



SEGUIMIENTO Y CONTROL DE VARIABLES DE LA EMULSIÓN EN EL PROCESO  
DE TREFILADO DE COBRE EN LA PLANTA NEXANS COLOMBIA S.A. 2022-2.

MODALIDAD: PRÁCTICA EMPRESARIAL

IVAN DARIO SEPULVEDA MACAREO  
CC. 1.095.834.583

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS**  
**TECNOLOGÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL**  
**BUCARAMANGA, 3 DE MARZO DE 2023**



**SEGUIMIENTO Y CONTROL DE VARIABLES DE LA EMULSIÓN EN EL PROCESO  
DE TREFILADO DE COBRE EN LA PLANTA NEXANS COLOMBIA S.A. 2022-2.  
MODALIDAD: PRÁCTICA EMPRESARIAL.**

**IVAN DARIO SEPULVEDA MACAREO  
CC. 1.095.834.583**

**INFORME DE PRÁCTICA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL.**

**DIRECTOR**

**EDWING FABIAN AMAYA ARIAS.**

**NATALIA MONCAYO MARTÍNEZ**

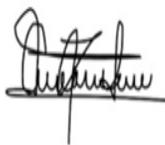
**CARGO DEL DELEGADO: REPRESENTANTE LEGAL.**

**Grupo de investigación – SOLYDO**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS  
TECNOLOGÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA, 3 DE MARZO DE 2023**

## Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander, para optar al título de tecnólogo en producción industrial, según el acta de comité de trabajo de grado No. 137-01-07 del 24/03/2023. Evaluador: Anny Zambrano



---

Firma del Evaluador



---

Firma del Director

## DEDICATORIA

A Dios,

Por ser esa fuente de sabiduría y por darnos la capacidad y fuerza siempre para seguir adelante, por todas las bendiciones que recibo diariamente.

A mis padres,

Por ser ese apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, por todas las enseñanzas y cosas buenas inculcadas en mí, que me han permitido mi crecimiento como persona.

A mi pareja,

Por el amor, la entrega y apoyo incondicional durante todo este proceso. A Todos les estoy altamente agradecido, ya que han sido parte fundamental en todo este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a NEXANS COLOMBIA S.A.S. por haberme brindado la oportunidad de llevar a cabo mis practicas profesionales, a todo el equipo de producción de planta, por todas sus enseñanzas, por toda la dedicación y disposición que fueron fundamentales en mi experiencia profesional. A los Ing. Daniel Mantilla, Wilfer Espinel, Cristian Barragán, lideres del área de producción por ser esa guía dentro de la compañía, mis mas sinceros agradecimientos por todos los conocimientos compartidos y por el apoyo recibido en esta etapa.

A todo el equipo de TREFILADO de NEXANS por tan buena disposición y empeño en el desarrollo de este proyecto, por toda la capacitación y conocimientos compartidos.

A la institución UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, por permitirme y formarme, al director del trabajo de grado MSc. Edwing Fabian Amaya Arias por todo el acompañamiento y asesoría para la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD .....</b>	<b>14</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>2.4 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>18</b>
<b>3 MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 PROCESO DE TREFILADO DE COBRE .....</b>	<b>19</b>
3.1.1 MÁQUINAS TREFILADORAS.....	20
<b>3.2 EMULSIONES PARA EL TREFILADO DE COBRE A NIVEL INDUSTRIAL .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 FUNCIONES DE LA EMULSIÓN DE TREFILADO .....	22
3.2.2 FACTORES DE DEGRADACIÓN DE LA EMULSIÓN.....	23
<b>3.3 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....</b>	<b>24</b>
3.3.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	24
<b>3.4 SEGUIMIENTO A LA PRODUCCIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5 LEAN MANUFACTURING .....</b>	<b>26</b>
3.5.1 TIPOS DE DESPERDICIOS SEGÚN EL LEAN MANUFACTURING.....	27
3.5.2 HERRAMIENTAS PRINCIPALES DEL LEAN MANUFACTURING.....	27
<b>3.6 EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN (OEE) .....</b>	<b>28</b>
<b>4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LAS EMULSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 PRESENTACIÓN DEL PLAN A IMPLEMENTAR AL EQUIPO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.3 ACOMPAÑAMIENTO EN LA CAPACITACIÓN Y COMUNICACIÓN DEL PLAN.....</b>	<b>36</b>
<b>4.4 REALIZACIÓN DE PRUEBAS PILOTO PARA LA TOMA Y REGISTRO DE LOS     PARÁMETROS DE LA EMULSIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>4.5 REGISTRO Y ALIMENTACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.....</b>	<b>44</b>
<b>4.6 PLAN DE ACCIÓN PARA EL CUIDADO DE LAS EMULSIONES.....</b>	<b>47</b>

<b><u>5</u></b>	<b><u>RESULTADOS .....</u></b>	<b><u>49</u></b>
	<b>5.1 RANGOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS Y FRECUENCIA PARA LA TOMA DE MEDIDAS DE LA EMULSIÓN. ....</b>	<b>49</b>
	<b>5.2 REPRESENTACION GRAFICA DEL SEGUIMIENTO DE LOS PARAMETROS A MEDIR.....</b>	<b>52</b>
	<b>5.3 PLAN DE ACCIÓN PARA EL CUIDADO Y CONSERVACIÓN DE LAS EMULSIONES. ....</b>	<b>54</b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>56</u></b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b><u>61</u></b>
<b><u>9</u></b>	<b><u>ANEXOS.....</u></b>	<b><u>63</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de trefilado.....	19
Figura 2. Chipa de alambre de Cobre .....	20
Figura 3. Trefiladora multihilos (16 hilos). .....	21
Figura 4. Desbastadora de una trefiladora de 16 hilos. ....	30
Figura 5. Trefiladora principal de cobre.....	32
Figura 6. Cambio de emulsión en trefiladora gruesa de cobre. ....	32
Figura 7. Producto terminado de la trefiladora gruesa y a su vez alimentación de trefiladora fina.....	33
Figura 8. Trefiladora 16 hilos. ....	33
Figura 9. Equipo de Producción Nexans Colombia. ....	34
Figura 10. Presentación realizada para la socialización del proyecto.....	35
Figura 11. Socialización del plan al equipo operativo de trefilado. ....	36
Figura 12. Formato ejemplo para el registro de datos diarios de la emulsión. ....	38
Figura 13. Evidencia de la publicación del formato en los tableros de seguimiento de las máquinas. ....	38
Figura 14. Toma de muestra de emulsión.....	40
Figura 15. Toma de temperatura en la desbastadora.....	41
Figura 16. Toma de concentración o porcentaje graso. ....	41
Figura 17. Medición de pH Y conductividad. ....	42
Figura 18. Medición de pH con cintas medidoras.....	42
Figura 19. Toma de medidas por parte del practicante. ....	43
Figura 20. Registro de las variables medidas en su respectivo formato. ....	44
Figura 21. Base de datos de Excel del control sobre las emulsiones. ....	45
Figura 22. Representación visual del comportamiento de la emulsión de la TRE006.....	46

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Rangos y frecuencias de medidas para la emulsión de la TRE001. ....	50
Tabla 2. Rangos y especificaciones para la emulsión de la TRE006. ....	51
Tabla 3. Especificaciones de uso y frecuencia de toma de medidas para emulsión de la TRE007. ....	51
Tabla 4. Plan de acción en cuanto al control de las emulsiones. ....	55

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Especificaciones del lubricante RA-400 CPD .....	63
Anexo B. Formato seguimiento a las emulsiones.....	64

## RESUMEN

El trefilado de cobre se entiende como el proceso mediante el cual un alambre reduce su diámetro mediante el paso del alambre por unas secciones cónicas conocidas como hileras por donde progresivamente, se reduce su diámetro hasta los valores deseados, durante este proceso interviene un factor importante como lo es la emulsión, que tiene la función de lubricar el material y las hileras y a su vez refrigerar, es por ello que esta práctica empresarial está dedicada al control de las emulsiones de trefilado de cobre en la planta Nexans Colombia. El presente trabajo consta de un control de proceso implementado desde cero, en cuanto al mantenimiento y cuidado de las emulsiones de trefilado, con la finalidad de aumentar la productividad del área, aumentar el rendimiento y vida útil de la emulsión debido a su alto costo y la disminución de las fallas de proceso ocasionadas muy a menudo debido al poco control ejercido sobre ellas. Para ello se realiza en primera instancia la correspondiente investigación y posterior control de las variables que se consideran importantes para el cuidado de estas emulsiones (PH, Conductividad eléctrica, Temperatura y Concentración graso). La siguiente etapa es el establecimiento de unas rutinas de control y finalmente la generación de planes de acción que determinen el camino y las decisiones a tomar con el fin de mantener y cuidar los lubricantes de trefilado. Se concluyó especialmente, la importancia del agua usada durante este proceso y la importancia de mantener los porcentajes de concentración grasos recomendados por los proveedores. Los resultados indican que este plan de mantenimiento implementado resulta en una herramienta útil a la hora de mantener y cuidar las emulsiones, y favorece indicadores de productividad y ahorros en gastos de lubricantes y en la reducción de paradas de máquinas por problemas de procesos.

**PALABRAS CLAVES:** Trefilado, Productividad, Control de procesos, Emulsiones, Mantenimiento

## INTRODUCCIÓN

En los procesos de trefilación intervienen muchas variables tales como la calidad del alambión, el sistema de enfriamiento y las emulsiones de lubricación. (Leon Quilli, 2011).

El control de emulsiones de trefilado de cobre, también conocido como tratamiento de emulsiones, es un proceso importante para asegurar la calidad y la resistencia de los metales trefilados. Esto se logra por ejemplo manteniendo una concentración estable de emulsión en la línea de trefilado, lo que asegura que los productos finales cumplan con los requisitos de resistencia.

Es importante tener en cuenta que el control de emulsiones de trefilado de cobre no solo es necesario para asegurar la calidad y la resistencia de los productos finales, sino también para minimizar el riesgo de posibles fallas en el proceso de trefilado. Una buena gestión del control de emulsiones puede ayudar a prevenir fallas en el proceso de trefilado y asegurar que los productos finales cumplan con los requisitos de calidad.

Para conseguir un buen control sobre las emulsiones de trefilado en la planta de Nexans Colombia, se realizará una investigación inicial, donde se consulte los parámetros de los aceites usados para la emulsión con el fin de establecer las variables a controlar y también como y de qué manera hacerlo. Finalmente se deben establecer rutinas de control de estas emulsiones que permitan generar planes de acción con el fin de disponer y conservar las emulsiones. *“Con medidas sencillas y*

*un control general del estado de la emulsión se puede aumentar la vida útil de la emulsión, ahorrar costes y mejorar el entorno de trabajo de la máquina de trefilado”.*  
(Duff, 2017).

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD

Es la empresa actualmente líder con enfoque en la fabricación y diseño de cables y servicios de cableado que cuenta con presencia en 42 países de manera industrial. Hace parte de la unidad de negocios andina donde están países como Chile, Perú y Colombia. (Nexans, 2022)

Nexans diseña soluciones y servicios en toda su cadena de valor enfocado en sus tres áreas principales de negocio: La edificación que incluye, por ejemplo, *movilidad y servicios públicos. Alto voltaje y proyectos, como parques eólicos marinos e interconexiones submarinas, e Industria y soluciones para áreas como el transporte, el petróleo y el gas, automatización etc.* (Nexans, s.f.)

Para abril del año 2022 se concretó la adquisición de CENTELSA, un fabricante de cables premium, que va muy acorde a la estrategia de NEXANS a convertirse en actor puro de la electrificación. (Urrego, 2022)

CENTELSA by Nexans, es el nombre actual que se maneja para el grupo en Colombia, con presencia física en Cali y Bucaramanga (fabricas y oficinas). En este caso a Cali como sede central de la unidad de negocios andina, donde se logra la atención de todo el mercado nacional e internacional de Latinoamérica y el Caribe. (Centelsa by Nexans, s.f.)

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 Descripción de la Problemática**

La planta de NEXANS COLOMBIA S.A, en el área de trefilado, cuenta actualmente con planes de mantenimiento insuficientes en cuanto al control necesario para el cuidado de la emulsión de trefilado del alambre de cobre, que por lo general afecta el cuidado de las hileras por donde se reduce el diámetro del alambre.

El control y mantenimiento constante de estas emulsiones es poco tratado a nivel industrial, y aún más en el caso específico del área de trefilado de la planta NEXANS COLOMBIA. (Fudrini Olivencia & Gonzales Villagra, 2003). El bajo control del comportamiento de estas emulsiones, genera pérdidas económicas ya sea porque se cambie su uso de manera prematura o, por el contrario, si no se sustituye o se mantiene a tiempo esta puede perder sus propiedades y afectar el proceso, productividad de la máquina, fallas de procesos, etc.

Dada esta situación, Se desea responder a esta pregunta: ¿Qué impacto positivo generará la implementación de este plan de mantenimiento en temas de productividad, costos y disminución de fallas de proceso?

### **2.2 Justificación de la Práctica**

La finalidad y foco de esta práctica es lograr llevar un plan de mantenimiento para la emulsión del trefilado de cobre. Cabe mencionar que este plan consiste en el seguimiento a parámetros a medir de las emulsiones de las maquinas trefiladoras

de alambre de cobre, con el propósito posterior de la toma de decisiones que contribuyan en materia de ahorro de dinero en el consumo de lubricantes y la disminución de fallas de proceso, que a finales repercute de buena manera en los indicadores de producción como Productividad eficiencia, etc.

El propósito de lubricar durante el trefilado del alambre, es proveer una película continua entre el cobre y la superficie de la hilera con el fin de evitar que estas entren en contacto. Si la lubricación falla para controlar la fricción creada por deformación, las dos superficies entrarán en contacto puede abrir paso a la erosión de una o ambas partes, y a su vez generar roturas del alambre y desgaste prematuro de las hileras. (Fudrini Olivencia & Gonzales Villagra, 2003).

Una de las fallas de proceso, en el área de trefilado en la planta de Nexans Colombia S.A. son los reventones, que una de sus causas más comunes en el día a día son por la lubricación, es decir, problemas de la emulsión cuando esta pierde sus propiedades para su óptimo desempeño en el proceso. Al fallar la lubricación aumenta la fricción entre los dados o hileras de reducción con el alambre que pasa a través de ellos, lo que desencadena en daños en el material (que el producto obtenido no cumpla con especificaciones mínimas) y desgaste de los dados. Una parada de proceso por

reventón necesita acción inmediata del operador para corregir el error y poner de nuevo en marcha la maquina lo que puede incluso tardar horas, este tiempo de parada de las maquinas disminuye la eficiencia y productividad, lo que genera pérdidas económicas, por el tiempo que la maquina no está en producción.

En lo que va corrido del año 2022 de enero a agosto, se ha gastado aproximadamente 140 millones de pesos en la compra de lubricantes para hacer las emulsiones de trefilado de cobre, por lo tanto, es pertinente, el establecer un plan de mantenimiento donde se lleve un control constante de estas emulsiones

debido al alto costo de las mismas, que pueda significar ahorro de dinero para la compañía.

Realizar control y seguimiento a variables de procesos con el propósito de mantener normalizadas las operaciones es uno de los componentes del perfil profesional de un Tecnólogo en Producción Industrial de las Unidades Tecnológicas de Santander (Unidades Tecnológicas de Santander , 2019). Adicionalmente esta práctica permite al autor la puesta en práctica de conocimientos adquiridos durante su formación profesional en asignaturas como Procesos industriales, Planeación de la producción y Mantenimiento Industrial.

## 2.3 Objetivos

### 2.3.1 Objetivo General

Realizar control y seguimiento a variables de la emulsión mediante la medición y registro diario con la finalidad de establecer un plan de mantenimiento definido para la toma de decisiones que contribuyan en temas de productividad, costos y disminución de fallas de proceso.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar una evaluación inicial según especificaciones técnicas de las emulsiones y la experiencia en planta, los rangos de las variables a controlar o medir para el seguimiento de las mismas.
- Establecer un cronograma para determinar frecuencias para la toma y registro de los parámetros de las emulsiones con el fin de fijar un estándar de trabajo que garantice un correcto y apropiado seguimiento.

- Implementar un plan de acción para el tratamiento de las emulsiones de trefilado analizando tendencias de su comportamiento que permitan la toma de decisiones en pro de la mejora continua de los procesos y la reducción de costos.

## 2.4 Antecedentes de la Empresa

En el año 2013 se realizó una monografía de una práctica empresarial enfocada al soporte técnico a las actividades requeridas para la automatización de la línea de doble extrusión N° 4 en NEXANS COLOMBIA S.A. Para el desarrollo de esta práctica fue necesario la integración de toda la información recolectada con el fin de lograr la estandarización de modos de funcionamientos por recetas, así como la adecuación de los equipos de medición con nuevas tecnologías que garantizaran mayor confiabilidad en la adquisición y procesamiento de datos basados principalmente en tres etapas de desarrollo que fueron, el diseño, la ejecución y evaluación de resultados finales. (Jiménez Pérez, 2013).

En el año 2019 se realizó un trabajo de grado enfocado directamente también a los procesos productivos en este caso desde el punto de vista ambiental con un seguimiento a la gestión ambiental de la empresa NEXANS COLOMBIA S.A. mediante este informe se permitió conocer el seguimiento ambiental realizado a todas las áreas de procesos de la planta con la finalidad de adoptar prácticas amigables con el ambiente durante el proceso productivo y el uso de los recursos. (Ramírez Díaz, 2019).

En el año 2019 se llevó a cabo el proceso de estandarización de Nexans Colombia S.A donde se realizó un diagnóstico mostrando la situación actual la cual no cuenta con procesos estandarizados para la ejecución de labores en todos los procesos productivos de la planta. Los resultados obtenidos del trabajo consisten

en un plan de trabajo actualizable donde se crean los estándares para cada uno de los procesos existentes. (Ruiz Corzo, 2019)

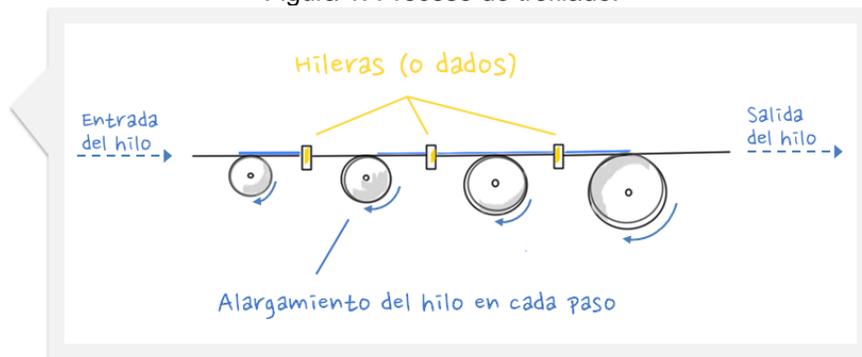
### 3 MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 PROCESO DE TREFILADO DE COBRE

Este proceso consiste en un alargamiento del material, en este caso de Cobre, aunque también puede ser por ejemplo al aluminio y aleaciones de aluminio, el objetivo fundamental de este proceso es reducir el diámetro del alambroón de entrada y esto se da debido al paso del alambre por unos dados o hileras en forma cónica donde va reduciendo su diámetro progresivamente. (TECALSA, s.f.).

El alambroón de cobre llega en bobinas de 4 Toneladas de 8mm y en la trefiladora gruesa se obtienen diámetros de hasta 1.98mm.

Figura 1. Proceso de trefilado.



Fuente: FDM Globalsolutions.

Figura 2. Chipa de alambre de Cobre



Fuente: Autor.

### 3.1.1 Máquinas trefiladoras

El trefilado se da en máquinas, que como su nombre lo indica, se llaman trefiladoras y generalmente constan de ciertos elementos.

- Devanador: donde se ubica la chipa de entrada y es donde se desenrolla el mismo para ingresar a la desbastadora.
- Desbastadora: donde se da la reducción progresiva del diámetro del material, consta de una hilera o una serie de ellas que debe ir lubricado por una emulsión que circula continuamente.
- Bobinador: es el que produce la tracción, es decir, el encargado de tirar el alambre y a su vez lo bobina en carretas definidas según el tipo de conductor a fabricar.

Las maquinas trefiladoras existen generalmente de dos tipos:

**Maquinas simples:** Son las que están compuestas por un solo devanador y una serie de hileras, es decir, en el caso de Nexans, es la trefiladora gruesa encargada del desbaste del alambtrón de 8mm.

**Maquinas multihilos:** Cuya alimentación varían de la cantidad de hilos que requiera el producto a fabricar, la alimentación de la maquina se da por cestas que varían entre 2 a 16, según se requiera, aterrizado a lo encontrado en Nexans, se tienen 2 trefiladores multihilos, una de hasta 7 hilos y la otra de hasta 16 hilos.

Figura 3. Trefiladora multihilos (16 hilos).



Fuente: Autor.

## 3.2 EMULSIONES PARA EL TREFILADO DE COBRE A NIVEL INDUSTRIAL

Principalmente podemos definir una emulsión como la unión más o menos homogénea de dos líquidos inmiscibles, es decir, dos líquidos que no se mezclan totalmente el uno con el otro, constan de una fase dispersa y una fase continua. (Etecé, 2021).

Ya hablando de emulsiones que se usan en el trefilado, se puede decir que los más usados son los compuestos por un aceite nafténico hecho soluble a través de agentes tensoactivos que hacen la función de agente emulsificante.

Su composición básicamente consta de: base, aditivos, emulsificantes y agua.

La base se trata del aceite usado como fase dispersa de la emulsión y el agua se comporta como fase continua, es decir, es el medio en el cual el aceite está suspendido en forma de gotas.

### 3.2.1 Funciones de la emulsión de trefilado

- **Lubricar:** Reducir el rozamiento entre el hilo y la hilera, por lo que se disminuyen a su vez los desgastes.
- **Enfriamiento:** La emulsión tiene también como función disipar o ayudar a disminuir el calor generado por el trabajo de trefilado, debe tener capacidad de refrigeración.
- **Detergencia:** Debe contener un buen nivel de detergencia para que sea capaz de desplazar la viruta producida en las hileras, evitando fallas de proceso y también mantener el hilo trefilado limpio que no lleve material y así ayudar a mantener la máquina limpia.
- **Estabilidad:** se puede entender como una de las propiedades de una emulsión, pero debe garantizarse esta condición para evitar la formación de natas, separación de fases.

### 3.2.2 Factores de degradación de la emulsión.

Durante el trefilado, las emulsiones pueden llegar a degradarse debido a algunas condiciones que se mencionan a continuación.

- *Temperatura:* A altas temperaturas se puede deteriorar la emulsión a causa de la evaporación, lo que haría que la emulsión perdiera su estabilidad. “Está claro que temperaturas de baño muy elevadas, causan la vaporización de la emulsión en la interfase alambre / hilera. El vapor que se forma minimiza la lubricación, resultando en el rayado y rompimiento del alambre. Además, se tienen pérdidas por evaporación más grandes y aditamentos de agua más fuertes. Si se juntan los dos factores -agua dura y temperatura de baño elevada- se llega a valores altos de dureza en un tiempo considerablemente más corto” (Fudrini Olivencia & Gonzales Villagra, 2003).
- *Presencia de polvillo o viruta de cobre:* al momento de ocurrir el trefilado, es decir, en el paso del alambre por las hileras, se produce viruta o polvillo de cobre, la reacción resultante de esta presencia en la emulsión causa la formación de jabones de cobre, y como consecuencia, obstrucciones en las hileras de trefilado que desencadena problemas de proceso, perdidas de tiempo, retrasos, etc.
- *Composición del agua:* En un escenario ideal, el agua preferida para el trefilado es el agua de osmosis, ya que mediante este método inverso permite que el agua se separe del agua contaminada dejando solidos disueltos en un concentrado.
- *Acidez y alcalinidad:* Las emulsiones de trefilado deben ser en el mayor de los casos alcalinas, generalmente entre valores de 8 a 9 de pH, ya que dentro de estos valores el cobre trefilado no se ve afectado.

### **3.3 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El mantenimiento industrial implica el mantenimiento de los equipos, máquinas e instalaciones industriales. Esto incluye el mantenimiento de los sistemas de producción, sistemas de automatización, sistemas de transporte, sistemas de energía y sistemas de gestión. El objetivo del mantenimiento industrial es asegurar que los equipos e instalaciones funcionen correctamente, mejorar la productividad y minimizar el tiempo de inactividad. El mantenimiento industrial incluye la inspección, el diagnóstico, la limpieza, el reacondicionamiento, el reemplazo de componentes, el ajuste y el mantenimiento preventivo. Esto se lleva a cabo con herramientas, equipos, software y técnicas especializadas. Los ingenieros de mantenimiento industriales son responsables del mantenimiento de los equipos e instalaciones y de la implementación de medidas correctivas para mejorar la eficiencia y la productividad.

#### **3.3.1 Tipos de mantenimiento industrial.**

- **Mantenimiento preventivo:** se trata de llevar a cabo una serie de tareas de mantenimiento programadas con el fin de prevenir fallos o averías en los equipos o maquinaria.
- **Mantenimiento predictivo:** también conocido como mantenimiento basado en el tiempo, se trata de una estrategia de mantenimiento que utiliza el análisis de los datos de los equipos para predecir cuándo es necesario llevar a cabo una tarea de mantenimiento.
- **Mantenimiento correctivo:** se trata de las tareas de mantenimiento que se realizan para corregir un fallo en un equipo. Estas tareas suelen ser urgentes y no se programan con antelación.
- **Mantenimiento de calidad:** se trata de una estrategia de mantenimiento en la que se aplican estándares de calidad para asegurar que los sistemas de producción funcionan según lo esperado.

- Mantenimiento preventivo-predictivo: esta estrategia combina el mantenimiento preventivo con el predictivo para asegurar que los equipos funcionen correctamente y para prevenir fallos o averías.

### **3.4 SEGUIMIENTO A LA PRODUCCIÓN**

Se entiende como seguimiento a la producción el proceso de supervisión y control de los productos fabricados por una empresa, desde su inicio hasta la entrega final al cliente. Esto ayuda a identificar cualquier problema o disminución en la calidad de los productos o en el proceso de producción, así como a verificar la cantidad y los tiempos de entrega.

El seguimiento a la producción también ayuda a los gerentes de la empresa a planificar la producción de manera eficiente y asegurar que los productos se entreguen a tiempo y a la cantidad adecuada. Esto ayuda a reducir los costos de producción al evitar el desperdicio de materiales, tiempo y recursos.

Para un seguimiento eficaz de la producción, una empresa debe asegurarse de que todos los miembros del equipo de producción reciban la capacitación adecuada. Esto significa asegurarse de que los trabajadores estén familiarizados con los procesos de producción y con los equipos y herramientas que se utilizan. Los gerentes deben monitorear el proceso de producción para asegurarse de que se cumplan los estándares de calidad. Si se identifican problemas, los gerentes deben tomar medidas inmediatas para corregirlos.

Cuando hablamos de seguimiento a la producción, se puede decir que de manera más específica es:

- Análisis de datos de producción: Esta es una práctica común para evaluar el rendimiento de los procesos de producción. Esto implica el análisis

de los datos recopilados sobre la producción, tales como el tiempo de producción, los costos de producción, la calidad del producto y los retrasos.

- Seguimiento de la eficiencia de la producción: Esto implica el seguimiento de la eficiencia de los procesos de producción, tales como la cantidad de tiempo necesario para producir un producto determinado, el número de productos fabricados por hora, el número de productos defectuosos y el tiempo de inactividad.

- Monitoreo de los recursos: Esto implica el seguimiento de los recursos utilizados durante la producción, tales como el equipo, los materiales, la mano de obra y la energía. El seguimiento de los recursos es importante para mantener el control de los costos de producción.

- Seguimiento de la calidad del producto: Esto implica el seguimiento de la calidad del producto para asegurar que se cumplan los requisitos de calidad establecidos. Esto incluye la inspección de los productos para detectar fallas y la medición de los parámetros de calidad.

- Seguimiento de las tendencias de la demanda: Esto implica el seguimiento de las tendencias de la demanda para mantenerse al tanto de los cambios en la demanda de los productos. Esto ayuda a determinar la cantidad de producción necesaria para satisfacer la demanda y a mantener los niveles de inventario a un nivel apropiado.

### **3.5 LEAN MANUFACTURING**

El Lean Manufacturing es una filosofía de gestión enfocada en reducir los tiempos de entrega, los costes y los desperdicios. Esto se consigue a través de una mejora continua, minimizando los desperdicios de mano de obra, maquinaria, materiales, tiempo, etc. El objetivo de esta filosofía es maximizar el aprovechamiento de los recursos y mejorar la calidad del producto.

Se puede utilizar para mejorar la cadena de suministro y la productividad, mejorar los procesos de producción, reducir los costes de producción y mejorar la calidad del producto. También puede ayudar a optimizar los recursos, aumentar la flexibilidad y a reducir los tiempos de entrega. Esta filosofía se aplica a través de una variedad de herramientas, como el análisis de procesos, el análisis de valor, el análisis de la cadena de suministro, el control de inventario, el establecimiento de líneas de referencia y la gestión de los recursos.

### 3.5.1 Tipos de desperdicios según el Lean Manufacturing.

Existen 7 tipos de desperdicios mencionados a continuación:

- Sobreproducción: Hacer más de lo que el cliente ha solicitado
- Inventario: Más producto a la mano del que el cliente necesita
- Transportación: Mover el producto más de lo que es necesario
- Espera: Cualquier momento en el que el valor no puede ser agregado por causa del retraso.
  - Movimiento: Cualquier movimiento extra del operador cuando él o ella está realizando una secuencia de trabajo.
  - Sobre procesamiento: Hacer más cosas al producto de las que el cliente pidió
  - Corrección: Cualquier cosa no “hecha bien a la primera” que requiera retrabajo o inspección. Incluye scrap y asuntos de apariencia. (Correa, 2007).

### 3.5.2 Herramientas principales del Lean Manufacturing.

- Análisis de Valor: Esta herramienta ayuda a los equipos a crear un flujo de valor, identificando los pasos que agreguen al valor para el cliente y eliminando aquellos pasos que no lo agreguen.

- 5S: Esta herramienta ayuda a los equipos a ordenar y organizar mejor su entorno de trabajo para mejorar la eficiencia.
- Kaizen: Esta herramienta ayuda a los equipos a identificar y mejorar continuamente los procesos a través de pequeños cambios.
- Kanban: Esta herramienta ayuda a los equipos a mejorar la fluidez del proceso al limitar el número de ítems en una sección del proceso.
- Six Sigma: Esta herramienta ayuda a los equipos a reducir los errores en un proceso buscando la reducción de los defectos y la mejora continua.
- SMED: Esta herramienta ayuda a los equipos a reducir los tiempos de cambio en los procesos mediante la reducción de los tiempos de preparación y configuración.
- POKA-YOKE: Esta herramienta ayuda a los equipos a evitar errores mediante el uso de dispositivos que impiden la realización de operaciones incorrectas.

### **3.6 EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN (OEE)**

OEE es el acrónimo en inglés de Efectividad Operativa Total, una métrica que mide la eficiencia general de un proceso productivo. Está compuesta por tres factores principales: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Estos tres factores se combinan para determinar el porcentaje de eficiencia general del proceso y pueden ser usados para ajustar, optimizar y mejorar los procesos de producción.

El OEE se expresa en porcentaje y su valor siempre se encuentra entre el 0% y el 100%, representando el 100% la situación óptima de producción: sólo se fabrican piezas buenas, a la máxima velocidad y sin paradas. (ACMP, 2023).

En el cálculo del OEE se tienen en cuenta tres variables: calidad, velocidad y

disponibilidad.

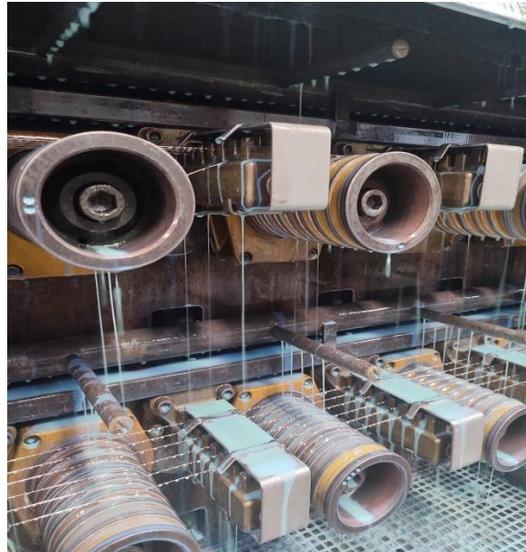
- Calidad: se obtiene a partir del cálculo de piezas buenas a la primera frente al total de piezas producidas.
- Velocidad: este parámetro indica lo fabricado (bueno y malo) durante el tiempo de operación, respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.
- Disponibilidad: resulta de dividir el tiempo de operación entre el tiempo planificado de producción. (ACMP, 2023).

## 4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

El objetivo principal de esta práctica es llevar a cabo un buen control de proceso, sobre un actor importante en el proceso de trefilado de cobre, como lo es, la emulsión.

La emulsión cumple la función de proveer una película que lubrique y evite fricción entre las hileras y el hilo de cobre a medida que este va reduciendo progresivamente su diámetro como muestra la figura 4.

Figura 4. Desbastadora de una trefiladora de 16 hilos.



Fuente: Autor.

En la imagen se puede observar la acción de la emulsión, hileras y el hilo pasando a través.

Este control sobre la emulsión debe ser llevada con el fin de disminuir las fallas de proceso a la hora de trefilar el cobre, también garantizar que el material producto cumpla especificaciones y sobre todo que en los siguientes procesos no vaya a generar problemas, aumentar el tiempo productivo de la máquina, disminución de costos o gastos al llevar un buen control sobre las emulsiones.

#### **4.1 INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE LAS EMULSIONES.**

Durante las primeras semanas de práctica, después de las capacitaciones, inducciones pertinentes recibidas por hacer parte de personal de nuevo ingreso en planta. Se empezó con el proyecto del control de las emulsiones.

Inicialmente se dispuso de un mes, para realizar la investigación pertinente para tener más conocimiento sobre lo que se iba a trabajar, dicha investigación consistió en:

- Reconocimiento en planta: Acompañamiento en planta a la producción, de las maquinas interesadas (Trefiladoras de Cobre), esto con el fin de entender el proceso, conocerlo en tiempo real y adquirir conocimiento del proceso, de las máquinas y de su principio de funcionamiento.
- Investigación teórica: Consulta en la web, investigación acerca de las emulsiones usadas en trefilado, tipos, uso, características, etc.

Como resultado de la investigación se pudo obtener y corroborar información importante a la hora de ejecutar el plan de mantenimiento a las emulsiones, con el fin de mantenerlo en óptimas condiciones y que mantenga sus propiedades, para su uso en las máquinas.

Ver el anexo 1. Especificaciones de uso del RA-400 CP uno de los aceites mas usado en planta Nexans Colombia para la trefilación de alambres.

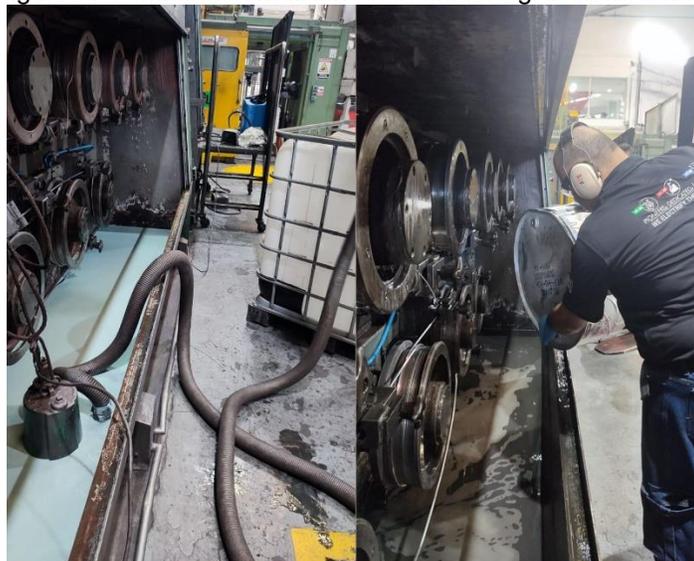
#### **EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS DEL ACOMPAÑAMIENTO E INVESTIGACIÓN REALIZADA.**

Figura 5. Trefiladora principal de cobre.



Fuente: Autor.

Figura 6. Cambio de emulsión en trefiladora gruesa de cobre.



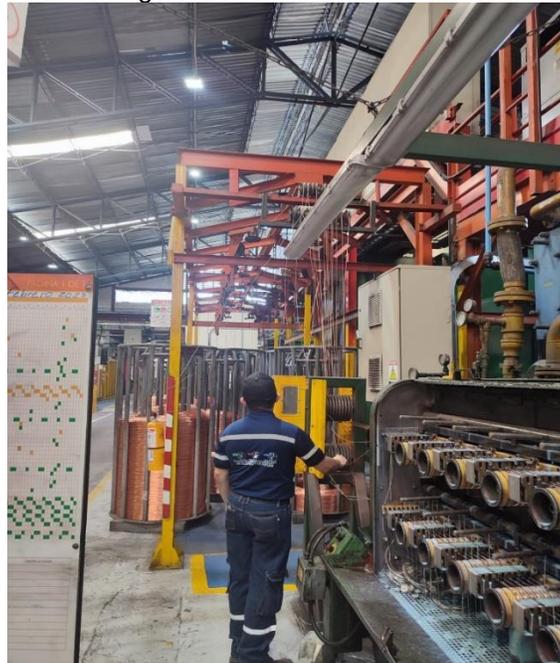
Fuente: Autor.

Figura 7. Producto terminado de la trefiladora gruesa y a su vez alimentación de trefiladora fina.



Fuente: Autor.

Figura 8. Trefiladora 16 hilos.



Fuente: Autor.

## 4.2 PRESENTACIÓN DEL PLAN A IMPLEMENTAR AL EQUIPO.

Una vez terminada la recolección de información y toda la investigación relacionada, se dio paso a realizar una presentación para el nuevo proyecto, para ello se plasmó la toda la información anteriormente recolectada en un Power Point y se citó una reunión donde oficialmente se socializó el plan a trabajar a todo el equipo de producción y también al equipo de lideres operativos del área de Trefilado.

Figura 9. Equipo de Producción Nexans Colombia.



Fuente: Autor.

Figura 10. Presentación realizada para la socialización del proyecto.

<p><b>Nexans</b> Mantenimiento: Lubricante para cobre</p>  <p>Se aplica en estas situaciones.</p> <p><small>Nexans Research Centre Latin</small></p>	<p><b>Nexans</b> Mantenimiento: Lubricante para cobre</p> <p><b>Medición valores y tolerancias :-</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Concentración <ul style="list-style-type: none"> <li>•Trefiladoras alambres gruesos 9 a 11%</li> <li>•Trefiladoras Intermedias 7 a 9%</li> <li>•Trefiladoras alambres finos 4 al 7%</li> </ul> </li> <li>•Temperatura 40°C + / - 3°C</li> <li>•valor de pH 8,5 a 9,5</li> <li>•Conductividad máxima 6000µS/cm</li> <li>•Bacterias Max 10<sup>3</sup> uorganismos/ml</li> </ul> <p>Los valores superiores son referencias y puede ser modificado con la experiencia y la recomendación del proveedor de lubricantes.</p> <p><small>Nexans Research Centre Latin</small></p>
<p><b>Nexans</b> Mantenimiento: Lubricante para cobre</p> <p><b>Concentración</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Medidas por Refractómetro.</li> <li>•Diferentes rangos disponibles. <ul style="list-style-type: none"> <li>•0 a 5%</li> <li>•0 a 10%</li> <li>•0 a 20%</li> </ul> </li> </ul> <p>•Utilice el mejor rango posible.</p>  <p><small>Nexans Research Centre Latin</small></p>	<p><b>Nexans</b> Mantenimiento: Lubricante para cobre</p> <p><b>pH - Valor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Medir con un pH-metro</li> </ul>  <p>Si el valor del pH está fuera de rango, pedir la asesoría del proveedor de lubricantes.</p> <p><small>Los medidores de pH costará aprox. € 120, y con frecuencia se puede utilizar para la conductividad y temperatura</small></p> <p><small>Nexans Research Centre Latin</small></p>

Fuente: Autor.

Estas imágenes son algunas de las diapositivas presentadas a todo el equipo, acerca del plan, donde también se puede observar el resultado de la investigación realizada.

Dicha investigación logró reunir información valiosa para el plan, los instrumentos necesarios para las mediciones, los rangos y valores óptimos a controlar, frecuencia de la toma de medidas y demás.

Figura 11. Socialización del plan al equipo operativo de trefilado.



Fuente: Autor.

### 4.3 ACOMPAÑAMIENTO EN LA CAPACITACIÓN Y COMUNICACIÓN DEL PLAN.

Una vez establecido como se va a trabajar este proyecto y de realizar todo el acompañamiento durante la capacitación del personal y la comunicación del plan, se definió los roles para la ejecución de la misma. Para ello se debe establecer en primera instancia, como se va a hacer la toma y control de los parámetros de la emulsión.

Para esto se decidió toma diaria de las variables de: Temperatura y concentración. Toma día de por medio de: PH y conductividad.

A su vez en este tiempo, se creó un formato para el registro de estas variables, que van a ser ubicadas en los tableros de seguimiento de cada una de las maquinas involucradas en este proyecto.

En este formato se tabula diariamente las medidas tomadas en planta, temperatura, Porcentaje graso, pH y conductividad en el día correspondiente del mes, dicho formato es único por maquina y debe ser remplazado mensualmente, el llenado de estos formatos debe ser realizado por parte del operador de turno de cada maquina junto con el apoyo del practicante según se requiera.

En esta tablita se pueden registrar los valores tomados día a día junto con el número de identificación del operador de turno que realiza las mediciones, también se encuentra un apartado del rango optimo de estas medidas, esto con el fin de que se vaya más allá de la medida y que sirva como punto de partida para la toma de decisiones en caso de presentar desviaciones en alguna de las medidas.

Figura 12. Formato ejemplo para el registro de datos diarios de la emulsión.

PLAN DE MANTENIMIENTO: LUBRICANTE PARA COBRE (TRE001)																																
Estanque N°1 Plan de mantenimiento: Lubricante para Co											TRE001 (Grueso)											Tipo lubricante : UNOPOL U 570 Y RA-400										
CREACION: Wilfer Espinel, Fecha: Septiembre 2022																																
Item	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Concentración																															
2	Temperatura																															
3	PH																															
4	Conductividad																															
5	Bacterias																															
OPERARIO																																

Item	Variables	Herramienta de Medición o método*	UNOPOL U 570 / RA 400	Frecuencia
1	Concentración	Refractómetro	9% / 11%	Diaria
2	Temperatura	Termómetro	35/40°	Diaria
3	PH	PH metro y cinta para medir PH	8,5/9,5	lun-mie-vie
4	Conductividad	Conductimetro	≥6000 µS/cm	lun-mie-vie
5	Bacterias	Cultivo (Tiempo= 5 días)	10 <sup>3</sup> µorganismos/ml	60 Días
6	Filtro *	MANUAL	✓	Turno 1
		MANUAL	✓	Turno 2
		MANUAL	✓	Turno 3

TABLA DE VALORES  
DE REFERENCIA.  
TRE001

Fuente: Autor.

Figura 13. Evidencia de la publicación del formato en los tableros de seguimiento de las máquinas.



Fuente: Autor.

#### **4.4 REALIZACIÓN DE PRUEBAS PILOTO PARA LA TOMA Y REGISTRO DE LOS PARAMETROS DE LA EMULSIÓN**

El siguiente paso en la ejecución del proyecto, después de tener todo el alistamiento, es ponerlo en marcha como tal. Para esto se realiza una capacitación de como tomar cada una de las variables (Concentración, Temperatura, PH y conductividad.)

Para esto se recibe capacitación por parte de los operadores lideres de cada máquina, de cómo y en qué momento tomar o medir estos parámetros, como tomar las muestras de cada máquina, respetando la operatividad de las máquinas y anteponiendo siempre la seguridad y prudencia a la hora de hacerlo.

- **TEMPERATURA:** Para la toma de temperatura, se recurre al termómetro infrarrojo apuntando directamente a la emulsión en la desbastadora.
- **CONCENTRACIÓN O PORCENTAJE GRASO:** En un vaso de precipitado se toma una muestra considerable de emulsión, siguiente a esto se vierten alrededor de 2 gotas al refractómetro para conocer la medida de esta.
- **PH Y CONDUCTIVIDAD:** En el mismo vaso de precipitado con muestra, se introduce 2 cm aproximadamente, el medidor de pH y conductividad y se registra la medida mostrada en la pantalla, para ello se debe configurar primero para PH registrar la medida, sacar el medidor, cambiar la unidad de medida y nuevamente introducirlo para registrar el valor de conductividad.

#### **EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS.**

Figura 14. Toma de muestra de emulsión.



Fuente: Autor.

Para las pruebas piloto, primero se brinda una capacitación por parte del área de procesos, para conocer como tomar las medidas y además de esto conocer los equipos usados para la medición de estas variables. A continuación, se hacen pruebas y ensayos con cada uno de los instrumentos.

Figura 15. Toma de temperatura en la desbastadora.



Fuente: Autor.

Figura 16. Toma de concentración o porcentaje graso.



Fuente: Autor.

Figura 17. Medición de pH Y conductividad.



Fuente: Autor.

Otra manera de realizar la medición de PH es a través de las cintas medidoras de PH, que, aunque es un método más tradicional también nos resulta efectivo.

Figura 18. Medición de pH con cintas medidoras.



Fuente: Autor.

Después de recibir la capacitación necesaria para la toma de estas medidas se realiza las pruebas pilotos durante 15 días del mes corriendo, donde se realizó la toma y registro de estas medidas y se fue alimentando inicialmente a una base de datos en Excel.

Figura 19. Toma de medidas por parte del practicante.



Fuente: Autor.

Una vez realizada la toma de medidas, de ser apto de ello, es decir, de contar con la capacitación previa para esto el siguiente paso es el registro de estos valores en el formato que se encuentra en cada máquina de esta manera:

Figura 20. Registro de las variables medidas en su respectivo formato.



Fuente: Autor.

#### 4.5 REGISTRO Y ALIMENTACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.

En esta etapa del desarrollo del trabajo, después de realizar pruebas piloto, capacitaciones, se pone en marcha el plan para ello se debe contar con un archivo donde se alimente toda la información recogida en planta.

Para ello inicialmente se creó una base de datos sencilla en la herramienta Microsoft Excel con el fin de ir guardando toda la información recopilada, que sirva como base para mostrar y graficar las tendencias que pueden presentar cada una de las variables en cada una de las máquinas.

El archivo recopila información sencilla pero necesaria para la representación gráfica del comportamiento de la emulsión y para poder llevar un buen seguimiento y control a la misma.

Figura 21. Base de datos de Excel del control sobre las emulsiones.

Fecha	Maquir	Operad	Variable medida	Valor obtenid	Emulsion	OBSERVACIONES
1/09/2022	TRE001	36	Concentración graso	12,1	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
1/09/2022	TRE001	36	Temperatura	31,5	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
1/09/2022	TRE001	36	PH	6,91	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
1/09/2022	TRE001	36	Conductividad	598	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
2/09/2022	TRE001	36	Concentración graso	12	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
2/09/2022	TRE001	36	Temperatura	30	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
2/09/2022	TRE001	36	PH	6,86	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
2/09/2022	TRE001	36	Conductividad	1574	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
1/09/2022	TRE007	64	Concentración graso	18,5	RA 400	Emulsion RA400
1/09/2022	TRE007	64	Temperatura	28,5	RA 400	Emulsion RA400
2/09/2022	TRE006	211	Concentración graso	8,6	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
2/09/2022	TRE006	211	Temperatura	31	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
2/09/2022	TRE006	211	PH	6,9	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
2/09/2022	TRE006	211	Conductividad	1180	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
3/09/2022	TRE001	36	Concentración graso	12	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
3/09/2022	TRE001	36	Temperatura	31	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
5/09/2022	TRE001	387	Concentración graso	12	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
5/09/2022	TRE001	387	Temperatura	31	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570
5/09/2022	TRE001	387	PH	7,02	UNOPOL U 570	Emulsion Unopol U 570

Fuente: Autor.

Se determinó que esta base de datos debe ser alimentada diariamente ya que debe mostrar resultados en tiempo real, es decir, mostrar información actualizada, teniendo en cuenta que la toma de estas medidas en planta también se hace de manera diaria.

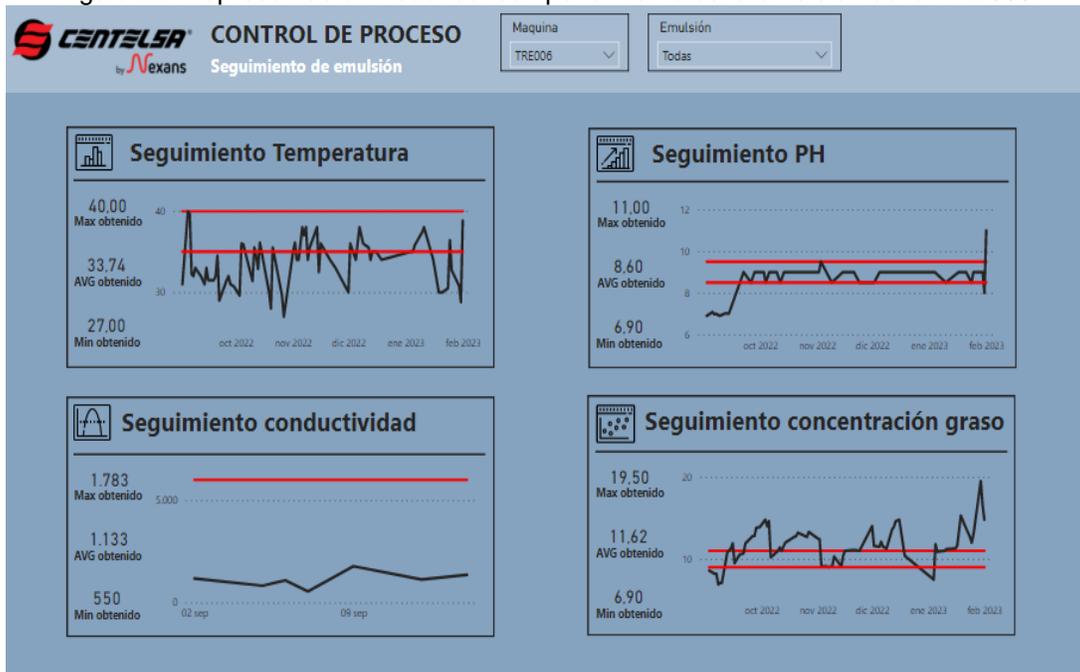
Esta base de datos de Excel después de alimentada se debe cargar en el grupo de TEAMS de Nexans del cual hacen parte todo el equipo de producción. Este libro de Excel alimenta el Power Bi, que muestra gráficamente los datos ingresados.

Power BI es un servicio de análisis de datos en la nube de Microsoft que permite a los usuarios conectar, visualizar y analizar sus datos con facilidad. Power BI ofrece

un conjunto de herramientas de análisis y visualización de datos para ayudar a los usuarios a transformar datos en información significativa. Esto permite a los usuarios obtener respuestas más rápidas y tomar decisiones más informadas. Acorde al concepto de este software, se encuentra que es la herramienta idónea para la toma de decisiones de acuerdo a lo observado.

A continuación, se presenta un detallado del comportamiento de la emulsión durante la ejecución del plan, para la maquina TRE006 de la planta Nexans Colombia.

Figura 22. Representación visual del comportamiento de la emulsión de la TRE006.



Fuente: Autor.

En la imagen anterior se puede observar 4 graficas para cada uno de los parámetros medidos para la emulsión en la TRE006, la trefiladora de alambres finos. En cada una de las graficas se encuentran dos líneas rojas que indican el rango de valores para el trabajo óptimo de la emulsión.

#### **4.6 PLAN DE ACCIÓN PARA EL CUIDADO DE LAS EMULSIONES**

Como punto final, se debe establecer un plan de acción con las medidas necesarias para la conservación de las emulsiones, asegurando la calidad en los productos y el correcto funcionamiento de esta.

Para tal fin se enumeran ciertas actividades a realizar que en los resultados se presentara de manera más detallada.

- Realizar una inspección visual continua de la emulsión de trefilado de cobre para detectar signos de desgaste, corrosión o daños.
- Limpiar regularmente los equipos de trefilado de cobre y las emulsiones utilizadas.
- Realizar un seguimiento de los parámetros de calidad de la emulsión para asegurar que se cumplan los requisitos establecidos.
- Realizar un mantenimiento programado para los equipos de trefilado de cobre para asegurar un funcionamiento óptimo.
- Realizar pruebas periódicas para garantizar que la emulsión cumple con las especificaciones establecidas.
- Reemplazar la emulsión de trefilado de cobre cuando sea necesario para evitar que los cables se dañen.
- Realizar una auditoría de seguridad para verificar que los equipos sean seguros para su uso.

- Capacitar a los trabajadores sobre el manejo seguro y correcto de la emulsión de trefilado de cobre.
- Utilizar equipos de seguridad adecuados para prevenir lesiones relacionadas con la emulsión.
- Realizar un seguimiento de los costos para asegurar que los gastos sean controlados.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 RANGOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS Y FRECUENCIA PARA LA TOMA DE MEDIDAS DE LA EMULSIÓN.

Una vez realizada toda la investigación necesaria para el conocimiento de las emulsiones y para conocer el proceso de trefilado en la planta de Nexans Colombia, se logra establecer un punto de partida de suma importancia a la hora de realizar el control de proceso sobre las emulsiones, ya que nos permite conocer como son sus condiciones de operación y como aumentar su vida útil y que cumplan con su función a cabalidad.

Los dos tipos de aceites usados para la preparación de las emulsiones son: El Bechem Unopol U 570 Y el RA-400 CP, con diferentes campos de aplicación y propiedades que se ajustan a las necesidades de uso en el área de trefilado de la planta Nexans Colombia.

Las tres máquinas estudio de este trabajo de grado son: la TRE001, que es la trefiladora principal por la que se trefila inicialmente el alambroón de cobre hasta diámetros de 2.0mm, la TRE007, trefiladora intermedia de hasta 7 hilos cuyo diámetro del alambre de alimentación es por lo general de 2.47 mm y por ultimo la TRE006, trefiladora multihilos (16 hilos) cuyo diámetro del alambre de alimentación es de por lo general 1.98 mm.

Son estas las maquinas de estudio debido a que son las tres maquinas que trabajan exclusivamente en el trefilado de cobre. Como resultado de la investigación se establecen los siguientes rangos para los parámetros a medir para cada una de las trefiladoras, junto con la frecuencia de medición y la herramienta o instrumento para realizar su respectiva medición.

### **TRE001**

La emulsión usada en la TRE001 esta hecha a partir de lubricante RA-400 CP y las características de uso para garantizar un funcionamiento optimo y evitar su prematura degradación son:

- Temperatura: 35°C a 40°C
- Porcentaje graso: 9% a 11%
- PH: 8.5 a 9.5
- Conductividad: de hasta 6000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 1. Rangos y frecuencias de medidas para la emulsión de la TRE001.

ÍTEM	VARIABLES	HERRAMIENTA DE MEDICIÓN	RANGO	FRECUENCIA
1	Porcentaje graso	Refractómetro	9 - 11 [%]	Diaria
2	Temperatura	Termómetro infrarrojo	35 - 40 [°C]	Diaria
3	PH	Ph-metro o cinta medidora	8.5- 9.5	Dia por medio
4	Conductividad	Conductímetro	$\leq 6000\mu\text{S}/\text{cm}$	Dia por medio

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre características de las emulsiones.

### **TRE006**

La emulsión con la que trabaja esta máquina trefiladora también al igual que la TRE001, se encuentra hecha a base de lubricante RA-400 CP cuyas características y especificaciones de trabajo como resultado de esta investigación, muy similares a la anterior con la diferencia solamente en la concentración de lubricante que se encuentra emulsionado.

- Temperatura: 35°C a 40°C
- Porcentaje graso: 7% a 10%
- PH: 8.5 a 9.5
- Conductividad: de hasta 6000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 2. Rangos y especificaciones para la emulsión de la TRE006.

ÍTEM	VARIABLES	HERRAMIENTA DE MEDICIÓN	RANGO	FRECUENCIA
1	Porcentaje graso	Refractómetro	7 – 10 [%]	Diaria
2	Temperatura	Termómetro infrarrojo	35 - 40 [°C]	Diaria
3	PH	Ph-metro o cinta medidora	8.5- 9.5	Dia por medio
4	Conductividad	Conductímetro	≤6000μS/cm	Dia por medio

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre características de las emulsiones.

### **TRE007**

La emulsión usada para la trefiladora multifilar, difiere en las demás debido a que esta está hecha a base de un lubricante llamado UNOPOL U 570, que es un “lubricante miscible en agua usado para trefilado de alambres de cobre blancos, estañados, plateados y niquelados en máquinas uni y multifilares hasta un diámetro mínimo de 0,15 mm” (BECHEM, s.f.).

- Temperatura: 35°C a 40°C
- Porcentaje graso: 7% a 9%
- PH: 8.5 a 9.5
- Conductividad: de hasta 6000 μS/cm

Tabla 3. Especificaciones de uso y frecuencia de toma de medidas para emulsión de la TRE007.

ÍTEM	VARIABLES	HERRAMIENTA DE MEDICIÓN	RANGO	FRECUENCIA
1	Porcentaje graso	Refractómetro	7 – 9 [%]	Diaria
2	Temperatura	Termómetro infrarrojo	35 - 40 [°C]	Diaria
3	PH	Ph-metro o cinta medidora	8.5- 9.5	Dia por medio
4	Conductividad	Conductímetro	≤6000μS/cm	Dia por medio

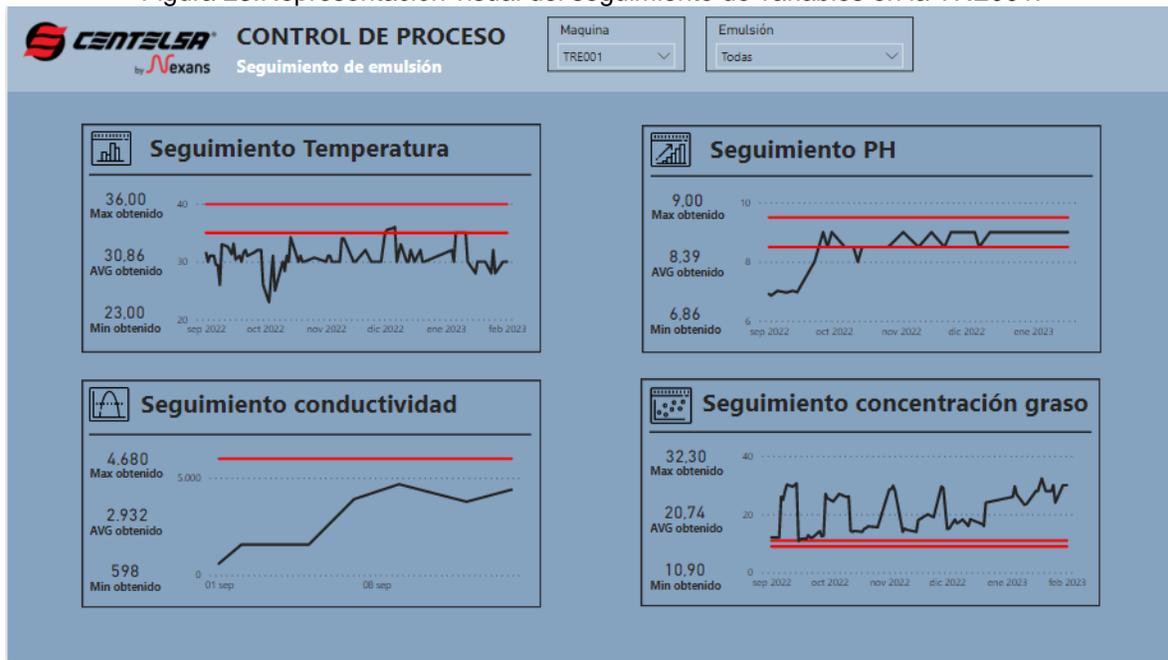
Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre especificaciones de uso de las emulsiones.

## 5.2 REPRESENTACION GRAFICA DEL SEGUIMIENTO DE LOS PARAMETROS A MEDIR

La representación de estos parámetros medidos diariamente tiene como objetivo el contar con un seguimiento en tiempo real de los mismos que sirve como ayuda visual para observar desviaciones y establecer algún plan de acción o actividad específica para solventar los posibles problemas que llegue a ocasionar.

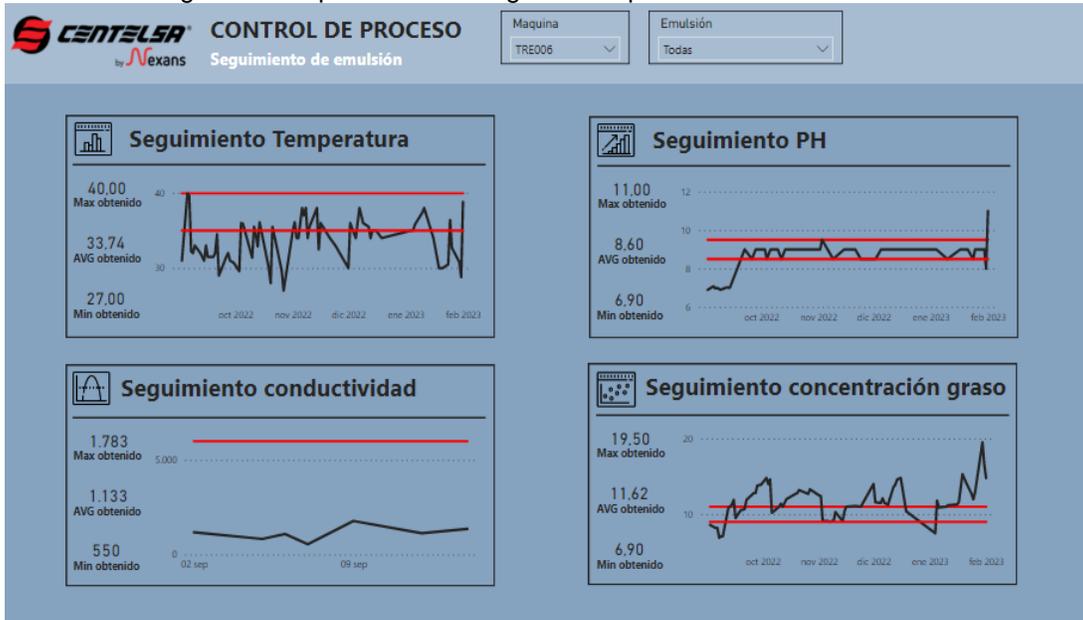
Otro fin de este seguimiento visual es el ir un paso delante de los problemas de proceso que puedan ocurrir debido a las desviaciones que se van presentando, para ello se prevé los problemas antes de ocurridos y así evitamos paradas de máquina, improductividad, etc.

Figura 23. Representación visual del seguimiento de variables en la TRE001.



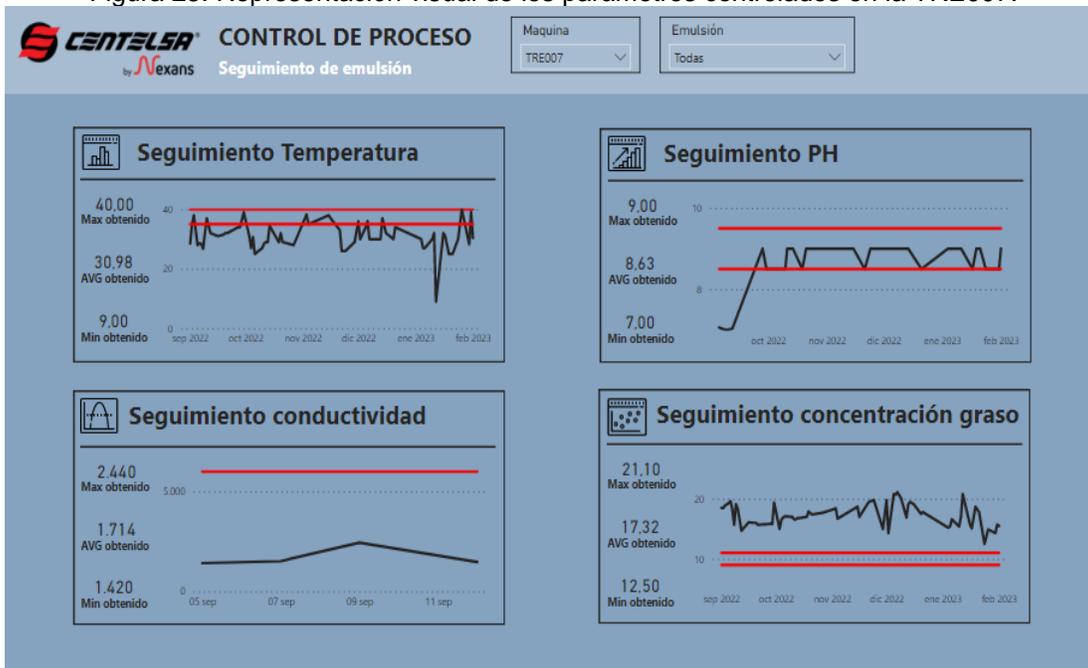
Fuente: Autor.

Figura 24. Representación seguimiento parámetros de la TRE006.



Fuente: Autor.

Figura 25. Representación visual de los parámetros controlados en la TRE007.



Fuente: Autor.

### **5.3 PLAN DE ACCIÓN PARA EL CUIDADO Y CONSERVACIÓN DE LAS EMULSIONES.**

A continuación, se detalla de una manera más digerible el plan de acción propuesto en el desarrollo de este trabajo, en el que destaca la importancia del trabajo en equipo, del aporte de cada una de las dependencias y líneas operativas dentro de Nexans Colombia.

Se propone tener en cuenta este plan de acción como un trabajo en conjunto con el fin de aumentar la productividad y disminuir los tiempos improductivos dentro de la planta, teniendo en cuenta que el trefilado es el punto de partida de la línea operativa por lo que se requiere que se cumplan los objetivos propuestos con la mas alta calidad primando siempre la seguridad como eje fundamental.

En la tabla que se presenta se enumeran una serie de acciones necesarias para la armonía y la buena ejecución del plan, además, también se incluyen responsabilidades para estas acciones, así como su frecuencia en la aplicación de estas acciones con el fin de mejorar el proceso.

Tabla 4. Plan de acción en cuanto al control de las emulsiones.

<b>Ítem</b>	<b>Acción</b>	<b>responsable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>observaciones</b>
1	Realizar una inspección visual continua de la emulsión de trefilado de cobre para detectar signos de desgaste, corrosión o daños.	Operador de máquina de turno	Turno a turno	Se debe realizar de manera diaria durante cada turno operativo que cuente la maquina.
2	Limpiar regularmente los equipos de trefilado de cobre y las emulsiones utilizadas.	Operador de máquina de turno	Dos veces por semana	se debe realizar en el momento de paradas programadas, cambios de orden, cambios de alimentación, etc.
3	Realizar un seguimiento de los parámetros de calidad de la emulsión para asegurar que se cumplan los requisitos establecidos.	Lider Operacional/ Practicante de Producción	Diario	Realizar de manera diaria en horas de la mañana, la medicion de las variables a controlar.
4	Realizar un mantenimiento programado para los equipos de trefilado de cobre para asegurar un funcionamiento optimo.	Equipo de Mantenimiento	Dos veces por mes	Incluirse dentro de los dias de mantenimiento preventivo, la destinación de tiempo para revisar emulsiones y equipos involucrados.
5	Realizar pruebas periódicas para garanticen que la emulsión cumple con las especificaciones establecidas.	Lider de Procesos/ Lider operacional	Dos veces por mes	Realizarse mientras las maquinas se encuentren sin trabajo programado con el fin de desarrollar estas pruebas de desarrollo.
6	Reemplazar la emulsión de trefilado de cobre cuando sea necesario para evitar que los cables se dañen.	Operador/Equipo de mantenimiento	NA	Unica y exclusivamente cuando la emulsion se encuentre degradada y no haya posibilidad de trabajar sobre ella.
7	Realizar una auditoría de seguridad para verificar que los equipos sean seguros para su uso.	Equipo de SST	Semanal	NA
8	Capacitar a los trabajadores sobre el manejo seguro y correcto de la emulsión de trefilado de cobre.	Equipo de SST/ Area de Procesos	NA	NA
9	Utilizar equipos de seguridad adecuados para prevenir lesiones relacionadas con la emulsión.	Equipo de SST	Siempre	Actualmente así se maneja, auditar y verificar constantemente su uso adecuado.
10	Realizar un seguimiento de los costos para asegurar que los gastos sean controlados.	Coord de Producción/Ejecución	Trimestral o semestral	Una comparación o analisis con los datos del area de suministros de la cantidad de aceite usado, desde el antes y el despues de la implementación del plan.

Nota: Tabla realizada por el autor como resultado del análisis de todas las actividades necesarias para la ejecución del plan.

## 6 CONCLUSIONES

La emulsión es una mezcla de dos o más líquidos no miscibles entre sí, como el aceite y el agua. Cuando los líquidos se mezclan, se forman minúsculas gotas, o emulsiones. Estas emulsiones se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde productos para el cabello hasta productos para la limpieza.

La emulsión es una parte importante de muchos procesos, desde la fabricación a la producción, pero si no se controla adecuadamente, puede ocasionar problemas de calidad, contaminación y disminución de la productividad.

El control adecuado de la emulsión mejora la calidad del producto, reduce los riesgos de contaminación y mejora la productividad. Esto se logra mediante el control de la temperatura, la presión, el pH, la cantidad de emulsificante y otros parámetros. Esto permite que los líquidos se mezclen adecuadamente, reduciendo al mínimo la cantidad de material no deseado en el producto. Además, el control de la emulsión permite una mejor distribución de los componentes en el producto, lo que resulta en una mayor uniformidad y calidad.

El control y seguimiento de la emulsión también aumenta la productividad de la planta, ya que reduce los tiempos de procesamiento y mejora el rendimiento de los equipos. Esto se logra minimizando los tiempos de parada y manteniendo los equipos en óptimo funcionamiento. En suma, el control adecuado de la emulsión es una parte fundamental de los procesos industriales, y puede ayudar a mejorar la calidad del producto, reducir los riesgos de contaminación y aumentar la productividad.

Se logra la articulación de todas las áreas de la planta involucradas en la ejecución del plan lo que significó un trabajo en conjunto que generó buenos

resultados y aportes de cada una de estas áreas, haciendo que se abarque todas las posibles oportunidades de mejora e implementación de acciones en pro de la mejora del proceso de trefilado en la planta Nexans Colombia.

Los parámetros de la emulsión que hicieron parte de este plan fueron llevados a unos estándares, es decir, cada una de estas variables ya se encuentran definidas y se sabe con certeza el rango en el que deben permanecer estas variables para asegurar una fabricación óptima, de calidad, y con menos interrupciones o problemas de proceso en el trefilado de cobre.

El porcentaje graso, es el parámetro de la emulsión que mas varia durante el trefilado de cobre debido a la evaporación causada por las altas temperaturas, lo que causa que la emulsión constantemente disminuya su nivel, y hace que la concentración de aceite de la emulsión disminuya considerablemente.

De acuerdo con el plan realizado se pudo comprobar que concentraciones grasas mas elevadas a la recomendada por el proveedor no afecta la efectividad en el sistema, por lo tanto, es mas importante cuidar los valores mínimos para evitar problemas de proceso. Adicional se recomienda no mantener concentraciones tan superiores al estándar por el tema de ahorro de costos de lubricantes.

La variable mas desfasada durante toda la ejecución del plan fue la Temperatura, lo cual no repercute tanto ya que diferentes referencias de cables o alambres a fabricar dentro de sus parámetros de operación requieren diferentes temperaturas de trabajo lo que hacia que no se llevara uniformidad en los valores registrados, importante fue no superar los 40 °C ya que así podemos evitar la degradación de la emulsión.

El porcentaje graso en la TRE001 se encuentra bastante superior a los rangos recomendados ya que esta máquina al ser la principal de la planta, durante el mes suele realizar cambios de emulsión ya que esta maquina trabaja por momentos solo cobre y en momentos alterna entre cobre y aluminio por lo que se cuenta con dos emulsiones, una para el cobre exclusivamente y otra para el Cobre y el Aluminio, la última mencionada su concentración debe estar cercana al 30% mientras que la emulsión de solo cobre puede rondar en el 10% en promedio.

## 7 RECOMENDACIONES

Un punto importante que actualmente no se tiene en cuenta en gran medida es el uso del agua para la adición sobre las emulsiones, en un escenario ideal el agua ideal para la preparación de las emulsiones debe ser de osmosis inversa, aunque por costos es un agua mas costosa que la potable (del grifo) vale la pena realizar un estudio donde se valide el aumento en la conservación de la emulsión al usar el agua recomendada.

La importancia de la revisión constante del sistema de filtración de las trefiladoras disminuye significativamente la presencia de viruta de cobre y por consiguiente los taponamientos en las hileras, por lo cual se recomienda una supervisión mas rigurosa ya que es una causa común encontrada en el ejercicio diario en planta.

La implementación y control de nuevas variables para un control más especializado sobre las emulsiones, un control sobre las bacterias en la emulsión y especialmente un control sobre el agua usada.

Adecuación de la infraestructura de los pozos de trefilado dentro de la planta con el fin de añadir un filtro de agua para purificar el agua usada en las emulsiones y así desmineralizar el agua y llevarla a valores aceptables y recomendados por parte del proveedor.

Contar con un banco de materias optativas por parte de la institución, que permitan la apropiación de conocimiento mas profunda relacionado con la parte de ejecución en la producción en empresas de manufactura.

Seguir fortaleciendo como se viene haciendo el conocimiento en asignaturas relacionadas con herramientas del Lean Manufacturing, ya que es lo que mas se ve aplicado hoy día en las empresas.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACMP. (17 de Enero de 2023). *Descubre qué es el OEE y por qué es importante medirlo y analizarlo*. Obtenido de <https://acmplean.com/>:  
<https://acmplean.com/que-es-el-oeo-y-por-que-es-importante-medirlo-y-analizarlo/>
- BECHEM. (s.f.). *BECHEM Unopol U 570*. Obtenido de <https://www.bechem.de/>:  
[https://www.bechem.de/de\\_es/productos/lubricantes-de-formacion/bechem-unopol-u-570.html](https://www.bechem.de/de_es/productos/lubricantes-de-formacion/bechem-unopol-u-570.html)
- Centelsa by Nexans. (s.f.). *Centelsa by Nexans en Colombia*. Obtenido de <https://www.nexans.co/es/company/Nexans-in-Colombia.html>:  
<https://www.nexans.co/es/company/Nexans-in-Colombia.html>
- Correa, F. G. (Enero de 2007). *MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING). PRINCIPALES HERRAMIENTAS*. Obtenido de <http://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/>:  
<http://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/raites/article/view/77/0>
- Duff, S. (26 de Septiembre de 2017). *Q8 OILS*. Obtenido de <https://www.q8oils.com/>:  
<https://www.q8oils.com/es/metallurgia/trefilado-de-hilo-de-cobre-como-se-mide-la-productividad-parte-2/>
- Etecé, E. (15 de Julio de 2021). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/>:  
<https://concepto.de/emulsion-quimica/>
- Fudrini Olivencia, A. L., & Gonzales Villagra, S. (2003). *Investigación del comportamiento fisico-quimico de la emulsion en el proceso de trefilado del alambre de cobre*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Jiménez Pérez, E. L. (2013). *SOPORTE TÉCNICO A LAS ACTIVIDADES REQUERIDAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE DOBLE EXTRUSIÓN N°4 EN NEXANS COLOMBIA S.A.* Bucaramanga: UPB.

- Leon Quilli, W. A. (2011). *Evaluación y mejoramiento de un sistema de producción de alambre de cobre por trefilación*.
- Nexans. (2022). *Centelsa by Nexans en Colombia*. Obtenido de <https://www.nexans.co/>: <https://www.nexans.co/es/company/Nexans-in-Colombia.html>
- Nexans. (s.f.). *Conoce el grupo Nexans*. Obtenido de <https://www.nexans.co/>: <https://www.nexans.co/es/company.html>
- Ramírez Díaz, M. (2019). *Seguimiento a la gestión ambiental de la empresa Nexans Colombia S.A*. Bucaramanga: UPB.
- Ruiz Corzo, D. A. (2019). *Implementación de herramientas de estandarización en procesos de fabricación de la empresa Nexans Colombia S.A*. Bucaramanga: UPB.
- TECALSA. (s.f.). *Lineas de trefilado*. Obtenido de <https://www.tecalsa.eu/>: <https://www.tecalsa.eu/es/productos/lineas-de-trefilado/>
- Unidades Tecnológicas de Santander . (2019). *Tecnología en Producción Industrial* . Obtenido de <https://www.uts.edu.co/sitio/tecnologia-en-produccion-industrial/#1562800410438-cda321e4-6baf>
- Urrego, A. (6 de Abril de 2022). Nexans completó y oficializó la adquisición del fabricante de cables premium, Centelsa. *LA REPUBLICA*, pág. 1.

## 9 ANEXOS

### Anexo A. Especificaciones del lubricante RA-400 CPD

<b>PRODUCT DATA</b>	 INC	<a href="http://www.RichardsApex.com">www.RichardsApex.com</a> Phone: 215-487-1100
<b><u>RA-400 COMPOUND</u></b>		
<p><b>RichardsApex RA-400 CPD</b> is a water-miscible copper wire drawing lubricant recommended for drawing a universal range of sizes from rod to intermediate to fine wire. <b>RA-400</b> can be used to draw bare, tinned, and silver plated copper wire in single and multiwire machines down to 38ga (0.1mm). It is also suitable for use as a quenching fluid.</p>		
<b><u>BENEFITS:</u></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Excellent lubricity</b></li> <li>• <b>Superior stability</b></li> <li>• <b>Ability to draw rod to fine wire with a single lubricant</b></li> <li>• <b>Effective cleanliness and detergency of your system</b></li> <li>• <b>Readily mixes in varied water qualities and hardness</b></li> </ul>		
<b><u>RECOMMENDED USES:</u></b>		
<b><u>Copper and Copper Alloy Wire</u></b>	<b><u>Concentration (Babcock)</u></b>	
Rod and Heavy Wire	5-10%	
Intermediate Size	4 - 7%	
Fine Size	2 - 4%	
Continuous Annealing	0.5 - 1%	
<b><u>TYPICAL SPECIFICATIONS:</u></b>		
Specific Gravity	0.93 kg/l	
pH of a 3% solution	8.8	
Operating Temperature	35° to 45°C	

The information presented herein is based on our own research and the experience of others and is believed to be accurate. However, there are no warranties of quality whether written, oral or implied, including any warranty of merchantability or fitness for purpose. 09-18-13

Anexo B. Formato seguimiento a las emulsiones.

PLAN DE MANTENIMIENTO: LUBRICANTE PARA COBRE (TRE001)																																	
ESTANQUE N°1 Plan de mantenimiento: Lubricante para Co																TREN N°1 Plan de mantenimiento: Lubricante para Co																	
CREACION: Wilfer Espinel. Fecha: Septiembre 2022																Tipo lubricante : UNOPOL U 570 Y RA-400																	
Variables																TRE001 (Grueso)																	
Item	Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	Concentración																																
2	Temperatura																																
3	PH																																
4	Conductividad																																
5	Bacterias																																
OPERARIO																																	

Ítem	Variables	Herramienta de Medición o método*	UNOPOL U 570 / RA 400	Frecuencia
1	Concentración	Refractómetro	9% / 11%	Diaria
2	Temperatura	Termómetro	35/40°	Diaria
3	PH	PH metro y cinta para medir PH	8,5/9,5	lun-mie-vie
4	Conductividad	Conductímetro	≥6000 µS/cm	lun-mie-vie
5	Bacterias	Cultivo (Tiempo= 5 días)	10 <sup>3</sup> µorganismos/ml	60 Días
6	Filtro *	MANUAL	✓	Turno 1
		MANUAL	✓	Turno 2
		MANUAL	✓	Turno 3

**TABLA DE VALORES DE REFERENCIA. TRE001**