pérez, mediante un análisis de inventario y pronósticos de demanda, con el fin de reducir gastos de almacenamiento y reducir los tiempos empleados en paros no programados.

#### 3.2 Objetivos específicos.

- Identificar las máquinas a las cuales se debe actualizar el stock mínimo en el almacén de suministros, por medio de un análisis en los procesos de producción en la planta, con el fin de recopilar información específica de los activos.
- Recopilar información de los repuestos de los equipos, por medio de bases de datos, historial de fallos, catálogos y órdenes de servicio, para obtener datos de calidad para su posterior proceso.
- Desarrollar una matriz de valoración de riesgos, por medio de encuestas y consideraciones en el departamento de mantenimiento, para evaluar los repuestos recopilados y así asignarles un valor.
- Procesar la información adquirida, por medio de métodos de pronóstico de la demanda, con el fin de analizar su comportamiento y con esto seleccionar, el modelo matemático más conveniente para el cálculo de los parámetros de reposición.
- Evaluar el proceso resultante, determinando si es sostenible, para generar un informe y posteriormente entregarlo en el departamento de suministros.

## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 Método implementado.

Para la evaluación de los repuestos, se toma en cuenta el método planteado en el libro de “Gestión del inventario de repuestos” de Daniel Ortiz Plata, referente al modelo de gestión del riesgo para la toma de decisiones en inventario de repuestos (Plata, 2016).

Este modelo, establece un método para evaluar repuestos por medio de la implementación de una matriz de riesgo para la evaluación de repuestos, con el fin de analizar la conveniencia de permanencia de cada repuesto dentro del stock, esta matriz se desarrollará teniendo en cuenta la relevancia que los ingenieros y los electromecánicos encuestados tengan acerca de los factores de criticidad planteados en el presente trabajo, además de aplicar modelos matemáticos para el pronóstico de la demanda en los repuestos seleccionados; En el presente trabajo se opta por el promedio simple para el pronóstico de la demanda en los repuestos, debido a la aleatoriedad, el ruido y la carencia de una estructura tendencial en la mayoría de los repuestos.

Adicionalmente, se implementan políticas centradas en el proceso de optimización de los resultados generados por medio de este trabajo.

### 4.2 Equipos.

Se levantará el stock de repuestos a equipos críticos en los procesos de mantenimiento en la planta, los cuales, cuenta con planes de mantenimiento para evitar y disminuir paros no programados y así evitar retrasos y fallos en los procesos de producción de la planta.

Son 22 los equipos que se tratarán en este proyecto **Tabla 1**, los cuales a su vez se dividen en 4 grupos: Centrífugas, homogeneizadores, intercambiadores de calor y llenadoras.

Categoría	Equipo
Centrífugas	Centrífuga 1
	Centrífuga 2
Homogeneizadores	Homogenizador
Intercambiadores de calor	Pasterizador 1
	Pasterizador 2
	Pasterizador Tampico
	Pasterizador Crema
	Enfriador 1
	Enfriador 2
	Enfriador 3
	Enfriador leche pasteurizada 1
	Enfriador leche pasteurizada 2
	Enfriador leche pasteurizada 3
	Enfriador Crema
Llenadoras	Llenadora leche 1
	Llenadora leche 2
	Llenadora leche 3
	Llenadora leche 4
	Llenadora leche 5
	Llenadora leche 6
	Llenadora Tampico 1
	Llenadora Tampico 2

**Tabla 1.** Equipos para levantamiento de stock.

## 4.2.1 Descripción de los equipos

### 4.2.1.1 Centrífugas

La principal materia prima de la planta (La leche), es recopilada de puntos de ordeño de todo el país por medio de carro tanques, los cuales tienen la función de transportar la leche, hasta las plantas de procesamiento, la leche en su estado natural viene con una cantidad de grasa alta, la cual, por medio de la centrífuga es separada y posteriormente utilizada en otros procesos para producir mantequilla y crema de leche.

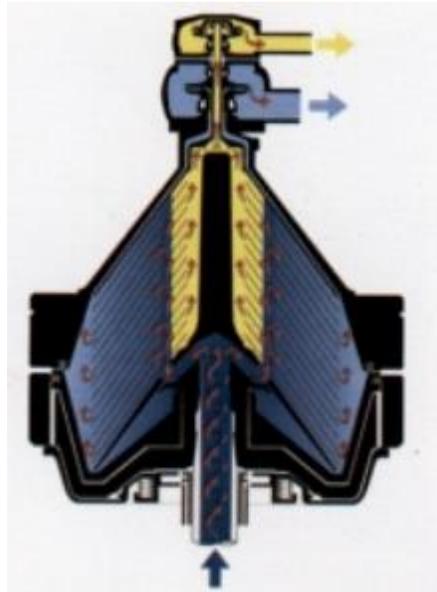


*Figura 1. Separadora centrífuga de la marca Alfa Laval.*

La función de estos equipos, es de someter leche a una fuerza centrífuga a  $443 \text{ rad/s}$  ( $4\,230 \text{ rpm}$ ) para retirar el contenido de grasa deseado con el fin de sacar productos de crema de leche y mantequilla; Para esto se emplea la fuerza de gravedad generada por la máquina para lograr separar la grasa de la leche, debido a las fuerzas centrífugas experimentadas en el interior, la

leche va hacia los lados y por medio de unos conos de separación se filtra como se ilustra en la **Figura 2**, siendo la leche desnatada el fluido de color azul. Por otro lado, la nata (grasa), queda en el centro del recipiente y por medio de tubería, es transportada a las zonas de procesamiento de mantequilla o crema de leche, para ser procesada.

La planta Jenaro Perez, cuenta con 2 máquinas centrífugas las cuales tienen un paro programado al año, con el fin de realizar tareas de mantenimiento preventivo.



**Figura 2.** Separación dentro de una centrífuga.

#### 4.2.1.2 Homogeneizadores

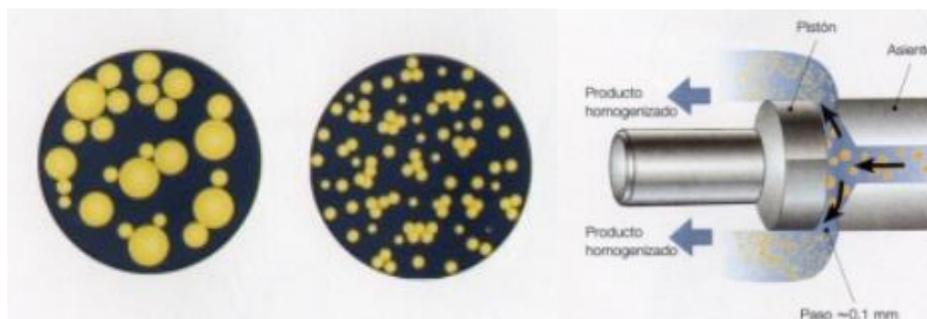
La homogenización, es un proceso industrial estándar, utilizado generalmente como medio de estabilización de la emulsión de grasa frente a la separación espontánea que se produce por la acción de la gravedad.



**Figura 3.** Homogeneizador.

La homogenización es necesaria para provocar una ruptura en los glóbulos de grasa presentes en la leche y así disminuir su tamaño y la tendencia de estos a agruparse.

La leche es forzada a pasar con alta presión e impactar con un pistón, el resultado, es una disminución significativa en los glóbulos de grasa presentes en la leche después de la separación centrífuga (**Figura 4**).

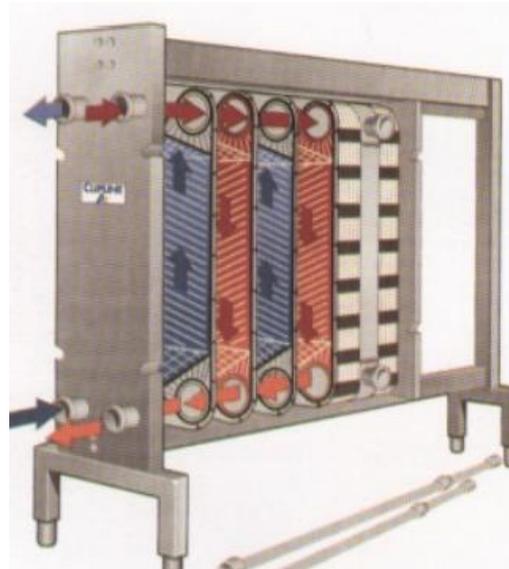


**Figura 4.** Glóbulos de grasa después de pasar por el proceso de homogeneización y principio de funcionamiento de homogeneizador.

### 4.2.1.3 Intercambiados de calor

El objetivo de estas máquinas, es transferir calor entre 2 fluidos, dependiendo de su configuración, estos pueden ser utilizados para calentar o refrigerar; En la Cooperativa Colanta, se cuenta con varios intercambiadores de calor de placas, los que están configurados de forma en que calienten el fluido (Pasterizadores), son empleados en los procesos de pasteurización, con el fin de eliminar microorganismos perjudiciales para la salud de las personas; Por otra parte, los intercambiadores configurados para refrigerar, son usados para mantener la materia prima a una temperatura, la cual evite el crecimiento bacteriano (Alfa Laval, 2022).

Los intercambiadores de calor por placas constan de un paquete de placas de acero inoxidable sujetas por medio de un bastidor.



*Figura 5. Intercambiador de calor de placas.*

El bastidor puede contener varios paquetes de placas separados, formando secciones o cuerpos, en las cuales se efectúan diversos procesos como pueden ser precalentamientos,

calentamientos finales y enfriamiento, estas placas están corrugadas con la finalidad de favorecer la turbulencia del fluido.

#### **4.2.1.4 Llenadoras.**

Su función principal es de dosificar y empaquetar el producto, este se envasa en un ambiente estéril en un empaque de polietileno manteniendo la inocuidad del producto, a una velocidad de 6 600 a 7 200 und/hora en presentaciones de 200, 500, 900 y 1 100 gr.

La máquina se compone de un sistema de desarrollo, que es el encargado de suministrar por medio de una bobina el material de empaque (polietileno), un sistema de prensas que sellan la bolsa horizontal y verticalmente por medio de resistencias y un sistema de dosificación para suministrar el contenido del empaque.

Cada llenadora cuenta con 2 boquillas para aumentar la productividad, se consideran llenadoras de leche pasteurizada y de Tampico para este stock.



*Figura 6. Llenadora de leche pasteurizada*

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 Recopilación de información.

Los datos recopilados, corresponden principalmente al sistema de gestión de activos computacional (SIMAF), a su vez, se considera información suministrada por el brazo técnico del departamento, especialmente para los repuestos en los enfriadores (intercambiadores de calor).

#### 5.1.1 Datos sistema de información de mantenimiento y activos fijos (SIMAF).

Inicialmente, se debe de reunir información pertinente de cada uno de los equipos con el fin generar una base de datos, con la cual sepa cosas como: Los repuestos de mayor movimiento, repuestos menos empleados, entre otros.

Es así, como por medio del sistema de gestión de activos de la empresa, se reúne información acerca de los repuestos, algo que se debe resaltar, es que este sistema se implementó desde Enero del 2014, por lo que la base de datos generada tendrá los repuestos de mantenimientos correctivos y predictivos a partir de dicha fecha.

Los datos se tuvieron en cuenta para la generación del catálogo fueron los siguientes:

- Código del activo: La codificación con la que cuenta en el sistema de gestión de activos.
- Descripción del activo.
- Subgrupo.
- Descripción subgrupo.
- Orden de servicio: orden generada para la implementar tareas correctivas o preventivas.
- Fecha de asociación: Fecha en la cual se ejecutó la orden de servicio.

- Cantidad: Cantidad de repuestos implementados por orden de servicio.

### **5.1.2 Datos suministrados por parte del personal técnico.**

Se consideran repuestos con mucha movilidad en consideración de los electromecánicos de la planta, especialmente en los enfriadores ya que estos cuentan con muy pocas órdenes de servicio registradas en el sistema de gestión de activos computacional.

### **5.3 Matriz de valoración de riesgos.**

Una decisión fundamental en el tema de almacenamiento de repuestos, es si se debe tener o no el repuesto en el stock, para determinar esto, se desarrollará una matriz que sea la guía para evaluar los repuestos y con esto tomar decisiones.

La matriz será la conjunción de 2 matrices:

- Matriz de consecuencias.
- Matriz de frecuencia.

#### **5.3.1 Matriz de consecuencias.**

Para elaborar esta matriz, tenemos que tener en cuenta que factores de criticidad, considera el personal de mantenimiento que son más importantes, por lo tanto, se realiza una encuesta a 4 ingenieros y 2 electromecánicos.

##### **5.3.1.1 Factores de criticidad a considerar.**

Para determinar los factores de criticidad a tener en cuenta en desarrollo de la matriz, se implementó una encuesta, la cual tiene 6 factores de criticidad en el mantenimiento: Seguridad y salud en las personas, Calidad, Medio ambiente, Costo de operación, Costo de mantenimiento y Disponibilidad.

Se indicó a los participantes que enumerarán según su criterio, cuales son los más relevantes.

CARGO	Jefe	Coordinador	Supervisor	Supervisor	Electromecánico	Electromecánico
FACTOR DE CONSECUENCIA	Alvaro Pérez	Andres Parra	Jhonatan Marulanda	Duvier Rendón	Rene Cifuentes	Ariel Londoño
Seguridad y salud personas	4	3	6	6	6	6
Calidad	5	5	5	4	5	4
Medio Ambiente	3	2	1	1	4	5
Costo de mantenimiento	1	1	2	5	3	3
Costo de operación	2	4	3	3	2	2
Demanda de los equipos (Disponibilidad)	6	6	4	2	1	1

**Tabla 2.** Encuesta factores de criticidad.

Cada enumeración de cada factor de criticidad se sumara para obtener el total y ver el factor más relevante, con el objetivo de tener 4 factores con los que se continuará con la implementación de la matriz de consecuencias.

Los resultados de la encuesta, se ilustran en la **Tabla 3**

FACTOR DE CONSECUENCIA	PUNTAJE
Seguridad y salud personas	31
Calidad	28
Medio Ambiente	16
Costo de mantenimiento	15
Costo de operación	16
Demanda de los equipos (Disponibilidad)	20

**Tabla 3.** Resultado de encuesta de factores de criticidad.

Como se observa, el factor más relevante, es el de seguridad y salud de las personas y el menos relevante es el de costo de mantenimiento, como el costo de operación y el medio

ambiente tuvieron la misma puntuación, se acuerda que estos dos factores se unificarán como si fueran uno solo.

Por lo tanto, los Factores de criticidad definitivos según su nivel de importancia son los siguientes:

1. Seguridad y salud de las personas.
2. Calidad.
3. Demanda de equipos.
4. Costo de operación y medio ambiente.

#### **5.3.1.2 Niveles de Criticidad.**

Para este proyecto se trabajará con 3 niveles de criticidad los cuales son:

1. Crítico.
2. Semi-Crítico.
3. No Crítico.

Cada factor, tendrá que tener en cuenta los 3 niveles de criticidad por lo que se generan casos hipotéticos para hacer una delimitación en cada factor.

CONSECUENCIAS				
Seguridad y salud de las personas		Calidad	Paros de equipos (Disponibilidad)	Costo operación/Medio ambiente
<b>Crítico</b>				
	<b>Una o más</b> fatalidades por accidente o enfermedades o incapacidades permanentes. Paros consecuentes a fatalidades o accidentes graves	<b>Uno o más</b> lotes defectuosos, debido a una afectación en la inocuidad del producto.	<b>Uno o más</b> daños permanentes en los equipos.	<b>Uno o más daños</b> graves en los equipos que presenten consecuencias graves en el medio ambiente a nivel macro (Vertimientos en quebradas o contaminación en el aire por fugas, etc.)
<b>Semi-Crítico</b>				
	<b>Una o más</b> Incapacidades mayores a una semana, paros consecuentes a accidentes en la planta.	<b>Uno o más</b> lotes, los cuales presenten una dosificación incorrecta (fina o gruesa) o afecte la presentación final.	<b>Uno o más</b> daños graves en los equipos, en consecuencia hay paros largos o frecuentes.	<b>Uno o más daños</b> en los equipos que presenten consecuencias en el medio ambiente a nivel micro (Instalaciones de toda planta).
<b>No Crítico</b>				
	<b>Uno o más</b> accidentes que no impactan al personal y no genera paros consecuentes.	<b>No hay</b> afectación en la calidad del producto	<b>No genera</b> daños ni paros por mantenimiento correctivo.	<b>No</b> genera un daño al equipo <b>ni</b> consecuencias ambientales.

**Tabla 4.** Niveles de criticidad por factor.

### 5.3.1.3 Puntaje por nivel.

Se debe de asignar a cada nivel y factor un valor, para eso, se usan los valores que tiene cada factor según la **Tabla 4**, estos números serán los que se encontraran en el nivel superior, se debe tener en cuenta, que entre más arriba y más a la izquierda estén, los valores serán los mayores.

Finalmente obtenemos la matriz de consecuencias implementada en este proceso.

CONSECUENCIAS				
Seguridad y salud de las personas		Calidad	Disponibilidad de equipos (Disponibilidad)	Costo operación/Medio ambiente
<b>Crítico</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>16</b>
	<b>Una o más</b> fatalidades por accidente o enfermedades o incapacidades permanentes. Paros consecuentes a fatalidades o accidentes graves	<b>Uno o más</b> lotes defectuoso, debido a una afectación en la inocuidad del producto.	<b>Uno o más</b> daños permanentes en los equipos.	<b>Uno o más daños</b> graves en los equipos que presenten consecuencias graves en el medio ambiente a nivel macro (Vertimientos, derrames, fugas, roturas, quebradas o contaminación en el aire, agua, suelo, etc.)
<b>Semi-Crítico</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>13</b>
	<b>Una o más</b> Incapacidades mayores a una semana, paros consecuentes a accidentes en la planta.	<b>Uno o más</b> lotes, los cuales presenten una dosificación incorrecta (fina o gruesa) o afecte la presentación final.	<b>Uno o más</b> daños graves en los equipos, en consecuencia hay paros largos o frecuentes.	<b>Uno o más daños</b> en los equipos que presenten consecuencias en el medio ambiente a nivel micro (Instalaciones de todo tipo)
<b>No Crítico</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
	<b>Uno o más</b> accidentes que no impactan al personal y no genera paros consecuentes.	<b>No hay</b> afectación en la calidad del producto	<b>No genera</b> daños ni paros por mantenimiento correctivo.	<b>No genera</b> un daño al equipo ni consecuencias ambientales.

*Tabla 5. Matriz de consecuencias.*

### 5.3.2 Matriz de frecuencia.

#### 5.3.2.1 Valores de riesgo.

Para elaborar esta matriz de frecuencia, se deben tener en cuenta los 3 niveles de criticidad anteriormente planteados (Crítico, Semicrítico, No crítico).

Inicialmente, para acotar los rangos de los niveles en la matriz de frecuencia, se tendrán 3 niveles de ocurrencia (1,2 y 3) y 3 valores de severidad, estos valores serán dados, por la suma de los valores de la puntuación por nivel (*Tabla 5*).

Posterior a esto, se hace un producto entre el nivel de ocurrencia con su respectivo nivel de seguridad para sacar valores de riesgo con los cuales se acotarán los niveles de frecuencia.

Severidad	96	69	27
Ocurrencia	3	2	1
ISO-Riesgo	288	138	27

*Tabla 6. Valores de riesgo.*

#### 5.3.2.2 Rango de frecuencia.

Para tener un rango de frecuencia, se realizan divisiones de una forma uniforme de los valores de riesgo (*Tabla 6*) y con esto se sacan cotas que permiten tener un rango de frecuencia para evaluar la puntuación de los repuestos.

Nivel	Rango
Crítico	189-288
Semi Crítico	91-188
No crítico	27-90

*Tabla 7. Rango de niveles de la matriz de frecuencia.*

Finalmente, teniendo en cuenta el rango de frecuencia, se hace una distribución de valores para crear la matriz, respetando los colores designados para los rangos, y que no haya una transición brusca entre los valores No críticos y los críticos.

La matriz de frecuencia resultante es la siguiente:

FRECUENCIA		
1	2	3
No Crítico	Semi-Crítico	Crítico
180	258	288
81	138	228
27	47	100

*Tabla 8. Matriz de frecuencia.*

### 5.3.3 Matriz de valoración de riesgo resultante.

Ahora se hace una conjunción entre la matriz de consecuencia (*Tabla 5*) y la matriz de frecuencia (*Tabla 8*) y se obtiene la matriz de riesgo final.

CONSECUENCIAS			FRECUENCIA		
CALIDAD	DEMANDA	COSTO OPERACIÓN Y M.AMBIENTE	1	2	3
			No Crítico	Semi-Crítico	Crítico
28	21	16	180	258	288
19	16	13	81	138	228
8	6	3	27	47	100

***Tabla 9. Matriz de riesgo.***

Una vez implementada esta matriz, se podrán evaluar los repuestos de cada máquina y asignarles un puntaje, el cual indicará cuales repuestos es conveniente descartar (No crítico - Verde), cuales repuestos se deben de almacenar obligatoriamente en bodega (Crítico – Rojo y cuales repuestos se pueden considerar tener en bodega (Semicrítico – Amarillo).

## 5.4 Política de inventarios

Antes de empezar con la evaluación de los repuestos, se deben definir políticas orientadas al tratamiento de la información generada en el presente trabajo, con la finalidad de ser una guía en la toma de decisiones referentes al stock.

1. Todos los repuestos seleccionados para conformar el stock, deberán de presentar una revisión trimestral de la cantidad en el stock la cual debe ser la cantidad generada en los resultados en el presente trabajo, garantizando así que haya una cantidad óptima de cada repuesto por equipo.
2. Categorización de repuesto:
  - Los repuestos serán evaluados por medio de la matriz de riesgo definida y su nivel de riesgo resultante determinara su pertenencia en el stock, el repuesto podrá tener un puntaje mínimo de 27 y un máximo de 288.
  - La consecuencia de los repuestos será definida por 3 niveles, crítico, Semicrítico y No crítico, especificados en la matriz de consecuencias (*Tabla 5*).
  - Para la frecuencia, se analizará el promedio de fechas de asocio de cada repuesto con su respectiva desviación estándar y con eso se sacarán los cortes, esto aportará datos necesarios para calcular su puntaje y posteriormente hacer el pronóstico por repuesto.
3. Niveles de riesgo:

- Si el repuesto presenta un nivel de riesgo Crítico ( $>188$ ), deberá de tener una permanencia obligatoria en el stock, además de tener un seguimiento mensual para garantizar una alta disponibilidad.
  - Si el repuesto presenta un nivel de riesgo Semicrítico ( $>90$  y  $>189$ ), para que este pueda permanecer en el stock, se tomará en cuenta la cantidad de fechas de asocio que presente; Los repuestos con este nivel de riesgo que clasifiquen en el stock, deberán de ser supervisados trimestral para garantizar el número optimo en el stock.
  - Si el repuesto presenta un nivel de riesgo No crítico ( $<91$ ), no se tendrán en cuenta en el stock.
4. Para los enfriadores solo se tendrá en cuenta la información de parte del brazo técnico del departamento de montajes y mantenimiento; Los repuestos reportados por los electromecánicos se mantendrán en el stock y se debe revisar trimestralmente la cantidad en stock y reponer en caso de ser necesario. Además, los datos suministrados en los equipos por parte de los electromecánicos se tendrán en cuenta para el listado final de repuestos por equipos.
5. Para el pronóstico de repuestos, se tendrán en cuenta las siguientes observaciones:
- En caso de que la demanda presente un valor inferior a 1 ( $<1$ ), este valor se asumirá como un 1 para garantizar la presencia mínima del elemento en el stock.

Ejemplo:

$$0.15 \approx 1$$

$$0.78 \approx 1$$

- Para la aproximación, se tendrá en cuenta solo el primer decimal teniendo en cuenta que si este es menor a 5, se aproximará al valor inferior para tener un número entero y en caso de que sea mayor a 5 se aproximará al número superior.

Ejemplo:

$$4.3 \approx 4$$

$$5.5 \approx 6$$

## 5.5 Evaluación de repuestos.

Cada repuesto será evaluado según los datos de la matriz de riesgo (*Tabla 9*).

### 5.5.1 Severidad.

Para evaluar los repuestos, se comienza con evaluar y asignar los valores de los factores de consecuencia, posteriormente se sumaran y tendremos un valor, a este valor se le denotará como “Severidad”.

Esta severidad resultante, se debe multiplicar por un valor del 1 al 3, que llamaremos “valor de frecuencia”, este valor saldrá después de analizar la desviación estándar de cada equipo.

### 5.5.2 Valor de frecuencia.

Los valores de frecuencia indican un número del 1 al 3 el cual será el multiplicador de la severidad (Suma de valores de factores de criticidad), este valor se le otorgará a cada repuesto, por medio de un análisis del promedio de las fechas de asocio y su desviación estándar, los puntos de corte para los valores en cada equipo fueron los siguientes:

Categoría	Equipo	Promedio F.A	Desv Estandar	Nivel de frecuencia 1	Nivel de frecuencia 2	Nivel de frecuencia 3
Centrífugas	Centrífuga 1	2,2	1,63	<=2	>2 & >4	>=5
	Centrífuga 2	2,4	1,87	<=2	>2 & >4	>=5
Homogenizadores	Homogenizador	3,77	11,24	<=4	>4 y >14	>=14
Intercambiadores de calor	Pasterizador 1	11,71	25,2	<=8	>8 y >25	>=25
	Pasterizador 2	1,29	1,1	<=2	>2 & >3	>=4
	Pasterizador Tampico	1,56	1,16	<=2	>2 & >3	>=4
	Pasterizador Crema	1,28	1,1	<=2	>2 & >3	>=4
	Enfriador 1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Enfriador 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Enfriador 3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Enfriador leche pasteurizada 1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Enfriador leche pasteurizada 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Enfriador leche pasteurizada 3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Enfriador Crema	1,09	0,31	<=2	>2 & >3	>=4
	Llenadoras	Llenadora leche 1	7,37	24	<=7	>4 y >24
Llenadora leche 2		6,3	21,1	<=6	>4 y >24	>=24
Llenadora leche 3		5,22	17,1	<=5	>5 y >20	>=20
Llenadora leche 4		6,8	22,6	<=7	>7 y >25	>=25
Llenadora leche 5		5,42	16,06	<=5	>5 y >20	>=20
Llenadora leche 6		2,91	4,62	<=3	>3 & >8	>=8
Llenadora Tampico 1		4,68	10,23	<=5	>5 y >15	>=15
Llenadora Tampico 2		6,43	19,29	<=6	>6 y >25	>=25

**Tabla 10.** Tabla de valores de frecuencia por equipos.

Luego, según el resultado del producto, obtenemos un valor ya limitado en los rangos de la matriz de riesgo con los que se podrán tomar decisiones de la permanencia de los repuestos en el stock.

### 5.5.3 Calificación de repuestos.

Una vez, se obtiene el producto entre la severidad y el valor de frecuencia, cada repuesto tiene su respectiva calificación con la cual, se efectuara una clasificación para obtener su valor de riesgo resultante.

Grupo	Suma de Cantidad	Cuenta de Fecha Asocio	SEGURIDAD	CALIDAD	DEMANDA	COSTO OPERACIÓN Y M. AMBIENTE	FRECUENCIA	SEVERIDAD	CALIFICACIÓN
000540	1	1	10	8	6	3	1	27	27
MODULO 12 OUT RELAY OMRON C200HOC222	1	1							
001200	10	3	10	19	16	13	2	58	116
GOMA PRENSA VERTICAL BUANLIR BU-6498	5	1							
GOMA PRENSA VERTICAL BUANLIR BU-6498 (	5	2							
001469	3	2	21	8	16	13	1	58	58
Amortiguador Prensa Horizontal Lbute-Eg332 (	3	2							
001476	10	3	10	19	16	3	2	48	96
BUJE M160 BASE ELECTRODO VCAL 4 (6X160)	10	3							
001477	2	1	10	8	21	13	1	52	52
REDUCTOR NORD I.20 79.2RPM SK1S40EC B1	2	1							
004592	5	3	10	8	16	3	2	37	74
CONECTOR M12 PEPPER+FUCHS SMTRXSHILC	5	3							
004628	3	3	10	8	6	3	2	27	54
TERMINAL INTERFASE T-408-1885441	1	1							
TERMINAL INTERFASE T-408-1885441 (** Pen	2	2							
004629	1	1	10	8	6	3	1	27	27
CABLE CONEXION ROPEX SUB-D 884205 5 MT	1	1							
004631	2	2	10	8	16	3	1	37	37
TRANSFORMADOR CORRIENTE ROPEX 885105	2	2							
005397	1	1	21	8	21	13	1	63	63
ACEITE OMLA 220	1	1							
006495	6	2	21	19	21	13	1	74	74
RODAMIENTO 6811ZZ (** Pendiente registro en	6	2							
008869	69	37	10	28	16	13	3	67	201
RESISTENCIA HORIZ(REEMP-044200 R51090 W	69	37							
009434	23	2	10	19	16	13	1	58	58
TORNILLO PARA PRENSA HORIZONTAL 3X6MM	8	1							
TORNILLO PARA PRENSA HORIZONTAL 3X6MM	15	1							
009803	1	1	10	8	16	3	1	37	37
ACOPLE RODILLOS EMBRAGUE DESAR (6400	1	1							
010028	81	44	10	28	16	13	3	67	201

*Tabla 11. Ejemplo de calificación de repuestos.*

En la **Tabla 11**, se puede observar cómo fue la evaluación de los repuestos y como en la columna de calificación tenemos valores influyentes en la toma de decisiones mediante a la continuidad de los repuestos en el stock.

#### 5.5.4 Selección de repuestos y pronóstico de la demanda.

Una vez se obtenga el valor de riesgo de cada repuesto, como se menciona anteriormente en las políticas, se descartara aquellos que tengan una calificación menos a 90 que corresponde a los repuestos No críticos (Verde), por lo que no estarán en el stock y se tendrán en cuenta los repuestos semicríticos y críticos.

El siguiente paso, es establecer la demanda de los repuestos clasificados para formar el stock de repuestos, por lo que se tendrán en cuenta nuevamente las fechas de asocio y la cantidad de repuestos por año, como se hace el análisis desde 2014 hasta los datos del 2021, se presentan 8 años como máximo y un mínimo de 1 año; La división por el factor 8, ayudará a que los repuestos que tengan más rotación, tengan el valor más alto posible y los que tienen pocos años se incluyan en el stock pero en menor cantidad ya que presentan una baja rotación.

Así pues, cada repuesto será evaluado mediante un promedio simple, teniendo en cuenta la cantidad de años que tiene, por lo tanto se usará la siguiente formula:

$$CantRepuestos: \frac{a}{8} * b$$

Dónde:

***a*** = Cantidad de años

***b*** = Cantidad total de repuestos

A continuación, se presenta la tabla de pronóstico correspondiente a la llenadora de Tampico BUANLIR, obsérvese que en la sexta columna, que es la que indica cuántos de estos repuestos deben de estar por año en el stock, así mismo, la séptima columna indica el nivel de riesgo del repuesto.

Código Repuesto	Puntaje Repuesto	Número de Años	Repuestos totales	Promedio	Pronostico Final	Nivel de riesgo
001195	96	1	1	0,125	1	Semicrítico
001196	96	1	2	0,25	1	Semicrítico
001197	96	2	2	0,5	1	Semicrítico
001200	174	5	29	18,125	18	Semicrítico
009434	174	5	267	166,875	167	Semicrítico
018480	174	6	364	273	273	Semicrítico
019226	140	2	6	1,5	2	Semicrítico
019622	96	1	1	0,125	1	Semicrítico
020248	94	2	4	1	1	Semicrítico
034260	174	2	24	6	6	Semicrítico
034261	174	2	23	5,75	6	Semicrítico
115238	110	2	7	1,75	2	Semicrítico
197343	111	3	5	1,875	2	Semicrítico
424580	174	5	400	250	250	Semicrítico
010028	201	3	9	3,375	3	Crítico
011727	201	5	54	33,75	34	Crítico
018507	201	5	20	12,5	13	Crítico
020048	201	7	180	157,5	158	Crítico
034101	288	3	16	6	6	Crítico
034131	288	3	19	7,125	7	Crítico
044200	201	4	67	33,5	34	Crítico
709774	207	2	13	3,25	3	Crítico
783845	222	5	343	214,375	214	Crítico
783886	222	5	476	297,5	298	Crítico
784074	222	6	77	57,75	58	Crítico
784306	222	3	30	11,25	11	Crítico

*Tabla 12. Pronostico de demanda en los repuestos de la llenadora de Tampico BUANLIR.*

## 6 RESULTADOS

Debido a los datos recopilados referentes a las fechas de los repuestos empleados por cada equipo en un periodo de 8 años y también, teniendo en cuenta la información provista por los encargados de implementar los mantenimientos en la Cooperativa Colanta (Brazo técnico del departamento de montajes y mantenimiento), se desarrollaron 22 listados correspondientes a los repuestos a tener en el stock junto a su cantidad optima, cada uno de los 22 equipos tienen su listado independiente, que se desarrolló a partir del previo análisis selección de repuestos y pronóstico de demanda.

Para garantizar la adecuada disponibilidad en el stock de cada repuesto, se deben tener en cuenta las políticas planteadas en el inciso **5.4** correspondiente a la política de inventarios del presente trabajo.

### **6.1 Repuestos seleccionados para stock.**

A continuación en la *Tabla 13* evidencian los repuestos que se registraron desde el 2014 hasta el 2021.

Equipo	Cantidad de repuestos (2014-2021)	Repuestos seleccionados para Stock	Reducción
Centrífuga 1	168	61	63,69
Centrífuga 2	148	60	59,46
Homo 1	100	17	83,00
Llenadora 1	173	56	67,63
Llenadora 2	175	58	66,86
Llenadora 3	207	49	76,33
Llenadora 4	184	56	69,57
Llenadora 5	184	46	75,00
Llenadora Buanlir	189	38	79,89
Llenadora Tampico Buanlir	116	23	80,17
Llenadora Tampico Techgen	160	33	79,38
Pasterizador 1	99	26	73,74
Pasterizador 2	103	7	93,20
Pasterizador Tampico	78	14	82,05
Pasterizador Crema	85	5	94,12
Enfriador Crema	25	15	40,00
Enfriador 1	N/A	N/A	N/A
Enfriador 2	N/A	N/A	N/A
Enfriador 3	N/A	N/A	N/A
Enfreador Leche Pasteurizada 1	N/A	N/A	N/A
Enfreador Leche Pasteurizada 2	N/A	N/A	N/A
Enfreador Leche Pasteurizada 3	N/A	N/A	N/A

**Tabla 13.** Porcentaje de repuestos considerados en el stock según el historial.

Se pueden evidenciar reducciones importantes en los repuestos que se seleccionan para que formen parte en el stock, esto se debe a que gran cantidad de los repuestos entre el enero del 2014 y el 2021, solo tienen una fecha de asocio, por lo que se vuelven poco frecuentes y ocasionales, en consecuencia esto influye en su puntaje, por lo que los repuestos que presenten una clasificación de “No Crítico” como se anuncia en las políticas, se debe de descartar por tener poca rotación en el inventario.

Cabe aclarar, que en los enfriadores 1,2 y 3, como también en los enfriadores de leche pasteurizada 1,2 y 3, por la falta de información en el sistema de gestión de activos fijos de Colanta, se recurre solamente a los datos suministrados por el personal técnico del departamento,

por lo que no registran cantidad de repuestos en la tabla y por ende tampoco presentan una reducción.

## 6.2 Datos del personal técnico.

En 12 equipos se presentan aportes de códigos por parte del personal técnico, los cuales presentan código registrado en el sistema de gestión de activos, pero estos códigos no presentan fecha de asocio en los registros del 2014-2021, por lo que al ser indispensables según el personal técnico se toman en cuenta y trimestral se debe de tener un seguimiento en el stock para garantizar su disponibilidad.

Equipo	Cantidad de repuestos (2014-2021)	Repuestos seleccionados para Stock	Repuestos aportados por brazo técnico	Cantidad total de repuestos en el stock
Homo 1	100	17	18	35
Llenadora Tampico Techgen	160	33	3	36
Pasterizador 1	99	26	16	42
Pasterizador 2	103	7	11	18
Pasterizador Tampico	78	14	3	17
Pasterizador Crema	85	9	5	14
Enfriador 1	N/A	N/A	5	5
Enfriador 2	N/A	N/A	4	4
Enfriador 3	N/A	N/A	5	5
Enfreador Leche Pasteurizada 1	N/A	N/A	4	4
Enfreador Leche Pasteurizada 2	N/A	N/A	4	4
Enfreador Leche Pasteurizada 3	N/A	N/A	4	4

*Tabla 14. Aporte de repuestos del personal técnico en los equipos.*

## 6.3 Consideraciones.

Se debe tener en cuenta, que los resultados obtenidos en este trabajo, corresponden a un punto de partida para la evaluación de repuestos, hay que considerar tanto el contexto operacional de los equipos como las variaciones que tengan en el transcurso de los años, por lo que se hace necesario actualizar los resultados de forma anual.

## 7 CONCLUSIONES

En total, los datos sobre repuestos asociados a los equipos por parte del sistema de información de mantenimiento y activos fijos de la Cooperativa Colanta (SIMAF) suman un total de 2424, por otro lado, los datos suministrados por la experiencia y conocimiento del personal técnico del departamento de montajes y mantenimiento suman 82, uniendo estos datos, se logra recopilar información específica de los repuestos usados en los mantenimientos de los 22 equipos, esto permite generar una base de datos con información puntual de los repuestos para su posterior procesamiento.

Respecto al desarrollo de la matriz de riesgo, se tomaron consideraciones de factores de riesgo suministradas por ingenieros y electromecánicos, con esto, se seleccionaron los factores de riesgo: Seguridad y salud de las personas, calidad, demanda de equipos, costo de operación y medio ambiente para el desarrollo de la matriz de consecuencia, a partir de esto, se generaron límites de criticidad que oscilan entre 27 y 288 para con esto desarrollar la matriz de frecuencia, y de la conjunción de ambas matrices, se desarrolló la matriz de riesgo.

Las políticas implementadas para este trabajo, tendrán la función de ser la guía para la aplicación del mismo, por lo que se recomienda al personal involucrado en la realización de este, considerando, que cada nivel de criticidad de la matriz tiene su tratamiento correspondiente, por lo que se deben tener en cuenta las consideraciones planteadas para un correcto manejo de la información, gestión y selección de los repuestos que hacen parte en el stock.

Se evidencia en la **Tabla 13**, un porcentaje de selección de repuestos por equipo, que oscila desde el 40% al 94.12%, esto es relevante debido a que no se puede suponer que todo repuesto que haya estado en los mantenimientos desde el 2014 hasta el 2021 debe de estar en el

stock, esto debido a que algunos repuestos, no presentan una criticidad alta y/o presentan una frecuencia muy esporádica, por lo que puede ser costoso e innecesario tenerlos en el stock.

Debido a que los enfriadores, no trabajan a grandes temperaturas que puedan desgastar sus placas o empaques no presentan significativos registros de repuestos empleados en mantenimientos (exceptuando el enfriador de crema), se opta por tratar a estos equipos por la experiencia de la parte técnica del departamento (electromecánicos), debido a que ellos saben con exactitud, que repuestos se emplean anualmente para el mantenimiento de estos equipos, en total fueron 26 datos suministrados correspondientes a los enfriadores y estos repuestos, corresponden al 100% de la cantidad de repuestos definidos para conformar el stock.

## 8 REFERENCIAS

Cuevas, I. (20 de 04 de 2022). *Industrial lácteas hnos. de las cuevas*. Maquinarias lácteas

<https://www.maquinariaslacteas.es/desnatadora-alfa-laval-bmrpx-314/>

Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral del mantenimiento*. Diaz de santos.

Induherzig. (20 de 04 de 2022). *Induherzig*.

<https://induherzig.com.co/producto/homogenizador-gaulin/>

Laval. A. (17 de 04 de 2022). *Alfa Laval*.

<https://www.alfalaval.com.co/productos-y-soluciones/transferencia-de-calor/intercambiadores-de-calor-de-placas/intercambiadores-de-calor-de-placas-y-bastidor-con-juntas/>

Laval. A. (20 de 04 de 2022). *Alfa Laval*.

<https://www.alfalaval.com.co/productos-y-soluciones/separacion/separadoras-centrifugas/separadoras/>

Plata, D. O. (2016). *Gestión del inventario de repuestos*. Edición del autor.

Pak. T (1996). Tetra Pak. *Manual de industrias lácteas*. Lund.