



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

CARGILL DE HONDURAS S.A. – PLANTA PRONORSA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

FREDY DANILO BONILLA MÁRQUEZ 21611149

ASESOR: ING. ALBERTO CARRASCO

CAMPUS: SAN PEDRO SULA;

ENERO, 2021

DEDICATORIA

*Para mi abuelo José Luis Márquez que en paz descansa,
a quien le prometí que lo lograría.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Departamento de Mantenimiento de Pronorsa por darme la oportunidad de laborar con ellos durante este periodo. Especialmente a Mauricio, Manuel e Hilda, por hacer de mi práctica una experiencia amena y compartir su amplio conocimiento conmigo.

EPÍGRAFE

"Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres."

Colosenses 3:23

RESUMEN EJECUTIVO

La alta demanda de carne de pollo en el mercado latinoamericano requiere que compañías referentes como *Cargill Protein Latin America* cumplan con producciones masivas de buena calidad. Estas exigencias han obligado a la implementación de maquinarias y equipos automatizados para la cadena de procesamiento de carne. Empresas internacionales como Meyn y Marel proveen de la maquinaria necesaria en una planta de procesamiento de alta demanda. Las ventajas ligadas a la implementación de estas tecnologías implican reducción de tiempos, producciones continuas, diversidad de productos en paralelo, y alta calidad de los productos finales. Sin embargo, ligado a la existencia de este tipo de equipos en una planta, existe la necesidad de un departamento de mantenimiento capaz de solucionar cualquier falla que pueda surgir. Adicionalmente, a solucionar fallas, existe un trasfondo más importante, que es el de evitar las fallas. Esto requiere de un programa de mantenimiento proactivo que involucre tareas preventivas y predictivas que, al ser llevadas a cabo por el equipo técnico, alarguen la vida útil de los equipos y mantengan al mínimo los paros de producción no programados por fallas espontaneas.

El principal objetivo de la práctica profesional fue aplicar los conocimientos de mecatrónica para brindar apoyo al departamento de mantenimiento de Pronorsa en la creación y actualización de planes de mantenimiento proactivo, así como en la supervisión de labores técnicas durante los trabajos de mantenimiento. Para el mejor desenvolvimiento de las labores a realizar, fue necesario tener conocimiento del funcionamiento de los equipos en planta, algo que se adquiere al leer la literatura de los proveedores y estando presente observando los equipos durante producción y durante el mantenimiento.

Palabras clave: *Mantenimiento, mantenimiento proactivo, planificación, procesamiento.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

I	Introducción	2
II	Generalidades de la Empresa	3
2.1	Descripción de la Empresa: Cargill.....	3
2.1.1	Pollo Norteño.....	3
2.2	Descripción del Departamento o Unidad.....	4
2.3	Objetivos de Puesto.....	4
2.3.1	Objetivo General.....	5
2.3.2	Objetivos específicos.....	5
III	Marco Teórico	6
3.1	Producción Avícola.....	6
3.1.1	Estadísticas de Producción.....	6
3.1.2	Cadena de Carne	6
3.1.3	Subproductos.....	7
3.2	Automatización.....	8
3.2.1	Automatización en la Cadena de Carne de Aves.....	8
3.2.2	Instrumentación	11
3.2.2.1	Sensores Capacitivos	11
3.2.2.2	Encoders.....	12
3.2.2.3	Sensores Ultrasónicos	12
3.2.2.4	Sensor Fotoeléctrico	13
3.2.2.5	Celdas de Carga.....	14
3.3	Mantenimiento Industrial	15
3.3.1	Mantenimiento Correctivo	16

3.3.2	Mantenimiento Preventivo	16
3.3.3	Mantenimiento Predictivo.....	17
3.3.3.1	Análisis de Vibraciones	18
3.3.3.2	Análisis de Aceite	19
3.3.3.3	Imágenes Térmicas.....	20
3.3.4	Plan de Mantenimiento.....	21
3.3.5	Análisis del Modo y Efecto de Fallas	21
3.3.6	SAP ERP	22
IV	Desarrollo	23
4.1	Desarrollo de Actividades Semanales.....	23
4.1.1	Semana 1	23
4.1.2	Semana 2	23
4.1.3	Semana 3	25
4.1.4	Semana 4	26
4.1.5	Semana 5	26
4.1.6	Semana 6	28
4.1.7	Semana 7	28
4.1.8	Semana 8	29
4.2	Cronograma de Actividades	30
V	Conclusiones	31
VI	Recomendaciones	32
VIII	Bibliografía	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Logo de Cargill	3
Ilustración 2. Logo de Pollo Norteño	4
Ilustración 3. Deshuesadora de Pechugas Meyn.....	10
Ilustración 4. Separadora de corazones y pulmones Marel	11
Ilustración 5. Encoder Rockwell	12
Ilustración 6. Sensor fotoeléctrico de barrera Autonics	14
Ilustración 7. Comparación de tipos de mantenimiento.....	18
Ilustración 8. Ejemplo de termografía Fluke	20
Ilustración 9. Grasa de grado alimenticio	24
Ilustración 10. Encoder de un motor de planta	25
Ilustración 11. Análisis de vibraciones mecánicas en compresor	27
Ilustración 12. Cronograma de Actividades	30

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

MCV: Mantenimiento Correctivo

MPV: Mantenimiento Preventivo

MPD: Mantenimiento Predictivo

PM: Plan de Mantenimiento

AMEF: Análisis del modo y efecto de fallas

I INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se presentará el desarrollo de la práctica profesional en la compañía Cargill de Honduras S.A., específicamente en la planta Pronorsa, ubicada en Villanueva, Cortés. Dicha planta se dedica al procesamiento de aves de corral para su posterior distribución por toda Honduras.

Cargill, es una compañía transnacional, que cuenta con plantas de procesamiento de productos alimenticios, altamente equipadas y automatizadas, donde la eficiencia debe siempre ser muy alta. Es por esta razón, que existen departamentos y personal encargados de mantener el proceso trabajando de manera ininterrumpida y veloz. Una de las áreas especialistas en esto, es la de confiabilidad, que integra gestiones y estrategias operativas, logísticas, de mantenimiento, y muchas otras con el fin de evitar fallas, desperdicios y tiempos muertos para incrementar la productividad de una planta.

La ingeniería mecatrónica tiene mucho que aportar al área de confiabilidad industrial, por su multidisciplinariedad y conocimientos en diversas tecnologías que permiten abordar cualquier tipo de proceso para su análisis y búsqueda de alternativas que optimicen las operaciones.

Las actividades por realizar en el área de confiabilidad y mantenimiento se enfocarán principalmente en crear y actualizar planes de mantenimiento y análisis de fallas de máquinas que se encuentran dentro de la línea de producción de la planta. Esto con el fin de brindarle al apoyo técnico, una pauta clara de las actividades de inspección, lubricación y descarte que deben realizar dentro del tiempo adecuado para el funcionamiento óptimo de la maquinaria.

En este informe, se inicia dando a conocer las generalidades de la empresa y del área de trabajo, seguidamente se expondrán los conceptos teóricos y el desarrollo detallado de las actividades. Por último, se establecerán conclusiones y recomendaciones finales a la práctica profesional.

II GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se describirá la empresa donde se realizará la práctica profesional, brindando información general tanto de la empresa como del área asignada. Seguidamente se establecerá la función del practicante.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA: CARGILL

Cargill es una corporación alimentaria global de propiedad privada estadounidense con sede en Minnetonka, Minnesota fundada en 1865. Las principales áreas de mercado de Cargill se encuentran en la compra, procesamiento y distribución de granos, cereales, aceites, ganado, aves de corral y muchos otros.



Ilustración 1. Logo de Cargill

Fuente: (Cargill Central América, 2020)

Cargill está presente en todo el mundo, siendo una de las compañías alimenticias más grandes, ofreciendo productos y servicios alimentarios, agrícolas, financieros e industriales. Cuenta con 155,000 empleados en más de 70 países y está presente en todos los continentes.

Regionalmente, Cargill tiene su división "Cargill Centro América", con presencia en Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Colombia y Honduras. Dentro de nuestro país, el nombre recibido es Cargill de Honduras S.A., que comprende distintas plantas de procesamientos y distribución y una extensa lista de marcas como ser: Pollo Norteño, Delicia, Pollo Rico, San Miguel, Mike's, Castillo del Roble, Premier, Beannie's, Alcon, Dogui, Gati y Pet Master. Todas estas son marcas de productos alimenticios, como ser aves de corral, embutidos, alimentación animal, quesos, y muchos otros productos.

2.1.1 POLLO NORTEÑO

Los productos de Pollo Norteño, una marca de gran reconocimiento en Honduras desde 1975, ofrecen una variedad de presentaciones: pollos enteros o trozados congelados o frescos, alitas y hamburguesas de pollo, además de productos de valor agregado, como medallones y

bocaditos empanizados. La marca se caracteriza por ofrecer productos frescos, de calidad y de preferencia de los hondureños.



Ilustración 2. Logo de Pollo Norteño

Fuente: (Cargill Central América, 2020)

La planta procesadora de productos Pollo Norteño (Pronorsa), de Cargill de Honduras S.A. se ubica en Villanueva, Cortes. Esta planta cuenta con línea de producción ininterrumpida y con maquinaria de calidad y con un gran nivel de automatización que permite cumplir con altos estándares de calidad a una gran velocidad de procesamiento, siendo capaz de procesar 13,500 pollos por hora.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

El departamento de mantenimiento de Pronorsa se cerciora del funcionamiento óptimo y continuo de la línea de producción de la planta. Esto incluye, pero no se limita a brindar mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo a todas las máquinas y equipos necesarios para el funcionamiento íntegro de la línea de procesos.

Dentro del departamento de mantenimiento existen varias áreas que cumplen una función específica, ya sean el apoyo técnico, supervisión, planeación, etc. El área asignada es la de confiabilidad, que integra gestiones y estrategias operativas, logísticas, de mantenimiento, y muchas otras con el fin de evitar fallas, desperdicios y tiempos muertos para incrementar la productividad de la planta.

2.3 OBJETIVOS DE PUESTO

El cargo desempeñado en la planta Pronorsa de Cargill de Honduras S.A., es la de supervisor de mantenimiento auxiliar para el área de procesos.

2.3.1 OBJETICO GENERAL

Establecer planes de mantenimiento de maquinarias presentes en la línea de producción para un control y gestión adecuada de los procesos.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Crear planes de mantenimiento de maquinarias nuevas en la planta, basándose en los manuales del proveedor y experiencias técnicas.
2. Actualizar planes de mantenimiento de maquinarias existentes en la planta, analizando las tareas establecidas previamente, para readecuarlas a la realidad de la máquina.
3. Supervisión de labores técnicas durante trabajos de mantenimiento.

III MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordarán los conceptos necesarios para un mejor entendimiento de las labores realizadas durante la práctica profesional, en la planta de procesamiento de Pollo Norteño.

3.1 PRODUCCIÓN AVÍCOLA

Se denomina avicultura al conjunto de procedimientos y técnicas para el desarrollo de crías de aves de corral con un fin comercial, donde lo más común es que la avicultura esté orientada a la producción de carne y a la obtención de huevos. Entendiendo que las carnes de ave son un producto básico en la alimentación humana, la avicultura es una actividad necesaria y lucrativa, especialmente cuando se realiza a gran escala.

3.1.1 ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN

Según la base de datos estadística institucional de la FAO (2020), que es la organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas, durante el 2019 se produjeron más de 133,615 mil toneladas de carne de aves de corral, que representan el 37% de la carne total producida en el mundo. Dentro de estas estadísticas encontramos que Estados Unidos es el mayor productor, con un 18% de la producción. Mientras que en Centroamérica y el Caribe alrededor se producen 5,215 mil toneladas que apenas representa el 3.9%. Otro dato interesante encontrado, es el hecho de que el consumo de carne de aves ha incrementado 4% anualmente durante los últimos diez años.

Específicamente en Honduras, según datos recopilados por El País (2019) y Diario La Tribuna (2018), se han producido entre 160 y 180 mil toneladas de pollo anualmente, en los últimos cinco años, sin contar el declive en 2020 debido a la pandemia. Un sector industrial que representa hasta el 16% de la económica nacional.

3.1.2 CADENA DE CARNE

La cadena avícola de carne va en tres grandes etapas, primero la producción que consiste en el incubación y crecimiento de las aves, seguidamente la postcosecha y proceso que consiste en el procesamiento de las aves vivas hasta tener el producto final que se entrega a los consumidores y por último la etapa de comercialización.

La producción avícola es una actividad en constante desarrollo y crecimiento, por lo que las actividades involucradas en sus tres etapas están evolucionando constantemente para obtener mejores productos, a un menor precio y de manera más rápida. Es por esta razón que, para sacar el mayor provecho posible, es necesario hacer uso de métodos de producción en masa y maquinarias que ayuden a mejorar la rapidez y calidad del producto final.

En la primera etapa de la cadena, producción, es común hoy en día que la industria avicultora acudan a métodos de reproducción, incubación y engorde rápido, esto con el fin de acelerar el ciclo de producción. De manera general el pollo tarda entre siete y ocho semanas en estar listo para su procesamiento. Este corto tiempo permite que las granjas avicultoras repitan el ciclo al menos siete veces al año (Wahyono & Utami, 2018). Sin embargo, es más común que las granjas tengan ciclos escalonados, donde cada semana hay un ciclo de crecimiento que llega al límite de las ocho semanas y está listo para ser procesado. Esto permite que la cadena se mantenga siempre trabajando y en constante producción para satisfacer las necesidades del mercado.

En la etapa de postcosecha y proceso es donde existe la mejor oportunidad para hacer uso de técnicas y tecnologías que permitan un proceso rápido y eficiente. Lo más común para una compañía productora de carne de alta demanda es contar con una gran cantidad de granjas de producción, pero con pocas plantas de procesamiento. Es por esta razón que la etapa de proceso está siempre obligada a cumplir con metas y retos. Para que la cadena de corte no atraviese un cuello de botella, las plantas de procesamiento deben operar de manera constante, ya que toda la materia prima proveniente de gran cantidad de granjas llega a uno o pocos lugares.

3.1.3 SUBPRODUCTOS

No es un secreto que las empresas de todo el mundo buscan aumentar sus ganancias de todas las maneras posibles, y uno de los medios para esto es reducir los desechos al mínimo. En el procesamiento de aves, existen muchas maneras de aplicar este principio.

El producto final principal de las cadenas de carne de pollo son las piezas de pollo o pollos enteros que encontramos en los supermercados. Sin embargo, existen varios subproductos que surgen durante el procesamiento que encuentran otros usos. Los más obvios son

productos como menudos o patas de pollo que también se encuentran a la venta en supermercados.

Por otro lado, tenemos las plumas, intestinos, pellejos, grasa y otros que en un principio se consideraban desperdicios, sin embargo, hoy en día se han encontrado otros usos para estos. Uno de los primeros usos que se les dio a estos desperdicios fue la creación de fertilizantes. Actualmente es común que las plantas de procesamiento de aves tengan un sector apartado para la creación de "harina" a base de estos desperdicios. Esta harina es luego implementada en procesos de creación de comida para animales y ganado. Este subproducto es un éxito en el principio de crear una materia prima para otro proceso en base a lo que antes eran desperdicios. (Shamsuddoha *et al.*, 2015)

3.2 AUTOMATIZACIÓN

A lo largo de la historia, la industria en general ha ido evolucionando, de acuerdo con las tecnologías existente en el momento. Hacer uso de la tecnología para crear procesos eficientes se volvió una necesidad durante el siglo XX, ya que la demanda de productos fue en aumento, pero la producción de estos era un proceso lento y manual. Fue entonces cuando el término automatización surgió.

La automatización consiste en el uso de tecnologías para llevar a cabo trabajos realizados previamente por humanos, desde aplicaciones básicas como inventarios por códigos de barra hasta procesos de producción completos. El objetivo es hacer que a través de máquinas se puedan realizar tareas monótonas, donde el humano puede ser ineficiente, y permitir que este se concentre en tareas más complejas, creativas y emocionales. La automatización se aplica en distintos campos de trabajo, ya sean agrícolas, procesamiento de alimentos, procesos logísticos, etc. (Wang & Siau, 2019).

La aplicación de medidas tecnológicas a la industria ha permitido producciones en masas que antes no eran posibles, y la mejor parte es que lo hace de manera ininterrumpida, con menos accidentes y a un menor costo a largo plazo.

3.2.1 AUTOMATIZACIÓN EN LA CADENA DE CARNE DE AVES

La automatización de la industria de procesamiento de carne enfrenta un sinnúmero de retos. El mayor problema se debe a la variación de la materia prima, siendo cada animal distinto al otro,

algo que complica mucho el proceso cuando se están procesando 200 aves por minuto. Una tarea tan simple como el recibo de aves es complicado, ya que no se puede esperar que los pollos se sienten en la banda transportadora. Por lo que las variaciones en la posición, peso y constante movimiento de los animales vivos, dificulta el proceso de querer automatizar estas tareas. Siendo la industria del procesamiento de carnes una de las más difíciles de automatizar por la rapidez que se demanda y por la materia con que se trabaja. (McMurray, 2013)

Otro factor para tomar en cuenta en la limpieza que se necesita. Todo equipo que esté presente en una planta de procesamiento de carne debe ser capaz de resistir las condiciones húmedas y de lavado a presión, ya que eso indican las normas de higiene. Por lo que la presencia de componentes eléctricos debe ser manejada con mucha precaución.

En el procesamiento de carnes, se deben cumplir una gran cantidad de estándares de que garanticen la calidad del producto, y a la vez se debe lograr una producción rápida que cumpla la demanda del mercado. Esto nos lleva a la utilización de equipo y maquinaria que cumpla ambos requisitos, siendo maquinaria de un costo muy alto.

Específicamente en el procesamiento de aves de corral, se requiere de una gran cantidad de equipos que cumplan las tareas de:

- Sacrificio
- Desplume
- Eviscerado
- Enfriamiento
- Pesaje
- Corte y deshuese
- Inyectado
- Congelado
- Empaque
- Y otras funciones intermedias

Todas estas tareas se logran con equipos especiales que permiten un procesamiento rápido y de calidad. De manera que un pollo vivo que ingresa a la línea, en menos de cuatro horas debe estar congelado y empacado.

Existen una gran cantidad de empresas dedicadas a diseñar y proveer maquinaria especializada a las plantas de procesamiento de carne, una de las más importantes en el rubro es la compañía neerlandesa *Meyn Food Processing Technology*. Esta empresa cuenta con equipos de todo tipo para ser implementados en líneas de corte automático de pollo, como ser módulos de corte, cadenas de producto, deshuesadoras, sistemas de visión, entre muchos otros. Todos estos equipos han sido sometidos a diversas pruebas de calidad y funcionamiento, siendo certificados de varias maneras. (LR - Animal Nutrition *et al.*, 2017)

En la ilustración 3, se puede ver uno de los equipos más importantes de Meyn, que es la deshuesadora de pechugas. Esta máquina permite realizar un corte y deshuese de pechugas de alta calidad, a un ritmo de trabajo muy alto.



Ilustración 3. Deshuesadora de Pechugas Meyn

Fuente: (MEYN, 2020)

Otro proveedor muy importante de maquinaria para cadenas de carne es la compañía islandesa Marel, que desarrolla, fabrica, vende y distribuye equipos, software y servicios para las industrias avícola, pesquera y cárnica. Dentro del sector avícola cuenta con equipos de sacrificio, evisceración, clasificación, marinado, entre muchos otros. Esta compañía provee maquinaria a diversas plantas de procesamiento en todo el mundo, al contar con una amplia gama de equipos certificados. (Buhr *et al.*, 2014) En la ilustración 4 se puede ver un equipo de Marel conocido como el separador de corazón y pulmones.



Ilustración 4. Separadora de corazones y pulmones Marel

Fuente: (Marel, 2020)

3.2.2 INSTRUMENTACIÓN

El hecho de que las maquinarias sean altamente automatizadas en un proceso de producción de alta demanda va ligado a la existencia de una gran cantidad y variedad de sensores e instrumentos intrínsecos en los equipos. Sin embargo, aunque estos vienen integrados en la maquinaria cuando se instala en la planta, no están exentos a daños, por lo que frecuentemente estos necesitan un reemplazo y es necesario que el equipo de mantenimiento conozca estos componentes.

3.2.2.1 *Sensores Capacitivos*

Son una gama de sensores que reaccionan ante metales y no metales que se aproximan a la superficie activa del sensor. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica. Muchos tipos de sensores se basan en este principio, podemos encontrar sensores para detectar y medir proximidad, presión, posición y desplazamiento, fuerza, humedad, nivel de fluido y aceleración. (Moermond, 2017)

La sensibilidad o el nivel de umbral del oscilador de estos sensores puede ajustarse dependiendo de la aplicación que se la vaya a dar a este. El ajuste de sensibilidad se puede

hacer ajustando un potenciómetro, usando un botón de aprendizaje integral o de forma remota usando un cable de aprendizaje. Si el sensor no tiene un método de ajuste, entonces el sensor debe moverse físicamente para detectar el objetivo correctamente. El aumento de la sensibilidad provoca una mayor distancia de operación al objetivo.

3.2.2.2 Encoders

Un encoder o codificador rotatorio, es un dispositivo sensor que proporciona retroalimentación. Funciona como un transductor que convierte la posición angular de un eje a un código digital o señal eléctrica que puede ser leída por algún tipo de dispositivo de control en un sistema de control de movimiento, como un contador o un PLC. La señal de retroalimentación enviada se puede usar para determinar la posición, el recuento, la velocidad o la dirección. El dispositivo de control puede usar esta información para enviar un comando para una función en particular. (Lee *et al.*, 2020)

Los codificadores tienen su mayor aplicación controlando electrónicamente la posición de un eje giratorio. Es común que maquinarias que cuenten con plataformas oscilantes, tambores giratorios o similares, cuenten con un encoder que retroalimente la información de posición y velocidad al controlador. En la ilustración 5 vemos un encoder del tipo absoluto de la marca Rockwell, que se acopla al eje de un motor.



Ilustración 5. Encoder Rockwell

Fuente: (Rockwell Automation, 2020)

3.2.2.3 Sensores Ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. Estos cuentan con un emisor y un receptor en la misma base. Por lo que se emiten ondas ultrasónicas

y luego se reciben las mismas ondas después de que estas rebotan en un objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objetivo haciendo uso de la medida de tiempo entre la emisión y la recepción. La ecuación 1 describe como se realiza el cálculo de la distancia en un sensor ultrasónico.

$$L = \frac{1}{2} * T * V$$

Donde: L=Distancia

T= Tiempo entre emisión y recepción de onda

V= Velocidad del Sonido

Ecuación 1. Cálculo de distancias con sensor ultrasónico

Fuente: (Zhud *et al.*, 2018)

El uso de estos sensores es altamente recomendado por su confiabilidad y versatilidad sobresaliente. Estos poseen la capacidad de hacer mediciones con una precisión milimétrica en las tareas más complejas que involucran la detección de objetos o la medición de nivel. Estos sensores son extremadamente robustos, por lo que pueden trabajar bajo condiciones difíciles sin problemas, aun bajo circunstancias de mucha suciedad, ya que la superficie del sensor se limpia por vibración. Los sensores ultrasónicos han demostrado su fiabilidad y resistencia en prácticamente todos los sectores industriales. (Pepperl+Fuchs, 2020)

3.2.2.4 Sensor Fotoeléctrico

Un sensor fotoeléctrico se basa en la emisión y recepción de luz (visible o infrarroja) para la detección de objetos. El principio del sensor fotoeléctrico es reflejar los cambios de los objetos medidos mediante una señal luminosa y luego convertir la señal luminosa en señales eléctricas mediante componentes optoelectrónicos. (Chunjiao, 2013)

Al necesitar de un emisor y un receptor, la composición física de los sensores fotoeléctricos puede variar. Existen tres tipos posibles: de barrera, retro reflectivos y difusos.

De Barrera: Se utilizan dos dispositivos separados para crear una barrera de luz. Una parte aloja el emisor de luz mientras que el otro aloja el receptor. Un sensor de haz de luz detecta objetos cuando un objeto interrumpe el haz de luz entre las dos partes. Cabe mencionar que este tipo permite detectar objetos pequeños en un rango de distancias amplio, pero la

alineación entre estos dos elementos debe ser precisa. En la ilustración 6 se puede observar un sensor fotoeléctrico del tipo barrera de luz de la marca autonics.

- Retro reflectivos: Para este tipo tanto la fuente de luz como el dispositivo receptor se encuentran en la misma carcasa. El sensor funciona en conjunto con un reflector. La luz emitida por el sensor se dirige al reflector, que luego se envía de vuelta al elemento receptor de luz. El sensor detecta la presencia de un objeto cuando se interrumpe la trayectoria de la luz. Estos son comúnmente usados para distancias medias y objetos que se mueven a alta velocidad.
- Difusos: En estos, la fuente de luz y el receptor están alojados en el mismo dispositivo. Los sensores difusos detectan objetos cuando el haz de luz, emitido hacia el objetivo, es reflejado de regreso al sensor por el objetivo. Lo que hace que los sensores difusos sean compactos y muy utilizados para distancias cortas.



Ilustración 6. Sensor fotoeléctrico de barrera Autonics

Fuente: (Autonics, 2020)

3.2.2.5 Celdas de Carga

Una celda de carga es un transductor que nos permite obtener una señal eléctrica proporcional a la fuerza que se aplica sobre ellos. Estas reciben magnitudes de fuerza como tensión, compresión, presión o par y las convierten en señales eléctricas que se puede medir, registrar, amplificar y estandarizar. A medida que se aumenta o reduce la fuerza aplicada a la celda de carga, la señal eléctrica cambia proporcionalmente. (Ho *et al.*, 2018)

Las celdas de carga tienen una amplia gama de usos, y no solo son útiles, sino que son necesarias en las líneas de producción relacionadas con productos alimenticios. Integrar básculas en las líneas de producción es una práctica muy común, que permite llevar un control a base de peso de cada uno de los productos para su posterior separación o clasificación.

3.3 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial comprende una serie de protocolos, estrategias y acciones llevadas a cabo por un equipo de trabajo, con el fin de garantizar el funcionamiento de maquinaria y equipos presentes en un proceso industrial. Se busca detectar fallas o futuras fallas para evitar tiempos muertos de producción.

Contar políticas de mantenimientos eficaces es transcendental para cualquier empresa que cuente con procesos industriales, ya que esto puede definir en gran medida los costos operativos de dicho proceso. Gackowiec, (2019) afirma:

Las políticas de mantenimiento adecuadas son un aspecto crucial y estratégico de la gestión en las organizaciones, que tiene como resultado la reducción de averías, la minimización de costes y la mejora de la productividad. Elegir una estrategia adecuada es un desafío considerable para la empresa. (p.137)

Las compañías más importantes de la industria hondureña, a pesar de sus limitantes, cumplen con políticas de mantenimiento actuales que buscan asegurar la calidad de sus productos, además de minimizar sus costes por producción.

Las técnicas de mantenimiento han ido cambiando a lo largo de la historia, adaptándose a la demanda de las industrias y a la vez siendo un reflejo de la tecnología existente. Las prácticas de mantenimiento no eran las mismas hace 70 años, habiéndose creado múltiples técnicas desde ese entonces como ser TMP y RCM.

Con la evolución de la industria, pasamos de realizar mantenimiento únicamente cuando un objeto cuando se rompía a prevenir que se rompiera, siendo hoy en días las técnicas más eficientes y orientadas a la prevención a bajo costo, haciendo uso de tecnologías auxiliares (García *et al.*, 2019). En la actualidad, de manera general se aplican tres tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo.

Es necesario mencionar que existen una gran cantidad de enfoques y estrategias de mantenimiento que se pueden ejecutar, sin embargo, hay un estándar o ciertos procesos que todas las empresas siguen, simplemente porque dan resultados. Algunas organizaciones utilizan una combinación de diferentes estrategias de mantenimiento con el fin de tener la mayor eficiencia posible.

3.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo fue el primer tipo de mantenimiento empleado, dado que es intrínseco a la reparación de las fallas que pueden ocurrir en cualquier componente. Consiste en un grupo de labores realizadas para identificar y rectificar fallas ocurridas en un equipo o máquina, con el fin de permitir que dicho equipo vuelva a operar en dentro del proceso. Durante un mantenimiento correctivo, las instalaciones o equipos en cuestión dejan de operar hasta que se resuelve el problema. (Stenström *et al.*, 2016)

Este tipo de mantenimiento lleva al máximo los componentes de la maquinaria, dado que se realiza únicamente cuando es necesario debido a fallas. Sin embargo, el hecho de que fallas capaces de detener un proceso puedan ocurrir en momentos aleatorios, puede ser perjudicial para dicho proceso, y los costes operativos de una planta. Por lo cual, lo ideal es que el mantenimiento correctivo realizado por una planta sea mínimo, o se limite a labores dictadas por prevención o predicción.

3.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo surge en la década de 1950, como una alternativa al mantenimiento correctivo. En su principal definición el MPV implica tareas de mantenimiento predeterminadas que se derivan de las funcionalidades de la máquina o del equipo y la vida útil de los componentes. En consecuencia, se planifican tareas para cambiar componentes antes de que fallen y se programan durante paradas de la máquina. (Basri *et al.*, 2017)

El MPV mostraba una gran diferencia con respecto al MCV, en el uso de estadísticas, historiales y tecnologías de planeación. Todas estas herramientas formaron una nueva manera de mantenimiento que se convirtió en un estándar en los siguientes años.

Una de las decisiones críticas para un ingeniero de mantenimiento es determinar qué elementos serán sujetos a un proceso de mantenimiento preventivo, así como crear un

cronograma o la cantidad de unidades de uso adecuadas para realizar las acciones de mantenimiento. (Manzini, 2010)

Las tareas básicas de mantenimiento preventivo se basan en inspecciones y lubricaciones diarias, semanales y mensuales que los técnicos de planta deben realizar para garantizar el funcionamiento óptimo de las mismas. Así mismo, descartes de piezas de manera periódica.

Y es que, si bien es cierto, el mantenimiento preventivo aumentaba la eficiencia del proceso, traía consigo una gran desventaja, el aumento de los costes de mantenimiento. Al remplazar piezas o equipos antes de que se dañen, esto significa una mayor rotación de los repuestos en el stock o en bodega. Es por esta razón que fue necesario, crear un nuevo método de mantenimiento.

3.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento preventivo y predictivo son dos enfoques de mantenimiento proactivo y tienen objetivos similares, pero el MPV se realiza cuando una máquina se detiene, mientras que el MPD se realiza mientras una máquina continúa en funcionamiento.

He *et al.* (2017) nos explican que el MPD se basa en hacer uso de información que indica deterioro y puede resultar en fallas. El MPD no solo tiene como objetivo la prevención de fallas, sino también una operación eficiente, por lo que mejora la seguridad, la calidad del producto, la confiabilidad, la disponibilidad y la reducción del costo de energía. El MPD hace uso de los primeros signos de fallas para ejecutar acciones de precaución en consecuencia, sabiendo que el 99% de las fallas de la máquina están precedidas por indicadores cuantificables.

En esencia, el MPD hace uso de indicadores para poder realizar los trabajos de mantenimiento necesarios en el momento adecuado, no antes cuando la pieza aún tiene horas de vida útil, y no muy tarde cuando ya fallo y provoca un paro de emergencia. En la ilustración 7 podemos ver la comparación de los tres métodos de mantenimiento que hemos analizado, en función de los costes que estos implican.

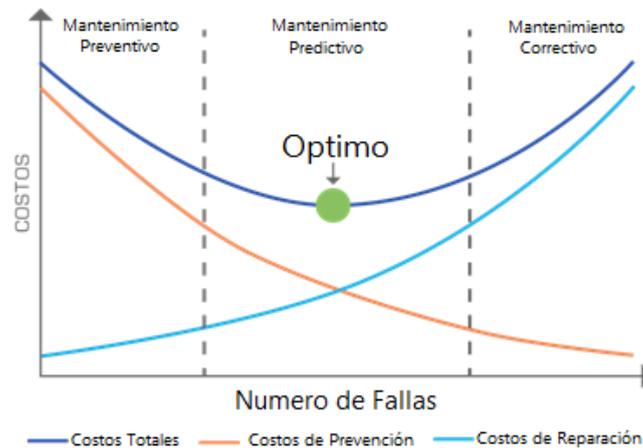


Ilustración 7. Comparación de tipos de mantenimiento

Fuente: (IVC Technologies, 2017)

La falla de los equipos de una planta puede ser costosa y potencialmente catastrófica, lo que resulta en un tiempo de inactividad no planificado, horarios perdidos de los clientes, costosos reemplazos / reparaciones de máquinas, así como problemas de seguridad y ambientales. Al iniciar una estrategia de mantenimiento predictivo, se minimizan las fallas imprevistas y esto puede generar un ROI impresionante (Grussing *et al.*, 2006). Al final del día lo que se busca al implementar este tipo de mantenimiento es ahorro monetario, y eso lo logramos dando mantenimiento cuando es necesario y oportuno.

El MPD es un gran avance al MPV y comúnmente involucra sistemas de monitoreo de condición. Algunas de las técnicas más aplicadas en la industria actual son análisis de vibraciones, análisis de aceite, imágenes térmicas, análisis acústico, entre otras. (Selcuk, 2017)

3.3.3.1 Análisis de Vibraciones

El análisis de vibraciones es una técnica que permite evaluar el estado de equipos y así evitar fallas. El personal de mantenimiento puede minimizar el tiempo de inactividad no planificado programando las reparaciones necesarias durante las paradas de mantenimiento normales. Lo que se quiere detectar con análisis de vibraciones es la desalineación de ejes, un rodamiento defectuoso, piezas dobladas o sueltas. (Chen *et al.*, 2017)

En el pasado, el análisis de vibraciones requería marcar un instrumento en todo el espectro para identificar las frecuencias en las que la vibración era prominente. Luego, el operador comparaba las frecuencias pico con la velocidad de operación y consultaba una tabla para las posibles causas. Una ventaja de ese método fue que el operador desarrolló gradualmente un

sentido de cómo vibra el equipo y por qué ciertos problemas ocurren a los mismos múltiplos de la velocidad de rotación.

La última generación de analizadores de vibraciones tiene más capacidades y funciones automatizadas que sus predecesores. Muchas unidades muestran el espectro de vibración completo de tres ejes simultáneamente, proporcionando una instantánea de lo que está sucediendo con una máquina en particular. Pero a pesar de tales capacidades, ni siquiera el equipo más sofisticado predice con éxito el desarrollo de problemas a menos que el operador comprenda y aplique los conceptos básicos del análisis de vibraciones.

3.3.3.2 *Análisis de Aceite*

Esta técnica consiste en el análisis de las propiedades, la composición y los contaminantes de un lubricante. Es una actividad de rutina que se utiliza para determinar la salud del aceite y la maquinaria en la que se utiliza. El análisis de aceite es una de las formas más sencillas de controlar la contaminación de forma proactiva. El análisis de aceite puede detectar el deterioro de la condición del aceite determinando la pérdida de aditivos o la detección de contaminación. (Zheng *et al.*, 2018)

Cuando se implementa de manera efectiva, un programa de análisis de aceite reduce la incertidumbre, el riesgo y el trabajo reactivo para un departamento de mantenimiento. Se utiliza como herramienta de mantenimiento predictivo ya que el aceite proporciona una valiosa fuente de información para la detección temprana de fallas en las máquinas.

La gran importancia de realizar un análisis de aceite radica en que este proporciona una película protectora entre las superficies de los componentes móviles en el sistema, para reducir la fricción y evitar que los componentes acoplados se agarroten. Si el aceite no se encuentra en buen estado, el desgaste de las partes móviles es inminente. Además de que el aceite también cumple la función de enfriar los componentes, prevenir la corrosión de las superficies metálicas y mantener el sistema libre de depósitos contaminantes. (Keartland & Van Zyl, 2020).

La realización de análisis de aceite representa un coste importante para un departamento de mantenimiento, sin embargo, cuando hablamos de aceites de alta calidad para trabajos de alta exigencia, no es posible tomar decisiones de cambiar aceite a la ligera, ya que ese coste es sumamente mayor a lo que representa el coste del análisis.

3.3.3.3 Imágenes Térmicas

Una de las mejores técnicas de MPD es la termografía infrarroja, que supervisa el estado de las máquinas, los sistemas y las estructuras para garantizar que funcionen de forma eficiente. La termografía infrarroja (IR) no se limita solo a los equipos eléctricos y puede tener un gran impacto en prácticamente cualquier equipo giratorio, como motores eléctricos, cajas de engranajes y centrifugadoras.

La termografía infrarroja es un proceso en el que se mide la energía térmica de un objeto mediante el uso de cámaras infrarrojas y otros dispositivos. Así como su uso en la fabricación no se limita a equipos eléctricos, la termografía de infrarrojos no solo se aplica a equipos que producen calor. Debido a que mide energía y no temperatura, la termografía infrarroja también detecta energía en objetos fríos. (D'Annibale *et al.*, 2015)

La termografía expone con precisión si la maquinaria está operando dentro de un rango de temperatura normal, lo que evita costosas reparaciones y tiempo de inactividad cuando se usa como método de mantenimiento predictivo. En la ilustración 8, FLUKE (2020), una compañía de instrumentación industrial, nos muestra cómo se realiza la toma de una imagen térmica con uno de sus productos especiales.



Ilustración 8. Ejemplo de termografía Fluke

Fuente: (Fluke, 2020)

3.3.4 PLAN DE MANTENIMIENTO

Planificar eventos de mantenimiento es un proceso complejo que implica varias tareas y recursos interrelacionados. El objetivo principal de los planes de mantenimiento es desarrollar un procedimiento detallado basado en el tiempo para realizar todas las actividades de mantenimiento necesarias y oportunistas durante el período de parada. La planificación adecuada reduce el riesgo de sobrecostos en el tiempo y el presupuesto. También se obtiene una mejora de la calidad de los resultados y la seguridad operativa. (Al-Turki et al., 2019)

Es necesario mencionar que, si bien un plan de mantenimiento cubre la gran mayoría de actividades de mantenimiento que una máquina necesita, siempre existen actividades no planificadas, que son necesarias. Estas actividades ocurren debido a fallas, señales de desgaste prematuro, entre otras. Así que por muy bien elaborado que este un plan de mantenimiento, siempre existirán factores que difícilmente se podrán tomar en consideración al momento de realizarlo.

Normalmente los planes de mantenimiento implican tareas de inspección y lubricación diarias, semanales y mensuales. Así como tareas de descarte o cambio de partes de recurrencia de varios meses o incluso años.

3.3.5 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS

Cuando se tienen procesos que implican máquinas complejas de diversas partes y componentes es común contar con un análisis del modo y efecto de fallas para cada una de estas. Meekhof & Bailey (2017) nos explican:

AMEF es una herramienta de gestión de riesgos preventiva que se utiliza para anticipar e identificar fallas de proceso o diseño y sus causas, y para identificar formas de resolver problemas relacionados con esas fallas. Los resultados de AMEF se pueden utilizar para priorizar los esfuerzos, para mejorar los procesos y reducir las fallas y los riesgos asociados. AMEF trata de identificar causas y efectos atribuibles a diversas condiciones. A través de AMEF, los usuarios pueden anticipar y prevenir problemas, reducir costos, acortar el desarrollo de productos o los tiempos de producción y lograr productos y procesos seguros y confiables. En pocas palabras, AMEF responde a preguntas como: ¿qué puede salir mal? ¿Qué posibilidades hay de que ocurra un error? y si ocurre un error, ¿cuáles son las consecuencias de ese error? (p.2).

Realizar un AMEF es un trabajo amplio, que implica un conocimiento extenso de la maquinaria, así como de sus partes y funcionalidad. Cuando se trabaja en una planta grande con un gran número de máquinas, realizar una biblioteca de AMEF es un trabajo que requerirá de muchos recursos de tiempo y personal, sin embargo, ayudará a una mejor gestión de dicha maquinaria, y reducirá costos a largo plazo.

3.3.6 SAP ERP

El software ERP (*Enterprise Resource Planning*) de la compañía SAP es una herramienta ampliamente utilizada por las organizaciones en distintos departamentos, y el departamento de mantenimiento no es la excepción. Este programa consta de varios módulos, que incluyen contabilidad financiera, contabilidad de activos, ventas y distribución, gestión de materiales, planificación de la producción, gestión de la calidad, sistema de proyectos, mantenimiento de planta, recursos humanos, gestión de almacenes y muchos otros.

Los sistemas ERP se centran en los procesos internos de la empresa, las operaciones que se realizan dentro de una organización, por lo que integran procesos de negocio funcionales y multifuncionales. La funcionalidad principal de los sistemas ERP conduce a datos integrados y centralizados, así como al soporte de procesos comerciales. (Cocca *et al.*, 2018)

El uso de este software puede ser de gran ayuda para el área de mantenimiento de una empresa, ya que organiza el uso de recursos y equipos, y nos puede brindar indicadores de desempeño de las labores que se van realizando. Sin embargo, para que un sistema este actualizado y sea integro con el proceso que se realiza en la planta, requiere de un esfuerzo por parte de todos los involucrados, desde los técnicos que realizan las tareas de mantenimiento hasta los encargados en la gestión de recursos.

IV DESARROLLO

En este capítulo se describe el desarrollo de las actividades realizadas durante la práctica profesional, resumiendo las tareas más importantes de cada semana.

4.1 DESARROLLO DE ACTIVIDADES SEMANALES

4.1.1 SEMANA 1

Durante el primer día de práctica, el departamento de recursos humanos proveyó una extensa colección de reglamentos que el practicante debía leer y firmar según las políticas de la empresa. Así mismo se recibió una charla concerniente a la seguridad industrial, impartida por el departamento de ergonomía.

En los días siguientes se conoció el área de trabajos, jefe inmediato y compañeros del área. Se recibió una inducción y recorrido sobre la línea de producción de la planta. También se comentaron algunas de las labores principales que se espera que el practicante realice durante las siguientes semanas, principalmente ligadas a la realización y actualización de planes de mantenimiento.

Fueron explicaron los principios de funcionamiento de la planta. La producción inicia todos los días alrededor de las diez de la noche y culmina aproximadamente a las cuatro de la tarde del día siguiente. Inmediatamente al terminar producción, los equipos de higienización y mantenimiento preventivo inician sus labores contrarreloj y deben culminar antes de la hora de inicio de producción.

4.1.2 SEMANA 2

Las primeras labores realizadas consistieron en la creación de planes de mantenimiento de maquinarias recientes en las plantas, las cuales no contaban con un plan de mantenimiento establecido.

Se estudio la estructura de planes de mantenimiento existentes para comprender mejor los resultados esperados. En general, un plan de mantenimiento preventivo en Pronorsa cuenta con inspecciones, lubricaciones y descartes que se realizan periódicamente. Todas estas tareas están subidas en la plataforma de SAP, y semanalmente el sistema arroja las tareas de turno

para esa semana. Las ordenes de trabajo son entregadas al equipo de mantenimiento preventivo para que ellos las realicen durante la semana.

Para la creación de los planes de mantenimiento fue necesario el estudio del funcionamiento de las maquinarias *Meyn*, que es la marca proveedora de los equipos asignados. Las maquinas en cuestión fueron la deshuesadora de pechugas, la deshuesadora de piernas y la procesadora de piernas. Este equipo es altamente importante para la planta debido a que incrementan la rapidez de producción del pollo en piezas. Anteriormente estos equipos habían estado recibiendo mantenimiento por parte de los técnicos, pero sin ordenes de trabajo formales, basándose en su experiencia y capacitación recibida por el proveedor. Sin embargo, para tener un registro, es necesario que todos los equipos de la planta cuenten con órdenes de trabajo de mantenimiento asociadas.

Otro aspecto muy importante de los planes de mantenimiento, en la sección de lubricación, es especificarle a los técnicos que tipo de lubricante deben usar. Esto con el fin de garantizar que los productos no sean alterados por los lubricantes. Uno de los más usados en la planta es la grasa de grado alimenticio H1, Metatron 195.



Ilustración 9. Grasa de grado alimenticio

Fuente: Propia

4.1.3 SEMANA 3

Debido a los sucesos acontecidos en el mes de noviembre del 2020, con los huracanes Eta e Iota, la planta Pronorsa sufrió de graves problemas. Estos eventos inundaron el área de procesamiento, cubriendo por completo la mayoría de los equipos, incluyendo motores, PLCs, variadores de frecuencia, paneles eléctricos, computadoras y todos los componentes presentes. Al regresar al área de trabajo, se colaboró con los técnicos de mantenimiento con la reinstalación de varios motores eléctricos, encoders, módulos, y otros equipos que habían sido previamente desmontados para mantenimiento o reemplazo.

Durante las semanas siguientes a la rehabilitación de la planta, dado que se debía producir para recuperar el tiempo perdido, se operaba con los equipos habilitados pero muchos procesos se realizaban de manera manual. Por lo que, en horas de la tarde al terminar la producción del día, con el equipo de mantenimiento se daba prioridad a habilitar equipos que habían estado inoperantes. Durante algunos días se brindó apoyo a los técnicos de planta para agilizar los procesos de instalación y conexión de algunos equipos. Uno de los trabajos realizados consistió en el reemplazo de encoders acoplados en motores de varios equipos de planta.



Ilustración 10. Encoder de un motor de planta

Fuente: Propia

Durante la semana también se colaboró con integradores y personal de empresas externas que llegaron a la planta a realizar mantenimiento o rehabilitación de algunos equipos. Estas personas requerían de apoyo de alguien que trabajara en planta mientras estaban dentro del área de proceso.

El trabajo asignado sobre los planes de mantenimiento también vio avance, Habiéndose actualizado algunos planes de mantenimiento ya existentes. La actualización de los planes consiste en tomar un plan elaborado, y validar las instrucciones que esta contiene. Esto incluye, pero no se limita a agregar nuevas tareas, eliminar tareas que no se realizan por modificaciones en la máquina, cambiar la frecuencia de realización, entre otras. Se trabajo en los planes de mantenimiento de la guillotina y del aturdidor que son equipos existentes en el proceso primario. También se trabajó en los equipos de transportador aéreo, módulo de tapas de pechuga y el IQF, que son equipos existentes en el proceso secundario.

4.1.4 SEMANA 4

Durante esta semana se continuaron las actividades tanto de mantenimiento dentro de planta como de elaboración de planes de mantenimiento de los equipos en planta. Un proceso importante realizado fue la validación de los planes creados en semanas anteriores con los técnicos encargados de llevar estos planes a cabo.

Los técnicos poseen más experiencia y conocimiento del funcionamiento de los equipos que otras personas del departamento, es por eso por lo que su contribución al desarrollo de planes de mantenimiento es crucial.

En esta semana se actualizaron los planes de mantenimiento de equipos como la desplumadura, escaldadora y otros del proceso primario.

Por otro lado, se continuaron los trabajos de rehabilitación, se contribuyó con el montaje y cableado de varios motores eléctrico, así como el montaje de bandas transportadoras y motorreductores.

4.1.5 SEMANA 5

Durante esta semana se avanzó con los planes de mantenimiento de otros equipos como ser la separadora de corazones, basculas, tanques de salmuera, tumblers, entre otros. También se comenzaron a subir los archivos de los planes creados al SharePoint del departamento, donde

el planificado (puesto de trabajo dentro del departamento) los descarga. Esta persona es la encargada de subir las tareas de mantenimiento al sistema SAP, después de que los planes ya han sido creados y aprobados.

Otro evento importante de la semana fue la capacitación en el uso del equipo TRIO para el análisis de vibraciones mecánicas. Este equipo es usado en los compresores que suministran a la planta con aire comprimido. Mensualmente la persona encargada debe realizar el recorrido por el área de compresores. Por medio de esta técnica de mantenimiento predictivo se puede saber si el equipo necesita algún tipo de mantenimiento.



Ilustración 11. Análisis de vibraciones mecánicas en compresor

Fuente: Propia

4.1.6 SEMANA 6

Durante esta semana se recibieron asignaciones relacionadas con la creación de inventarios de repuestos. En toda planta de procesamiento donde se cuenta con maquinas de alta criticidad, se necesita contar con un *stock* de repuestos críticos, listos para ser empleados en caso de ser necesario.

Para una gestión eficiente de los repuestos, es necesario realizar una base de datos con las descripciones, numero de parte, cantidad y ubicación de almacén de cada repuesto existente. Realizar este tipo de trabajos puede ser monótono, pero son muy importantes, ya que permiten estar listos ante situaciones de emergencia, y a la vez permiten llevar una planeación de los repuestos que se necesitan comprar a futuro.

En cuanto a la actualización de planes de mantenimiento, se trabajo en los equipos de refrigeración *chiller* y *prechiller*, así como en el *finishing chiller* y descargadores. Estos equipos representan el punto de transferencia obligatorio entre el proceso primario (matanza y eviscerado) y el proceso secundario (corte, deshuese y empaque). Estos equipos son de alta criticidad por lo que el equipo técnico debe realizar trabajos de mantenimiento diarios, semanales y mensuales para asegurar su correcto funcionamiento.

En su mayoría, los trabajos de mantenimiento son labores de inspección y lubricaciones mecánicas de transmisiones por cadenas y bandas, alabes, bombas, fusibles mecánicos y otros componentes móviles que están ante constante trabajo.

4.1.7 SEMANA 7

Durante esta semana se recibió una breve capacitación sobre la plataforma SAP, que es el software utilizado por la empresa para la gestión de recursos. En esta plataforma existen una variedad de transacciones disponibles para cada empleado de la empresa en función de su puesto de trabajo. Con el usuario de practicante de mantenimiento fui capaz de acceder a las bases de datos de repuestos, equipos y ordenes de trabajo. Haciendo uso de esta información pude realizar tareas como verificar inventarios y recursos, realizar listas para compra de repuestos, entre otras.

Una actividad importante realizada durante esta semana fue la elaboración de formatos "precrud". Este formulario es usado para agregar nuevos repuestos al sistema SAP.

Específicamente esto es importante porque si un repuesto no existe en el sistema, no se puede pedir al departamento de compras que lo adquiera. El proceso consiste en identificar los repuestos que se necesita comprar, validar su numero de parte en el manual de proveedor y llenar el formulario con datos específicos de la parte como ser tipo de material, proveedor, fabricante, etc. Una vez este formulario esta listo, se hace llegar a otro departamento que en unos días agregará la información al sistema, y así el departamento de mantenimiento podrá realizar compras de los mismo.

En cuanto a los planes de mantenimiento, se trabajó con equipos genéricos como ser tanques, bombas centrifugas, bandas transportadoras, sensores, etc. Estos planes se asignaron a diferentes equipos en la planta, pero con características similares.

4.1.8 SEMANA 8

Durante esta semana se trabajo mas a fondo con la plataforma SAP, con la creación de órdenes de trabajo. Para esto se hace un procedimiento de tres transacciones como se describe a continuación:

- Se crea una hoja de ruta, esta describe en detalle las labores a realizar por el técnico. Pueden ser actividades inspección, lubricación, descarte, entre otras. Además, pueden contener actividades de diferentes frecuencias, como ser semanales, mensuales, trimestrales, etc.
- Se crea un plan de trabajo detallando información general sobre el tipo de labor a realizar (MPV, MPD, etc.). A este plan se enlaza el equipo donde se realizará el trabajo, los equipos ya cuentan con su respectivo código SAP. Posteriormente se enlaza la hoja de ruta creada, que describe las actividades a realizar. Es importante mencionar que una hoja de ruta se puede generalizar y enlazar a diferentes planes, para equipos que tengan características similares. Luego se especifica cuanto tiempo durara el plan. Si es un plan de MPV, por ejemplo, se asigna una duración de dos años y se indica que la orden será una rutina.
- Cuando el plan de trabajo esta creado, es necesario liberar las ordenes de trabajo específicas. Por ejemplo, si se creo una hoja de ruta que tenia una tarea semanal y una tarea mensual, el sistema tendrá una cola de trabajos para el equipo que dirá: 1s, 1s, 1s, 1s 1m. Esto explicando que durante tres semanas se realizara únicamente la tarea

semanal, y en la cuarta semana se realizara la tarea semanal y la mensual. Entonces, cada mes o como la persona a cargo de este trabajo planee hacerlo, deberá liberar las ordenes de trabajo para los días siguientes. Es importante mencionar que no se deben liberar ordenes de trabajo a un intervalo de tiempo muy lejano, esto debido a cambios que pueden surgir para las labores a realizar o en el equipo, un reemplazo, por ejemplo.

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En el siguiente cronograma se resumen las labores realizadas durante la práctica profesional.

Actividades / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Charlas de Seguridad								
inducción sobre la planta de procesos								
Recorrido de planta								
Creación y actualización de planes de mantenimiento								
Trabajos de mantenimiento preventivo								
Trabajos de rehabilitación de planta								
Capacitación sobre uso de equipo de análisis de vibraciones								
Inventariado de repuestos								
Creación de códigos para compra de repuestos								
Capacitación en el uso de plataforma SAP								
Uso de plataforma SAP para cargar planes de mantenimiento								

Ilustración 12. Cronograma de Actividades

Fuente: Propia

V CONCLUSIONES

En este capítulo se exponen las conclusiones obtenidas a partir de la realización de la práctica profesional en el departamento de mantenimiento de Pronorsa.

- La planeación de actividades de mantenimiento proactivas es una labor necesaria dentro de una planta de producción de alta demanda, que busca reducir al mínimo los paros no programados. Es preferible, para un departamento de mantenimiento planificar horas, recursos y tiempo específico para realizar actividades de mantenimiento, que sufrir paros de procesos durante horas de producción.
- Es necesario contar con un equipo técnico en planta en todo momento, durante la producción en caso de fallas, y un equipo designado para realizar labores de mantenimiento proactivo durante los paros programados. Además, es preferible tener personal especializado o asignado a un grupo de equipos específicos con el fin de que generen experiencia y sean capaces de resolver problemas rápidamente en caso de ser necesario.
- El uso de software para la gestión de recursos es necesario cuando existe una gran cantidad de activos y tareas ligadas a estos. A la vez debe existir personal capacitado para la planeación y gestión a través de la plataforma, para que esta pueda cumplir su función de llevar registros estadísticos e históricos.
- La seguridad es el factor más importante en una planta de producción. En toda actividad que involucre el uso de maquinaria o equipos existen riesgos de accidentes y daños en función de que se está realizando, es por eso que deben existir normas, protocolos y procedimientos a seguir durante producción, mantenimiento y en todo momento.

VI RECOMENDACIONES

A partir del desarrollo de la práctica profesional y de las conclusiones formuladas, se recomienda:

- La planeación de tareas de mantenimiento proactivo se puede enriquecer en base a la experiencia técnica e historial de fallas de una maquinaria. Los proveedores dan una pauta de las labores principales, sin embargo, sus instrucciones no siempre cubrirán la totalidad de las posibles fallas.
- La asignación de labores de mantenimiento debe realizarse en base a las virtudes de los técnicos de la planta. Es preferible capacitar a un grupo específico de sujetos en el mantenimiento de un equipo, y que estos se responsabilicen por el correcto funcionamiento de este.
- Todos los sujetos involucrados en el mantenimiento de una planta deben estar al tanto y comprometidos con el uso del software de gestión de recursos para que este cumpla su propósito como guía de gestión.

VIII BIBLIOGRAFÍA

- Al-Turki, U., Duffuaa, S., & Bendaya, M. (2019). Trends in turnaround maintenance planning: Literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(2), 253–271. <https://doi.org/10.1108/JQME-10-2017-0074>
- Autonics. (2020). *Autonics Photoelectric Sensors*. https://www.autonics.com/product/category/2000008?language=en_GLB
- Basri, E. I., Abdul Razak, I. H., Ab-Samat, H., & Kamaruddin, S. (2017). Preventive maintenance (PM) planning: A review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 23(2), 114–143. <https://doi.org/10.1108/JQME-04-2016-0014>
- Buhr, R. J., Walker, J. M., Bourassa, D. V., Caudill, A. B., Kiepper, B. H., & Zhuang, H. (2014). Impact of broiler processing scalding and chilling profiles on carcass and breast meat yield. *Poultry Science*, 93(6), 1534–1541. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03535>
- Cargill Central America. (2020). *Brands in Honduras*. <https://www.cargill.com.hn/en/brands-in-honduras>
- Chen, L., Han, J., Lei, W., Guan, Z., & Gao, Y. (2017). Prediction Model of Vibration Feature for Equipment Maintenance Based on Full Vector Spectrum. *Shock and Vibration*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/6103947>
- Chunjiao, Z. (2013). The Application and Development of Photoelectric Sensor. En Z. Du (Ed.), *Intelligence Computation and Evolutionary Computation* (Vol. 180, pp. 671–677). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31656-2_91

- Cocca, P., Marciano, F., Rossi, D., & Alberti, M. (2018). Business Software Offer for Industry 4.0: The SAP case. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1200–1205.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.427>
- D'Annibale, A., Di Ilio, A., Trozzi, M., & Bonaventura, L. (2015). The Use of Infrared Thermography for Maintenance Purposes in the Production Process of Components for Automotive Alternators. *Procedia CIRP*, 38, 143–146.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.087>
- Diario La Tribuna. (2018, diciembre 9). *Los hondureños comen 350 millones de libras de pollo*.
<https://www.latribuna.hn/2018/12/08/los-hondurenos-comen-350-millones-de-libras-de-pollo-2/>
- El País. (2019). *Unos 400 millones de libras de pollo se producen al año en el país*.
<https://www.elpais.hn/2019/06/10/unos-400-millones-de-libras-de-pollo-se-producen-al-ano-en-el-pais/>
- FAO. (2020). *Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets*.
<https://doi.org/10.4060/cb1993en>
- Fluke. (2020). *Hot Spot Detection with Thermal Imaging*.
<https://www.fluke.com/en/learn/blog/thermal-imaging/hot-spot-detection>
- Gackowiec, P. (2019). General overview of maintenance strategies – concepts and approaches. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 2(1), 126–139.
<https://doi.org/10.2478/mape-2019-0013>
- García Sierra, J., Cárcel Carrasco, J., & Mendoza Valencia, J. (2019). Importancia del mantenimiento, aplicación a una industria textil y su evolución en eficiencia. *3C*

Tecnología_Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 8(2), 50–67.
<https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.50-67>

Grussing, M. N., Uzarski, D. R., & Marrano, L. I. (2006). Optimizing Facility Component Maintenance, Repair, and Restoration Investment Strategies Using Financial ROI Metrics and Consequence Analysis. *Applications of Advanced Technology in Transportation*, 81–86. [https://doi.org/10.1061/40799\(213\)14](https://doi.org/10.1061/40799(213)14)

He, Y., Gu, C., Chen, Z., & Han, X. (2017). Integrated predictive maintenance strategy for manufacturing systems by combining quality control and mission reliability analysis. *International Journal of Production Research*, 55(19), 5841–5862.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1346843>

Ho, M.-H., Lee, P.-H., & Wang, P. (2018). The Research of Low-profile Load Cell Design Sensitivity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 423, 012044.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/423/1/012044>

IVC Technologies. (2017, agosto 29). *Reactive, Preventive & Predictive Maintenance*. Vibration Analysis. <https://ivctechnologies.com/2017/08/29/reactive-preventive-predictive-maintenance/>

Keartland, S., & Van Zyl, T. L. (2020). Automating predictive maintenance using oil analysis and machine learning. *2020 International SAUPEC/RobMech/PRASA Conference*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/SAUPEC/RobMech/PRASA48453.2020.9041003>

Lee, K., Gu, T., & Bang, Y. (2020). Analysis of Accuracy and Measuring Range of Dual Absolute Encoder System. *IEEE Sensors Journal*, 20(6), 2997–3004.
<https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2955381>

- LR - Animal Nutrition, LR - Animal Behaviour & Welfare, WIAS, van Harn, J., & de Jong, I. C. (2017). *Validation of Meyn Footpad Inspection System*. Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/429581>
- Manzini, R. (Ed.). (2010). *Maintenance for industrial systems*. Springer.
- Marel. (2020). *Separador de corazón/pulmones (HLS)*. <https://marel.com/es/products/heart-lung-separator-hls>
- McMurray, G. (2013). Robotics and automation in the poultry industry: Current technology and future trends. En *Robotics and Automation in the Food Industry* (pp. 329–353). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857095763.2.329>
- Meekhof, J., & Bailey, A. B. (2017). Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for Cataloging: An Application and Evaluation. *Cataloging & Classification Quarterly*, 55(7–8), 493–505. <https://doi.org/10.1080/01639374.2017.1356782>
- MEYN. (2020). *Rapid breast deboner M4.1*. <https://www.meyn.com/products/deboning/rapid-breast-deboner-m4-1>
- Moermond, J. (2017, junio 7). *What is a Capacitive Sensor?* AUTOMATION INSIGHTS. <https://automation-insights.blog/2017/06/07/what-is-a-capacitive-sensor/>
- Pepperl+Fuchs. (2020, julio 29). *Ultrasonic Sensors*. Pepperl+Fuchs. https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_182.htm
- Rockwell Automation. (2020). *Absolute Encoders*. Rockwell Automation. <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/motion-control/encoders/absolute-encoders.html>

- Selcuk, S. (2017). Predictive maintenance, its implementation and latest trends. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 231(9), 1670–1679. <https://doi.org/10.1177/0954405415601640>
- Shamsuddoha, M., Quaddus, M., & Klass, D. (2015). Sustainable poultry production process to mitigate socio-economic challenge. *Humanomics*, 31(3), 242–259. <https://doi.org/10.1108/H-09-2012-0017>
- Stenström, C., Norrbin, P., Parida, A., & Kumar, U. (2016). Preventive and corrective maintenance – cost comparison and cost–benefit analysis. *Structure and Infrastructure Engineering*, 12(5), 603–617. <https://doi.org/10.1080/15732479.2015.1032983>
- Wahyono, N. D., & Utami, M. M. D. (2018). A Review of the Poultry Meat Production Industry for Food Safety in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 953, 012125. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012125>
- Wang, W., & Siau, K. (2019). Artificial Intelligence, Machine Learning, Automation, Robotics, Future of Work and Future of Humanity: A Review and Research Agenda. *Journal of Database Management*, 30(1), 61–79. <https://doi.org/10.4018/JDM.2019010104>
- Zheng, C., Liu, P., Liu, Y., & Zhang, Z. (2018). Oil-based maintenance interval optimization for power-shift steering transmission. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(2), 168781401876092. <https://doi.org/10.1177/1687814018760921>
- Zhmud, V. A., Kondratiev, N. O., Kuznetsov, K. A., Trubin, V. G., & Dimitrov, L. V. (2018). Application of ultrasonic sensor for measuring distances in robotics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1015, 032189. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1015/3/032189>