

**PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL CAMBIO DE REFERENCIA EN UN
RODILLO INDUSTRIAL E INCLUIR ESTRATEGIAS DE MONITOREO REMOTO EN
EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE UNA FABRICA DE CAJAS**



ELABORADOR POR:

DANIEL ALEJANDRO MORENO RAMIREZ

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN MECATRONICA

ASESOR:

M.Sc. ING. JUAN MARTÍN CACERES

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

PAMPLONA – COLOMBIA

2022

RESUMEN

En una fábrica de cajas, se realiza mantenimiento predictivo en activos que hacen parte del proceso, pero, un motor reductor de alta criticidad ha presentado 2 fallas en dos años debido a un desgaste de componentes, razón por la cual se presenta propuesta para implementar monitoreo remoto haciendo uso de tecnología Bluetooth BLE 5 con el fin de disminuir el periodo entre mantenimientos y poder almacenar mayor densidad de información para detectar los síntomas de una posible falla.

También, en un proceso paralelo al de fabricación de cajas, para poder operar la maquina los operarios deben ejecutar un procedimiento que representa múltiples riesgos para la integridad física, por lo que los ingenieros de mantenimiento han decidido automatizar el proceso haciendo uso de un sistema ya existente en la fábrica. Se presentará el diseño, planeación, alcances y costos requeridos para poder eliminar los riegos e instalar nuevo sistema.

Para finalizar y con el fin de documentar la gran mayoría de actividades se presenta el impacto que se tuvo con la creación de indicadores por medio de los cuales se logró estandarizar que los técnicos notificaran su tiempo efectivo en cada orden de mantenimiento en el sistema SAP.

ABSTRACT

In a box factory, predictive maintenance is performed on assets that are part of the process but, a high criticality gear motor has presented 2 failures in two years due to wear of components, reason for which a proposal is presented to implement remote monitoring using WIFI BLU 5 technology in order to reduce the period between maintenance and to store more information density to detect the symptoms of a possible failure.

In addition, in a parallel process to the box manufacturing process, in order to operate the machine the operators must perform a procedure that represents multiple risks to physical integrity, so the maintenance engineers have decided to automate the process using an existing system in the factory. The design, planning, scope and costs required to eliminate the risks and install the new system will be presented.

Finally, and in order to document the vast majority of activities, the impact of the creation of indicators through which it was possible to standardize the technicians to report their effective time in each maintenance order in the SAP system is presented.

TABLA DE CONTENIDO

1 Tabla de contenido

2 PLANTEAMIENTO	15
3 JUSTIFICACIÓN	16
4 OBJETIVOS	17
4.1 OBJETIVO GENERAL	17
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
5 MARCO CONCEPTUAL	18
5.1 ISO	18
5.2 ISO 55000 DEL 2014	18
5.3 ¿QUÉ ES UN ACTIVO?	18
5.4 ALCANCE DE LA NORMA ISO 55000.....	19
5.5 BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS	19
5.6 ISO 17359 DEL 2018.....	20
5.7 MAQUINA HOJEADORA	21
5.8 REGISTRO ELÉCTRICO	23
5.9 TROQUELADO.....	24
5.10 DIVISIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.11 CARGA DE TRABAJO	30
5.12 ORDEN DE MANTENIMIENTO	30
5.13 TIPOS DE ORDENES DE MANTENIMIENTO	30
5.14 NOTIFICACIÓN DE TIEMPOS	31
6 ALCANCE	32
7 DESARROLLO.....	33

7.1 REALIZAR ANÁLISIS DE UN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN REQUERIDO PARA EL MONITOREO REMOTO DE LOS ACTIVOS

MÁS CRÍTICOS.....	33
7.1.1 Selección del activo.....	33
7.1.2 Criticidad del activo	36
7.1.3 Confiabilidad del sistema.....	38
1.1.1 RCM: las siete preguntas básicas	40
1.1.2 Contexto operacional stacker as-m	40
7.1.4 ¿Qué alternativas brinda el IIOT?	47
7.1.5 Sensores inalámbricos de vibraciones	47
1.1.3 Sensor elegido.....	48
7.2 PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR CAMBIO DE REFERENCIA EN RODILLO INDUSTRIAL DE LA HOJEADORA	52
7.2.1 Alcance de la propuesta	52
7.2.2 Método de transmisión de potencia.....	53
7.2.3 Problema de cortos y largos	53
7.2.4 Situación actual	53
7.2.5 Responsables	56
7.2.6 Identificación y análisis de cambio	57
7.2.7 Cambios internos	57
7.2.8 Cambios externos	57
7.2.9 Descripción del cambio.....	57
7.2.10 Beneficios del cambio	57
7.2.11 Consecuencias de no hacerlo.....	58
7.2.12 Identificación de peligros.....	58
7.2.13 Procesos o personas afectadas por el cambio	58
7.2.14 Acción de mitigación	59
7.2.15 Materiales que conforman el registro eléctrico	59
7.2.16 Materiales para la instalación eléctrica	60

7.2.17	<i>Espigo o eje de transmisión</i>	61
7.2.18	<i>Filosofía del diseño</i>	61
7.2.19	<i>Procedimiento de diseño</i>	61
7.2.20	<i>Contexto operacional:</i>	62
7.2.21	<i>Ambiente</i>	63
7.2.22	<i>Cargas</i>	63
7.2.23	<i>Material</i>	63
7.2.24	<i>Factores de diseño Materiales dúctiles</i>	66
7.2.25	<i>Materiales frágiles</i>	66
7.2.26	<i>Concentración de esfuerzos</i>	67
7.2.27	<i>Cálculos</i>	69
7.2.28	<i>Soporte para register housing</i>	82
7.2.29	<i>Plan de mantenimiento preventivo</i>	89
7.2.30	<i>Plan de mantenimiento preventivo Mecanico - hojeadora:</i>	89
7.2.31	<i>Plan de mantenimiento de Lubricación</i>	90
7.2.32	<i>Plan de mantenimiento eléctrico</i>	91
7.2.33	<i>Plan de mantenimiento preventivo Mecanico – registro eléctrico</i>	92
7.2.34	<i>Plan de mantenimiento de lubricación</i>	92
7.2.35	<i>Plan de mantenimiento eléctrico</i>	92
7.2.36	<i>Actualización o ajuste al plan de mantenimiento</i>	93
7.2.37	<i>Nuevo procedimiento</i>	93
7.3	DESARROLLAR PANELES DE VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN DONDE SE PUEDA HACER SEGUIMIENTO AL TIEMPO	
	NOTIFICADO POR CADA TÉCNICO DURANTE CADA TURNO Y AL RESPECTIVO CUMPLIMIENTO DE LOS MANTENIMIENTOS	
	PREVENTIVOS	95
7.3.1	<i>Transacción IW47 SAP</i>	95
7.3.2	<i>Tiempo efectivo</i>	97
7.3.3	<i>Base de datos y gráficos</i>	98

7.3.4	<i>Estrategias para lograr estandarizar</i>	<i>101</i>
7.3.5	<i>Resultados</i>	<i>102</i>
7.3.6	<i>¿Cómo saber que los tiempos son reales?</i>	<i>103</i>
7.3.7	<i>Impacto que se tuvo referente a costos.....</i>	<i>104</i>
7.3.8	<i>Análisis de información.....</i>	<i>108</i>
8	ACTAS DE CUMPLIMIENTO.....	117
9	CONCLUSIONES	120
10	BIBLIOGRAFIA	121
11	ANEXOS	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ingenieros del área de mantenimiento</i>	32
Tabla 2 <i>Responsables y su rol dentro del proyecto</i>	56
Tabla 3	59
Tabla 5 <i>Materiales eléctricos para la instalación del sistema</i>	60
Tabla 6 <i>Operaciones asignadas al plan de mantenimiento mecánico de la maquina hojeadora</i>	89
Tabla 7 <i>Plan de mantenimiento de lubricación asignado a la maquina hojeadora</i>	90
Tabla 8 <i>Plan de mantenimiento eléctrico asignado a la maquina hojeadora</i>	91
Tabla 9 <i>Plan de mantenimiento mecánico asignado a los registros eléctricos</i>	92
Tabla 10 <i>Plan de mantenimiento de lubricación asignado a los registros eléctricos</i>	92
Tabla 11 <i>Plan de mantenimiento eléctrico asignado a los registros eléctricos</i>	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Portarrollos hojeadora</i>	22
Figura 2 <i>Salida láminas terminadas</i>	23
Figura 3 <i>Despiece del registro eléctrico marca LANGSTON</i>	24
Figura 4 <i>Troquel de la maquina hojeadora</i>	25
Figura 5 <i>Cuchillas del troquel de la maquina hojeadora</i>	25
Figura 6 <i>Rodillo porta troquel y rodillo de caucho</i>	25
Figura 7 <i>División dedo suelto 20KL</i>	26
Figura 8 <i>División 20K</i>	27
Figura 9 <i>División exóticos 9K</i>	27
Figura 10 <i>División chiquita</i>	28
Figura 11 <i>División manzano (sin troquelar)</i>	28
Figura 12 <i>División dedo suelto (sin troquelar)</i>	29
Figura 13 <i>División 14 kilos (sin troquelar)</i>	29
Figura 14 <i>Base de datos en SAP sobre los paros durante los primeros seis meses del 2022</i>	34
Figura 15 <i>Filtros en transacción IW37N</i>	35
Figura 16 <i>Base de datos SAP</i>	35
Figura 17 <i>Criticidad del sistema</i>	37
Figura 18 <i>Criticidad del subsistema</i>	38
Figura 19 <i>Origen Del Mean Time Between Failures</i>	39
Figura 20 <i>Hoja de Excel diseñada para calcular la confiabilidad</i>	40

Figura 21 Sección del informe enviado por contratista del mantenimiento predictivo....	46
Figura 22 Sección de informe enviado por contratista del mantenimiento predictivo	46
Figura 23 Comunicación entre sensor y Gateway	49
Figura 24 Dimensiones generales sistema PHANTOM	51
Figura 25 Ejemplo de instalación de sensores.....	51
Figura 26 Ejemplo de instalación de sensores.....	51
Figura 27 Herramientas usadas en el procedimiento actual	54
Figura 28 Sistema de registro actual	55
Figura 29 Operador realizando procedimiento de ajuste manual al registro	55
Figura 30 Procedimiento actual para cambio de referencia	56
Figura 31 Resistencia a la fatiga S_n en función de la resistencia a la torsión, para acero forjado con varias condiciones de superficie.....	64
Figura 32 Factor por tamaño en relación al diámetro menor de la aplicación	65
Figura 33 Factor de confiabilidad	65
Figura 34 Ruta para seleccionar el factor de diseño adecuado	67
Figura 35 Concentración de esfuerzos en escalones	68
Figura 36 Especificaciones técnicas de la caja de engranajes encargada de la transmisión principal	69
Figura 37 Isométrico SPROCKET a utilizar.....	71
Figura 38 Fuerzas que actúan sobre un SPROCKET	72
Figura 39 Vista lateral máquina, el SPROCKET transmisor está en la parte derecha y el transmitido en la parte izquierda	72
Figura 40 Plano de fabricación para espigo lado motor hojeadora	74

Figura 41 <i>Fuerzas a lo largo del eje</i>	74
Figura 42 <i>Ensamble rodillo, espigo y registro eléctrico</i>	75
Figura 43 <i>Reacciones en el plano ZX</i>	76
Figura 44 <i>Fuerza cortante en el plano ZX</i>	77
Figura 45 <i>Momento flector en el plano ZX</i>	77
Figura 46 <i>Reacciones en el plano YX</i>	78
Figura 47 <i>Fuerza cortante en el plano YX</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 48 <i>Momento flector en el plano YX</i>	79
Figura 49 <i>3D carcasa donde va alojado el motor</i>	83
Figura 50 <i>Carcasa donde va alojado el motor</i>	83
Figura 51 <i>Canal en C de 4" x 2"</i>	84
Figura 52 <i>Ensamble estructura para soportar carcasa</i>	85
Figura 53 <i>Medidas generales soporte</i>	85
Figura 54 <i>Ensamble de soportes y carcasa</i>	86
Figura 55 <i>Ensamble en la maquina</i>	86
Figura 56 <i>Cureña lado motor con perforaciones nuevas</i>	87
Figura 57 <i>Medidas sobre las perforaciones que llevara la cureña</i>	87
Figura 58 <i>Plano general de la sección que se debe intervenir</i>	88
Figura 59 <i>Detalle de la sección que será intervenida</i>	88
Figura 60 <i>Procedimiento actualizado para la aplicación</i>	94
Figura 61 <i>Layout creado por el auto para fábrica de cajas</i>	96
Figura 62 <i>Espacio de trabajo en la transacción IW47</i>	97

Figura 63 <i>Layout creado por el autor para poder estandarizar el orden de la información</i>	97
Figura 64 <i>Estado de la notificación primera semana del año 2022</i>	98
Figura 65 <i>Estado de la notificación en la semana 15 del año 2022</i>	99
Figura 66 <i>Base de datos diseñada por el autor para almacenar información de la transacción IW47</i>	100
Figura 67 <i>Estado de la notificación en el año 2022</i>	102
Figura 68 <i>Base de datos PTBAL_00</i>	104
Figura 69 <i>Comportamiento del valor promedio hora hombre en el año 2021</i>	105
Figura 70 <i>Comportamiento del valor promedio hora-hombre en el año 2022</i>	106
Figura 71 <i>Diferencia entre lo gastado y el dinero que se calcula con la notificación ...</i>	107
Figura 72 <i>Base de datos IW37N</i>	109
Figura 73 <i>Gráfico que relaciona los técnicos las ordenes que se les fue asignadas y las ordenes que cumplieron</i>	110
Figura 74 <i>Gráfico de la notificación semanal, segmentado en ZM01 y ZM02</i>	111
Figura 75 <i>Gráfico de seguimiento de notificación diaria</i>	112
Figura 76 <i>Carga de trabajo planeada vs tiempo notificado en mantenimientos preventivos</i>	112
Figura 77 <i>Carga de trabajo planeada vs tiempo notificado en mantenimientos correctivos</i>	113
Figura 78 <i>Cantidad de horas notificadas mes a mes en cada uno del centro de costos</i>	114
Figura 79 <i>Cantidad de horas notificadas por maquina</i>	115
Figura 80 <i>Seguimientos dominicales trabajados</i>	115

Figura 81 <i>Seguimiento horas extras del personal</i>	116
Figura 82 <i>Levantamiento de medidas</i>	122
Figura 83 <i>Levantamiento de medidas</i>	123
Figura 84 <i>Acompañamiento al personal operativo para buscar alternativas de diseño</i>	123
Figura 85 <i>Levantamiento de medidas</i>	125
Figura 86 <i>Plano de ejes que se fabricaron</i>	125
Figura 87 <i>Plano de platina que se fabrico</i>	126
Figura 88 <i>Plano de tuercas de aplicación especial</i>	126
Figura 89 <i>Ensamblados completos para mostrar ubicación de piezas a fabricar</i>	128
Figura 90 <i>3D de montaje de compresores para planear y cotizar</i>	128



PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL CAMBIO DE REFERENCIA EN UN
RODILLO INDUSTRIAL E INCLUIR ESTRATEGIAS DE MONITOREO REMOTO EN EL
MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE UNA FABRICA DE CAJAS

2 PLANTEAMIENTO

Según el historial de fallas de un motorreductor, este ha presentado tres averías en 2 puntos: rodamiento de salida del reductor y punto de acople entre motor y reductor. Las 3 averías mencionadas se han generado por el desgaste de los componentes, desgaste el cual se puede detectar a manera temprana y así evitar las pérdidas por inactividad del proceso, por ello se presentará un método basado en monitoreo remoto y análisis de datos que permitirían realizar acciones de mantenimiento apoyadas en información en tiempo real, que den como resultado un monitoreo basado en la condición del equipo

La máquina hojeadora encargada de procesar las divisiones de papel que absorben humedad de la fruta que se transporta en las cajas de cartón, en su contexto de operación incluye un procedimiento con alto riesgo de accidente laboral para los operadores, desde mantenimiento manufactura, se plantea la propuesta para poder realizar la adaptación de un sistema que permita eliminar los riesgos existentes.

Desde el área de costos se solicita estandarizar los tiempos notificados por los técnicos de mantenimiento manufactura puesto que mes a mes ellos evidencian variaciones muy grandes respecto a los gastos reportados vs los reales, lo cual genera que de manera constante se tengan que hacer modificaciones al valor de la hora hombre para poder ajustar los tiempos notificados a los gastos reales.

3 JUSTIFICACIÓN

La gestión de activos en la industria 4.0 requiere innovación, capacitación, análisis de nueva información y la implementación de nuevas estrategias que ayuden a lograr los objetivos de la compañía de manera sostenible. Según lo anterior, se hará uso de estudios de mantenimiento basado en confiabilidad y los estándares de criticidad de la compañía para evaluar uno de sus activos, que dé como resultado los beneficios, si los hay, de aplicar nuevas técnicas de monitoreo y poder mejorar la estrategia de mantenimiento predictivo existente hoy en día en la fábrica.

Eliminar los riesgos laborales que estén presentes en los equipos es de gran importancia para los líderes de la planta, es por eso que se presenta la propuesta de automatizar el cambio de referencia en el rodillo portatroquel en la maquina hojeadora, realizando la adaptación del sistema usado en las maquinas flexográficas denominado registro eléctrico.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta para automatizar el cambio de referencia en un rodillo industrial e incluir estrategias de monitoreo remoto en el mantenimiento predictivo de una fábrica de cajas

4.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar y exponer el protocolo requerido para el monitoreo remoto a los activos más críticos.
- Realizar los diseños y planeación requerida para la adaptación de un registro eléctrico marca LAGSTON en el cuerpo troquelador de la maquina hojeadora MAXON.
- Desarrollar paneles de visualización de información donde se pueda hacer seguimiento al tiempo notificado por cada técnico durante cada turno y al respectivo cumplimiento de los mantenimientos preventivos

5 MARCO CONCEPTUAL

5.1 ISO

ISO (Organización Internacional de Normalización) es conocida mundialmente como una federación mundial de organismos nacionales de normalización

5.2 ISO 55000 del 2014

(ISO, 2014, Pag 1) define que la norma ISO 55000: 2014 da a conocer los conceptos generales para la gestión de activos y sistemas de gestión de activos, puede ser usada con todos los tipos de activos y en múltiples áreas de trabajo. Esta información permite a las organizaciones lograr sus metas a través de una gestión eficaz y eficiente de sus activos por medio de actividades coordinadas que potencien el valor que se quiere recibir de un activo, manteniendo un equilibrio entre riesgos costos y desempeño a lo largo del ciclo de vida.

- Actividades coordinadas: Proyectos o procedimientos que involucren áreas como mantenimiento, producción, abastecimiento y calidad.
- Valor: El valor se puede ver reflejado en dinero, confiabilidad, disponibilidad, calidad de producto o cualquier otra variable que la empresa considere que puede extraer del proceso.

5.3 ¿Qué es un activo?

Según (ISO, 2014, Pag 2) un activo es todo elemento que posee valor potencial o real para una compañía los cuales pueden ser:

- Activos humanos
- Activos físicos
- Activos integrales

- Activos intangibles
- Activos informáticos
- Activos financieros

5.4 Alcance de la norma ISO 55000

Esta norma considera todos los tipos de activos y de áreas aplicables, es decir, se puede usar en instituciones sin ánimo de lucro, gubernamentales, salud o industriales, y aunque su alcance sea muy amplio, permite segmentar la información de manera estratégica a su solo sistema, de tal manera que sea escalable según la necesidad (ISO, 2014, Pag 4).

5.5 Beneficios de la gestión de activos

Conocer y poder aplicar una buena gestión de los activos que hacen parte de una compañía permite potenciar el valor de cada activo mientras se consiguen los objetivos organizacionales. Algunos de los objetivos que ofrece la gestión de activos son:

- Riesgo gestionado: Conocer de manera general los riesgos ya sean financieros, a la salud o al medio ambiente permite gestionar estrategias de mitigación o prevención.
- Mejora del desempeño financiero: Reducción de costos mientras se consigue mayor valor de un activo y se cumplen los objetivos.
- Demostración de cumplimiento: Permite que las compañías se ajusten de manera transparente a los organismos legales y regulatorios.
- Mejora de eficiencia y eficacia: Estandarización de procedimientos e indicadores puede mejorar la eficiencia.

5.6 ISO 17359 del 2018

La norma ISO 17359:2018 trata el monitoreo y diagnóstico de condición de máquinas y brinda una guía general de como poder implementar sistemas de monitoreo en máquinas que manejan parámetros de vibración, lubricación, contaminación, potencia y velocidad que comúnmente se asocian con los criterios de rendimiento y condición de los activos (ISO, ISO 17359, 2018)

- a) Realizar análisis costo beneficio
- b) Identificar sistemas y equipos
- c) Realizar análisis basado en confiabilidad
- d) ¿Son los efectos y modos de falla medibles?
- e) Si 'd' es falso haga uso del mantenimiento correctivo, preventivo o rediseño
- f) Si 'd' es verdadero identifique los parámetros a ser medidos
- g) Seleccionar la ubicación de medición
- h) Establecer criterios de alarma/disparo
- i) Adquirir datos y registrar
- j) Comparar con criterios de alarma/disparo
- k) ¿Se tiene buena calidad con la medición?
- l) Si 'k' es falso regrese a 'd'
- m) Si 'k' es verdadero ¿está fuera de criterios de alarma de disparo?
- n) Si 'm' es verdadero, regrese al punto 'h'
- o) Si 'm' es falso realice diagnóstico y pronostico
- p) ¿Tiene confianza en el diagnostico?

- q) Si tiene baja confianza debe mejorarlo entonces regrese al ítem 'f'
- r) Si tiene alto nivel de confianza en el diagnostico debe determinar y realizar una acción de mantenimiento
- s) Retroalimentación de resultados al registro histórico
- t) Revise y mida la efectividad.

5.7 Maquina hojeadora

La máquina hojeadora marca MAXON, es la encargada de procesar los rollos de papel tipo liner para convertirlos en divisiones o láminas de papel a las medidas que las cajas lo requieran. La máquina hojeadora tiene las siguientes partes:

- Portarrollos
- Cuerpo troquelador
- Cuchillas longitudinales
- Cuchillas Transversales
- Sistema recibidor del material
- Tablero de control

Figura 1

Portarrollos hojeadora



Nota: Fotografía tomada por el autor.

El producto terminado es apilado en una estiba para después ser transportado por un montacargas a la zona de despachos.

Figura 2

Salida láminas terminadas



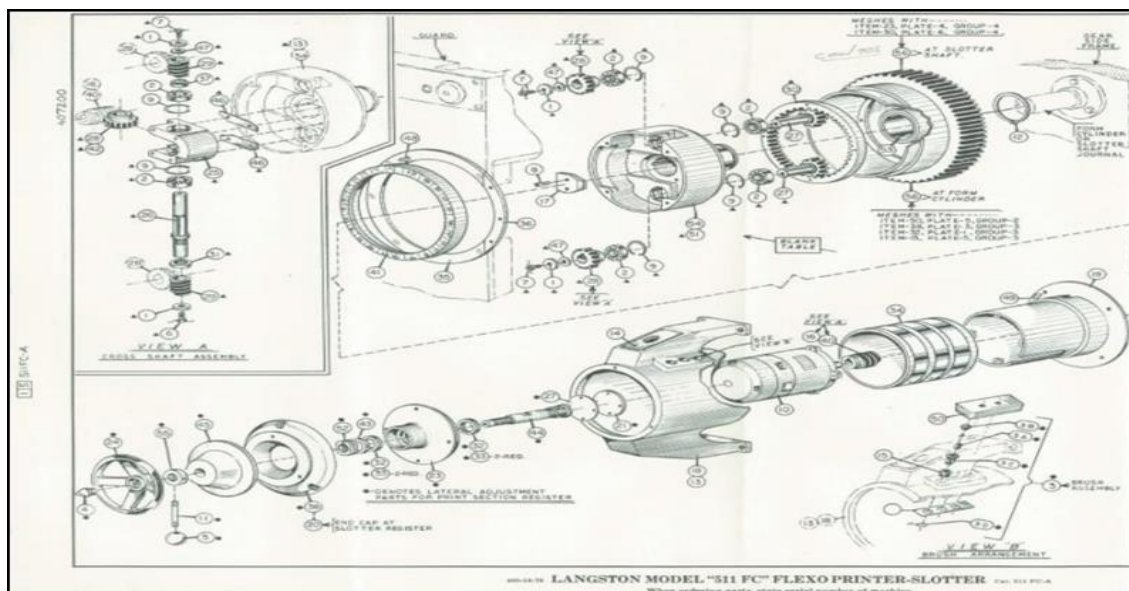
Nota: Fotografía tomada por el autor.

5.8 Registro eléctrico

Se denomina registro eléctrico a un sistema de engranajes el cual permite dos movimientos a un rodillo. El primer movimiento se da por medio del piñón de registro (ítem 43), ya que este está asociado a la transmisión de la máquina, si otro piñón se mueve, el piñón de registro también tendrá un movimiento según la relación de la transmisión. El segundo movimiento se da por un motor de inducción y por un sistema planetario que se instala dentro del piñón de registro, si se acciona el motor, al interior del piñón de registro se crea un movimiento el cual se verá reflejado en el eje de salida, pero no en la transmisión completa.

Figura 3

Despiece del registro eléctrico marca LANGSTON



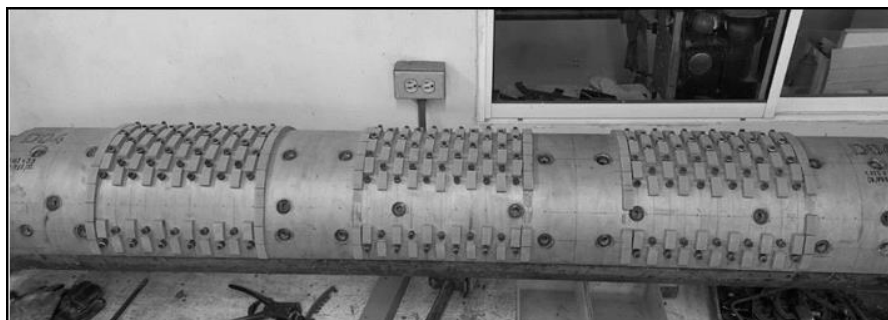
Nota: Información adaptada del manual LANGSTON que pertenece a UNIBAN

5.9 Troquelado

El troquelado es el proceso mecánico para el corte de papel, en este proceso el papel pasa por medio de un rodillo porta troquel y un rodillo prensa el cual es de caucho y recibe las cuchillas del troquel, al salir el papel ya tendrá realizadas las perforaciones que su referencia requiera.

Figura 4

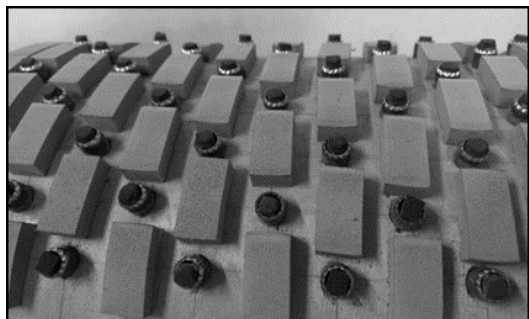
Troquel de la maquina hojeadora



Nota: Fotografía tomada por el autor.

Figura 5

Cuchillas del troquel de la maquina hojeadora



Nota: Fotografía tomada por el autor.

Figura 6

Rodillo porta troquel y rodillo de caucho

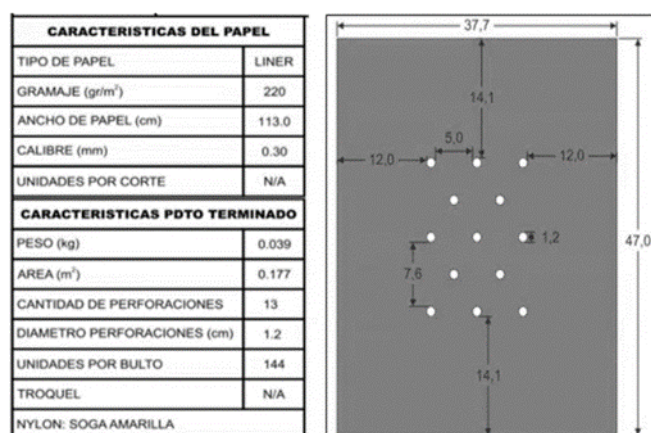


5.10 Divisiones

Las divisiones son el producto terminado que entrega la maquina hojeadora, estas láminas de papel son utilizadas en las cajas para superar secciones de banano o plátano y absorber la humedad que allí se encuentre, las referencias de divisiones fabricadas son las siguientes (Uniban, 2013):

Figura 7

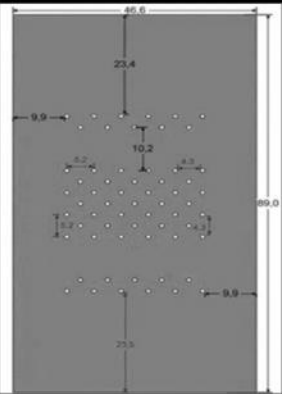
División dedo suelto 20KL



Nota: Información adaptada de la base de datos del área de calidad UNIBAN

Figura 8*División 20K*

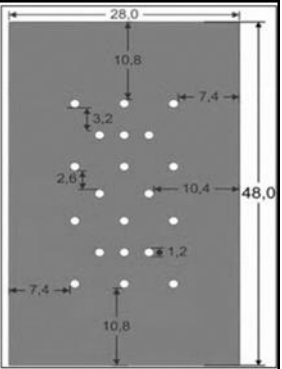
CARACTERÍSTICAS DEL PAPEL	
TIPO DE PAPEL	LINER
GRAMAJE (gr/m ²)	220
ANCHO DE PAPEL (cm)	140.0
CALIBRE (mm)	0.30
UNIDADES POR CORTE	3
CARACTERÍSTICAS PDTO TERMINADO	
PESO (kg)	0.091
AREA (m ²)	0.415
CANTIDAD DE PERFORACIONES	61
DIAMETRO PERFORACIONES (cm)	0.9
UNIDADES POR BULTO	144
TROQUEL	D04
NYLON: SOGA NARANJA	



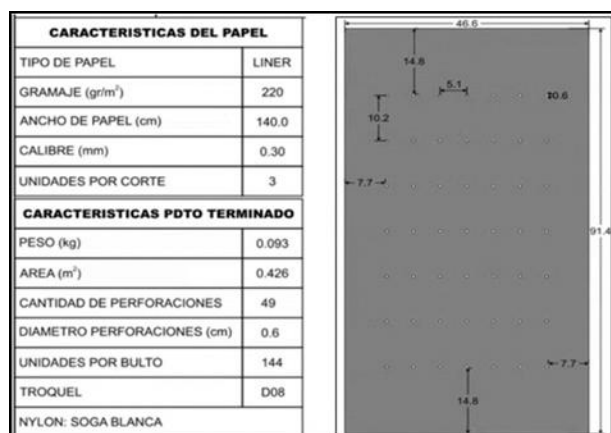
Nota: Información adaptada de la base de datos del área de calidad UNIBAN

Figura 9*División exóticos 9K*

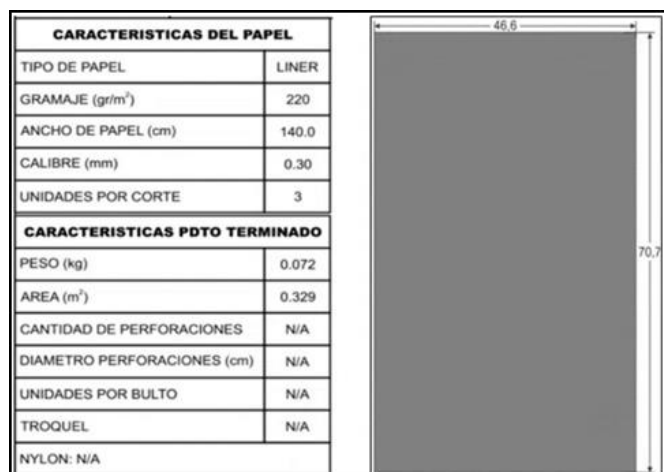
CARACTERÍSTICAS DEL PAPEL	
TIPO DE PAPEL	LINER
GRAMAJE (gr/m ²)	220
ANCHO DE PAPEL (cm)	N/A
CALIBRE (mm)	0.30
UNIDADES POR CORTE	N/A
CARACTERÍSTICAS PDTO TERMINADO	
PESO (kg)	0.030
AREA (m ²)	0.134
CANTIDAD DE PERFORACIONES	20
DIAMETRO PERFORACIONES (cm)	1.2
UNIDADES POR BULTO	144
TROQUEL	D05
NYLON: SOGA AMARILLA	



Nota: Información adaptada de la base de datos del área de calidad UNIBAN

Figura 10*División chiquita*

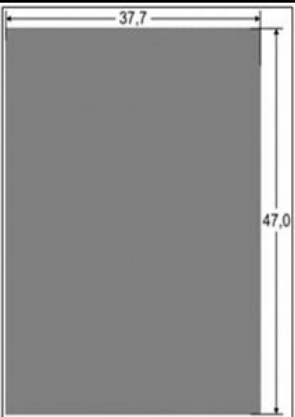
Nota: Información adaptada de la base de datos del área de calidad UNIBAN

Figura 11*División manzano (sin troquelar)*

Nota: Información adaptada de la base de datos del área de calidad UNIBAN

Figura 12*División dedo suelto (sin troquelar)*

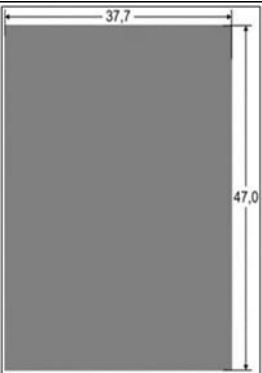
CARACTERISTICAS DEL PAPEL	
TIPO DE PAPEL	LINER
GRAMAJE (gr/m ²)	220
ANCHO DE PAPEL (cm)	113.0
CALIBRE (mm)	0.30
UNIDADES POR CORTE	3
CARACTERISTICAS PDTO TERMINADO	
PESO (kg)	0.039
AREA (m ²)	0.177
CANTIDAD DE PERFORACIONES	N/A
DIAMETRO PERFORACIONES (cm)	N/A
UNIDADES POR BULTO	N/A
TROQUEL	N/A
NYLON: N/A	



Nota: Información adaptada de la base de datos del área de calidad UNIBAN

Figura 13*División 14 kilos (sin troquelar)*

CARACTERISTICAS DEL PAPEL	
TIPO DE PAPEL	LINER
GRAMAJE (gr/m ²)	220
ANCHO DE PAPEL (cm)	113.0
CALIBRE (mm)	0.30
UNIDADES POR CORTE	3
CARACTERISTICAS PDTO TERMINADO	
PESO (kg)	0.039
AREA (m ²)	0.177
CANTIDAD DE PERFORACIONES	N/A
DIAMETRO PERFORACIONES (cm)	N/A
UNIDADES POR BULTO	N/A
TROQUEL	N/A
NYLON: N/A	



Nota: Información adaptada de la base de datos del área de calidad UNIBAN

5.11 Carga de trabajo

Para el mantenimiento industrial, la carga de trabajo son todas las actividades que se tienen pendientes para hacer en el futuro, ya sea en una semana, un mes, un semestre o un año. Se busca que la carga de trabajo se ajuste a la cantidad de técnicos que conforman los equipos de mantenimiento y que no sea una carga con sobretiempos puesto que esto perjudica la planeación de actividades.

5.12 Orden de mantenimiento

La orden de mantenimiento constituye un factor importante en la planeación y programación de actividades, ya que corresponde a la instrucción que se genera desde SAP para poder ejecutar una o múltiples actividades. Dentro de una orden de mantenimiento se escriben operaciones y sub operaciones, se asignan tiempos teóricos o de planeación, se agregan materiales, se pueden visualizar costos y también permite poder llevar un registro de información por si en un futuro se requiere.

5.13 Tipos de ordenes de mantenimiento

Los tipos de órdenes de mantenimiento con los que una fábrica trabaja, se relacionan con los tipos de mantenimiento que se ejecutan, en este caso se distribuye de la siguiente manera:

- ZM01: Orden para mantenimientos correctivos
- ZM02: Orden para mantenimiento preventivos y predictivos

5.14 Notificación de tiempos

Al final de cada mes se realiza desde el departamento de costos un cierre contable donde se lleva control sobre los gastos de la compañía, mantenimiento manufactura es una unidad que presta servicio las diferentes maquinas del proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado, para poder cumplir con su promesa de servicio, mantenimiento hace uso de materiales, horas extras, servicios externos, alimentación, transporte y maquinaria, al final de cada mes en el centro de costos de mantenimiento se reflejan 'x' gastos, esos gastos deben ser respaldados por los tiempos que se invirtió en ejecutar los mantenimientos que las maquinas van requiriendo.

La notificación hace referencia a que el técnico de mantenimiento, debe reportar en el SAP cuanto tiempo se tardó ejecutando una orden ZM01 o ZM02, si durante el día trabajo en 3 órdenes de mantenimiento, al final del turno él debe reportar lo siguiente:

- Orden de mantenimiento
- Tiempo real invertido en la ejecución
- Hora de inicio
- Hora de fin

Esa información para cada una de las órdenes que haya trabajado durante el día.

6 ALCANCE

El cumplimiento de los objetivos se realiza de manera teórica, bajo la aprobación y supervisión del grupo de ingenieros que conforman el departamento de mantenimiento manufactura:

Tabla 1

Ingenieros del área de mantenimiento

NOMBRE	CARGO
Elkin Alfonso Ruiz	Jefe de ingeniería y mantenimiento
John Manuel Marulanda	Ingeniero de mantenimiento mecánico
Luis Bernardo Soto	Ingeniero de mantenimiento eléctrico
Santiago Urrea Quintero	Auxiliar de ingeniera de mantenimiento

7 DESARROLLO

7.1 Realizar análisis de un protocolo de comunicación requerido para el monitoreo remoto de los activos más críticos

7.1.1 Selección del activo

Para esta selección, se toma como reto el sistema que mayor impacto ha generado en la producción en el tiempo de la pasantía empresarial por causa mecánica. Para esto se debe hacer uso del software de gestión de información SAP.

- Transacción a utilizar: IW28 (Permite visualizar todos los paros de producción)
- Fechas: Desde 01.01.2022 hasta 30.06.2022
- Grupo Planificación: MEC
- Centro de costos: 12010

Figura 14

Base de datos en SAP sobre los paros durante los primeros seis meses del 2022

Año	Grupo planif.	Inicio avería	Fin de avería	HInAver	HFinAver	Fecha	Denom.ubic. técnica	Ubic. técn.	EdurPa	Un.	Aviso	Orden	Cl.	Prioridad	Descripción	
2022	MEC	04.06.2022	04.06.2022	06:00:00	14:00:00	04.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	8,00	H	10389671	ZP	LIMITA CAP	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER		
	MEC	03.06.2022	04.06.2022	22:00:00	06:00:00	04.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	8,00	H	10389670	ZP	LIMITA CAP	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER		
	MEC	03.06.2022	03.06.2022	14:00:00	22:00:00	04.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	8,00	H	10389669	ZP	LIMITA CAP	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER		
	MEC	03.06.2022	03.06.2022	10:00:00	14:00:00	03.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	4,00	H	10389584	ZP	LIMITA CAP	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER		
	MEC	04.06.2022	04.06.2022	14:00:00	17:10:00	06.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	3,17	H	10389688	ZP	LIMITA CAP	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER		
2021	MEC	12.01.2022	12.01.2022	10:16:00	12:15:00	12.01.2022	SLITTER SR-1	UFCORSRI	1,98	H	10374000	4454236	ZP	LIMITA CAP	OP41014553-AJUSTE ESMERIL CUCHILLA 7 SR	
	MEC	15.02.2022	15.02.2022	06:32:00	08:11:00	15.02.2022	AFP-1	UFCORAF1	1,65	H	10377883	ZP	LIMITA CAP	OP41014653-BOMBA DE RETORNO AFP1		
	MEC	25.01.2022	25.01.2022	11:59:00	13:32:00	25.01.2022	STACKER AS-M	UFCORA	1,55	H	10375474	4455334	ZP	LIMITA CAP	OP41014598-BANDA DOS DEL STAKER	
	MEC	27.01.2022	27.01.2022	07:32:00	09:03:00	27.01.2022	RODILLOS DE SALIDA DUCKER	UFCORD	1,52	H	10375742	4455697	ZP	LIMITA CAP	OP41014602-CADENA RODILLOS DUCKER ROTA	
	MEC	31.01.2022	31.01.2022	08:02:00	09:28:00	31.01.2022	AFP-1	UFCORAF1	1,43	H	10376126	ZP	AMENAZA	OP41014609-RODILLO PRENSA SE BLOQUEA		
	MEC	08.04.2022	08.04.2022	09:05:00	10:29:00	08.04.2022	STACKER AS-M	UFCORA	1,40	H	10383929	ZP	LIMITA CAP	OP41014826-SE DESPLAZA BANDA #2 STACKER		
	MEC	21.04.2022	21.04.2022	08:44:00	10:07:00	21.04.2022	STACKER AS-M	UFCORA	1,38	H	10385300	4468633	ZP	LIMITA CAP	OP41014851-SE FRENA BANDA #2	
	MEC	18.04.2022	18.04.2022	09:51:00	11:14:00	18.04.2022	AFP-2	UFCORAF2	1,38	H	10384759	ZP	LIMITA CAP	OP41014850-BANDA SUBIDA AL PUENTE AF-P2		
	MEC	24.02.2022	24.02.2022	08:32:00	09:52:00	24.02.2022	SLITTER SR-1	UFCORSRI	1,33	H	10378818	ZP	LIMITA CAP	OP41014686-CUCHILLA 7 NO CORTA BIEM - SR		
	MEC	15.01.2022	15.01.2022	06:36:00	07:49:00	15.01.2022	AFP-2	UFCORAF2	1,22	H	10374335	4454246	ZP	LIMITA CAP	OP41014556-PRECONDICIONADOR CM PEGADO	
	MEC	01.02.2022	01.02.2022	15:45:00	16:54:00	01.02.2022	AFP-1	UFCORAF1	1,15	H	10376340	4457064	ZP	LIMITA CAP	OP41014605-CARA S. AFP1 NO SUBE PUENTE	
	MEC	04.04.2022	04.04.2022	08:07:00	09:09:00	05.04.2022	STACKER AS-M	UFCORA	1,03	H	10383574	4467138	ZP	LIMITA CAP	OP41014809-SE DESPLAZA BANDA #2 STACKER	
	MEC	14.06.2022	14.06.2022	07:26:00	08:28:00	14.06.2022	CUT OFF HQ-M	UFCORH	1,03	H	10390700	4477576	ZP	LIMITA CAP	OP41015018-BANDA RODILLO ENCODER DE COLA	
	MEC	05.05.2022	05.05.2022	06:47:00	07:42:00	05.05.2022	AFP-2	UFCORAF2	0,92	H	10386872	4471037	ZP	LIMITA CAP	OP41014902-SE DESCUELGA PAPEL AFP2	
	MEC	03.01.2022	03.01.2022	10:20:00	11:15:00	04.01.2022	AFP-1	UFCORAF1	0,92	H	10373266	ZP	LIMITA CAP	OP41014519-ACOPLE MANGUERA DE VAPOR MA		
	MEC	10.06.2022	10.06.2022	08:29:00	09:24:00	11.06.2022	AFP-1	UFCORAF1	0,92	H	10390484	ZP	LIMITA CAP	OP41015015-SALPIQUE GOMA AFP1 EXCESO		
	MEC	17.05.2022	17.05.2022	09:57:00	10:49:00	17.05.2022	TREN DE SECADO DF-P SL	UFCORDFP	0,87	H	10387928	4471050	ZP	LIMITA CAP	OP41014946-BAJA TEMPERATURA SECCION 3 OF	
	MEC	08.04.2022	08.04.2022	12:27:00	13:18:00	08.04.2022	RODILLOS DE SALIDA DUCKER	UFCORD	0,85	H	10383967	ZP	LIMITA CAP	OP41014826-CAMA RODILLO SALIDA PEGADA		
	MEC	02.05.2022	02.05.2022	08:40:00	09:30:00	05.05.2022	STACKER AS-M	UFCORA	0,83	H	10387019	ZP	LIMITA CAP	OP41014901-TRASLAPE DE LAMINAS STACKER		
	MEC	02.03.2022	02.03.2022	06:20:00	07:10:00	02.03.2022	AFP-2	UFCORAF2	0,83	H	10379426	4461264	ZP	LIMITA CAP	OP41014708-FUGA AIRE SISTEMA GOMA AFP2	
MEC	02.03.2022	02.03.2022	19:15:00	20:04:00	02.03.2022	PUENTE B	UFCORBRI	0,82	H	10379559	4461241	ZP	LIMITA CAP	OP41014704-CAMBIO RUEDAS CERO CROSS		
MEC	07.06.2022	07.06.2022	07:52:00	08:40:00	07.06.2022	AFP-1	UFCORAF1	0,80	H	10389949	4476875	ZP	LIMITA CAP	OP41014993-SE REVIENTA MANGUERA BARRA IM		
MEC	08.02.2022	08.02.2022	22:45:00	23:30:00	08.02.2022	AFP-2	UFCORAF2	0,75	H	10377189	ZP	LIMITA CAP	OP41014632-FUGA AIRE SISTEMA AFP2			

Nota: Información suministrada por el autor por medio del usuario SAP de UNIBAN

De la tabla se puede observar lo siguiente:

- **Área de la planta analizada:** Corrugador
- **Sistema con mayor tiempo de paro por causa mecánica:** STACKER AS-M
- **Subsistema que causa el paro:** Motor reductor elevación STACKER
- **Tiempo de duración parada:** 31.17 [Horas]
- **Valor del minuto de producción a la fecha del paro:** \$73,233
- **Valor total de la inactividad del sistema:** \$136,960,356

Se hace un seguimiento sobre este subsistema desde el año 2012 para conocer si el modo de falla que se presentó esta vez es nuevo o ya antes había ocurrido, se realiza la búsqueda con los siguientes filtros:

Figura 15

Filtros en transacción IW37N

Nota: Información de suministrada por el autor por medio del usuario SAP de UNIBAN

Tras la búsqueda se obtiene la siguiente información:

Figura 16

Base de datos SAP

Grupo planif.	IniAvería	Fin de avería	HIniAver	HFinAver	Fecha	Denom.ubic.técnica	Ubic.técn.	#DurPa	Un.	Aviso	Orden	Cl.	Prioridad	Descripción
MEC	14.01.2019	15.01.2019	14:42:00	13:14:00	14.01.2019	STACKER AS-M	UFCORA	22,53	H	10260658	4287443	ZP	LIMITA CAP.	OP41010679-MOTOREDUCTOR STACKER
MEC	19.03.2020	19.03.2020	06:20:22	06:40:00	19.03.2020	STACKER AS-M	UFCORA	0,33	H	10304171		ZP	LIMITA CAP.	FALLA EN EL STACKER
MEC	03.06.2022	03.06.2022	10:00:00	14:00:00	03.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	4,00	H	10389584		ZP	LIMITA CAP.	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER
MEC		03.06.2022	14:00:00	22:00:00	04.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	8,00	H	10389669		ZP	LIMITA CAP.	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER
MEC		04.06.2022	22:00:00	06:00:00	04.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	8,00	H	10389670		ZP	LIMITA CAP.	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER
MEC	04.06.2022	04.06.2022	06:00:00	14:00:00	04.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	8,00	H	10389671		ZP	LIMITA CAP.	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER
MEC		04.06.2022	14:00:00	17:10:00	06.06.2022	STACKER AS-M	UFCORA	3,17	H	10389688		ZP	LIMITA CAP.	OP41014977-FALLA MOTOREDUCTOR STAKER
														54,03

Nota: Información suministrada por el autor por medio del usuario SAP de UNIBAN

Como se puede apreciar, este paro se ha presentado en tres ocasiones, en los años 2019, 2021 y 2022 para una suma total de tiempo de paro de 53,7 Horas, haciendo un

cálculo aproximado con el valor del minuto de producción del último paro, se tiene un valor de pérdidas por inactividad de \$235,956,726.

Los datos anteriores demuestran que este subsistema ha presentado tiempos de paro mecánicos representativos para la producción, altos costos de pérdidas por inactividad y de materiales no programados para fábrica. En lo que sigue del capítulo, se plantea una alternativa de monitoreo que puede evitar que este activo llegue a la falla, evitando paros no programados que impidan cumplir con las metas de producción.

7.1.2 *Criticidad del activo*

La compañía ha estandarizado la manera en la que se mide la criticidad de un activo, esto se basa en un modelo multicriterio que abarca los siguientes ítems:

- Medio ambiente
- Salud de los colaboradores
- Limita la producción
- Tiempo entre fallas
- Repuestos
- Entre otros

La criticidad de un activo después de tener en cuenta los criterios anteriores, se ve reflejada por el indicador ABC, que significa lo siguiente:

- **A:** Criticidad alta

- **B:** Criticidad media
- **C:** Criticidad baja

La criticidad del sistema del STACKER AS-M es la siguiente:

Figura 17

Criticidad del sistema

Visualizar ubicación técnica: Datos maestros

Resumen clases PtosMedida/Contador Origen de datos

Ubic.técn. UPCORASM Tipo M Sistema técnico - Est...

Denominación STACKER AS-M

Status CREA

Datos Generales **Emplazamiento** Organización Estructura

Datos de emplazamiento

Ce.emplazam.	UN16	PLANTA CARTON
Emplazamiento	020202	FABRICA DE CAJAS
Local		
Área de empresa	COR	Corrugadora
Puesto trabajo	COR001	CORRUGADORA
Indicador ABC	B	Objeto B
Campo clasif.		

Nota: Información suministrada por el autor por medio del usuario SAP de UNIBAN

La criticidad del subsistema motorreductor elevador STACKER es la siguiente:

Figura 18*Criticidad del subsistema*

Visualizar equipo : Emplazamiento

Resumen clases PtosMedida/Contador

Equipo 10003701 Tipo M Máquinas

Denominación MOTOREDUCTOR ELEVADOR STACKER LENZE

Status AEQS

Válido de 04.08.2016 Fin de validez 31.12.9999

Datos Generales Emplazamiento Organización Estructura

Datos de emplazamiento

Ce.emplazam.	UN16	PLANTA CARTON
Emplazamiento	020202	FABRICA DE CAJAS
Local		
Área de empresa	COR.	Corrugadora
Puesto trabajo	COR001	CORRUGADORA
Indicador ABC	B	Objeto B
Campo clasif.	20110764-2	

Nota: Información suministrada por el autor por medio del usuario SAP de UNIBAN

7.1.3 Confiabilidad del sistema

La confiabilidad del STAKCER AS-M se calcula a partir de los paros reportados en SAP desde el 01.01.2017 hasta el 30.06.2022, la ecuación por la cual se rige este indicador es la siguiente:

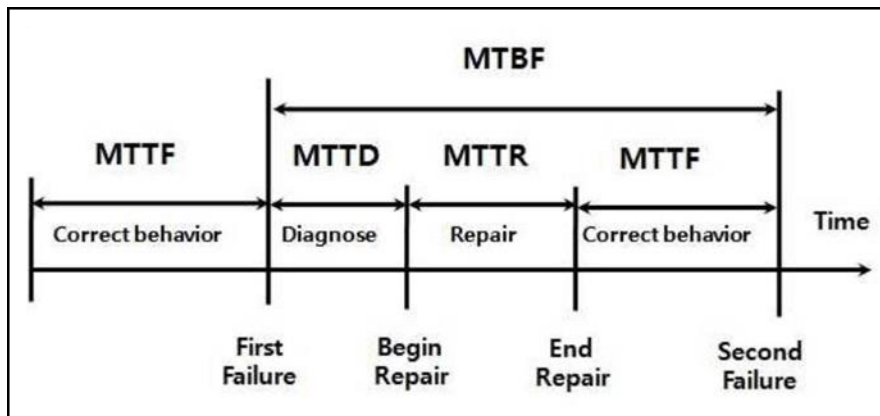
$$C = e^{-t(\frac{1}{MTBF})}$$

Donde:

- **t:** Tiempo de producción para cumplir metas
- **MTBF:** Mean Time Between Failures

Figura 19

Origen Del Mean Time Between Failures



Nota: Información adaptada de las bases de datos de UNIBAN.

En fábrica de cajas, se tiene producción lineal por turnos de 8 horas, la cantidad de turnos a realizar dependen de la cantidad de cajas de cartón a producir, por lo general, se trabajan dos turnos durante un día, es por eso que para los cálculos se toma $t = 16$ Horas

$$y = \frac{1}{MTBF}$$

$$MTBF = MTTR + MTBR$$

Donde:

- **MTTR:** Mean Time To Repair
- **MTBR:** Mean Time Between Reparation

Figura 20

Hoja de Excel diseñada para calcular la confiabilidad

CALCULO DE CONFIABILIDAD AL SISTEMA DEL STACKER AS-M							
Fecha de fin de la primera parada			02/02/2017 10:07		MTBR	Mean time between reparation	
Fecha ultima parada			29/06/2022 17:59		MTTR	Mean time to repair	
Tiempo total de monitoreo			47359.86667		MTBF	Mean time between failures	
(t)			16				
y			0.005738623				
Total de paros	Tiempo total de monitoreo de paros	Tiempo total de paros	MTBR	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
273	47359.86667	212.52	173.4793651	0.778461538	174.2578	99.55525706	91.22711946

Nota: Información suministrada por el autor

Como se puede observar en la figura anterior, el sistema tiene una alta confiabilidad debido a su largo tiempo entre fallas, pero como se detalló en la selección del activo, cuando el subsistema ‘motor reductor elevador’ llega a la falla, los costos por perdidas pueden superar los 100 millones de pesos, suma significativa que sigue haciendo de este un sistema donde se pueden mejorar las estrategias de mantenimiento predictivo con el objetivo de mitigar las perdidas.

1.1.1 RCM: las siete preguntas básicas

Según (Mubray, 2004), en su libro mantenimiento basado en confiabilidad, el RCM responde a siete preguntas claves que ayudaran a conocer la información necesaria sobre el activo al cual se le hará el análisis. Como este análisis se aplicará a un subsistema, primero se dará una breve descripción del funcionamiento del contexto operacional normal de todo el sistema del STACKER AS-M y posteriormente se detallarán las preguntas.

1.1.2 Contexto operacional stacker as-m

El STACKER se encuentra al final de la línea de producción del corrugador, por medio de este sistema todas las láminas de material semielaborado son apiladas en columnas para posteriormente ser transportadas por una cama de rodillos hasta donde las recoge una montacarga; la función principal del STACKER se centra en descargar las láminas de cartón a través de una banda transportadora, a medida que la altura de las columnas de material va creciendo la banda del STACKER va subiendo, de esta manera se evitan acumulaciones de material.

Por medio del protocolo de comunicación PROFIBUS, el sistema sabe a qué velocidad debe estar la banda y a qué velocidad debe subir la misma, estas condiciones dependen del tipo de referencia de cartón que se esté elaborando. En promedio el STACKER puede apilar 230 láminas de cartón de referencia base y 360 de referencia tapas, estos números son variables dependiendo de la referencia de papel con la que se esté trabajando.

- i. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al motor reductor de elevación?
 - **Función Primaria:** Elevar y descender la banda de salida de material a una velocidad regulada según la velocidad del material, hasta finalizar el ciclo de producción.
 - **Funciones Secundarias:**
 - ✓ Medio ambiente: El motor reductor debe garantizar cero fugas de lubricante.

- ✓ Salud y seguridad: Si se presenta una falla en la energía eléctrica y se tiene la banda elevada, el freno del motor debe poderse activar y soportar el peso de la banda.
- ✓ Control: Regular la temperatura
- ✓ Apariencia: Desgaste de su superficie lento

ii. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones? (Fallas funcionales)

- A. Incapaz de subir o bajar la banda
- B. Velocidad de subida menor o mayor a la requerida por la velocidad de llegada del material
- C. Deja caer la banda de manera imprevista
- D. Presenta fugas de aceite
- E. Presenta corrosión
- F. Motor reductor no responde a ninguna señal

iii. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (Modos de falla) A.

A.1 Causas eléctricas

- A.1.1 Daño en el inversor
- A.1.2 Daño en cable que alimenta el motor
- A.1.3 Daño en la bobina del freno
- A.1.4 Daño en los finales de carrera que controlan la posición límite
- A.1.5 Obstrucción de sensor de caucho que se deforma y detecta obstáculo

A.2 Causas mecánicas

- A.2.1 Bloqueo mecánico entre los engranajes del reductor

A.2.2 Desgaste total del rodamiento a la salida de la caja del reductor

(Modos de falla) B.

B.1 Causas eléctricas

B.1.1 Falla en el sensor de barrera

B.1.2 Falla en el inversor

(Modos de falla) C.

C.1 Causas eléctricas

C.1.1 Freno del motor no responde ante la emergencia

C.2 Causas mecánicas

C.2.1 Desgaste excesivo en los elementos de transmisión

(Modos de falla) D.

D.1 Causas mecánicas:

D.1.1 Sobre nivel de aceite

D.1.2 Empaques en mal estado

iv. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? (Efectos de la falla)

A.1.1 El inversor emite una señal al PLC el cual indica en la pantalla del cuarto de control que el inversor del subsistema está en fallo

A.1.2 No se observa ninguna señal de aviso, el motor no responde

A.1.3 El motor queda bloqueado, no se observa ninguna señal de falla

A.1.4 Se observa en el tablero de control la señal que se recibe de todos los sensores, no hay un aviso de la falla

A.1.5 Se observa en el tablero de control la señal que se recibe de todos los sensores, no hay un aviso de la falla

A.1.6 Se observa en el tablero de control la señal que se recibe de todos los sensores, no hay un aviso de la falla

A.2.1 Genera vibraciones y ruidos anormales y si esa falla genera sobre corrientes puede generar un aviso en el PLC por medio del inversor, de lo contrario no se genera aviso en las pantallas del cuarto de control. Genera vibraciones y ruidos anormales.

A.2.2 Se genera vibraciones y ruidos anormales, no se generan avisos en el cuarto de control.

B.1.1 Se observa en el tablero de control la señal que se recibe de todos los sensores, no hay un aviso de la falla

B.1.2 El inversor emite una señal al PLC el cual indica en la pantalla del cuarto de control que el inversor del subsistema está en fallo

C.1.1 No se genera alerta ante la falla, se evidencia caída libre de la banda

C.1.2 Genera vibraciones y ruidos anormales del sistema, se evidencia caída libre de la banda

D.1.1 No se genera aviso del sobre nivel

D.1.2 No se genera aviso del mal estado del empaque, se evidencia goteo de aceite en la superficie

v. ¿En qué sentido es importante cada falla? (Consecuencia de la falla)

Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente

vi. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

- Cambios de aceite
- Revisar nivel de aceite
- Análisis de aceite
- Análisis de vibraciones
- Análisis de ruidos
- Análisis de temperatura

vii. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Realizar mantenimientos correctivos cada que se presente una falla.

Para proceder con el subsistema de estudio, ahora se centrará en los modos de falla A y C los cuales están directamente relacionados con las fallas que se plantearon al inicio del capítulo. En fábrica de cajas se realiza un mantenimiento predictivo cada 6 Meses, para esto se contrata una empresa especializada la cual realiza las mediciones y emite un informe de la labor.

Con el fin de demostrar que el mantenimiento predictivo no entregaba la eficiencia requerida, se presentan los informes que se emitieron meses antes de que sucedieran las fallas:

- ✓ En el mes de noviembre del 2018 se realizó análisis de vibraciones al motor reductor de elevación de la STACKER. El contratista emite el siguiente informe:

Figura 21

Sección del informe enviado por contratista del mantenimiento predictivo

ANÁLISIS DE VIBRACIÓN
MOTOR Y REDUCTOR: Buena condición de funcionamiento en el equipo, conservando muy bajos niveles vibratorios tanto por bajas como por altas frecuencias.
CORRECTIVOS Y/O RECOMENDACIONES
MOTOR. Ninguna.

Nota: Información adquirida de base de datos de UNIBAN.

La falla funcional se presentó 2 meses después de realizado el mantenimiento predictivo.

- ✓ En el mes de abril del 2021 se realizó análisis de vibraciones al motor reductor de elevación STACKER. El contratista emite el siguiente informe

Figura 22

Sección de informe enviado por contratista del mantenimiento predictivo

ANÁLISIS DE VIBRACIÓN
MOTOR Y REDUCTOR: Pese a evidenciar bajas amplitudes de vibración en el periodo, observamos cambios en la rugosidad generalizada y señales de pulsos, leves impactos a 17 hz la cual relacionamos al eje de transmisión.
CORRECTIVOS Y/O RECOMENDACIONES
MOTOR Y REDUCTOR: Recomendamos revisión del conjunto zona de acople, variación en ajuste y holguras.

Nota: Información adquirida de base de datos de UNIBAN.

La falla funcional se presenta 14 meses después de realizado el mantenimiento predictivo.

7.1.4 ¿Qué alternativas brinda el IIOT?

- Monitoreo ON LINE a bajo costo
- Cero Cables
- Periodos de muestreos programables
- Información a la mano

7.1.5 Sensores inalámbricos de vibraciones

Analizar las vibraciones se ha convertido en una herramienta poderosa que se utiliza para identificar condiciones problemáticas dentro de un sistema mecánico. Las mediciones que se realizan en un contexto operacional ideal, permiten ser tomadas como referencia para poder crear alarmas y establecer parámetros industriales que pueden ayudar a planificar y programar mejor el mantenimiento. Al evaluar una posible instalación de un sistema de sensores inalámbrico se deben considerar (Howard, 2018):

- **Topología de red:** Sistema punto a punto o de malla
- **Protocolo de comunicaciones:** Se debe preguntar si el sistema que se desea instalar puede o no interferir con otras señales o procesos, y si el alcance que brinda cada protocolo es el ideal para la aplicación. Entre los protocolos más comunes se encuentran: Bluetooth, WI-FI, Ethernet, Bluetooth Low-Energy.0
- **Visualizar información:** Múltiples fabricantes de sensores inalámbricos permiten manipular la información desde base de datos abiertas y acceder a ellas desde cualquier software basado en SQL, lo cual permite poder hacer conexión con sistemas SCADA, también, si se es desarrollador se puede crear un propio sistema y adaptar los sensores al sistema desarrollado.

DIGIBE MX es una aplicación desarrollada por ERBESSD INSTRUMENTS la cual permite visualizar graficas del comportamiento e históricos de la información con el fin de tomar decisiones en tiempo real.

1.1.3 Sensor elegido

Los sensores PHANTOM son pequeños sensores de monitoreo de condición creados para registrar vibraciones y enviarlas a la nube utilizando un dispositivo intermediario llamado “Gateway”. Esos sensores emiten formas de onda y espectros, alcanzan un ancho de banda 10kHz y 6400 líneas de resolución a través del protocolo BLE 5.0.

Consigue distancias de hasta 100 metros en línea de visión o 50 metros con paredes intermedias, permiten configurar sus intervalos de medición los cuales pueden ir cada 10 a 1440 minutos (Howard, erbessd instruments, 2020).

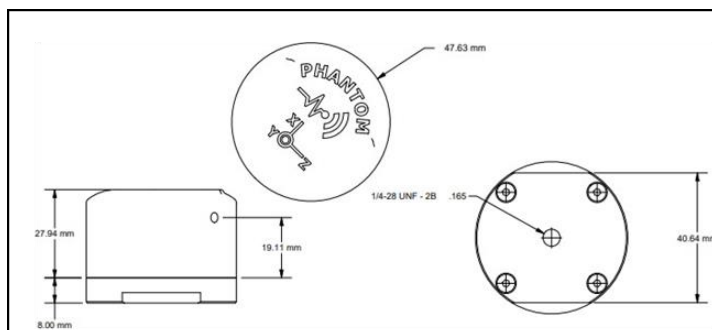
Figura 23

Comunicación entre sensor y Gateway



Nota: Información de EREBSSD INSTRUMENTS (<https://www.erbessd-instruments.com/condition-monitoring-sensors/>).

- **Referencia del sensor:** EPH-V11
- La señal de sensores de PHANTOM se encuentra encriptado
- **Sensibilidad:** 100 mV/G
- **Compatibilidad de dispositivos:** iOS, Android y phantom Gateway
- **Protocolo inalámbrico:** Bluetooth BLE 5.0
- **Compatibilidad de software:** DigibeMX 11 M3
- **Temperatura de operación :** -40 a 80°C
- **Tipo de batería:** Batería de litio (Li-SoCl₂)
- **Tiempo de vida:** 100,0000 mediciones
- **Cantidad de ejes en los que realiza lecturas:** 3 ejes
- Los sensores PHANTOM son compatibles con MODBUS
- **Costo sensores x4 :** \$7,200,000
- **Costo software visualización y análisis de datos:** \$36,220,5000

Figura 24*Dimensiones generales sistema PHANTOM*

Nota: información adaptada de la ficha técnica de EREBSSD INSTRUMENT (https://static.erebssd-instruments.com/ficha_tecnica/phantom/phantom_expert_ficha_tecnica.pdf)

Figura 25*Ejemplo de instalación de sensores*

Nota: información adaptada de la ficha técnica de EREBSSD INSTRUMENT (https://static.erebssd-instruments.com/ficha_tecnica/phantom/phantom_expert_ficha_tecnica.pdf)

Figura 26*Ejemplo de instalación de sensores*



Nota: información adaptada de la ficha técnica de EREBSSD INSTRUMENT
(https://static.erbessd-instruments.com/ficha_tecnica/phantom/phantom_expert_ficha_tecnica.pdf)

7.2 Propuesta para automatizar cambio de referencia en rodillo industrial de la hojeadora

7.2.1 Alcance de la propuesta

Esta propuesta se presenta como una mejora operativa para la maquina hojeadora, por medio del cual se busca eliminar los riesgos laborales al momento de realizar un cambio de referencia en el troquelado. Este trabajo es sugerido por el grupo de ingeniería de fábrica de cajas y aprobado por el jefe de ingeniera y mantenimiento, jefe de producción, jefe de calidad y director de operaciones. Durante el desarrollo se evidenciarán las fases de planeación, diseño, cotización, fabricación, montaje y puesta en marcha. El autor de este texto se encargará de la parte teórica, después de presentado al grupo de ingeniera ellos toman el control y asignan responsable.

7.2.2 *Método de transmisión de potencia*

La instalación del registro eléctrico no trae consigo cambios en la transmisión de potencia, esta se seguirá realizando por medio de una cadena

7.2.3 *Problema de cortos y largos*

Se le ha denominado cortos y largos a las divisiones de papel cuyas dimensiones no corresponden a la referencia que se está procesando. Esta implementación no busca solucionar el problema, puesto que este se relaciona directamente con la transmisión de potencia actual, después de ser instalado el sistema actual, no será novedad que el problema de cortos y largos se siga presentado

7.2.4 *Situación actual*

El procedimiento con el que actualmente se realiza el cambio de referencia de troquelado en la maquina hojeadora, representa un conjunto de riesgos para el operador de la maquina ya que este se encuentra expuesto a: sobre esfuerzo muscular, golpes por o contra objetos y postura forzada o movimientos bruscos.

Para poder efectuar un cambio de referencia el operador debe usar los siguientes recursos:

- Herramienta: Llave 1 ½”, copa 1 1/2”

Figura 27

Herramientas usadas en el procedimiento actual



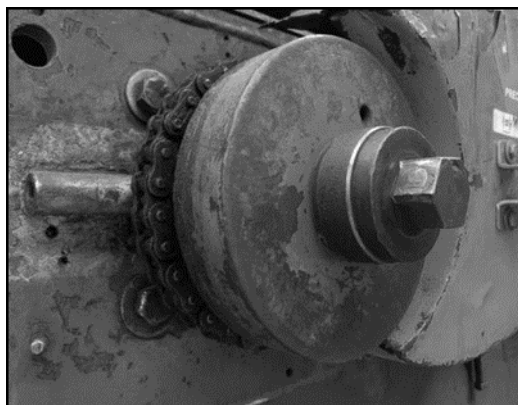
Nota: fotografía tomada por el autor

- Tiempo: 30 minutos
- EPP: Guantes

El registro actual es el siguiente:

Figura 28

Sistema de registro actual



Nota: Fotografía tomada por el autor

Figura 29

Operador realizando procedimiento de ajuste manual al registro

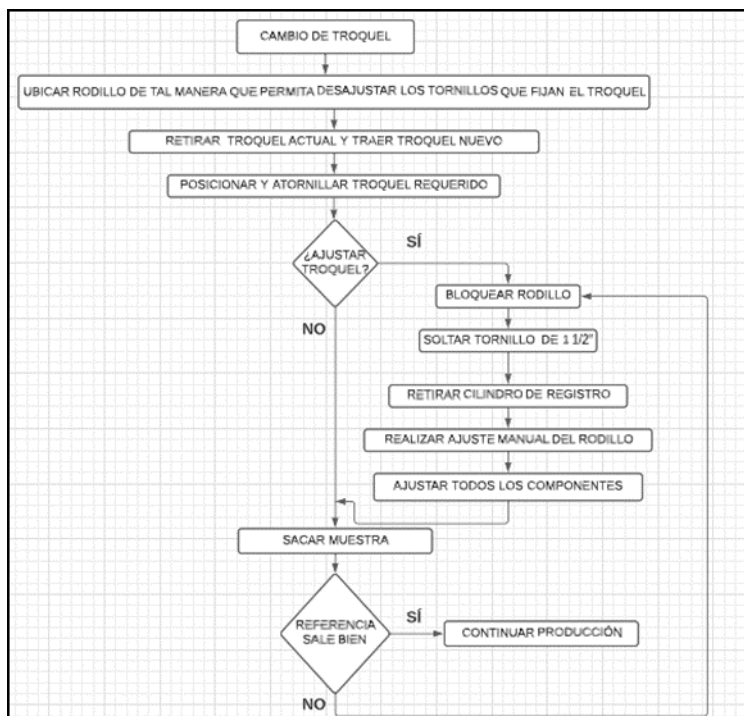


Nota: Fotografía tomada por el autor

El paso a paso actual es el siguiente:

Figura 30

Procedimiento actual para cambio de referencia



Nota: Diagrama realizado por el autor

7.2.5 Responsables

Tabla 2

responsables y su rol dentro del proyecto

NOMBRE	CARGO EN LA EMPRESA	ROL DENTRO DEL PROYECTO
Elkin Alonso Ruiz	Jefe de ingeniería y mtto	Aprueba
María Elena Valencia	Jefe de producción	Aprueba
Diego Fernando Ríos	Jefe de calidad	Aprueba
John Manuel Marulanda	Ingeniero mantenimiento	Supervisor y líder
Antonio Gil Palacios	Coordinador de producción	Aprueba
Elkin Alonso Penagos	Supervisor de producción	Aprueba
Daniel Moreno Ramírez	Practicante ingeniería	Diseñador y planeador
Diego Fernando Aguazado	Practicante ingeniería	Encargado de la continuidad

Nota: El proyecto debe iniciar con la aprobación de todos los responsables.

7.2.6 Identificación y análisis de cambio

7.2.7 Cambios internos

- Cambios de maquinaria/equipos/herramientas
- Cambios en procesos/ procedimientos
- Cambios en métodos de trabajo

7.2.8 Cambios externos

- Evolución del conocimiento SST

7.2.9 Descripción del cambio

- Diseños mecánicos y planeación requerida
- Desmontar rodillo porta troquel para extraer el actual espigo lado motor y hacer el cambio de chumacera.
- Instalación de nuevo espigo, soportes y todas las piezas que conforman el registro eléctrico

7.2.10 Beneficios del cambio

- Se eliminan los riesgos a la integridad física de los operadores
- Se eliminan los riesgos de enfermedades laborales
- Se podrán aumentar los minutos de producción

7.2.11 Consecuencias de no hacerlo

- Cada cambio de referencia a una división troquelada representa un riesgo de accidente para el operador

7.2.12 Identificación de peligros

- Biológico
- Locativo
- Biomecánico
- Psicosocial
- Mecánico
- Eléctrico
- Físico

7.2.13 Procesos o personas afectadas por el cambio

- Procedimiento del cambio de troquel en la maquina hojeadora
- Operadores de la maquina hojeadora
- Técnicos mecánicos

7.2.14 Acción de mitigación

- Instalación de registro eléctrico para que de manera automatizada los operadores puedan ejecutar un cambio de referencia de troquel
- Diseño e instalación de guardas de seguridad a elementos de la transmisión

7.2.15 Materiales que conforman el registro eléctrico

En la tabla 3 se presentan los materiales según el catálogo LAGSTON, la columna ‘estado’ hace referencia al estado en el que se encuentra actualmente el material, puede estar en almacén, tiene que pedirse por reposición, tiene que pedirse para creación de código o ya está en curso. (Para poder iniciar con la programación de montaje, todos los elementos deben estar en almacén)

Tabla 3

Materiales según catalogo LANGSTON

Ítem	Nombre	Parte número	Estado	Cantidad Requerida	Costo conjunto
3	Complete Brush Asembly	7200	Por validar	1	-
7	Electric Motor	16503	En almacén bajo el código 601278	1	\$ 6,037,319
11	Seal Segment	254790	En almacén	1	\$ 356,327
12	Seal Ring	254791	En almacén	1	\$ 1,826,890
21	Register Housing - Print Section	255578	Se está usando el ítem 38 código 601090	1	
22	Control Plate	255610	Por validar	1	-
23	R.B.C Star Tolerance Ring #BN087075	400137	Por validar	1	-
32	Internal Gear	400402	En almacén	1	\$ 9,630,533
34	Slip Ring Assembly	400409	Por validar	1	-

35	Truarc Retaining Ring #5100-350	400411	Para creación de código	1	\$ 6,500
36	Bearing Spacer	400419*	Repuesto recomendado		-
38	Register Housing - Slotter Section	400382	En almacén	1	\$ 7,392,894
39	Motor Housing	400384	Para reposición	1	-
40	Brush Holder Insulator	400747*	Por validar	1	-
41	Motor Shaft Worm	402745*	En almacén	1	\$ 79,581
43	Register Gear (With Bushing)	402748	En almacén, con cód. de material fl50	1	\$ 18,507,555
44	Dial	402754	Para creación de código	1	-
45	Register Gear Bushing	404141	En almacén, con cód. de material fl50	1	\$ 4,357,927
47	Spacer Ring	404145	Para creación de código	1	-
50	Timing Arrow	406791	Para creación de código	1	-
51	Register Arrow	406792	Para creación de código	1	-
52	Brush Cover	407006	Por validar	1	-
53	Retaining Plate	407199	En almacén	1	\$ 133,399
54	Assembled Replacement Adj. Hub. Consisting Of Parts Marked "X" On illustration	407112*	Stock en curso	1	\$ 44,081,800

7.2.16 Materiales para la instalación eléctrica

En la tabla 4 se presentan los materiales eléctricos que se requieren para poder alimentar el sistema desde el tablero de control de la máquina.

Tabla 4

Materiales eléctricos para la instalación del sistema

Ítem	Nombre	Código	Estado	Cantidad requerida	Costos
1	Contactador 104-C09 D22	605235	En almacén	1	\$ 435,035
2	Pulsador Momen	2 604195	En almacén	1	\$ 98,381

	funciones						
3	Guarda motor AMP	0.63-1.00	605297	En almacén	2	\$ 1,115,680	

7.2.17 Espigo o eje de transmisión

Para poder hacer uso de los materiales dispuestos en el catálogo de LANGSTON uno de los requisitos es contar con un eje de transmisión cuyo diámetro de la sección donde se realice la transmisión sea de $2 \frac{7}{16}$ ", el eje de transmisión actual no cumple con esta condición ni su longitud es la adecuada para la aplicación.

7.2.18 Filosofía del diseño

Durante esta sección del capítulo se hará uso el libro de Robert L Mot diseño de elementos de máquinas, cuarta edición. (Mot, 2006)

7.2.19 Procedimiento de diseño

- Determinar la velocidad de giro, potencia y par torsional que debe transmitir
- Determinar diseño de los componentes mecánicos transmisores de potencia, tales como chumaceras.
- Definir el tipo de chumacera, dependiendo si estará sometido a carga axial, radial o combinada, además su posición a lo largo del eje
- Determinar la geometría del eje, con respecto a la posición de los elementos transmisores de potencia
- Determinar la magnitud del par torsional en cada punto del eje
- Determinar las fuerzas en dirección axial y radial ejercidas en el eje.
- Calcular las reacciones en la chumacera

- Generar diagrama de fuerza cortante y momento flector, para determinar la distribución de los momentos flexionantes del eje
- Seleccionar el material de fabricación
- Determinar el esfuerzo de diseño adecuado con respecto a la aplicación de la carga
- Realizar el análisis de cada punto crítico del eje, con el fin de determinar el diámetro mínimo aceptable
- Especificar las dimensiones finales.

7.2.20 Contexto operacional:

- Cantidad de espigos a fabricar: 1
- El espigo ira instalado en el lado motor del rodillo porta troquel, se deberá diseñar en base a las dimensiones internas del rodillo actual.
- El espigo tendrá que contar con un método de sujeción para transmisión de torque, en este caso se hará uso de una cuña y cuñero, esto permitirá que el espigo y el cubo del registro eléctrico queden unidos.
- El plan de mantenimiento del registro eléctrico demanda una inspección preventiva mensual, donde también se deberá inspeccionar el espigo.
- La transmisión del movimiento se realiza con cadena y SPROCKET, como se verá más adelante, el SPROCKET transmite el movimiento al registro y el registro al espigo.
- El espigo debe poder soportar el peso del registro eléctrico (aproximadamente 50Kg)

7.2.21 *Ambiente*

- Intervalo de temperatura: 34°C – 40°C

7.2.22 *Cargas*

Este espigo estará sometido a un esfuerzo estático, puesto que la carga se aplica lentamente, y se estabiliza en un valor que será constante durante un periodo de tiempo.

Las cargas que actúan sobre el eje son las siguientes:

- Peso del registro
- Fuerza resultante ejercida por el SPROCKET sobre el registro
- Reacciones en la chumacera
- Punto en el que se asegura el espigo al rodillo

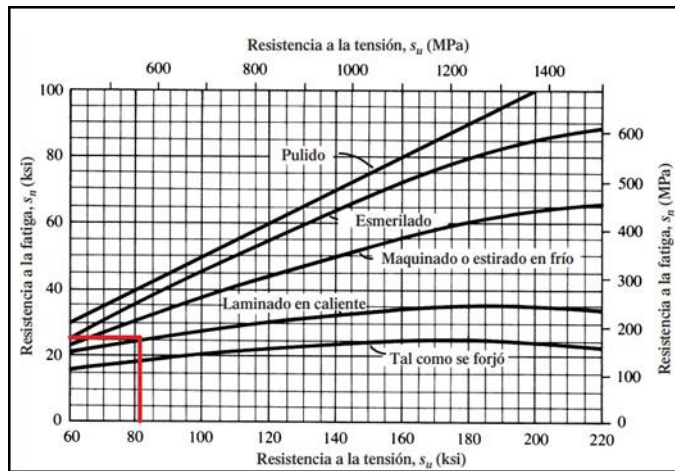
7.2.23 *Material*

El material es selección del ingeniero de mantenimiento mecánico, quien busca mantener un estándar en el material usado en los espigos instalados en fábrica, es por eso que trabajara con ACERO ASI/SAE 1045 que tiene las siguientes propiedades (Useche, 2018):

- Resistencia a la fluencia (S_y) = 45 Kpsi
- Resistencia a la tensión (S_u) = 82 Kpsi
- % de elongación = 16%
- Resistencia básica a la fatiga (S_n) = 25Kpsi

Figura 31

Resistencia a la fatiga S_n en función de la resistencia a la torsión, para acero forjado con varias condiciones de superficie

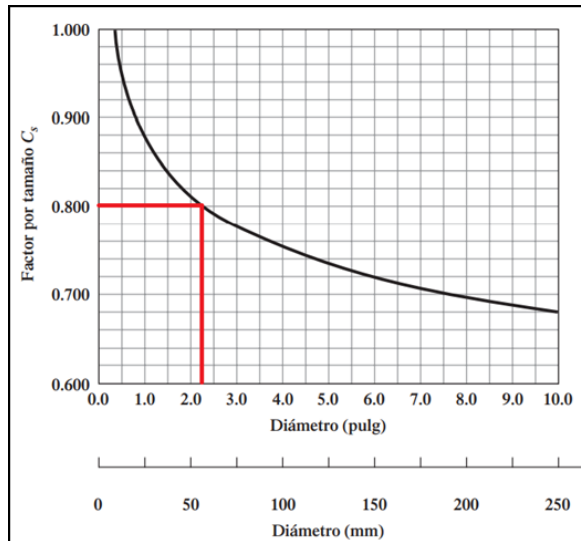


Nota: Información adaptada de diseño de elementos de máquinas, Mot, Robert L, 2006

- **Factor por tamaño C_s :** Este factor se calculará con el valor de $2\frac{1}{2}$ '' puesto que no es el valor mayor sino uno de los diámetros menores del espigo

Figura 32

Factor por tamaño en relación al diámetro menor de la aplicación



Nota: Información adaptada de diseño de elementos de máquinas, Mot, Robert L, 2006

- **Factor de confiabilidad C_R :** El factor de confiabilidad es a consideración del diseñador, en este caso se tomará un factor de confiabilidad de 0.99

Figura 33

Factor de confiabilidad

Factores de confiabilidad aproximados C_R	
Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Nota: Información adaptada de diseño de elementos de máquinas, Mot, Robert L, 2006

- Resistencia a la fatiga modificada ($S'_n = S_n C_s C_R$)

$$S'n = 82Kpsi * 0.8 * 0.81 \quad (1)$$

$$S'n = 53136 Psi$$

7.2.24 Factores de diseño Materiales dúctiles

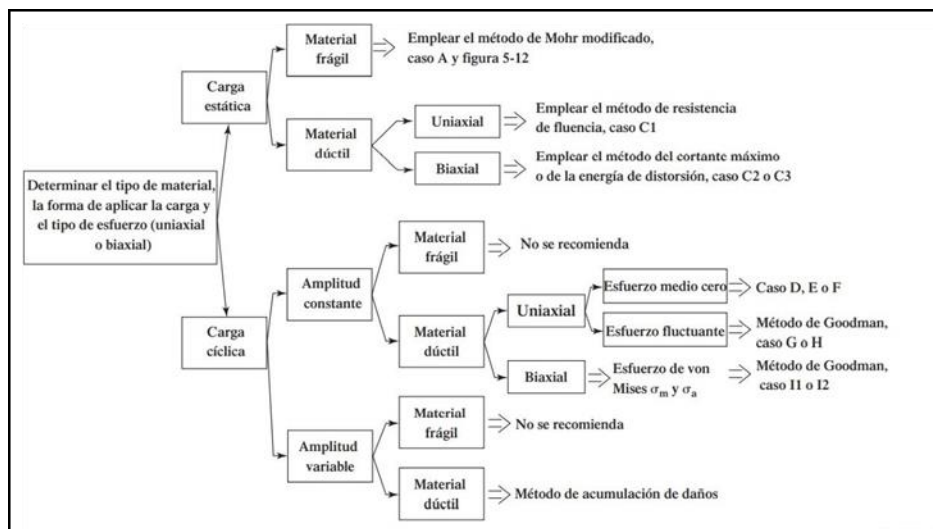
- N = 1.25 a 2. El diseño de ejes bajo carga estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño
- N = 2.0 a 2.5. En diseño de ejes bajo cargas dinámicas, con una confianza media en todos los datos de diseño.
- N = 2.5 a 4.0 Se usa en ejes bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales y análisis de esfuerzos.

7.2.25 Materiales frágiles

- N = 3.0 a 4.0 Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño
- N = 4.0 a 8.0 Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

Figura 34

Ruta para seleccionar el factor de diseño adecuado



Nota: Información adaptada de diseño de elementos de máquinas, Mot, Robert L, 2006

7.2.26 Concentración de esfuerzos

Como es común, para poder ubicar los diversos tipos de elementos de máquinas, de manera adecuada, que el eje final contenga varios diámetros, cuñeros y otras discontinuidades geométricas las cuales producen concentraciones de esfuerzos (Mot, 2006).

- **Cuñeros:**

Se conoce como cuñero a una ranura longitudinal que se corta en un eje, su función principal es permitir transferir par torsional del elemento transmisor al eje. Existen dos tipos de cuñeros que se usan con más frecuencia, los valores que comúnmente se trabajan en el diseño son:

$$KT = 2.0 \text{ (perfil)} \quad (2)$$

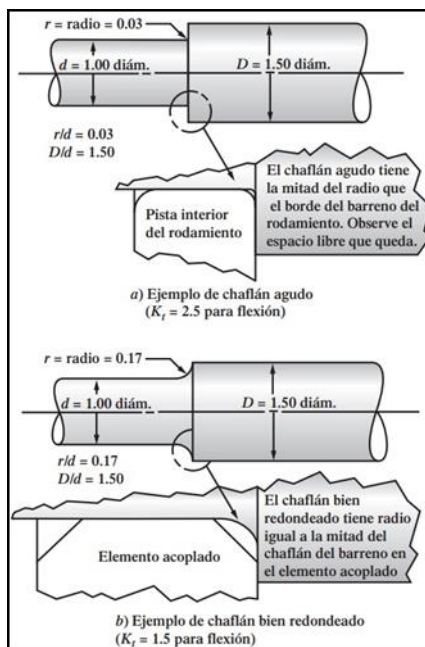
$$KT = 1.6 \text{ (de trineo)} \quad (3)$$

- Escalones

El escalón hace referencia al cambio de diámetro presente en un eje, su uso principal es para fijar un elemento de maquina como por ejemplo un rodamiento. En el punto donde se tiene el escalón produce una concentración de esfuerzos que depende de la relación entre los dos diámetros y del radio del chaflán, ver figura 36. (Mot, 2006).

Figura 35

Concentración de esfuerzos en escalones



Nota: Información adaptada de diseño de elementos de máquinas, Mot, Robert L, 2006

En diseños para flexión se usan los siguientes valores:

$$KT = 2.5 \text{ (escalón agudo)} \quad (4)$$

$$KT = 1.5 \text{ (escalón bien redondeado)} \quad (5)$$

- Ranuras para anillos de retención

Los anillos de retención cumplen principalmente con fijar un elemento de maquina en una posición específica, para su instalación se debe realizar una ranura en el eje superficial con paredes y fondos rectos, y un pequeño chaflán en la base de la ranura (Mot, 2006). Para el diseño se aplicará el siguiente valor:

$$KT = 3.0 \quad (6)$$

7.2.27 Cálculos

Iniciar con los cálculos para el diseño requiere conocer en detalle las especificaciones técnicas de la caja P.I.V. Usada para transmisión de potencia.

Figura 36

Especificaciones técnicas de la caja de engranajes

Serial: L96-44271-A1

Link-Belt® P.I.V.®			
variable speed drive			
Model No.		Size	
410Z44AP		H304-76	
Max. RPM in H.P. Rating at Output RPM Service Factor I.O.			
875	6.95 H.P. @ 1250	3.4	H.P. @ 438
Ratio		Chain Size	
4		3LB32	
Do not turn handwheel unless drive is operating			
Before starting fill with quarts of lubricant			
Ambient Temperature 0° to 40°F 41° to 100°F 101° to 150°F			
AGMA Lubricant No. 3 No. 7 No. 8			
Change lubricant at least every 2500 hours.			
See service instructions.			
Link-Belt Drive Division Philadelphia, PA			1974W17-1

Nota: Información suministrada por el autor

- **Cálculo del par torsional**

Para el cálculo de par torsional, se aplica la teoría de fuerzas que ejercen los elementos sobre las maquinas [1], la cual estipula que para unidades inglesas se puede hacer uso de la siguiente ecuación para un cálculo directo

Donde:

$$T = \frac{63000 (P)}{n} \quad (7)$$

- ✓ P = Potencia que transmite, HP
- ✓ n = Velocidad de giro, rpm
- ✓ T = par torsional sobre el engrane, lb. Pulgada
- ✓

Entonces:

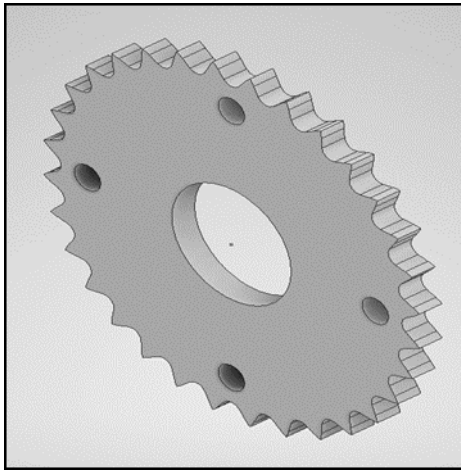
$$T = \frac{63000 * 3.4HP}{438 RPM} = 489.041 \text{ Lb. in} \quad (8)$$

- **Cálculo de las fuerzas que actúan sobre el SPROCKET**

Como ya se ha definido, el elemento principal de la transmisión será el SPROCKET con un diámetro de paso de 200 mm

Figura 37

Isométrico SPROCKET a utilizar



Nota: Diseño realizado por el autor

La fuerza flexionante total sobre el eje que sostiene el SPROCKET es igual a la tensión en el lado tenso de la cadena.

$$F = \frac{T}{D} \quad (9)$$

Donde

- ✓ F = Fuerza sobre el SPROCKET
- ✓ T = Par torsional
- D = Diámetro de paso del SPROCKET

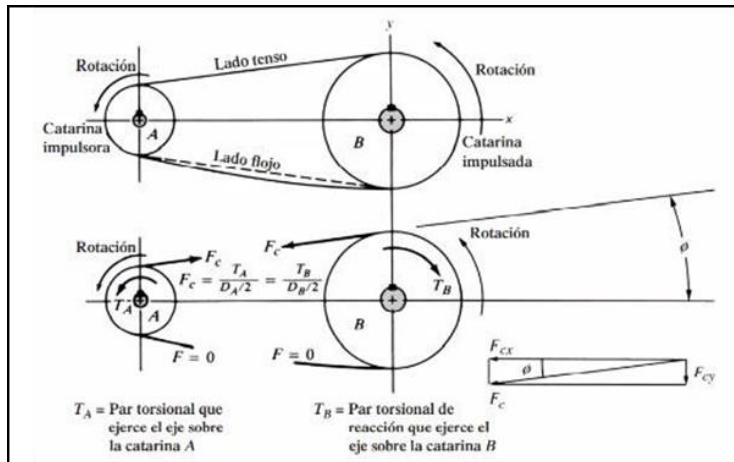
$$F = \frac{489.041}{\frac{7.874}{2}}$$

$$F = 124.216 \text{ Lb} \quad (10)$$

Debido a que los SPROCKET transmisor y transmitido no están sobre el mismo plano horizontal, se cumple lo siguiente:

Figura 38

Fuerzas que actúan sobre un SPROCKET

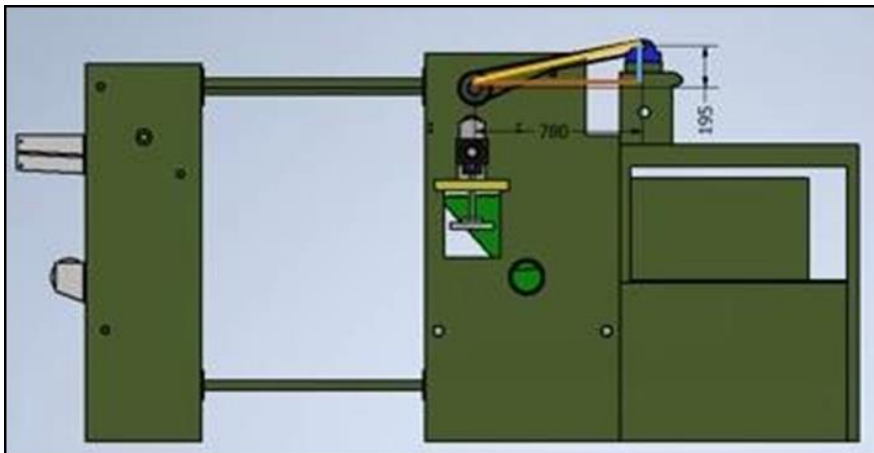


Nota: Información adaptada de diseño de elementos de máquinas, Mot, Robert L, 2006

El sistema en la máquina se detalla en la siguiente imagen:

Figura 39

Vista lateral máquina, el SPROCKET transmisor está en la parte derecha y el transmitido en la parte izquierda



Nota: Diseño realizado por el autor

Conversión de unidades de milímetros a pulgadas

✓ 780 mm = 30.708666 in

✓ $195 \text{ mm} = 7.67716 \text{ in}$

✓ $\text{Hipotenusa} = 804.005 \text{ mm} = 31.653763 \text{ in}$

El Angulo necesario para calcular las componentes de la fuerza F es el siguiente:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{7.67716}{30.70866} \right) = 14.0361 \quad (11)$$

Por consiguiente, las componentes de la fuerza 'F' son:

$$F_z = F \cos(\theta) = 124.216 \text{ Lb} * \cos(14.0362) \quad (12)$$

$$F_z = 120.507 \text{ Lb} \quad (13)$$

$$F_y = F \sin(\theta) = 124.216 \text{ Lb} * \sin(14.0362) \quad (14)$$

$$F_y = 30.1267 \text{ Lb} \quad (15)$$

- Cálculo del peso que ejerce el registro sobre el espigo

Masa (Kg): 80Kg

Masa con la que se diseñara: 160Kg

Factor de seguridad: 2

$$W = 160 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 160 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (16)$$

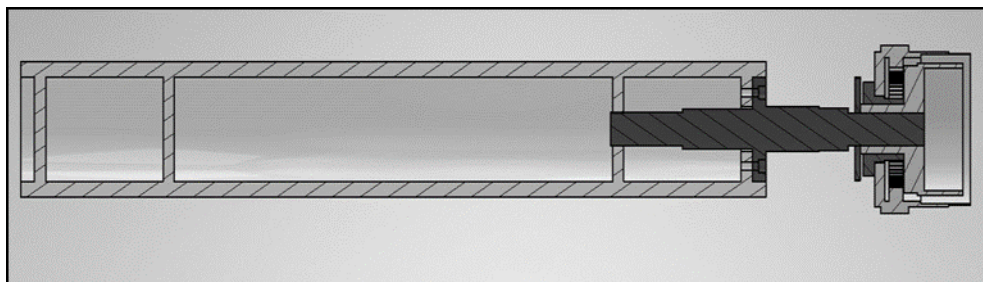
Realizando la conversión de Newton a Libras Fuerza se tiene:

$$1569.6 \text{ N} * \left(\frac{1 \text{ Lbf}}{4.448 \text{ N}} \right) = 352.877 \text{ Lbf} \quad (17)$$

- Geometría del eje

Figura 42

Ensamble rodillo, espigo y registro eléctrico



Nota: diseño realizado por el autor

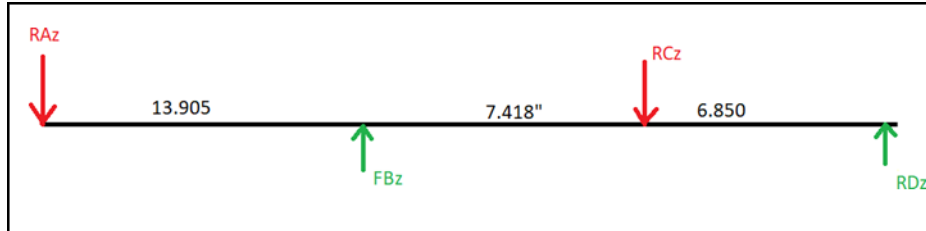
En donde:

- A:** punto que representa las reacciones dentro del rodillo, lugar donde reposa el extremo del espigo
- B:** punto donde se realiza la sujeción mecánica del rodillo con el espigo
- C:** Reacciones en el rodamiento
- D:** Posición del SPROCKET

- Cálculo de las reacciones en el plano ZX

Figura 43

Reacciones en el plano ZX



Nota 1: medidas en pulgadas

Nota2: En la figura 44 se presentan las fuerzas y reacciones presentes en el eje ZX, teniendo en cuenta que el eje X se encuentra longitudinal al espigo, se descomponen las fuerzas YZ.

$$\sum F_z = 0$$

$$-RA_z + FB_z - RC_z + FD_z = 0$$

$$RA_z = 120.507 \text{ Lb} + 120.507 \text{ Lb} - RC_z$$

$$RA_z = 241.014 \text{ Lb} - RC_z \quad (17)$$

$$\sum MA = 0 \text{ (En sentido horario +, antiorario -)}$$

$$-FB_z (13.905 \text{ in}) + RC_z (21.323) - RD_z (28.137) = 0$$

$$(-120.507 \text{ Lb} * 13.905 \text{ in}) + 21.323 RC_z - (120.507 \text{ Lb} * 28.137 \text{ in}) = 0$$

$$-1675.649 \text{ Lb. in} + 21.323 RC_z - 3401.671 \text{ Lb. in} = 0$$

$$-5077.692 \text{ Lb. in} + 21.323 RC_z = 0$$

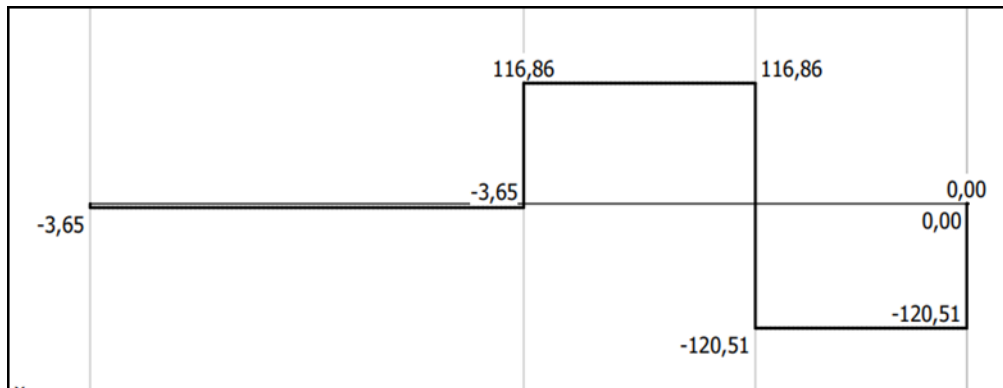
$$RC_z = \frac{5077.32 \text{ Lb. in}}{21.323 \text{ in}} \quad (18)$$

$$RC_z = 238.114 \text{ Lb}$$

Haciendo uso del software MDSolids 4.0, como se observa en la figura 44 y 45 se realizan los diagramas de fuerza cortante y momento flector que actúan sobre el eje en el plano ZX.

Figura 44

Fuerza cortante en el plano ZX

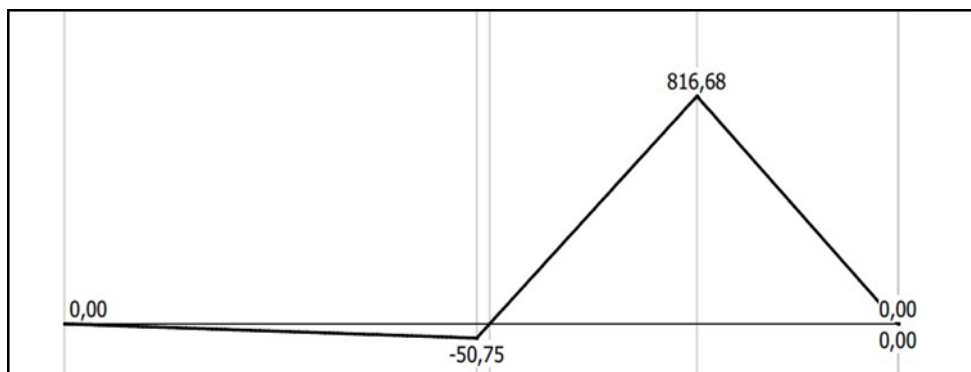


Nota: Gráfico del autor, realizado en software MD solids para validar que los cálculos estén bien

Figura

45

Momento flector en el plano ZX

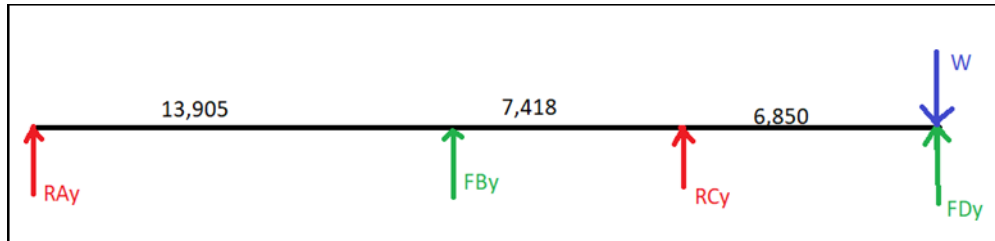


Nota: Gráfico del autor, realizado en software MD solids para validar que los cálculos estén bien

- Cálculo de las reacciones en el plano YX

Figura 46

Reacciones en el plano YX



Nota: Medidas en pulgadas

$$\sum f_y = 0$$

$$R_{Ay} + F_{By} + R_{Cy} + F_{Dy} - W = 0$$

$$R_{Ay} + 30.1267 \text{ Lb} + R_{Cy} + 30.1267 \text{ Lb} - 352.877 \text{ Lb} = 0$$

$$R_{Ay} + R_{Cy} - 292.623 = 0$$

$$R_{Ay} = 292.623 - R_{Cy} \quad (19)$$

$$\sum MA = 0 \text{ (Sentido horario+, antiorario-)}$$

$$-F_{By}(13.905) - R_{Cy}(21.323) + W(27.173) - F_{Dy}(28.173) = 0$$

$$-(30.1267 * 13.905) - 21.323 R_{Cy} + (352.877 * 27.173) - (30.1267 * 28.173) = 0$$

$$-418.911 - 21.323 R_{Cy} + 9588.726 - 848.759 = 0$$

$$8321.056 - 21.323 R_{Cy} = 0$$

$$R_{Cy} = \frac{8321.056}{21.323}$$

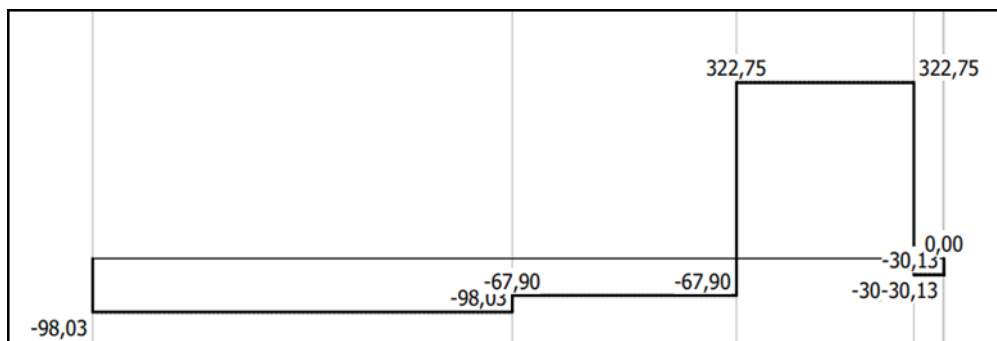
$$R_{Cy} = 390.238 \text{ Lb} \quad (20)$$

Reemplazando (20) en (19) se tiene:

$$R_{Ay} = 292.623 - 390.238$$

$$R_{Ay} = -97.615 \text{ lb}$$

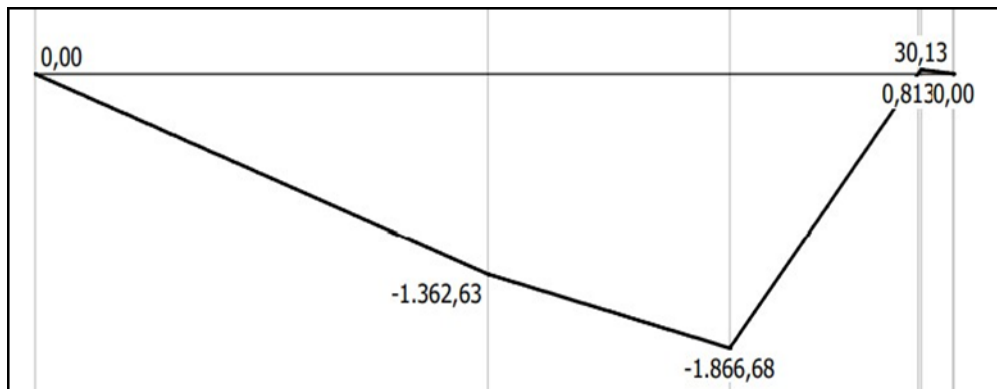
Haciendo uso del software MDSolids 4.0, como se observa en las figuras 48 y 49 se realizan los diagramas de fuerza cortante y momento flector que actúan sobre el eje en el plano YX.



Nota: Gráfico del autor, realizado en software MD solids para validar que los cálculos estén bien

Figura 47

Momento flector en el plano YX



Nota: Gráfico del autor, realizado en software MD solids para validar que los cálculos estén bien

- Cálculo de los diámetros mínimos

Según Mott, el cálculo de diámetro se puede realizar con base a la siguiente ecuación:

$$D = \left[\frac{32(N)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{Kt * M}{S'n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (21)$$

Donde:

- ✓ D: Diámetro mínimo
- ✓ N: Factor de diseño o factor de seguridad
- ✓ Kt: Factor de concentración de esfuerzos
- ✓ M: Momento flexionante combinado
- ✓ S'n: Resistencia a la fatiga
- ✓ T: Par torsional
- ✓ Sy: Resistencia a la fluencia

- Diámetro mínimo sección AB

En esta sección el eje reposa sobre el rodillo con un par torsional que debe ser el mismo que el de la transmisión, por lo que se toma el momento flector igual a cero, y la ecuación 10 se convierte en:

$$D = \left[\frac{32(N)}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (22)$$

Reemplazando los valores se obtiene:

$$D_{AB} = \left[\frac{32(2)}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{489.041}{45000} \right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D_{AB} = 0.576630 \text{ in} = 14.646 \text{ mm} \quad (23)$$

- Diámetro mínimo sección BC

Como se puede evidenciar en la figura 45 y figura 48, este punto está sometido a momento flector, por lo que se tiene que calcular el momento flector resultante de la siguiente manera:

$$M = \sqrt{(-50.75)^2 + (-1362.63)^2} \quad (24)$$

$$M = 1363.574 \text{ Lb.in}$$

Para el valor Kt, se tiene en cuenta el chaflán redondeado, lo cual indica que se puede tomar un Kt = 1.5 por la baja concentración de esfuerzos en ese punto. Entonces, el cálculo del diámetro mínimo queda de la siguiente manera:

$$D_{BC} = \left[\frac{32(2)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1.5 * 1183.098}{17000} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{489.041}{45000} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (26)$$

$$D_{BC} = 1.3497 \text{ in} = 34.281 \text{ mm}$$

- Diámetro mínimo sección CD

Al igual que para el diámetro mínimo 2, se debe calcular el momento flector resultante:

$$M = \sqrt{(816.68)^2 + (-1866.68)^2} \quad (27)$$

$$M = 2037.513 \text{ Lb. in}$$

Provisionalmente se tiene un chaflán redondeado por lo que el factor de concentración se toma como $K_t = 1$.

El cálculo del diámetro queda de la siguiente manera:

$$D_{CD} = \left[\frac{32(2)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1.5 * 1787.03}{17000} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{489.041}{45000} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (28)$$

$$D_{CD} = 1.5421 \text{ in} = 39.170 \text{ mm}$$

- Carga radial sobre el rodamiento

Con base a los resultados obtenidos en las gráficas de fuerza cortante se obtiene la siguiente resultante:

$$V = \sqrt{(-120.51)^2 + (-30,13)^2} \quad (29)$$

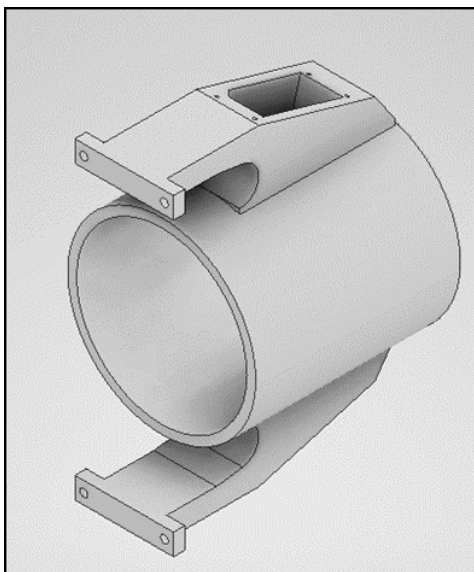
$$V = 116.682 \text{ Lb}$$

7.2.28 Soporte para register housing

La instalación de un nuevo sistema a cualquier máquina, requiere poder ejecutar adecuaciones a la estructura principal de la misma, en este caso, para poder instalar el sistema de registro eléctrico, se requiere poder soportar la pieza ‘register housing’, dentro de esta pieza se van a ubicar el motor, el tambor de anillos deslizantes y los pulsadores que darán la señal de ‘adelante o atrás’.

Figura 48

3D carcasa donde va alojado el motor



Nota: diseño realizado por el autor

Figura 49

Carcasa donde va alojado el motor

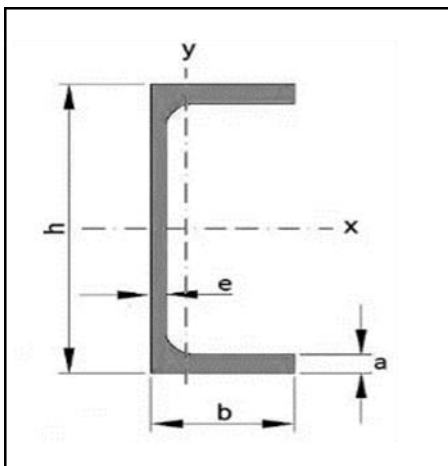


Nota: Fotografía tomada por el autor

Para la fabricación del soporte se ha seleccionado un perfil de acero estructural en forma de C con las alas paralelas, de dimensiones:

Figura 50

Canal en C de 4" x 2"

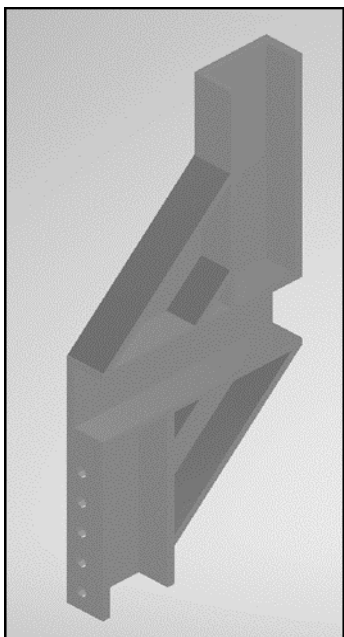


Nota: Figura adaptada de Hierro y acero (<https://www.hierroyacero.site/perfil-upe/>)

- $h = 4''$
- $b = 2''$

Figura 51

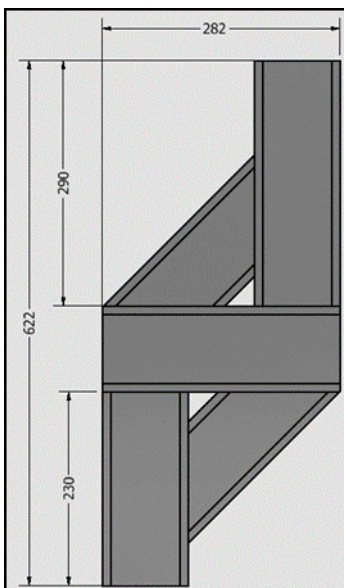
Ensamble estructura para soportar carcasa



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura 52

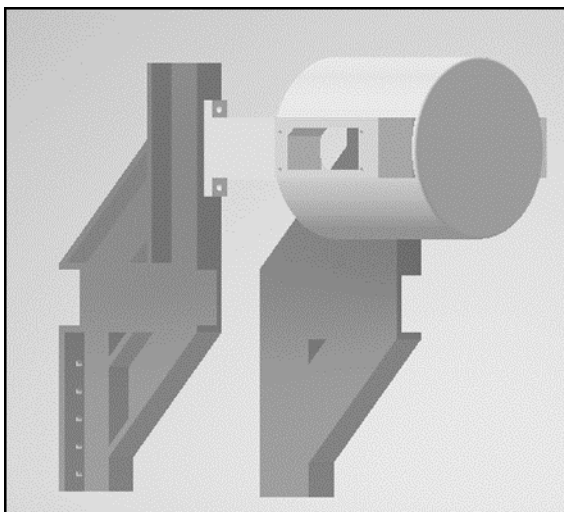
Medidas generales soporte



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura 53

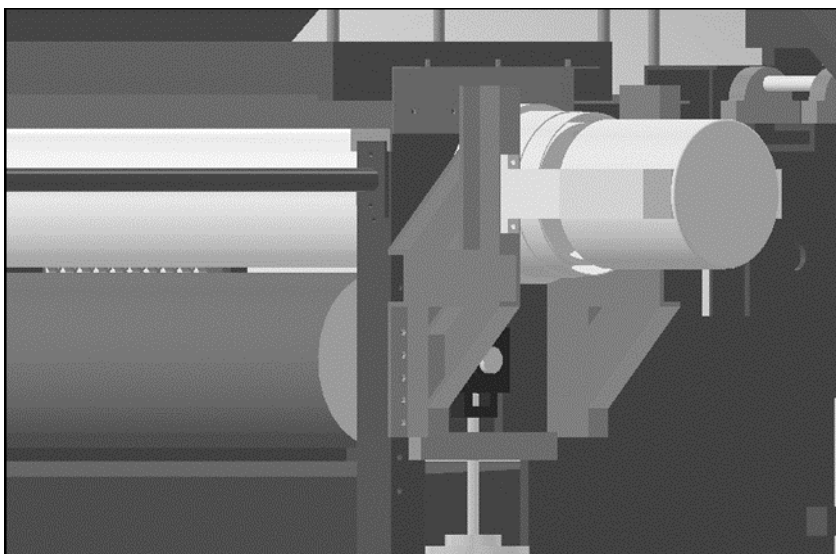
Ensamble de soportes y carcasa



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura 54

Ensamble en la maquina

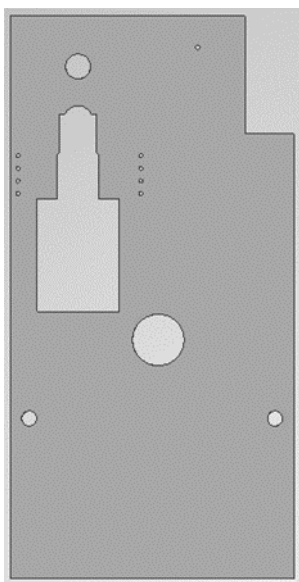


Nota: Diseño realizado por el autor

Las modificaciones que se deben hacer a esa sección de la maquina son las siguientes:

Figura 55

Cureña lado motor con perforaciones nuevas

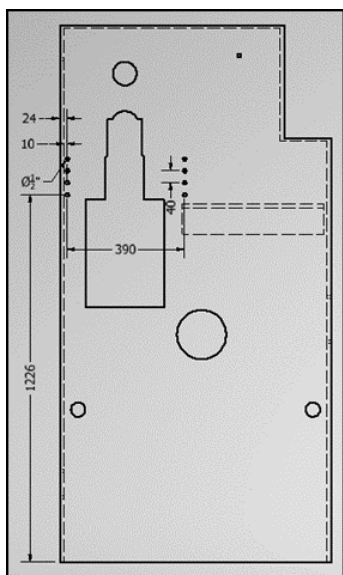


Nota 1: Diseño realizado por el autor

Nota 2: El termino cureña hace referencia a la estructura de la maquina

Figura 56

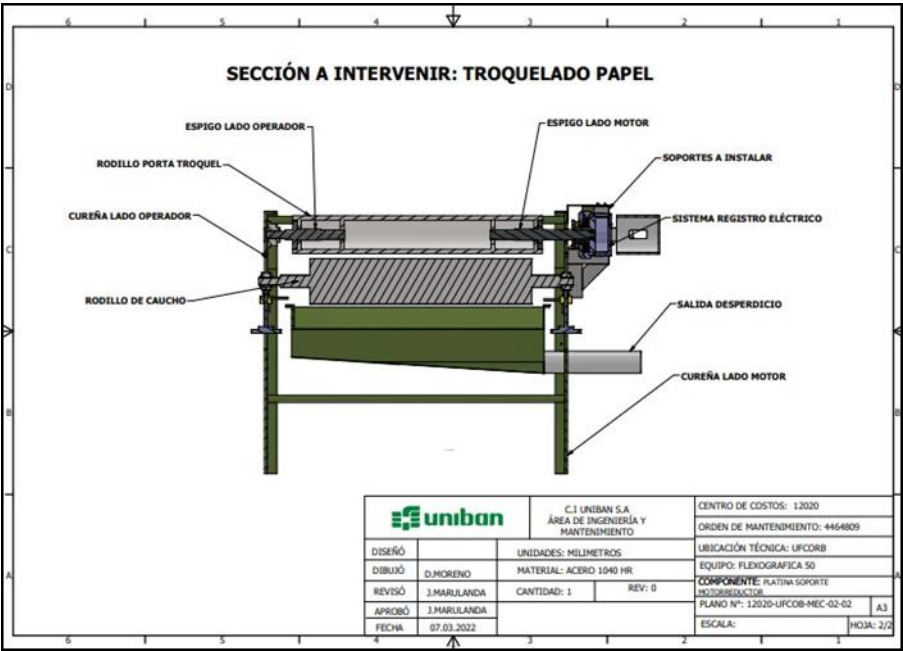
Medidas sobre las perforaciones que llevara la cureña



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura 57

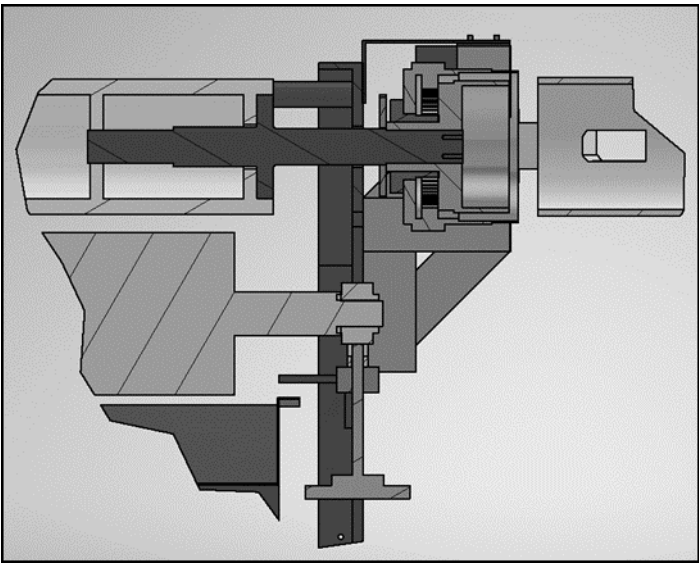
Plano general de la sección que se debe intervenir



Nota: Plano realizado por el autor

Figura 58

Detalle de la sección que será intervenida



Nota: Diseño realizado por el autor

7.2.29 *Plan de mantenimiento preventivo*

Actualmente se encuentra estandarizado el plan de mantenimiento mecánico, eléctrico y de lubricación para la maquina hojeadora.

Cuando se realiza una planeación de operaciones en SAP ERP, se segmentan las operaciones y suboperaciones

- PM01: Operación principal
- PM99: Suboperación

7.2.30 *Plan de mantenimiento preventivo Mecánico - hojeadora:*

Tabla 5

Operaciones asignadas al plan de mantenimiento mecánico de la maquina hojeadora

Ctrol	Descripción operación
PM01	3M INSPECCION MECANICA SIST NEUMATICO
PM99	AJUSTE MECÁNICO GUIA EYECTORAS
PM99	3M. REVISAR SISTEMA NEUMÁTICO
PM99	REV DE ELECTROVALVULAS RODILLO PISADOR
PM99	REV UNIDAD DE MANTTO RODILLO PISADOR
PM99	REV MANGUERAS DE AIRE RODILLO PISADOR
PM01	3M INSPECCION MECANICA SIST NIVELADOR
PM99	REV CIL NEUMATICOS RODILLO PISADOR
PM99	3M. REVISAR SISTEMA NIVELADOR
PM99	REV GUIAS DESPLAZAMIENTO MEC NIVELADOR
PM99	REV RODAMIENTOS MEC. NIVELADOR
PM01	3M INSPECCION MECANICA ZARANDA
PM99	3M. REVISAR ZARANDA
PM99	REV ANCLAJE DE MOTOR ZARANDA
PM99	REV CADENA - SPROCKETS ZARANDA
PM99	REV DE EXCENTRICAS ZARANDA
PM01	4M INSPECCION MECANICA 4 MESES
PM99	REV DE BANDAS TRACCION LAMINAS
PM99	REV TENSOR BANDAS TRACCION

PM01	6M INSPECCION MECANICA GENERAL
PM99	AJUSTE DE PRISIONEROS ROD. DESENCURVADOR
PM99	REV BUJES Y PASADORES ROD DESENCURVADOR
PM99	REV PLATINA DESENCURVADORA
PM99	6M REV MECANISMO RODILLO PORTATROQUEL
PM99	AJUSTE DE PRISIONEROS CHUMACERA
PM99	REV AJUSTE CON COMPARAD ROD PORTATROQUEL
PM99	REV AJUSTE CON COMPARADOR ROD PORTABANDA
PM99	REV DE EMBRAGUE ROD. PORTATROQUEL
PM99	REV CADENA - SPROCKET PORTATROQUEL
PM99	6M REV MECANISMO EJE CONDUCTOR BANDA INF
PM99	AJUSTE DE PRISIONEROS CHUMACERA
PM99	REV AJUSTE CON COMPARADOR RODAMIENTO 4 P

Nota 1: En la tabla 5 se presenta la hoja de ruta establecida para el mantenimiento mecánico

de la maquina hojeadora, en el listado se aprecian operaciones con periodo de tres meses, cuatro meses y seis meses.

Nota 2: El termino REV hace referencia a REVISAR, puesto que son mantenimientos preventivos de inspección.

7.2.31 Plan de mantenimiento de Lubricación

Tabla 6

Plan de mantenimiento de lubricación asignado a la maquina hojeadora

Ctrol	Descripción operación
PM01	8D LUBRICACION SEMANAL
PM99	REVISION VASO UNIDAD DE MTTO
PM01	15D LUBRICACION QUINCENAL
PM99	REV NIVEL ACEITE TK HCO PORTA ROLLO
PM01	1M LUBRICACION MENSUAL
PM99	REV. BUJES EJE PRINCIPAL
PM99	REV. BUJES INF. PISTON DE ELEV.
PM99	REV. BUJES SUP.PISTON DE ELEV.
PM99	REV. BUJES CHAVETAS DE BRAZOS
PM99	REE. CADENA PORTAMESA
PM99	REV. CARCAZA BRAZO PORTA ROLLO
PM99	REV. SPROCKE CADENA PORTAMESA
PM99	REV TORNILLO SINFIN TORNILLO SINFIN
PM99	REV. RDTO EJE CUCHILLA

PM99	REV. ROD. ALIMENTADOR 1
PM99	REV. RDTO. AXIAL FRENO P.R.
PM99	REV. RDTO DEL CONO
PM99	REV. ROD. DE PRESION
PM99	REV. ROD. SALIDA DE BANDA
PM99	REV. ROD. LOCO ENTRADA
PM99	REV. RDTO EJE PRINCIPAL
PM99	REV. DE PIÑONES EJE PRINCIPAL
PM01	1A LUBRICACION ANUAL
PM99	CAMBIO ACEITE SISTEMA HIDRAULICO
PM99	CAMBIO DE FILTRO HIDRAULICO
PM99	TOMAR MUESTRA DE ACEITE SIST. HIDRAULICO

Nota: La tabla 6 presenta la hoja de ruta para la lubricación que requieren los rodamientos, chumaceras y rodillos de la máquina.

7.2.32 Plan de mantenimiento eléctrico

Tabla 7

Plan de mantenimiento eléctrico asignado a la maquina hojeadora

Ctrol	Descripción operación
PM01	6M INSPECCION SISTEMA ELECTRICO
PM99	LIMPIEZA DE GABINETE INVERSORES
PM99	REVISAR VENTILADOR INVERSORES
PM99	AJUSTE DE CONEXIONES INVERSORES
PM99	6M. REVISAR SISTEMA MONTALVO
PM99	REV SIST ELECTRONICO GRAL P/A LA MAQUINA

Nota: La tabla 7 presenta la hoja de ruta para el mantenimiento eléctrico de la máquina, se aprecian las inspecciones que se deben realizar a la máquina y los periodos establecidos.

7.2.33 Plan de mantenimiento preventivo Mecánico – registro eléctrico

Tabla 8

Plan de mantenimiento mecánico asignado a los registros eléctricos

Ctrol	Descripción operación
PM01	1M REVISION MECANICA IMPRESOR
PM99	REV TORN QUE FIJAN TAPA CUÑA 5/8"
PM99	REV CUÑA 5/8" CUBO ESPI ROD
PM99	REV PIÑONES RECTOS ALOJADOS INTER/TE 2 P
PM99	REVISION MECANICA REGISTRO INTERNO
PM99	REV CORONAS BRONCE Y PIÑONES HELICOI
PM99	REV ROD/TOS DE CONTACTO ANGULAR

Nota: La tabla 8 presenta la hoja de ruta para el mantenimiento mecánico establecida para el registro eléctrico, se aprecian las inspecciones y los periodos.

7.2.34 Plan de mantenimiento de lubricación

Tabla 9

Plan de mantenimiento de lubricación asignado a los registros eléctricos

Ctrol	Descripción operación
PM01	15D LUBRICACION QUINCENAL
PM99	REENGRASE GENERAL CUERPO 24 PUNTOS
PM99	REENGRASAR EXCENTRICA RODILLOS
PM99	REV GRASA ENGRANAJE REGISTRO INTERNO

Nota: La tabla 9 presenta la hoja de ruta para la lubricación establecida para el registro eléctrico, se aprecian las inspecciones y los periodos.

7.2.35 Plan de mantenimiento eléctrico

Tabla 10

Plan de mantenimiento eléctrico asignado a los registros eléctricos

Ctrol	Descripción operación
PM01	6M REVISION ELECTRICA
PM99	REV Y LIMPIEZA CONEXIONES DE REGISTRO

Nota: La tabla 10 presenta la hoja de ruta para el mantenimiento eléctrico establecida para el registro eléctrico, se aprecian las inspecciones y los periodos.

7.2.36 Actualización o ajuste al plan de mantenimiento

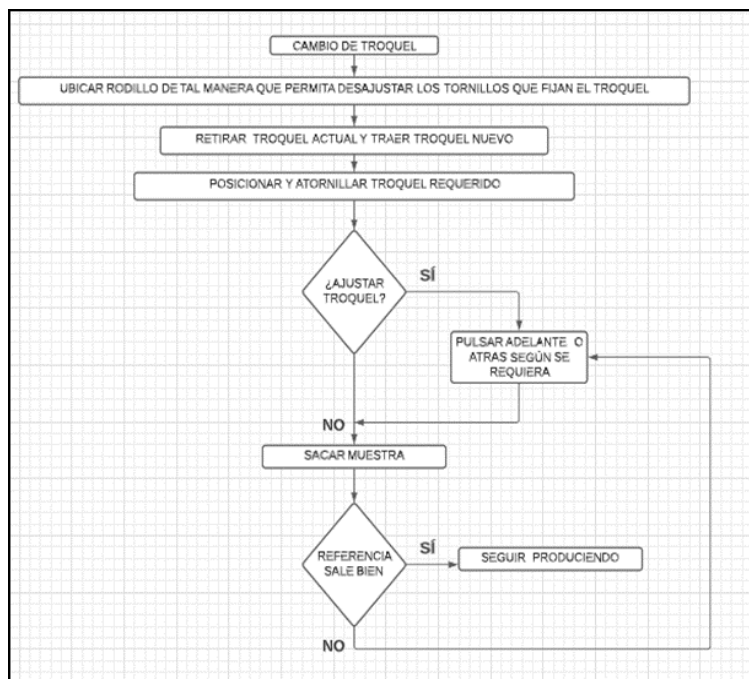
- Incluir actividades del mantenimiento del registro eléctrico a la hoja de ruta de la maquina hojeadora
- Reducir el periodo de revisión cadena SPROCKET rodillo porta troquel a 15 días o 1 mes, con el fin de hacer seguimiento al comportamiento de este componente con el nuevo sistema.

7.2.37 Nuevo procedimiento

Tras la instalación del registro eléctrico, el procedimiento queda de la siguiente manera:

Figura 59

Procedimiento actualizado para la aplicación



Nota: Diagrama realizado por el autor

A diferencia del procedimiento actual el cual puede tardar entre 30 minutos, este procedimiento se podrá desarrollar en menos tiempo, lo cual brinda la posibilidad de producir mayor cantidad de referencias en el mismo turno de producción.

7.3 Desarrollar paneles de visualización de información donde se pueda hacer seguimiento al tiempo notificado por cada técnico durante cada turno y al respectivo cumplimiento de los mantenimientos preventivos

7.3.1 *Transacción IW47 SAP*

Tras previa investigación, se concluye que la transacción que mejor se adapta a la necesidad de fábrica para poder visualizar las notificaciones es la IW47, esta transacción para poder ejecutar la búsqueda de información requiere conocer el intervalo de fechas que necesitamos y los usuarios que queremos supervisar.

Se debe destacar que la transacción nunca antes había sido usada en fábrica, por ello se aumenta el nivel de complejidad puesto que debe ser un trabajo autónomo y constante para conocer bien el funcionamiento.

Como esta transacción nunca había sido usada por personal de la fábrica de cajas y desde ahora es una transacción de manejo diario se tuvo que diseñar un layout para fábrica para poder tener la información de manera automática.

Figura 60

Layout creado por el auto para fábrica de cajas



Variante	Descr.breve
/GOEZ	sup notificaciones
GOEZL	NOTIFICACIONES PERSONAL
NOTFI_MTTTO_FAB	NOTFI_MTTTO_FAB
REPO_TEC_MTO	TECNICOS MTO NAVAL
SAP_TCODE_IW47	SAP_TCODE_IW47

Nota: Información suministrada por el autor por medio del usuario SAP de UNIBAN

Al seleccionar NOTFI_MTTTO_FAB se tiene automáticamente los puestos de trabajo y solo se deben cambiar las fechas.

Figura 61

Espacio de trabajo en la transacción IW47

Nota: Información suministrada por el autor por medio del usuario SAP de UNIBAN

El orden de la información dentro de la transacción se rige por el siguiente mandante:

Figura 62

Layout creado por el autor para poder estandarizar el orden de la información

Nota: el nombre hace referencia al nombre del autor 'Daniel Alejandro Moreno Ramírez'

7.3.2 Tiempo efectivo

En la fábrica de cajas se trabajan 3 tipos de turnos, cada turno dura 8 horas, pero desde el departamento de costos asignan un tiempo muerto el cual es del 30% y equivale a los tiempos en

que el técnico almuerza, desayuna, cena, va al baño, realiza una pausa activa o entre otras actividades.

Según lo anterior, un técnico que solo trabaja 8 horas en un día no puede notificar más de 7 horas puesto que ya se sabe que hay al menos una hora en el que él no está necesariamente atendiendo una orden.

7.3.3 Base de datos y gráficos

SAP permite descargar la información para poder ser analizada, en este caso se descargó información desde 01.01.2022 para poder conocer como ha venido comportándose la notificación desde inicio del presente año, puesto que esa era una labor que se conocía, pero no se realizaba ni se exigía su buen cumplimiento.

A continuación, se presenta la semana 01 del 2022 y las notificaciones recibidas.

Figura 63

Estado de la notificación primera semana del año 2022



Nota: Grafica realizada por el autor.

De la anterior figura se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Los técnicos no notificaban todos los días
- Los técnicos notificaban la suma de varios días en un solo día

- Los técnicos no sabían cómo notificar Notificación semana 15:

Figura 64

Estado de la notificación en la semana 15 del año 2022



Nota: Grafica realizada por el autor

Ahora se evidencia la escasez de notificación, donde solo se realizaron 4 notificaciones en una semana, y hay que tener en cuenta la cantidad de técnicos:

- Técnicos mecánicos: 4
- Técnicos eléctricos: 3

Debido la cantidad de técnicos en planta se debería evidenciar 7 notificaciones por día.

La base de datos esta ordenada de la siguiente manera:

Figura 65

Base de datos diseñada por el autor para almacenar información de la transacción IW47

Semana	Notificación	Clase orden	Operación	Orden	Creado por	Puesto trabajo(real)	Trabajo (plan)	Trabajo real	Fecha de inicio real	Fecha de fin real	Fe.contabilización	Ubicación técnica	Mes	CC	Día
1	3518107	ZM02	0010	4442595	MMECANICO	GALC03	0.4	0.400	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	3518166	ZM02	0010	4442607	MMECANICO	GALC03	0.4	0.400	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	3518188	ZM02	0010	4442610	MMECANICO	GALC03	0.2	0.200	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	3518197	ZM02	0010	4442614	MMECANICO	GALC03	0.2	0.200	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	3518210	ZM02	0010	4442618	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	3518213	ZM02	0010	4442619	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	3518284	ZM02	0010	4442631	MMECANICO	GALC03	0.4	0.400	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	3518372	ZM02	0010	4442640	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518379	ZM02	0010	4442642	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518394	ZM02	0010	4442646	MMECANICO	GALC03	0.4	0.400	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518402	ZM02	0010	4442651	MMECANICO	GALC03	0.4	0.400	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518424	ZM02	0010	4442651	MMECANICO	GALC03	0.2	0.200	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518429	ZM02	0010	4442653	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518446	ZM02	0010	4442659	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518449	ZM02	0010	4442660	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	3518503	ZM02	0010	4442671	MMECANICO	GALC03	0.4	0.400	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	310991	ZM02	0010	4442991	MMECANICO	GALC03	0.3	0.300	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00C	1	12030	lunes
1	311276	ZM02	0010	4443033	MMECANICO	LUBRIN	0.3	0	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UFH01	1	12025	lunes
1	311686	ZM02	0010	4443078	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00A	1	12015	lunes
1	311690	ZM02	0010	4443079	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00B	1	12020	lunes
1	311698	ZM02	0010	4443081	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00C	1	12030	lunes
1	311710	ZM02	0010	4443084	MMECANICO	GALC03	0.5	0.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UFH01	1	12025	lunes
1	311714	ZM02	0010	4443085	MMECANICO	GALC03	1.5	1.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF5GV	1	12065	lunes
1	311726	ZM02	0010	4443088	MMECANICO	GALC03	1.5	1.500	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF5MB	1	12035	lunes
1	313620	ZM02	0010	4443264	MMECANICO	GALC03	1.3	1.300	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00KQM	1	12010	lunes
1	313982	ZM02	0010	4443305	MMECANICO	GALC03	1	1	03/01/2022	03/01/2022	03/01/2022	UF00AF1	1	12010	lunes

Nota: Base de datos diseñada por el autor

La información de interés para poder analizar es la siguiente:

- Semana
- Código de la notificación
- Clase de orden
- Operación
- Orden
- Usuario del creador de la orden
- Puesto de trabajo
- Tiempo planeado
- Tiempo notificado
- Fecha de inicio
- Fecha de fin

- Fecha del día que se notifico
- Ubicación técnica
- Mes
- Centro de costos
- Día de la semana

7.3.4 Estrategias para lograr estandarizar

El trabajo de analizar la información tiene un alto nivel de complejidad por el estudio de las transacciones y lograr diseñar los gráficos de una manera entendible para todo el equipo de mantenimiento, pero el trabajo más complejo de todos es lograr una cultura dentro de los técnicos para que ellos quieran notificar al final de su turno, es por eso que durante 10 semanas se aplicaron las siguientes estrategias

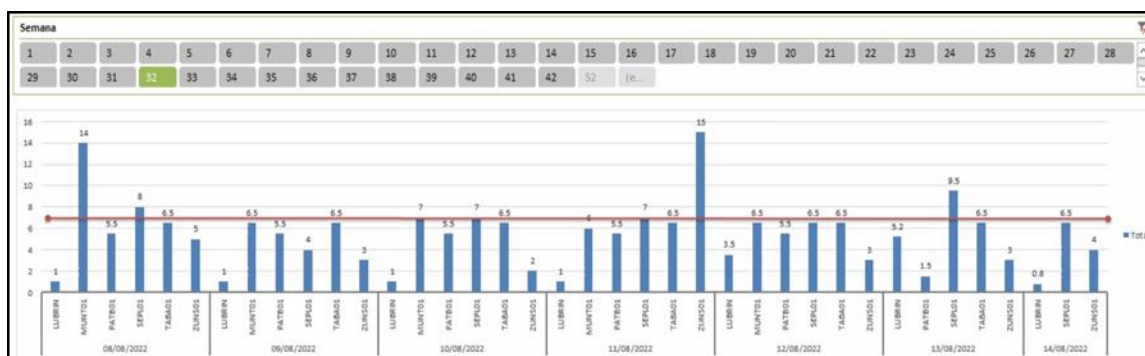
- Diseño de guías para que los técnicos corrigieran los errores que tenían al notificar
- Diseño de guías para que los técnicos aprendieran a visualizar lo que iban notificando, con el fin de que ellos mismos se hicieran seguimiento.
- Acompañamiento diario por medio de formatos donde el técnico escribe datos como orden de mantenimiento, tiempo real, hora de inicio, hora de fin y si no alcanzaba a notificar yo como responsable del proceso me encargaba de notificar por ellos
- Reunión semanal con el fin de comparar el resultado de todos los técnicos, escoger el mejor y el peor y así mismo buscar una retroalimentación por parte de ellos

7.3.5 Resultados

Durante 12 semanas se estuvieron aplicando las estrategias anteriormente mencionadas, pero no se lograba una semana perfecta, no fue sino hasta la semana 32 del año 2022 que se evidencio que todos los técnicos notificaron su tiempo real todos los días como se evidencia en la siguiente figura:

Figura 66

Estado de la notificación en el año 2022



Nota 1: Primera vez en todos los años de la fábrica que se logra que todos los técnicos notifiquen

Nota 2: Grafico diseñado por el autor

Se evidencia lo siguiente

- Los técnicos que trabajaron un solo turno por día sin extras notificaron menos de 8 horas
- Los técnicos que realizaron 2 turnos por día notificaron menos de 16 horas
- Los técnicos que notificaron más de 8 horas es por qué estaban haciendo 2 o 3 horas extras

A partir de la semana 32 se logró crear la cultura de notificación en el equipo de técnicos, hasta este punto solo se estaba trabajando con los técnicos de mantenimiento mecánico de la fábrica de cajas, debido a los buenos resultados se escaló a los técnicos de mantenimiento eléctrico de la fábrica de cajas y a los técnicos electromecánicos de la planta de snack

7.3.6 *¿Cómo saber que los tiempos son reales?*

Para validar la veracidad de la información se usa la transacción PTBAL_00, transacción utilizada por la profesional administrativa para generar los informes de nómina que posteriormente pasaran a liquidación, con esta información se puede validar la cantidad de horas extras, dominicales y novedades relacionadas con el tiempo del técnico dentro de la fábrica. La base de datos tiene la siguiente forma:

Figura 67*Base de datos PTBAL_00*

Nombre del empleado o candi	Fecha acti	Texto expl.CC-nómina	Cantidad	SEMAN	DIA	MES
JORGE IVAN MUÑOZ TORO	10/04/2022	Dominical Compensado 0.75	8.00	14	domingo	4
JORGE IVAN MUÑOZ TORO	11/04/2022	H.E.Diurna Ord. 1.25	3.00	15	lunes	4
JORGE IVAN MUÑOZ TORO	11/04/2022	H.E.Nocturna Ord. 1.75	1.07	15	lunes	4
JORGE IVAN MUÑOZ TORO	24/04/2022	Dominical Laborado 1.75	8.00	16	domingo	4
JORGE IVAN MUÑOZ TORO	01/05/2022	Festivo Laborado 1.75	8.00	17	domingo	5
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	04/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	2.00	14	lunes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	04/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	6.00	14	lunes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	05/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	2.00	14	martes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	05/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	6.00	14	martes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	06/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	2.00	14	miércoles	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	06/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	6.00	14	miércoles	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	07/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	2.00	14	jueves	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	07/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	6.00	14	jueves	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	08/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	2.00	14	viernes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	08/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	6.00	14	viernes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	10/04/2022	Dominical Compensado 0.75	7.00	14	domingo	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	10/04/2022	Rec.Noct.Dom. 1.10	1.00	14	domingo	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	12/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	15	martes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	13/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	15	miércoles	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	17/04/2022	Dominical Laborado 1.75	8.00	15	domingo	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	18/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	16	lunes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	19/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	16	martes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	20/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	16	miércoles	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	21/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	16	jueves	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	22/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	16	viernes	4
GILBERTO ZUÑIGA SOTO	23/04/2022	Recargo Nocturno 0.35	1.00	16	sábado	4

Nota: Base de datos diseñada por el autor

7.3.7 Impacto que se tuvo referente a costos

Cuando se habla de dinero y notificación, hay dos variables que muestran si el trabajo se ha realizado bien o si por el contrario aún falta por mejorar, estas son:

- Valor promedio hora hombre
- Diferencia entre el dinero real gastado y el dinero que resulta de la notificación.

Para poder visualizar esa información se realizan las siguientes gráficas gracias a las bases de datos suministradas por el departamento de costos.

- **Valor promedio hora hombre (Dólares)**

Se presenta inicialmente el comportamiento del valor promedio de los técnicos mecánicos durante el año 2021.

Figura 68

Comportamiento del valor promedio hora hombre en el año 2021



Nota: Gráfico diseñado por el autor

De la anterior figura se puede destacar qué:

- ✓ El valor de la hora promedio no duro más de 2 meses más o menos constantes
- ✓ El valor de la hora promedio variaba mes a mes porque la notificación no era estándar, es decir, unas semanas notificaban bastante y otras semanas no notificaban

El comportamiento que ha tenido el valor de la hora promedio en el 2022 ha sido el siguiente:

Figura 69

Comportamiento del valor promedio hora-hombre en el año 2022



Nota: Grafico diseñado por el autor

De la figura anterior se evidencia lo siguiente:

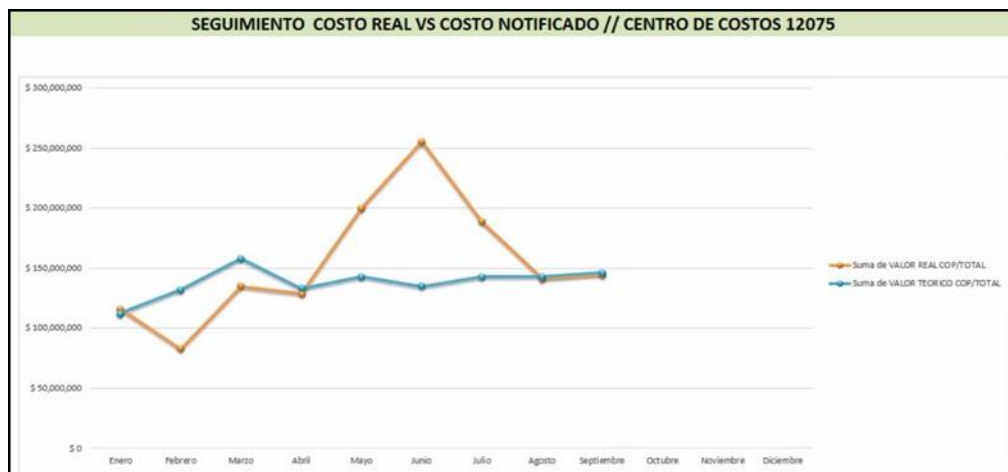
- ✓ El valor de la hora promedio inicio el año en 54 dólares y al mes de septiembre ya se redujo la mitad
- ✓ A partir de Julio del 2022 se obtiene por primera vez que durante 3 meses el valor no cambie de manera brusca y que por el contrario tienda a reducir de manera controlada
- ✓ En reunión multidisciplinaria con el departamento de costos se concluye que esta información son resultado de las estrategias aplicadas.
- ✓ Los meses donde se presenta la regulación del costo coinciden con la semana 32, siendo la primera semana donde se obtuvo una notificación perfecta
- **Diferencia entre el dinero real gastado y el dinero que resulta de la notificación**

El objetivo de este ítem es lograr una coherencia entre el dinero que se gasta y el dinero que resulta de los tiempos notificados, una diferencia aceptable a final de mes puede ser de \$2, 000,000 siendo este un valor muy pequeño en comparación a

los gastos mensuales. A continuación, se presenta el comportamiento de esta diferencia durante el año 2022, donde la línea azul hace referencia a los gastos reales y la línea naranja hace referencia a los costos notificados.

Figura 70

Diferencia entre lo gastado y el dinero que se calcula con la notificación



Nota: Grafico diseñado por el autor

De la anterior figura se puede concluir qué:

- ✓ En los meses de agosto y septiembre del 2022 son la primera vez que se obtiene dos meses seguidos una diferencia tan mínima, en este caso siendo aproximadamente de 1,450,000
- ✓ Si se continúa con el trabajo de notificación esta diferencia también seguirá siendo despreciable.
- ✓ En reunión multidisciplinaria con el departamento de costos se concluye que este logro es el resultado de las estrategias aplicadas.

7.3.8 *Análisis de información*

La gestión del mantenimiento requiere poder tener la suficiente información a la mano que permita realizar estrategias basadas en datos reales, como se ha mencionado anteriormente se han creado dos bases de datos para información de las transacciones IW47 y PTBAL_00, con tan solo estas dos bases se pueden presentar múltiples informes, es por ello que se desarrolló un tablero de visualización de información donde se lleva control sobre lo siguiente:

- Seguimiento a tiempo notificado semanal
- Seguimiento a tiempo notificado diario
- Seguimiento a tiempo notificado por ubicación técnica
- Seguimiento a tiempo notificado por centro de costos
- Seguimiento a dominicales trabajado
- Seguimiento a horas extras
- Seguimiento a la carga de trabajo planeada vs real en mantenimientos preventivos
- Seguimiento a la carga de trabajo planeada vs real en mantenimientos correctivos

A esta lista de base de datos se añade la transacción IW37N transacción que permite poder visualizar el cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo que son asignados a cada uno de los técnicos, en este caso, se tuvo que diseñar el procedimiento desde cero para poder buscar las ordenes que se asignaron en la semana y cuáles de esas órdenes fueron cumplidas por parte de los técnicos. Una orden ha sido cumplida cuando el técnico hace la actividad en campo, notifica en SAP y cierra la orden.

Figura 71

Base de datos IW37N

Semana	Orden	Clase de orden	Clave control	Grupo plant.	Pto. thpo. resp.	Pto. thpo. op.	Prioridad	Indicador	Centro costo	Trabajo	Trabajo re	Fe. fin. extremo	Denominación	Denominación12	Realizada
14	5465326	2M02	PM01	ELE	MECPR0	TABA01	P	B	72010	3.0	3.000	08042022	ROTARY SHEAR KQ-M	ROTARY SHEAR KQ-M	1
14	5465326	2M02	PM01	ELE	MECPR0	TABA01	P	B	72010	2.0	2.000	08042022	ROTARY SHEAR KQ-M	ROTARY SHEAR KQ-M	1
14	5465344	2M02	PM01	MEC	OPRQSE	TABA01	P	A	72065	0.0	0.000	10042022	CALDERA GAS BOSCH 800 BHP	CALDERA GAS BOSCH 800 BHP	0
14	5465478	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	A	72010	0.7	0.700	08042022	SUTTER SR-1	SUTTER SR-1	1
14	5465478	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	A	72010	1.5	1.500	08042022	SUTTER SR-1	SUTTER SR-1	1
14	5465478	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	A	72010	1.0	1.000	08042022	SUTTER SR-1	SUTTER SR-1	1
14	5465478	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	A	72010	1.8	1.800	08042022	SUTTER SR-1	SUTTER SR-1	1
14	5465478	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	A	72010	8.0	8.000	08042022	SUTTER SR-1	SUTTER SR-1	1
14	5465463	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	A	72010	3.0	3.000	03042022	CUT OFF HQ-M	CUT OFF HQ-M	1
14	5465463	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	A	72010	2.0	2.000	03042022	CUT OFF HQ-M	CUT OFF HQ-M	1
14	5465887	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	C	72065	0.0	0.000	10042022	OFICINA MANTENIMIENTO FABRICA	OFICINA MANTENIMIENTO FABRICA	0
14	5465887	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	C	72065	8.0	8.000	10042022	OFICINA MANTENIMIENTO FABRICA	OFICINA MANTENIMIENTO FABRICA	1
14	5465887	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	C	72065	3.0	3.000	10042022	OFICINA MANTENIMIENTO FABRICA	OFICINA MANTENIMIENTO FABRICA	1
14	5465853	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	B	72010	5.0	5.000	06042022	AFP-2	AFP-2	1
14	5465853	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	B	72010	16.0	16.000	06042022	AFP-2	AFP-2	1
14	5465823	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	B	72010	3.0	3.000	07042022	TREN DE SECADO OF-P-SL	TREN DE SECADO	1
14	5465823	2M02	PM01	MEC	MECPR0	TABA01	P	C	72010	1.5	2.000	03042022	AFP-2	RELES DE PISO 6	1
14	5465867	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	B	72010	1.0	0.000	04042022	TREN DE SECADO OF-P-SL	TREN DE SECADO	0
14	5465852	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	B	72065	0.1	0.000	08042022	AFP-2	CHILLER 2	0
14	5465852	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	B	72065	1.0	0.000	08042022	AFP-2	CHILLER 2	0
14	5465843	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	B	72065	0.1	0.000	05042022	AFP-1	CHILLER 1	0
14	5465843	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	B	72065	1.0	0.000	05042022	AFP-1	CHILLER 1	0
14	5465806	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	C	72010	1.5	0.000	04042022	AFP-2	RELES DE PISO 4	0
14	5465806	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	C	72010	1.5	0.000	03042022	AFP-2	RELES DE PISO 5	0
14	5465807	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	B	72070	2.0	0.000	06042022	LABORATORIO FABRICA	CUCHILLA CIRCULAR 1M	0
14	5465882	2M02	PM01	MEC	MECPR0	MUNT01	P	C	72010	1.5	0.000	05042022	AFP-1	RELES DE PISO 3	0
14	5465796	2M02	PM01	MEC	MECPR0	ZUN501	P	B	72065	3.0	3.000	07042022	AFP-2	ESTACION DE VAPOR Y CONDENSADOS 3	1
14	5465730	2M02	PM01	MEC	MECPR0	ZUN501	P	B	72065	3.0	3.000	03042022	AFP-1	ESTACION DE VAPOR Y CONDENSADOS 2	1
14	5465786	2M02	PM01	MEC	MECPR0	ZUN501	P	B	72065	3.0	0.000	04042022	TREN DE SECADO OF-P-SL	ESTACION DE VAPOR Y CONDENSADOS 1	0
14	5465731	2M02	PM01	MEC	MECPR0	ZUN501	P	A	72065	3.0	3.000	05042022	SISTEMA DE GENERACION DE VAF	TANQUE DE VAPOR Y CONDENSADOS	1
14	5465773	2M02	PM01	MEC	MECPR0	ZUN501	P	C	72010	1.5	1.500	05042022	AFP-1	RELES DE PISO 2	1
14	5465764	2M02	PM01	MEC	MECPR0	ZUN501	P	C	72010	1.5	1.500	07042022	AFP-1	RELES DE PISO 1	1
14	5465321	2M02	PM01	MEC	LUBRIN	LUBRIN	P	B	72010	1.3	1.300	08042022	ROTARY SHEAR KQ-M	ROTARY SHEAR KQ-M	1
14	5465321	2M02	PM01	MEC	LUBRIN	LUBRIN	P	B	72010	2.0	1.000	08042022	ROTARY SHEAR KQ-M	ROTARY SHEAR KQ-M	1
14	5465391	2M02	PM01	MEC	LUBRIN	LUBRIN	P	A	72035	1.0	1.000	05042022	SISTEMA DE ENBALAJE DE DESPE	EMBALADORA AMBACO PAC4029-730R	1
14	5465665	2M02	PM01	MEC	LUBRIN	LUBRIN	P	B	72030	0.3	0.300	07042022	CONVERTIDORA 3	CONVERTIDORA 3	1
14	5465616	2M02	PM01	MEC	LUBRIN	LUBRIN	P	A	72065	1.0	0.000	10042022	SISTEMA DE GENERACION DE VAF	CALDERA CARBON JCT 700BHP	0
14	5465606	2M02	PM01	MEC	LUBRIN	LUBRIN	P	B	72065	5.0	0.000	03042022	PARQUE AUTOMOTOR	MONTACARGA LINDE 04 MANUFACTURA	0
14	5465488	2M02	PM01	MEC	LUBRIN	LUBRIN	P	A	72010	0.2	0.200	08042022	SUTTER SR-1	SUTTER SR-1	1

Nota: Base de datos diseñada por el autor

Dicho lo anterior, los gráficos que conforman el tablero de control son los siguientes:

- Seguimiento al cumplimiento de planes de mantenimiento preventivos

Figura 72

Gráfico que relaciona los técnicos las ordenes que se les fue asignadas y las ordenes que cumplieron



Nota: Gráfico diseñado por el autor

- Seguimiento al tiempo notificado semanal

Figura 73

Gráfico de la notificación semanal, segmentado en ZM01 y ZM02



Figura 74

Gráfico de seguimiento de notificación diaria



Nota 1: Gráfico diseñado por el autor

Nota 2: este grafico permitió generar mejor seguimiento y poder observar todas fallas que se pueden llegar a presentar

- Seguimiento a la carga de trabajo planeada vs tiempo real

Figura 75

Carga de trabajo planeada vs tiempo notificado en mantenimientos preventivos



Nota 1: Grafico diseñado por el autor

Nota 2: Este grafico fue de gran interés ya que demuestra que existen ordenes preventivas con sobretiempos, ocasionando que la carga de trabajo semanal supere el tiempo que en realidad tienen los técnicos para realizar los correspondientes planes

Figura 76

Carga de trabajo planeada vs tiempo notificado en mantenimientos correctivos



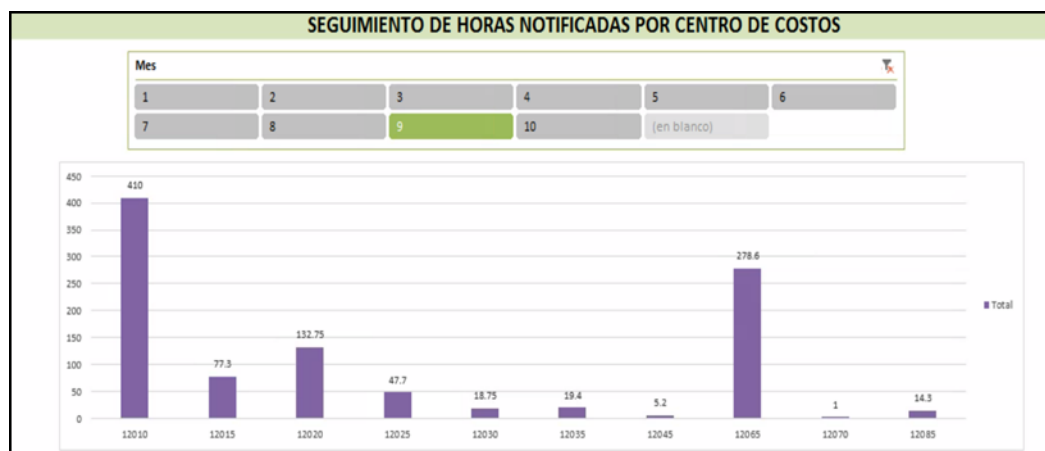
Nota 1: Grafico diseñado por el autor

Nota 2: A diferencia de los preventivos esta información es más similar entre ella porque la planeación de los correctivos se hace de la mano de los técnicos lo que genera una mayor coherencia entre lo planeado y lo que realidad se hace.

- Seguimiento horas notificadas por centro de costos

Figura 77

Cantidad de horas notificadas mes a mes en cada uno del centro de costos



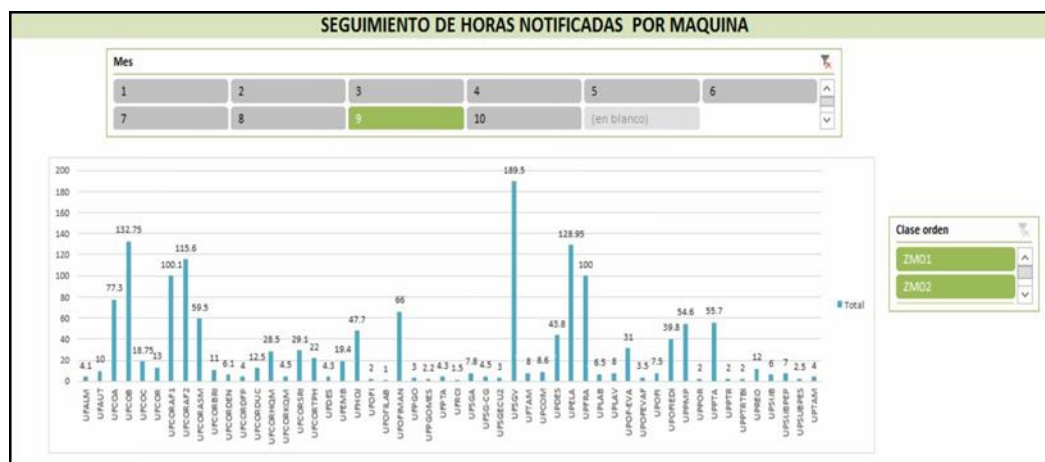
Nota 1: Grafico diseñado por el autor

Nota 2: Por medio de este análisis obtenemos información referente a cuál de los centros de costos se le están cargando mayor cantidad de horas. Cada máquina está asociada a un centro de costos al cual se le cargan los gastos de los servicios

- Seguimiento horas notificadas por ubicación técnica

Figura 78

Cantidad de horas notificadas por maquina



Nota: Grafico diseñado por el autor

- Seguimientos dominicales trabajados

Figura 79

Seguimientos dominicales trabajados



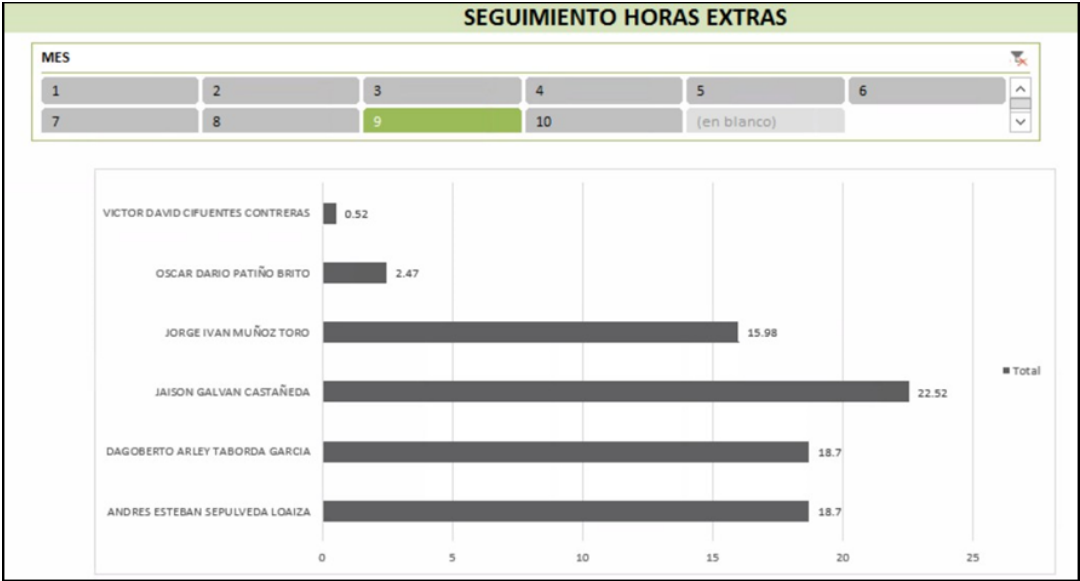
Nota 1: Grafico diseñado por el autor

Nota 2: La figura 81 muestra información se hace muy útil para evitar programar a un técnico más domingos de los permitidos legalmente

- Seguimiento horas extras

Figura 80

Seguimiento horas extras del personal



Nota 1: Grafico diseñado por el autor

Nota 2: información útil para la programación y gestión del mantenimiento

9 CONCLUSIONES

- Tres meses después del último paro, el motorreductor presenta ruidos extraños muy fuertes, al realizar un desarme del equipo se encuentra con desgaste en el punto de acople entre el motor y el reductor, la causa es falta de lubricación, los síntomas que un modo de falla como este presenta son: ruidos extraños, alto nivel de vibraciones, altas temperaturas. El motorreductor tuvo que ser cambiado para dar solución oportuna por la necesidad de producción. Las averías de este tipo demuestran que siempre hay información para analizar y conocer la condición de los equipos antes de entrar en un modo de falla.
- El análisis de mantenimiento basado en confiabilidad realizado, demuestra que la manera menos invasiva de realizar monitoreo a los componentes internos del motorreductor es por medio del monitoreo remoto.
- Los ingenieros encargados de aprobar la propuesta de implementación del registro eléctrico en la maquina hojeadora aceptaron la gestión del cambio realizada, se deberá dejar diseños y planeación avanzada para que el encargado de la continuidad del proyecto pueda continuarlo.
- Realizar control sobre los tiempos efectivos del grupo de técnicos en relación a la carga de trabajo, permitió mejorar la gestión al momento de planear los mantenimientos preventivos que se emiten semanalmente, lo cual evita que se genere backlog (tareas atrasadas) y que los técnicos tengan sobretiempos en su programación semanal.

10 BIBLIOGRAFIA

4.122 Howard, M. (2018). erbessd instruments. Obtenido de https://www.erbessd-instruments.com/articles/onlinemonitoring/amp/?gclid=Cj0KCQjwhsmaBhCvARIsAlbEbH4qCYHZbqh2qjzVeWEQeCyJ6Qb-ZplEifcBYT0Xq0WJsZmpZXHyGr4aAqkaEALw_wcB

Howard, M. (2020). erbessd instruments. Obtenido de <https://www.erbessd-instruments.com/condition-monitoring-sensors/>

ISO. (2014). Gestio de activos, aspectos generales, principios y terminologia . ISO .

ISO. (2018). ISO 17359, Monitoreo y diagnóstico de condición de máquinas - directrices generales.

Mot, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. PEARSON EDUCACIÓN.

Mubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad .

Uniban, C. (2013). Divisiones de papel maquina hojeadora.

Useche, L. V. (2018). Diseño de elementos de máquinas. UTP.

11 ANEXOS

Dentro de las actividades rutinarias a lo largo de la práctica empresarial, la principal es el desarrollo de planos, desde la etapa de levantamiento de medidas, software de diseño y fabricación.

Figura 81

Levantamiento de medidas



Nota: Fotografía tomada por el autor

Figura 82

Levantamiento de medidas



Nota: Fotografía tomada por el autor

Figura 83

Acompañamiento al personal operativo para buscar alternativas de diseño



Nota: Fotografía tomada por el autor

Figura 84

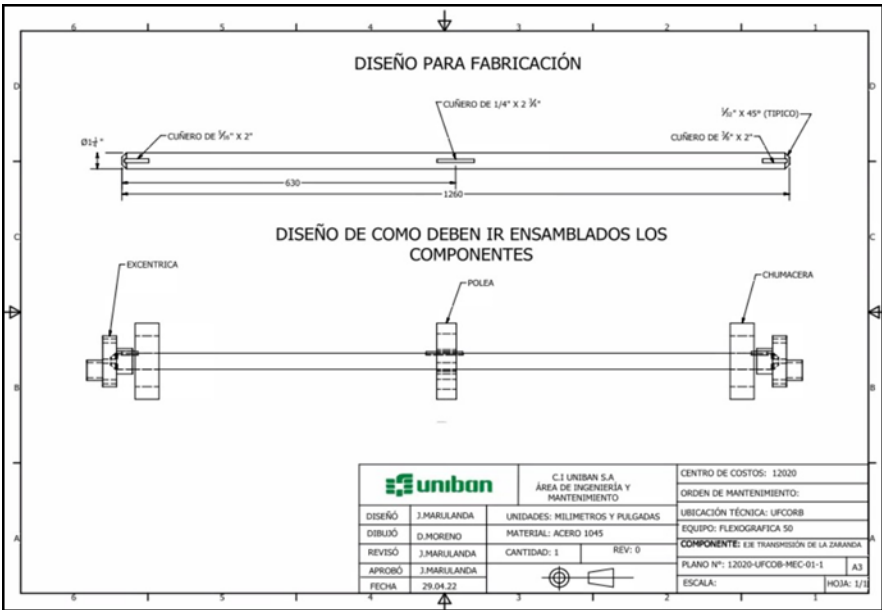
Levantamiento de medidas



Nota: Fotografía tomada por el autor

Figura 85

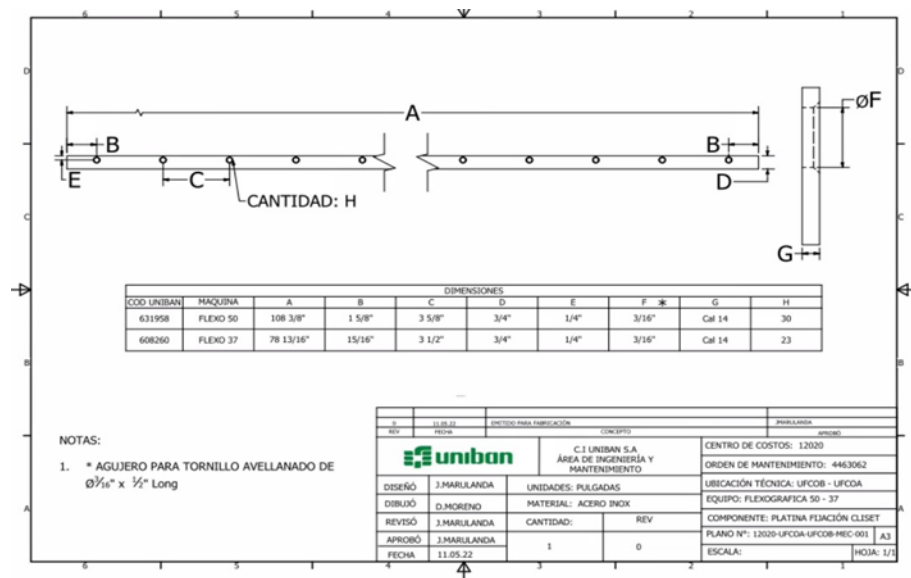
Plano de ejes que se fabricaron



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura 86

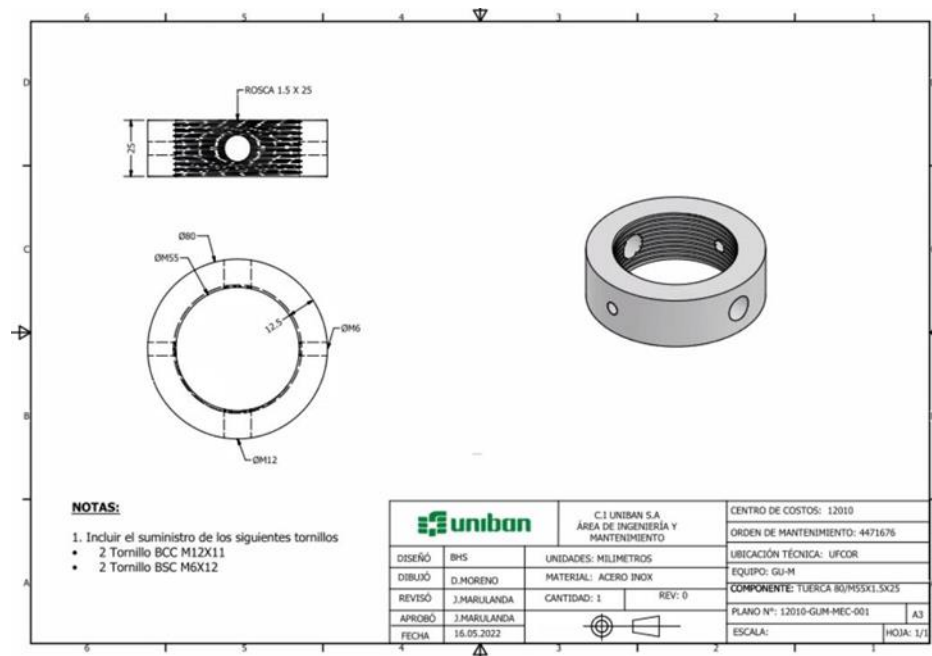
Plano de platina que se fabrico



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura 87

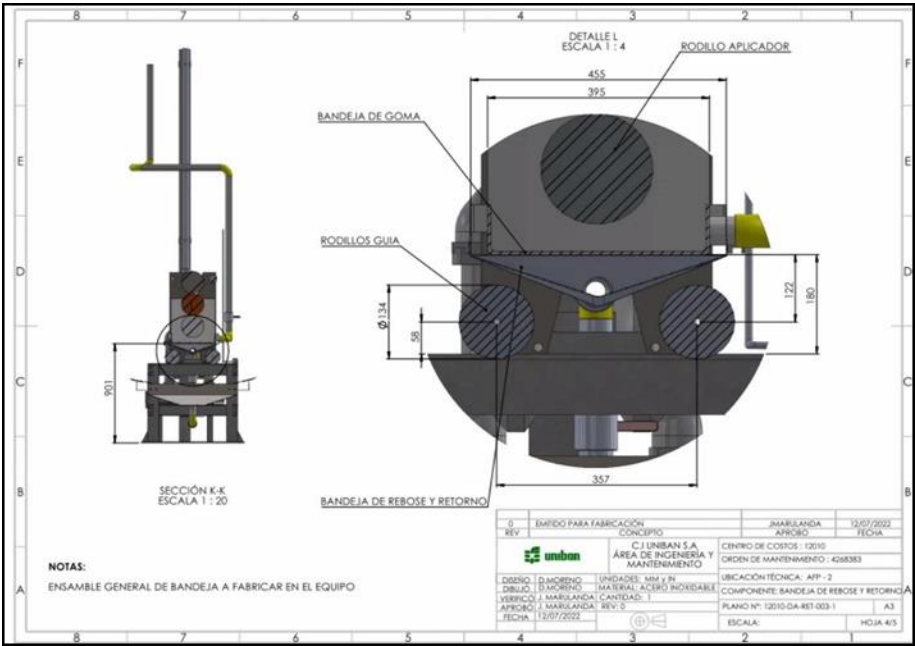
Plano de tuercas de aplicación especial



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura 88

Ensamblajes completos para mostrar ubicación de piezas a fabricar



Nota: Diseño realizado por el autor

Figura89

3D de montaje de compresores para planear y cotizar

