

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS
INYECTORAS DE SUELA DE LA EMPRESA CONVERT
FOOTWEAR EN CHORRILLOS”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER
CARBAJAL CABRERA, DENIS

Villa El Salvador
2018

DEDICATORIA

Este trabajo de ingeniería lo dedico primero a Dios, quien es mi guía y protector, por ayudarme a enfrentar todo obstáculo para afianzar mis deseos de superación,

A mis queridos padres, hermanos quienes me enseñaron desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas.

A mis familiares quienes fueron el soporte y el estímulo para enfrentar el día a día en mi formación profesional, por sus consejos y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa Convert Footwear por haberme dado todas las facilidades en el desarrollo de mi formación profesional, por permitirme aprender y ser parte de esta familia.

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, facultad de Ingeniería y Gestión por ser parte de todo esta etapa de formación profesional sólida, acompañada de buenos valores.

Al Ing. Anwar J. Yarin Achachagua por su gran apoyo en el desarrollo y culminación satisfactoria de este proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción de la realidad problemática	3
1.1.1 Maestro de equipos de las máquinas inyectoras.....	6
1.2 Justificación del problema	12
1.2.1 Justificación tecnológica.....	12
1.2.2 Justificación económica	12
1.2.3 Justificación social.....	12
1.3 Delimitación del problema	13
1.3.1 Teórica	13
1.3.2 Temporal	14
1.3.3 Espacial.....	14
1.4 Formulación del problema	14
1.4.1 Problema general.....	14
1.4.2 Problema específicos	14
1.5 Objetivos.....	15
1.5.1 Objetivos generales.....	15
1.5.2 Objetivos específicos	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes de estudio	16
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1 Plan de mantenimiento.....	19
2.2.2 Tipos de mantenimiento	20
2.2.3 Planificación del mantenimiento preventivo.....	25
2.2.4 Fichas técnicas.....	26
2.2.5 Inspecciones periódicas programadas	26
2.2.6 Indicadores de la planificación de mantenimiento	27

2.2.7 Ciclo de vida de los equipos	30
2.3 Definición de términos básicos	32
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL .	35
3.1 Modelo de solución propuesto	35
3.1.1 Análisis situacional de la empresa	35
3.1.2 Máquina inyectora de suela.....	36
3.1.3 Proceso de inyección de suelas	39
3.1.4 Procedimientos.....	41
3.1.5 Organigrama del área de inyectado	42
3.1.6 Ficha técnica máquina inyectora	45
3.1.7 Elaboración de la auditoria	47
3.1.8 Designación de categorías y componentes de la auditoria.....	49
3.1.9 Resultados de la auditoria.....	52
3.1.10 Capacidad productiva del área de inyectado.....	54
3.1.11 Registro de fallas en las máquinas inyectoras antes de la mejora	55
3.1.12 Indicadores de gestión antes de aplicar el plan de mantenimiento.....	56
3.1.13 Análisis económico de mantenimiento antes de la implementación	60
3.1.14 Implementación del nuevo plan de mantenimiento preventivo	61
3.1.15 Plan de mantenimiento preventivo para máquinas inyectoras.....	62
3.1.16 Proceso de ejecución de un plan de mantenimiento preventivo	64
3.1.17 Ordenes de trabajo.....	65
3.1.18 Nuevo registro de fallas después de la implementación.....	70
3.1.19 Indicadores de gestión después aplicar el plan de mantenimiento.....	71
3.1.20 Análisis económico de mantenimiento después de la implementación	75
3.2 Resultados.....	76
3.2.1 Reporte de paradas no programadas.....	76
3.2.2 Evaluación de la disponibilidad después de la implementación.....	78
3.2.3 Evaluación económica después de la implementación.....	80

CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Organigrama empresa Convert Footwear	4
FIGURA 2: Organigrama departamento de mantenimiento	5
FIGURA 3: Tipo de mantenimiento según la planificación.....	20
FIGURA 4: Curva de la bañera.....	30
FIGURA 5: Máquina inyectora King Min E-06	37
FIGURA 6: Máquina inyectora Main Group – Activa 8.....	38
FIGURA 7: Etapas de inyección de suela.....	40
FIGURA 8: Suela después de la inyección material EVA	40
FIGURA 9: Organigrama empresa Convert Footwear actual.....	43
FIGURA 10: Organigrama funcional departamento de mantenimiento.....	43
FIGURA 11: Radar por categoría del departamento de mantenimiento	53
FIGURA 12: Indicadores de máquina inyectora KING MIN E-06.....	57
FIGURA 13: Indicadores de máquina inyectora MAIN GROUP – ACTIVA 8.....	59
FIGURA 14: Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo	64
FIGURA 15: Ordenes de trabajo para área de inyectado	65
FIGURA 16: Prueba de recorrido carro inyector	66
FIGURA 17: Calibración compuerta de moldes máquina I8L2	67
FIGURA 18: Mantenimiento y calibración de compuerta	68
FIGURA 19: Prueba de cierre y apertura estación 03 máquina I16L1	69
FIGURA 20: Indicadores inyectora KING MIN E-06 (actual).....	72
FIGURA 21: Indicadores máquina MAIN GROUP - ACTIVA 8 (actual)	74
FIGURA 22: Comparativo de paradas no programadas máquina I16L1.....	76
FIGURA 23: Comparativo de paradas no programadas Máquina I8L2.....	77
FIGURA 24: Comparativo de disponibilidad KING MIN E-06.....	78
FIGURA 25: Comparativo de disponibilidad MAIN GROUP - ACTIVA 8	79

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Maestro de equipos máquina KING MIN E-06	6
TABLA 2: Maestro de equipos máquina MAIN GROUP ACTIVA 8	10
TABLA 3: Ficha técnica máquina inyectora KING MIN E-06.....	45
TABLA 4: Ficha técnica máquina inyectora GROUP – ACTICA 8	46
TABLA 5: Categorías de auditoria aplicada	49
TABLA 6: Cuestionario de auditoria	49
TABLA 7: Resultados obtenidos por categoría	52
TABLA 8: Capacidad productiva del área de inyectado	54
TABLA 9: Fallas recurrentes en la máquina inyectora	55
TABLA 10: Indicadores antes de la mejora máquina I16L1	56
TABLA 11: Indicadores antes de la mejora máquina I8L2	58
TABLA 12: Gasto de mantenimiento antes de la implementación	60
TABLA 13: Plan de mantenimiento preventivo.....	63
TABLA 14: Fallas recurrentes actual en la máquina inyectora	70
TABLA 15: Indicadores de gestión mejorada máquina I16L1	71
TABLA 16: Indicadores de gestión mejorada máquina I8L2	73
TABLA 17: Gasto de mantenimiento después de la implementación.....	75
TABLA 18: Evaluación económica de mantenimiento.....	80

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Máquina inyectora KING MIN E-06-BLUE.....	87
ANEXO 2: Plano de instalación de máquina inyectora KING MIN.....	88
ANEXO 3: Carro inyector horizontal máquina KING MIN E-06.....	88
ANEXO 4: Ventiladores de enfriamiento máquina KING MIN E-06	89
ANEXO 5: Tolva recepción de materia prima máquina KING MIN E-06.....	89
ANEXO 6: Bomba de vacío máquina KING MIN E-06.....	90
ANEXO 7: Estaciones de inyección máquina KING MIN E-06	90
ANEXO 8: Panel de control máquina KING MIN E-06.....	91
ANEXO 9: Tablero de fuerza y control máquina KING MIN E-06	91
ANEXO 10: Especificaciones técnicas máquina inyectora KING MIN E-06.....	92
ANEXO 11: Máquina inyectora MAIN GROUP – ACTIVA 8	92
ANEXO 12: Carro inyector vertical máquina MAIN GROUP – ACTIVA 8	93
ANEXO 13: Productos que se pueden desarrollar con la máquina inyectora	93
ANEXO 14: Empresa Convert Footwear	94

INTRODUCCIÓN

En la actualidad con el avance de tecnologías modernas en el sector industrial, muchas empresas del rubro calzado se preocupan en modernizar y mejorar todas sus áreas de producción, sobre todo en las empresas más competitivas; las cuales practican un mantenimiento preventivo, predictivo y planificado. En nuestro medio existe un gran número de empresas de calzado que no le dan mucha importancia al tema de mantenimiento y peor aún que algunas empresas no practican ningún tipo de mantenimiento planificado, porque consideran un gasto innecesario y que muchas veces esperan todavía que las averías se presenten para revisar sus máquinas y equipos. La implementación de un plan mantenimiento de tipo preventivo basado en la disponibilidad de las máquinas, garantiza el buen funcionamiento de todos los equipos e instalaciones que lo integran, como es requerido en toda industria moderna y productiva. Uno de los principales beneficios de diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo es minimizar los tiempos de parada o tiempos muertos, en los cuales una maquina deja de funcionar; afectan el proceso productivo que causan pérdidas económicas a la empresa.

La empresa de calzado Convert Footwear no es ajena a esta realidad, al no tener un plan de mantenimiento preventivo para sus instalaciones y máquinas de todas sus áreas de producción; el punto de aplicación del plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad de las máquinas inyectoras se centra en el área de inyectado de suela. Por lo que actualmente es una de las prioridades de la empresa que es implementar un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas inyectoras de suela porque presenta alto índice de retraso de producción por paradas no programadas y prolongadas por efectos de no tener un respaldo de un plan de mantenimiento. Para realizar este trabajo, la empresa cuenta con información de

historial de las máquinas y costos de mantenimiento que se realizaron antes de la implementación, que va a ser analizados y usados para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo. Lo que busca este trabajo es poder demostrar que se puede reducir los altos índices de paradas no programadas a partir del desarrollo de un plan mantenimiento estratégico que garantice el cumplimiento de horas netas de trabajo de las máquinas inyectoras de esa forma elevar la capacidad productiva y reducir costos de mantenimiento.

El desarrollo de este trabajo de suficiencia profesional consta de la siguiente forma: En el primer capítulo se encuentra el planteamiento del problema, descripción, justificación y formulación del mismo, también incluye los objetivos: general y específicos. En el segundo capítulo se menciona el marco teórico, antecedentes de estudio, bases teóricas y definición de términos. En el tercer capítulo se encuentran el modelo de solución propuesto y resultados. Para finalizar las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

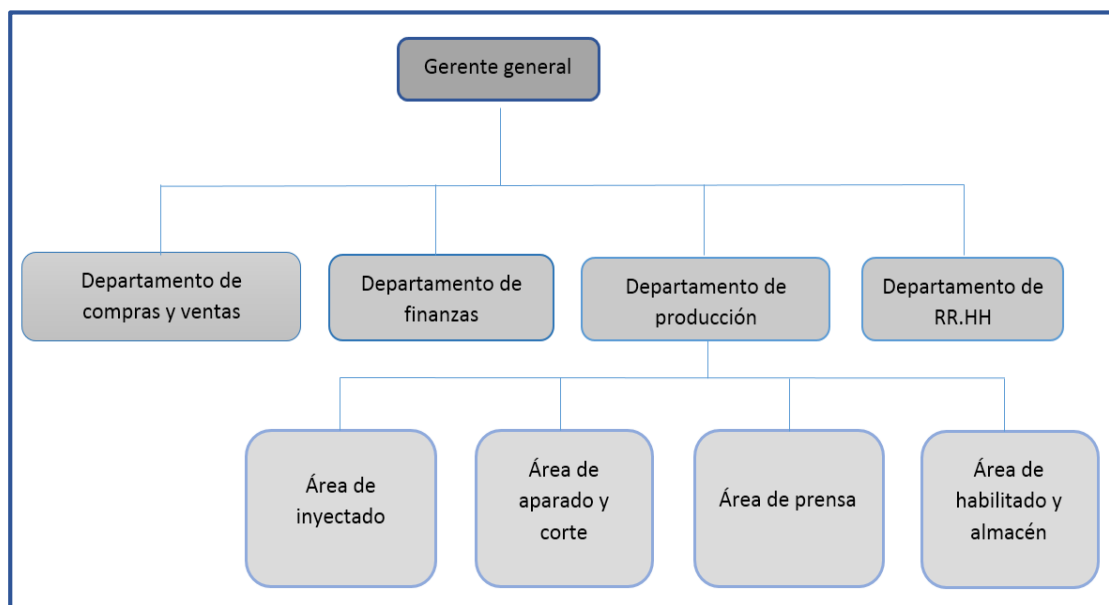
En la industria del calzado el mantenimiento es uno de los factores más influyentes de manera directa en la productividad debido a que los equipos, maquinarias e instalaciones son las herramientas a través de las cuales se lleva a cabo la producción, su buen funcionamiento permite a la organización ser más productiva; en la empresa de calzado Convert Footwear; el problema a resolver es en el área de Inyectado de Suela que presenta problemas de altos índice de paradas no programadas por fallas en las máquinas inyectoras de suela, altos costos de mantenimiento, retrasos en la entrega de suelas para el proceso de armado de calzado entre otros factores; esto sucede debido a que el trabajo de mantenimiento no se realiza bajo ningún sistema de mantenimiento planificado, solo se actúa cuando ocurre una parada inesperada, no cuenta con personal capacitado y estable para este tipo de trabajos, los trabajos de mantenimiento se realizan por servicio externo y diferentes especialistas del rubro. El personal técnico realiza las correcciones necesarias para que las máquinas estén

operativas por un tiempo corto, el mantenimiento que realizan es del tipo Correctivo solo para resolver la emergencia. En adición a esto, al ser paradas correctivas los técnicos no siguen un plan de cambio de repuestos, muchas veces lo realizan cambios antes del tiempo determinado, por lo que eleva el costo de mantenimiento para esta área.

Con este escenario tenemos como resultado que las máquinas inyectoras solo logran alcanzar el 84% de disponibilidad en promedio al mes, los cuales son insuficientes para alcanzar los objetivos de producción requeridos.

La estructura de la organización de la empresa antes de la implementación del departamento de mantenimiento no estaba incluido en el organigrama por que los trabajos de gestión de mantenimiento lo realizaba el área de producción a través de su supervisor. Por lo que se presenta el organigrama de la empresa y el organigrama de mantenimiento para el área de inyectado.

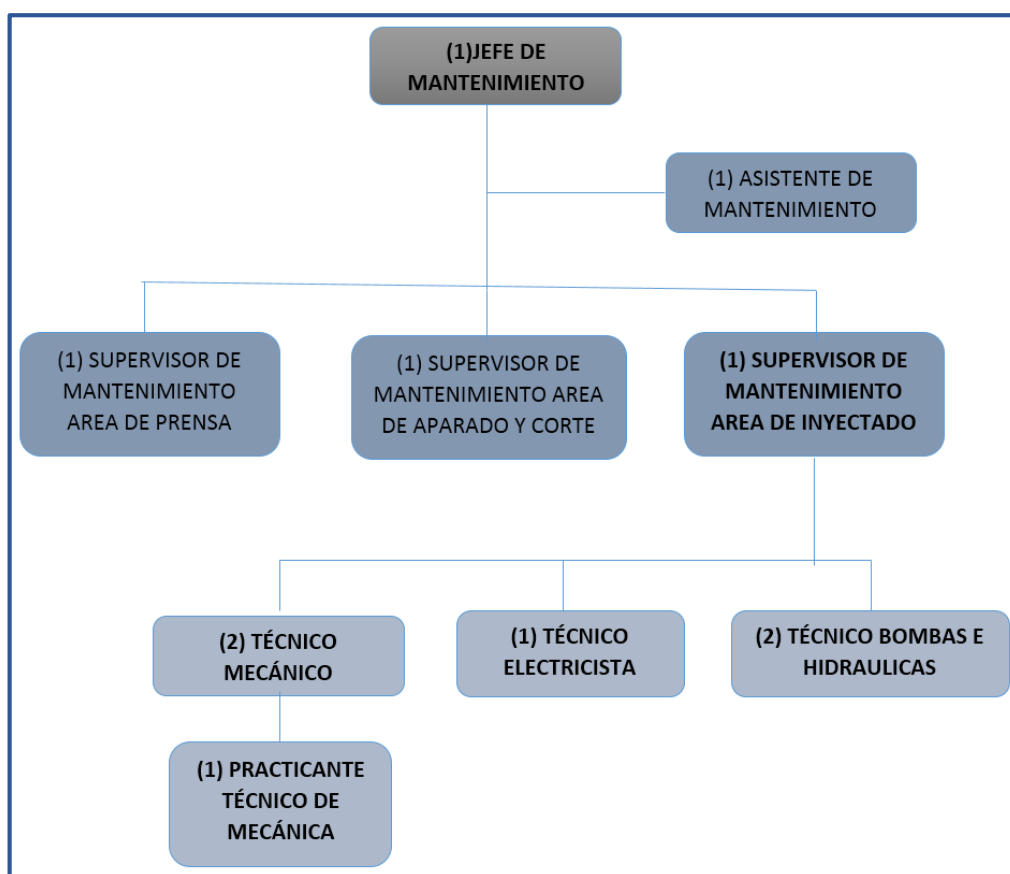
FIGURA 1: Organigrama empresa Convert Footwear



FUENTE: Empresa Convert Footwear (2018)

Después de la creación del departamento de mantenimiento, para el área inyectado de suela se dispone de un organigrama como se presenta en el figura 2, teniendo un total de: 1 supervisor de mantenimiento, 2 técnicos mecánicos, 1 técnico electricista, 2 técnicos en hidráulica y bombas y un practicante de mecánica; haciendo un total de 7 integrantes en el área de inyectado cabe resaltar que esta asignación es gestión del jefe de mantenimiento.


FIGURA 2: Organigrama departamento de mantenimiento



FUENTE: Elaboración propia (2018)

1.1.1 Maestro de equipos de las máquinas inyectoras

TABLA 1: Maestro de equipos máquina KING MIN E-06

MÁQUINA INYECTORA KING MIN KM E-06 INYECCIÓN HORIZONTAL CÓDIGO: I16L1		
UBICACIÓN	ÁREA DE INYECTADO DE SUELA	

ITEM	COMPONENTES	SITUACIÓN
ESTACIÓN E01		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 04
06	Cilindro hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Operativo
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas	Operativos
11	Resistencias control de temperatura	Presenta deterioro en la conexión
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Presenta deterioro en los teclados
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E02		
01	Sensor de compuerta	Inoperativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Operativo
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 01
06	Cilindro hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Inoperativo
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas	Operativos
11	Resistencias control de temperatura	Operativo
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Operativo
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E03		
01	Sensor de compuerta	Operativo


02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías en el cierre
03	Manómetros de control	Inoperativos
04	Cilindro neumático	Inoperativo por falta de repuesto
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 05
06	Cilindro hidráulica	Inoperativo por repuesto
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Inoperativo avería en el motor
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas	Inoperativos por falta de repuesto
11	Resistencias control de temperatura	Avería en la conexiones
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Presenta deterioro en los teclados
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E04		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 08
06	Cilindro hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Operativo
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas	Operativos
11	Resistencias control de temperatura	Operativo
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Presenta deterioro en los teclados
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E05		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías
03	Manómetros de control	Presenta
04	Cilindro neumático	Inoperativo por falta de repuesto
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 03
06	Cilindro hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Operativo
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas de apertura	Operativos
11	Resistencias control de temperatura	Operativo
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Presenta deterioro en los teclados
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E06		

01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 06
06	Bomba hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Operativo
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas de apertura	Inoperativo N° 03
11	Resistencias control de temperatura	Presenta deterioro en la conexión
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Presenta deterioro en los teclados
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E07		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 01
06	Bomba hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Inoperativo
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas	Operativos
11	Resistencias control de temperatura	Presenta deterioro en la conexión
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Presenta deterioro en los teclados
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E08		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Inoperativo por falta de repuesto
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 05
06	Bomba hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Ventilador de estación	Operativo
09	Sensor de final de carrera	Operativo
10	Electroválvulas	Operativos
11	Resistencias control de temperatura	Operativos
12	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
13	Panel de operación	Presenta deterioro en los teclados
14	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo

TOLVA ALIMENTADOR DE POLIURETANO		
01	Bomba de vacío	Operativo
02	Ventilador de enfriamiento	Ventilador N° 02 inoperativo
03	Mangueras alimentador	Presentan desgaste
04	Sensor de alimentador de materia prima	Operativo
05	Tablero de control	Presenta fisuras en la pantalla
06	Motor eléctrico	Operativo
CARRO INYECTOR HORIZONTAL		
01	Punta inyector	Presenta desgaste y cumulo de material
02	Ventilador de enfriamiento	Operativo
03	Señor de posicionamiento	Operativo
04	Sensor final de carrera	Operativo
05	Riel desplazamiento del carro	Presenta fisuras en los extremos
06	Panel de control	Operativo
07	Motor servo (regulación parámetros x, y, z)	Operativo
08	Cañerías hidráulicos	Operativo
09	Motor eléctrico desplazamiento	Operativo
10	Cámara térmica precalentamiento	Operativo
TABLERO ELÉCTRICO		
01	Contactores	Contactador N°03 inoperativo
02	Panel de parámetros	Operativo
03	Interruptores termomagnéticos	Operativos
04	Variadores de velocidad	Operativo
05	Tarjetas electrónicos	Operativos
06	Conexiones eléctricas	Buen estado
07	Barras de conexión	Buen estado

FUENTE: Departamento de mantenimiento (2018)

TABLA 2: Maestro de equipos máquina MAIN GROUP ACTIVA 8

MÁQUINA INYECTORA MAIN GROUP ACTIVA 8		
INYECCIÓN VERTICAL		
CÓDIGO: I8L2		
UBICACIÓN	ÁREA DE INYECTADO DE SUELA	
ITEM	COMPONENTES	SITUACIÓN
ESTACIÓN E01		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 02
06	Cilindro hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Sensor de final de carrera	Operativo
09	Electroválvulas	Operativos
10	Resistencias control de temperatura	Operativo
11	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
12	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E02		
01	Sensor de compuerta	Inoperativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Operativo
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 03
06	Cilindro hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Sensor de final de carrera	Operativo
09	Electroválvulas	Operativos
10	Resistencias control de temperatura	Operativo
11	Sensor de temperatura de matriz	Inoperativo por falta de repuesto
12	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E03		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías en el cierre
03	Manómetros de control	Inoperativos
04	Cilindro neumático	Inoperativo por falta de repuesto
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 04
06	Cilindro hidráulica	Inoperativo por repuesto
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Sensor de final de carrera	Operativo

09	Electroválvulas	Inoperativos por falta de repuesto
10	Resistencias control de temperatura	Avería en la conexiones
11	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
12	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
ESTACIÓN E04		
01	Sensor de compuerta	Operativo
02	Compuerta de cierre y apertura de matriz	Presenta averías
03	Manómetros de control	Operativos
04	Cilindro neumático	Operativo
05	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste cañería N° 02
06	Cilindro hidráulica	Operativo
07	Matriz de moldes	Presenta desgaste
08	Sensor de final de carrera	Operativo
09	Electroválvulas	Operativos
10	Resistencias control de temperatura	Operativo
11	Sensor de temperatura de matriz	Operativo
12	Lubricación en sistemas mecánicos	Operativo
TOLVA ALIMENTADOR DE POLIURETANO		
01	Bomba de vacío	Operativo
02	Ventilador de enfriamiento	Ventilador N° 01 inoperativo
03	Mangueras alimentador	Presentan desgaste
04	Sensor de alimentador de materia prima	Operativo
05	Tablero de control	Presenta fisuras en la pantalla
06	Motor eléctrico	Operativo
CARRO INYECTOR VERTICAL		
01	Punta inyector	Presenta desgaste
02	Ventilador de enfriamiento	Operativo
03	Señor de posicionamiento	Operativo
04	Sensor final de carrera	Operativo
05	Riel desplazamiento del carro	Presenta fisuras en los extremos
06	Motor servo (regulación parámetros x, y, z)	Operativo
07	Cañerías hidráulicos	Presenta desgaste
08	Motor eléctrico desplazamiento	Operativo
09	Cámara térmica precalentamiento	Operativo
TABLERO ELÉCTRICO		
01	Contactores	Contactador N°01 inoperativo
02	Panel de parámetros	Operativo
03	Interruptores termomagnéticos	Operativos
04	Variadores de velocidad	Operativo
05	Tarjetas electrónicos	Operativos
06	Conexiones eléctricas	Buen estado
07	Barras de conexión	Buen estado

FUENTE: Departamento de mantenimiento (2018)

1.2 Justificación del problema

Este proyecto se justifica en los siguientes ámbitos:

1.2.1 Justificación tecnológica

En la actualidad la tecnología ha permitido simplificar las tareas u operaciones gracias a la tecnología que se usa en el área de inyectado de suela, como instrumentos de presión que permiten monitorear el buen funcionamiento y control autónoma de algunos componentes enlazados con el ordenador principal; por tal razón el proyecto se justifica tecnológicamente ya que se podrá hacer uno también de estos elementos para la implementación del plan de mantenimiento.

1.2.2 Justificación económica

El proyecto se justifica económicamente porque permitirá reducir costos de mantenimiento correctivo, porque al implementar el plan de mantenimiento preventivo se reducirán drásticamente las paradas no programadas y se evitara el deterioro de los componentes de las máquinas.

1.2.3 Justificación social

Asegurar el correcto funcionamiento del equipo garantiza mayor seguridad a los colaboradores, especialmente a los que están involucrado en el proceso de producción, de tal forma con la aplicación de plan de mantenimiento preventivo facilitara un mejor entendimiento y manejo del equipo en su contexto operacional, junto con un mayor sentido de compromiso con los problemas de mantenimiento y sus posibles soluciones.

1.3 Delimitación del problema

1.3.1 Teórica

El proyecto de investigación se desarrolla en el enfoque de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad de la máquina inyectora de suelas. Para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de la empresa Convert Footwear se empieza por realizar un estudio detallado de la situación actual del área de inyectado de suelas respecto al mantenimiento de los equipos e instalaciones del área, para poder establecer cuáles son los problemas que presenta la empresa en el área de mantenimiento.

Luego se procede a listar cuales son las actividades críticas en el mantenimiento de los equipos para poder establecer con claridad cuáles son las actividades que se van a incluir en el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas inyectoras, del mismo modo se estimar cuáles son los recursos que se tiene para poder desarrollar el plan de la manera más eficaz posible.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se pueden utilizar las siguientes herramientas teóricas relacionadas con la gestión del mantenimiento industrial:

- Organización del mantenimiento.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Presupuesto de mantenimiento.
- Costos de mantenimiento.
- Evaluación der resultados del plan mantenimiento.

1.3.2 Temporal

El desarrollo del proyecto de ingeniería de plan de mantenimiento preventivo y su aplicación en la empresa Convert Footwear, área de inyectado; comprende el periodo de Febrero – Junio de 2018.

1.3.3 Espacial

El presente proyecto de investigación se desarrollara en la empresa “Convert Footwear” – Área de inyectado de suelas, ubicado en la Av. Arquímedes 166, distrito de Chorrillos, departamento de Lima.

1.4 Formulación del problema

En base a lo ya establecido surgen las siguientes interrogantes

1.4.1 Problema general

¿Cómo implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la máquina inyectora de suela de la empresa Convert Footwear?

1.4.2 Problema específicos

- ¿Cómo identificar las partes críticas y las fallas más frecuentes de la máquina inyectora?
- ¿Cómo establecer el procedimiento y la frecuencia de mantenimiento preventivo para cada una de las fallas?
- ¿Cómo reducir costos de mantenimiento correctivo en el área de inyectado de suela?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos Generales

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la máquina inyectora de suela en la empresa Convert Footwear.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar las partes críticas y las fallas más frecuentes de la máquina inyectora a partir de los registros de mantenimiento correctivos.
- Definir el procedimiento y la frecuencia de mantenimiento preventivo para cada una de las fallas identificadas.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para reducir costos de mantenimiento en el área de inyectado de suela.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Barona, P. (2011) “Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladora e inyectora-sopladora de la empresa Otorgo Ltda”. Tesis profesional. Colombia. Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de Energética y Mecánica; en sus conclusiones manifiesta lo siguiente: Que para el diseño del plan de mantenimiento preventivo dirigido a las máquinas inyectoras, sopladoras e inyectoras-sopladoras, se escoge el sistema L.E.M (lubricación, eléctrica o electrónica y mecánica) que permite organizar de manera estructurada estas tres actividades, facilitando su implementación y maximizando la efectividad del plan. La metodología y estrategia de este tipo de mantenimiento permite a las pequeñas y medianas empresas un punto de partida para desarrollar planes de mantenimiento preventivo más complejos como el TPM (mantenimiento Productivo total). El plan general de mantenimiento preventivo diseñado y desarrollado en este proyecto es un modelo de organización viable,

pues su implementación es relativamente fácil y demanda pocos recursos en comparación con los beneficios que pueden obtenerse a futuro, principalmente en la reducción de paros no programados.

Pico Espín E. (2016) "Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la inyectora de poliuretano de la empresa calzado Marcia Buffalo Industrial". Tesis profesional. Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. Departamento de ingeniería industrial y electrónica; en sus conclusiones manifiesta: El análisis de fallas potenciales de la máquina inyectora se analiza en todas las posibilidades de fallo de los componentes o subsistemas, en la que se evalúa el riesgo y vulnerabilidad generada a los sistemas y se obtiene los siguientes resultados: 40 fallas de reducción deseable es decir el 49,4 %, los subsistemas poseen un riesgo de falla medio, su detención es identificable, afecta al sistema y a la calidad del producto y 41 fallas aceptables es decir el 50,6 %, los subsistemas poseen un riesgo de falla bajo, su detención es fácilmente identificable y afecta el desempeño del sistema. Se establece un plan de mantenimiento para los treinta subsistemas jerarquizados como críticos y semicríticos; se propone tareas de mantenimiento para cada componente, descripción de la tarea, cronograma de elaboración, fichas de revisión de mantenimiento y registros de incidencias de fallas, lo que permite la disminución de tiempos de parada y costes de mantenimiento, además se estableció registro: de historial de modificaciones de los componentes, de kit de repuestos y registro de mantenimiento general, lo que permitirá cumplir con el objetivo del plan de mantenimiento.

Cáceres Núñez, E. (2015). "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C. Arequipa 2014". Tesis profesional. Perú. Universidad Católica de Santa María. Escuela de postgrado maestría en ingeniería de mantenimiento; en sus conclusiones manifiesta: Una vez analizada la información recopilada a través de las encuestas aplicadas al personal administrativo y técnico, se concluye que la empresa Fagoma S.A.C. aplica un mantenimiento correctivo, el cual no es el adecuado a las condiciones y necesidades que se buscan, ya que presenta deficiencias importantes en cuanto al cumplimiento del objetivo principal de la empresa que es realizar trabajos de mantenimiento a otras empresas y clientes con la mejor calidad y con la más alta eficiencia. El análisis de la producción de la empresa mostró que el maquinado y la inyección representan un 85%, aproximadamente, de la producción mensual de la empresa. Se formula un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C. alcanzando el objetivo del presente trabajo. Para el correcto funcionamiento del plan de mantenimiento y debido a que la empresa no cuenta con formatos de control de mantenimiento, es que se proponen formatos de órdenes de trabajo e historiales de máquinas y se elaboran tablas de actividades anuales para cada máquina los cuales permitirán un manejo adecuado, ordenado y detallado de la información permitiendo realizar una buena gestión de mantenimiento.

Vigo Hernández, C. (2017) "Mantenimiento preventivo de jumbos Boomer S1D y Scooptrams ST-3.5 de la empresa Constructores y Mineros C.G SAC". Tesis profesional Perú. Universidad Nacional de Trujillo. Departamento de Ingeniería Mecánica; en sus conclusiones manifiesta: El mantenimiento es muy importante y decisivo para alargar su vida útil del equipo, con la implantación de un nuevo

programa de mantenimiento se logra disminuir las horas pérdidas por reparaciones no programadas, accidentes, minimizar costos y paradas intempestivas. Del mismo modo se debe cumplir a cabalidad de acuerdo a la criticidad, asimismo contar con herramientas, repuestos y personal.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Plan de mantenimiento

Es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas e instalaciones en condiciones seguras, eficientes y económicas, puede ser correctivo si las actividades son necesarias debido a que dicha calidad del servicio ya se perdió y preventivo si las actividades se ejecutan para evitar que disminuya la calidad de servicio.

La misión principal del mantenimiento es garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el cliente o usuario. Con la máxima mantenibilidad y fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar. Con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan sus necesidades, deseos o requerimientos.¹

Por otro lado, el mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece a un estado en el que puede realizar las funciones designadas.

¹ MORA, Alberto. (2009) "Mantenimiento. Planeación, ejecución y control". México D.F.: Alfa Omega. p.380

² DIXON, John, DUFFUA, Salih y RAOUF, Albert. (2000) "Sistemas de mantenimiento planeación y control". México D.F.: Limusa, p.205

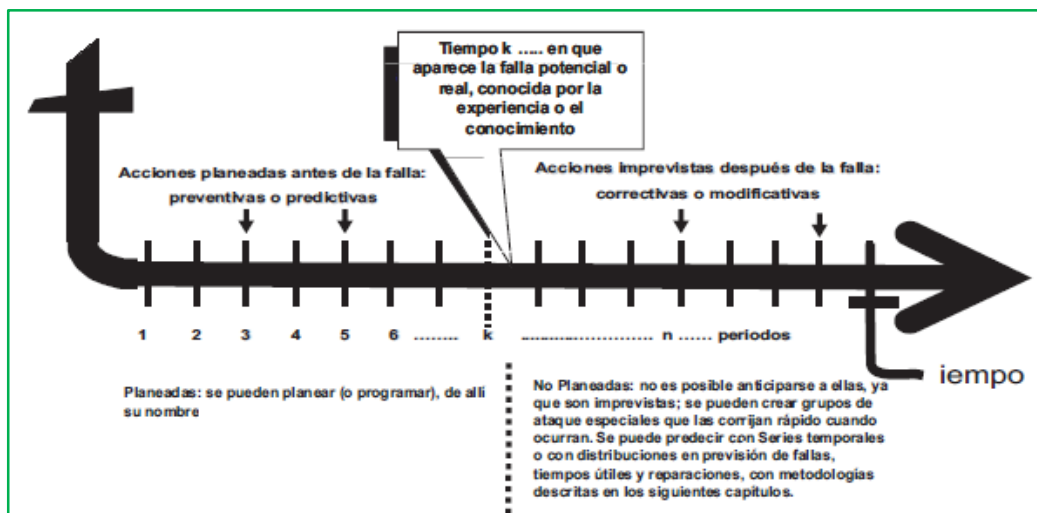
Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible y con los mayores índices de productividad y competitividad posibles para optimizar su rentabilidad.²

2.2.2 Tipos de mantenimiento

Existen varios tipos de mantenimiento con diferencias en cuanto a objetivos, planificación, recursos necesarios, etc. En la actualidad, en las grandes industrias, ninguno de estos tipos se utiliza exclusivamente, sino que se realiza un mantenimiento planificado que combina los diferentes tipos con el objetivo de optimizar los costes globales y la disponibilidad de los equipos.³

Como se puede apreciar el mantenimiento se puede dividir dependiendo si se toma acción antes o después de la falla, como se muestra en la figura.

FIGURA 3: Tipo de mantenimiento según la planificación



FUENTE: Cervantes, Joaquín. "Mantenimiento mecánico de máquinas". p.388

³ CERVANTES, Joaquín. (2007). "Mantenimiento mecánico de máquinas". (2a ed.). Castellón de la plana: Universidad Jaume I.

➤ **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo es el modelo de mantenimiento más común en la pequeña y mediana empresa, y aunque es el que tradicionalmente se ha venido empleando, impera desde hace algún tiempo la introducción de programas de mantenimiento preventivo cuyos resultados a largo plazo son mucho más eficaces. El mantenimiento correctivo se basa en la intervención en el caso de la avería, manifestada como el colapso de un equipo o instalación, es decir, la interrupción súbita de la producción.⁴

En este tipo de mantenimiento, solo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata, por tanto, de una actitud pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería o fallo. A pesar que su definición pueda parecer una actitud despreocupada de atención a los equipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único que se practica en una gran cantidad de industrias. Esta filosofía de mantenimiento no requiere ninguna planificación sistemática, por cuanto no se trata de un planteamiento organizado de tareas.

Por lo tanto un mantenimiento correctivo se enfoca en la corrección de los problemas o averías en el momento que aparecen, implementando una solución rápida que ponga nuevamente en funcionamiento el equipo. Este tipo de mantenimiento implica paradas no programadas.

⁴ CANO, José (1998) "Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas". Barcelona: Marcombo.

Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo:

Ventajas:

- No es necesario tener una mayor preparación o planificación, ya que cualquier cambio se realiza al presentarse el problema.
- Si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implementación de otro sistema resultará poco económica.

Desventajas:

- Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.
- Paradas que no se pueden anticipar y por lo tanto disminuyen la capacidad de producción.
- La empresa necesita una gran cantidad de repuestos en almacén.
- Existe la posibilidad de que falle un componente del cual no se tenga repuesto
- Mantenimiento deficiente debido a la nula planificación y bajo conocimiento sobre los posibles problemas a presentarse.

➤ **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos. Con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de esos elementos, que pueden ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo.⁵

Un grave inconveniente que presenta la aplicación de este tipo de mantenimiento es el coste de las inspecciones. El desmontaje y la revisión de una máquina que está funcionando correctamente o la sustitución de elementos que no se encuentran en mal estado. También puede considerarse preventivo aquel, que sin llegar al desmontaje de los equipos, se ocupa de forma periódica de realizar las tareas propias de lo que se suele llamar entretenimiento de los equipos, es decir, engrase y cambio de lubricantes, sustitución periódica de ciertos elementos vitales del equipo.⁶

Este tipo de mantenimiento es un programa que incluye las inspecciones planificadas, reemplazo de piezas, y reparaciones como medidas proyectadas para evitar las fallas catastróficas y controlar el deterioro. El Mantenimiento Preventivo se dirige a la prevención de averías y defectos.

⁵ MORA, Alberto. (2009). "Mantenimiento. Planeación, ejecución y control". México D.F.: Alfa Omega p.380

⁶ CANO, José (1998) "Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas". Barcelona: Marcombo.

Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo:

Ventajas:

- Una de las ventajas que tiene el mantenimiento preventivo es que se pueden reducir notablemente las paradas por averías, al tener inspecciones planificadas se logra un mejor control del equipo que permiten detectar futuros fallos que se puedan presentar.
- Se tiene control de actividades futuras de mantenimiento antes que se suscite alguna falla inesperada, se maneja historial de cada maquina
- Permite reducir los mantenimientos correctivos que disminuyen paradas innecesarias y aumenta la disponibilidad de la máquina, esto posibilita una mejor planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento.
- Se concreta una mejor coordinación para realizar el paro de las instalaciones con el departamento de producción.

Desventajas:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si el periodo de inspección es demasiado corto será una parada innecesaria además de incrementar los costos de producción y mantenimiento. Por otro lado, si los periodos de inspección se retrasan demasiado pueda suceder que aparezcan fallas que no se puedan detectar o que inconvenientes pasados sigan apareciendo.

- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

2.2.3 Planificación del mantenimiento preventivo

La planificación es el proceso en el cual todos los recursos requeridos para el rendimiento de trabajos específicos son asignados, coordinados y sincronizados en el tiempo y lugar adecuados, con el acceso necesario, de tal manera que el trabajo se pueda realizar con el retraso mínimo y según la fecha acordada bajo el presupuesto acordado. La planificación establecerá cuando los trabajos serán realizados y que recursos pueden ser mejor aplicados a su desarrollo.

En tanto un plan de mantenimiento preventivo es la herramienta con la cual tendremos total control sobre los elementos de la instalación. Podremos realizar históricos de consumos, averías, sustitución de piezas, etc., además de conocer a fondo los aparatos de los sistemas a base de hacer su mantenimiento y sus revisiones. Para que el plan preventivo sea eficaz y práctico tiene que estar compuesto de varias informaciones.⁷

La aplicación de la planificación del mantenimiento aumenta la productividad en un máximo del 25%, alarga el ciclo de vida de las maquinas en un 50% y reduce los costes ocasionados por el mantenimiento en un 30%.

⁷ CANO, José (1998) "Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas". Barcelona: Marcombo.

2.2.4 Fichas técnicas

La información contenida en las fichas técnicas variará según el tipo de objeto de mantenimiento, por tanto, no hay un modelo estándar que pueda ser recomendado. No obstante, en la medida de lo posible, deben contener la información siguiente o cualquier otra que se considere relevante: descripción, código asignado, fecha de arranque, datos del fabricante, distribuidor o proveedor, características y especificaciones técnicas, manejo y cuidado, normas de uso y prevención de fallas, desagregación del objeto en sistemas, subsistemas.

Las fichas técnicas consisten en la información brindada por los fabricantes para el equipamiento en uso. Estas fichas contienen información especialmente crítica que se ha obtenido de los manuales.⁸

2.2.5 Inspecciones periódicas programadas

Una forma de establecer lo que debemos hacer en cada máquina o instalación puede consistir en llevar a cabo inspecciones regulares, de frecuencia corta y realizadas por personal experimentado que, a la vista de la situación del elemento y su funcionamiento, programen y definan que preventivo hay que realizar.

El éxito de las inspecciones depende de la correcta elección del periodo de inspección. Un periodo demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre dos inspecciones consecutivas, en tanto que un periodo demasiado corto puede encarecer considerablemente el proceso productivo.

⁸ GONZÁLES, Francisco. (2005). "Teoría y práctica del mantenimiento industrial Avanzado". (2a ed.). Madrid: Fundación Confemetal.

El equilibrio se encuentra como solución de compromiso entre los cortes procedentes de las inspecciones y los derivados de las averías imprevistas. Si bien los primeros pueden ser suficientemente cuantificados, la evaluación de los segundos no es tarea fácil, por lo que la determinación del punto de equilibrio aludido es difícil y suele ajustarse en función de la propia experiencia.

2.2.6 Indicadores de la planificación de mantenimiento

Para que un plan mantenga una perspectiva amplia es necesario que los indicadores y las mediciones estén presentes y sean importantes. El supervisor del plan debe asegurarse que las operaciones de mantenimiento estén divididas para llevar un mejor control. Cada división debe tener sus propios indicadores para de esta forma controlar fácilmente su desempeño.

2.2.6.1 Disponibilidad

La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un elemento. La mayoría de los usuarios afirman que necesitan la disponibilidad del equipo tanto como la seguridad, porque no se puede tolerar tener un equipo fuera de servicio. Hay varios medios para lograrlo. Uno es construir las cosas extremadamente fiables y, consecuentemente costosas. El segundo es suministrar un sistema que, cuando falle, sea fácil de recuperar. De esta forma, si todo está construido muy

fiable y todo es fácil de reparar, el fabricante obtiene un sistema muy eficaz.⁹

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define la probabilidad de que una máquina o sistema esté preparada para producción en un periodo de tiempo determinado, o sea que no esté parada por verías o ajustes.

La disponibilidad para un sistema que brinda servicio a un cliente de forma no continua debe estar en el rango del 95% al 99%.

$$\mathbf{Disponibilidad} = \frac{\text{horas totales} - \text{horas paradas por mantenimiento}}{\text{horas totales}}$$

Matemáticamente la disponibilidad se define como la relación de la suma de tiempos de producción más la suma de tiempos de mantenimiento entre la suma de tiempos de producción.

Así se tiene:

$$\mathbf{A} = \frac{MBTF}{MBTF + MTTR} \times 100\%$$

⁹ PALMER, Richard (2006). "Maintenance Planning and scheduling handbook" (2ª ed.). New york: McGraw-Hill.

Donde:

A = Disponibilidad

MBTF = Tiempo promedio entre fallas

MTTR = Tiempo promedio para reparación

2.2.6.2 Tiempo promedio entre fallas

Se refiere al tiempo promedio que son capaces de operar las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, a capacidad requerida sin interrupciones dentro del periodo considerado del estudio.

$$MTBF = \frac{HORAS OPERADAS}{NÚMERO DE FALLAS}$$

Donde:

MBTF = Tiempo promedio entre fallas

2.2.6.3 Tiempo promedio para reparación

Se refiere al tiempo promedio en que puede ser reparado las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, se entiende como horas de fallos, el tiempo en horas que transcurre desde que el equipo falló, hasta que el equipo es nuevamente puesto en servicio, es decir, las horas de fallos se consideran igual al tiempo para reparar.¹⁰

¹⁰ GONZÁLES, Francisco. (2005). "Teoría y práctica del mantenimiento industrial Avanzado". (2a ed.). Madrid: Fundación Confemetal.

$$MTTR = \frac{HORAS DE FALLAS}{NÚMERO TOTAL DE FALLAS}$$

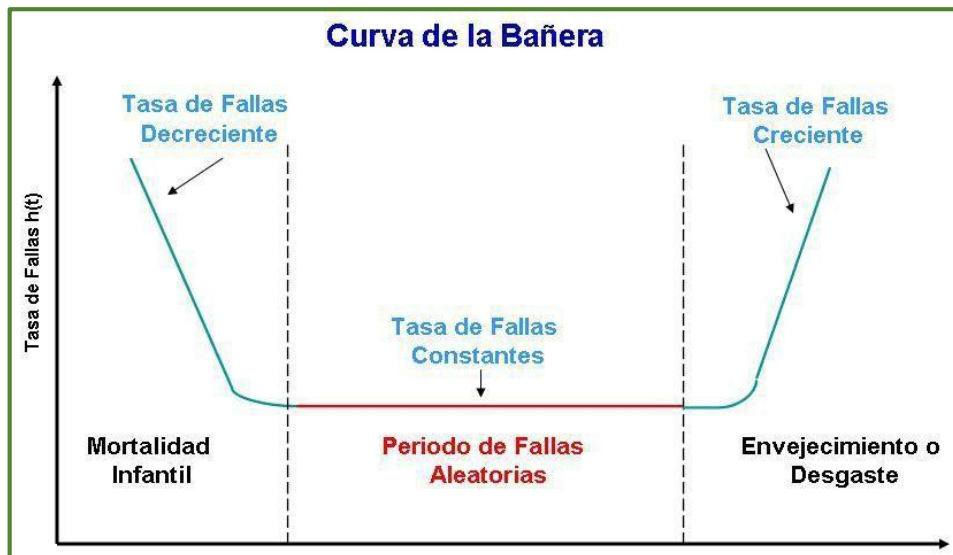
Donde:

MTTR = Tiempo promedio para reparación

2.2.7 Ciclo de vida de los equipos

Es el periodo en el cual el equipo puede funcionar en condiciones operativas y las fallas que se pueden presentar en este tiempo en un equipo, no es uniforme a lo largo de su vida útil, sino que existe variaciones indefinidas durante los periodos inicial y final, así como un gran lapso comprendido entre ellos, en el cual el número o tasa de fallos es relativamente constantes.¹¹

FIGURA 4: Curva de la bañera.



FUENTE: Jhon Jairo Quiñonez Cortes. Implementación de la metodología de Confiabilidad Universidad Nacional Santander, Bucaramanga, Colombia, (2012).

¹¹ CANO, José (1998) "Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas". Barcelona: Marcombo.

La curva de la bañera se puede interpretar para cada una de sus etapas de la siguiente manera:

Tasa de fallas decreciente:

El sistema presenta menor número de fallas a medida de que envejece y esto es conocido también como mortalidad infantil, las fallas se presentan por lo regular a defectos de materiales, malos diseños, montajes inadecuados, mantenimientos incorrectos, etc.

Tasa de fallas constantes:

La probabilidad de falla del sistema es independiente de la edad de su edad, esto significa que el sistema podría fallar en cualquier instante de tiempo, estas fallas en general se deben a causas inmediatas o básicas causadas por condiciones técnicas de equipos o del recurso humano.

Tasa de fallas creciente:

El sistema presenta más fallas a medida que aumenta de edad, esto se conoce también como envejecimiento. Las fallas en esta etapa se presentan desgaste de los elementos, envejecimiento o la pérdida de funcionalidad. En esta etapa hay que decidir si las reparaciones del equipo pueden llegar a ser más costosas que adquirir un equipo nuevo.

Para los componentes y equipos electrónicos la zona de velocidad de falla creciente no es muy pronunciada ya que en la mayoría de ellos el fenómeno de envejecimiento no es tan frecuente.

2.3 Definición de términos básicos

- **Ciclo de vida:** Plazo de tiempo durante el cual un Ítem conserva su capacidad de utilización. El periodo va desde su compra hasta que es substituido o es objeto de restauración.
- **Costo del ciclo de vida:** Coste total de un Ítem a lo largo de su vida, incluyendo los gastos de compra, operaciones de mantenimiento, mejora, reforma y retirada.
- **Defecto:** Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.
- **Desgaste:** El agotamiento o el desprendimiento de la superficie de un material como resultado de la acción mecánica.
- **Disponibilidad:** Es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad de un Ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.
- **Especificaciones técnicas:** conjunto de exigencias y definiciones de carácter técnico que regulan los procesos de ejecución de obras de mantenimiento o servicios técnicos contratados a terceros.
- **Eva:** Se le llama EVA por las siglas de su nombre técnico, etileno-vinil-acetato. También es conocido por su nombre más genérico en inglés, foamy (literalmente espumoso).
- **Inspección:** Tareas/Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizados por la alta frecuencia y corta duración, normalmente efectuada utilizando

instrumentos de medición electrónica, térmica y/o los sentidos humanos, normalmente sin provocar indisponibilidad del equipo.

- **Inyección:** Técnica de moldeo en la que se pueden formar piezas plásticas de geometría compleja. El proceso se basa en un husillo que inyecta plástico fundido dentro de un molde, donde el material toma la forma deseada.
- **Falla:** Cese de la capacidad de un elemento para desarrollar la función requerida puede ser parcial o total.
- **Fiabilidad:** se define como la "probabilidad de que el dispositivo desarrolle una determinada función, bajo ciertas condiciones y durante un período de tiempo determinado".
- **Mantenibilidad:** Propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.
- **Mantenimiento.** Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.
- **Mantenimiento correctivo:** Es la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones cuando, a consecuencia de alguna falla, han dejado de prestar la calidad de servicio esperada.
- **Mantenimiento preventivo:** Es la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones con el fin de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionan continúe dentro de los límites establecidos.
- **Máquina:** Se denomina máquina a todo artefacto capaz de transformar un tipo de energía en otro. Las máquinas nos proporcionan satisfactores humanos (productos) que, en última instancia, deben calificarse como servicios.

- **Mejoramiento:** tiene por objetivo aumentar la calidad de uno o más espacios en el establecimiento existente.
- **MTBF:** Tiempo promedio entre fallas, este indicador es calculado en base a las horas programadas de producción las horas de paradas por fallas correctivas y el número de paradas por fallas correctivas.

$$MTBF = \frac{HORAS OPERDAS}{NÚMERO TOTAL DE FALLAS}$$

- **MTTR:** Tiempo promedio para reparar, este indicador es calculado con el total de horas paradas por fallas correctivas y el número de estas paradas.

$$MTTR = \frac{HORAS DE FALLOS}{NÚMERO TOTAL DE FALLAS}$$

- **Orden de trabajo:** Instrucción detallada y escrita que define el trabajo que debe realizarse por la organización de mantenimiento en la planta.
- **Plan de mantenimiento:** conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar mantenimiento.
- **Reparación:** tiene como finalidad recuperar el deterioro ocasional sufrido por una infraestructura ya construida.
- **Servicios técnicos:** equipos humanos de trabajo conformados por el personal del establecimiento con cierto grado de calificación, capacitación, que ejercen acciones de mantenimiento preventivo y/o correctivo. El servicio técnico puede ser ejecutado directamente por su personal o puede ser contratado a terceros que posean el grado de conocimiento adecuado y conveniente.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 Modelo de solución propuesto

3.1.1 Análisis situacional de la empresa

Convert Footwear, en una empresa del rubro de calzados deportivos; ubicado en la Av. Arquímedes 166, distrito de Chorrillos, departamento de Lima, nace a principios de 1994, cuenta con 7 áreas de producción: área de armando, área de inyectado, área de prensa, área de corte, área de aparado, área de habilitado y empaque, área de alancen; los cuales se enfocan en la fabricación de calzados deportivos de cuero para caballeros, dama y niños.

El área de mantenimiento se implementó recientemente a los inicios del 2017 que obedece a nuevas políticas y buen indicador de crecimiento de la empresa que busca ingresar a nuevos mercados a nivel nacional e internacional; la implementación del área de mantenimiento fue de manera gradual en el cual se tenía abordar a todas las áreas para integrar en un

solo departamento de mantenimiento para poder gestionar de manera más eficaz, esto sucedo porque cada área manejaba su propio sistema de mantenimiento sin ningún plan que avale tales acciones. La creación de un solo departamento de mantenimiento juega un papel importante en gestionar, dirigir y organizar de manera más fluida a todas las áreas involucradas en temas de mantenimiento para garantizar la disponibilidad y confiabilidad efectiva de todos los equipos e instalaciones de la empresa.

El proyecto de implementación del plan de mantenimiento preventivo se realizará de manera específica para el área de Inyectado de Suela, para las maquinas inyectoras KING MIN E-06 y MAIN GROUP ACTIVA 8.

3.1.2 Máquina inyectora de suela

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido en un molde cerrado a presión a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

Las máquinas inyectoras por su complejidad y tamaño se analizara de acuerdo a los sistemas que lo conforman como son: hidráulicos, térmicos, mecánicos, bombas de vacío, ventiladores de enfriamiento, sensores de control, tablero de fuerza y mando.

Actualmente el área de inyectado cuenta con dos líneas que son:

MÁQUINA INYECTORA KING MIN E-06 código **I16L1** de 16 estaciones de 300x650 mm de área de trabajo, 15000 KN de fuerza de cierre, presión de inyección de 1987 bar, capacidad de bomba de motor de 132 kW, utilizada para producir artículos de hasta 3664 g de peso de inyección con capacidad de producción en óptimas condiciones de la máquina es de 1500 pares diarios en el modelo más sencillo.

FIGURA 5: Máquina inyectora King Min E-06



FUENTE: Elaboración propia (2018)

MÁQUINA INYECTORA MAIN GROUP – ACTIVA 8 código I8L2 de 8 estaciones de 300x600 mm de área de trabajo, 12000 KN de fuerza de cierre, presión de inyección de 1987 bar, capacidad de bomba de motor de 125 kW, utilizada para producir artículos de hasta 2890g de peso de inyección, con capacidad de producción en óptimas condiciones de la máquina es de 700 pares diarios en el modelo más sencillo.

FIGURA 6: Máquina inyectora Main Group – Activa 8



FUENTE: Elaboración propia (2018)

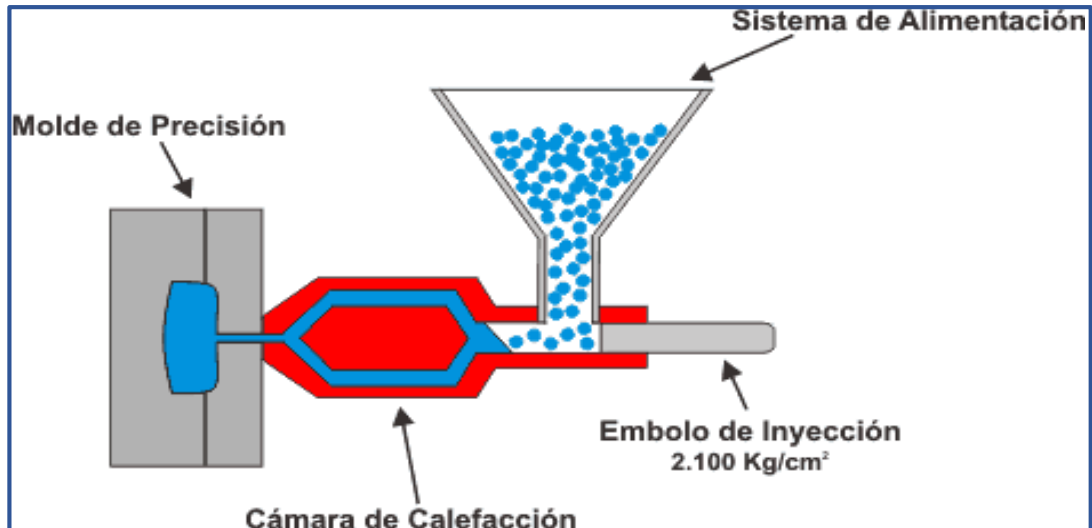
3.1.3 Proceso de inyección de suelas

El proceso de inyección consta de tres principios:

1. Se eleva la temperatura para fundir el poliuretano a un grado tal que pueda fluir cuando se le aplica presión (135 °C). Este incremento de temperatura suele llevarse a cabo en una parte de la máquina conocida como barril. En este barril se depositan gránulos del poliuretano que al calentarse, forman una masa viscosa y de temperatura uniforme. Es importante mencionar en este punto que el material no es un buen conductor de calor, por lo que el proceso de incremento de temperatura debe combinarse con un proceso de corte a velocidad para que sea más eficiente el fundido.
2. La masa viscosa que se obtiene de la fundición de los gránulos de poliuretano se inyecta por medio de un canal llamado inyector que irá disminuyendo su profundidad de forma gradual. De esta manera, la presión ejercida dentro de ese canal empujará la masa viscosa para que pase a través de la compuerta directamente al molde.
3. Dentro del molde, la masa viscosa es sometida a la presión del mismo hasta que se enfría y se solidifica; ya en estado sólido, la pieza es retirada para su posterior decoración o empaque, según la finalidad.

Cuando se obtiene una pieza ya solidificada, el proceso de inyección puede reiniciarse para continuar con la producción

FIGURA 7: Etapas de inyección de suela



FUENTE: <https://sjplasticos.wordpress.com/2010/06/17/moldeo-por-inyeccion/>

FIGURA 8: Suela después de la inyección material EVA



FUENTE: Elaboración propia (2018)

3.1.4 Procedimientos

El análisis de la problemática se realiza de la siguiente manera: en primer lugar se define el estado actual de las máquinas inyectoras la organización y gestión de mantenimiento, así como la distribución y ubicación de equipos que conforman la máquina inyectora. Para ello, se utilizó la auditoria como herramienta de diagnóstico y los indicadores de mantenimiento para establecer la comparación de situación actual y balance una vez implantada la mejora. Uno de los principales factores que se detectó en el área de inyectado de suela que las fallas son recurrentes el mismo equipo misma componente debido a que los colaboradores de mantenimiento realizan un mantenimiento del tipo Correctivo; esto sucede por la falta de organización y gestión en el cumplimiento de realizar mantenimiento en las maquinas inyectoras, por ello es necesario realizar un proceso de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para todas las operaciones que demande una acción de mantenimiento con ello lograr reducir paradas innecesarias y prologar el trabajo neto de las máquinas.

Para el análisis de la gestión de mantenimiento se hace usó del historial de mantenimiento correctivos previos a la implementación con base de dato, del mismo modo se realiza entrevistas a los colaboradores de mantenimiento y operarios de producción a fin de conocer los problemas más comunes de cada una de las maquinas así como su importancia dentro del sistema de producción. Ya entrando en la solución de la implementación del plan de mantenimiento, se presenta el organigrama del área de mantenimiento para inyectado de suela, del mismo modo se procede a realizar una auditoría de gestión de mantenimiento para identificar todos aquellos puntos críticos y

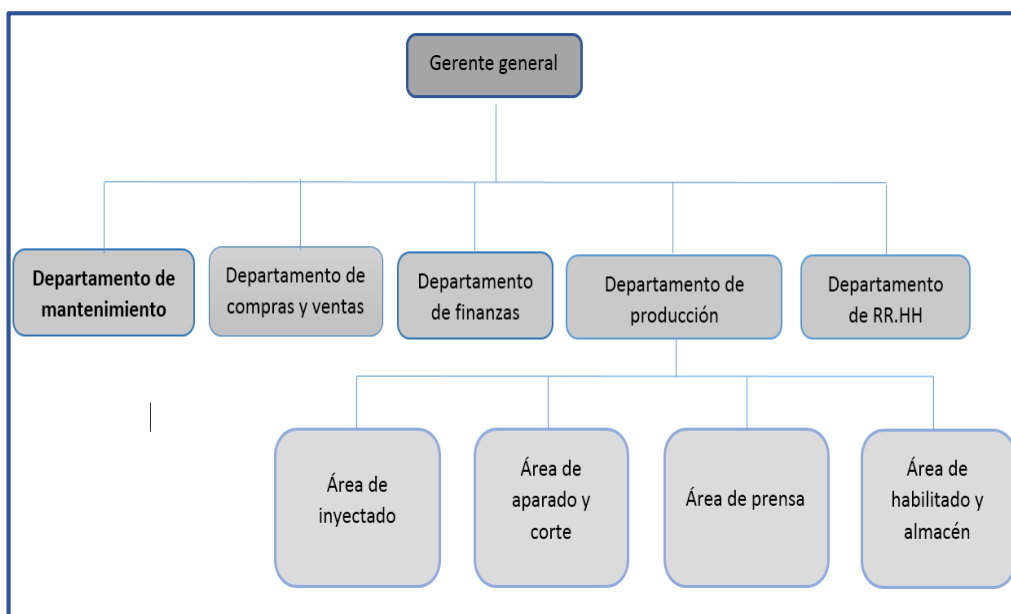
proponer cambios, implementación de: fichas técnicas, ordenes de trabajo, ficha de registro de actividades de mantenimiento, programación de mantenimiento para el área, nuevas tareas y funciones para los colaboradores (ajustes, reparaciones, limpieza, lubricación, calibración), registros de fallas, registro de costos por mantenimiento, entre otros aspectos. Luego se procede llevar un registro de las máquinas del área de inyectado de suela que son objeto de estudio desde una perspectiva de mantenimiento con la respectiva codificación ya existente.

Seguidamente, con toda la información obtenida se hace uso de los indicadores de gestión de mantenimiento para tener un panorama más completo de la situación actual del área de inyectado de suela; su propósito es medir y registrar el desempeño del mantenimiento preventivo. Finalmente, se hace la validación de indicadores y costos entre la situación anterior y el actual.

3.1.5 Organigrama del área de inyectado

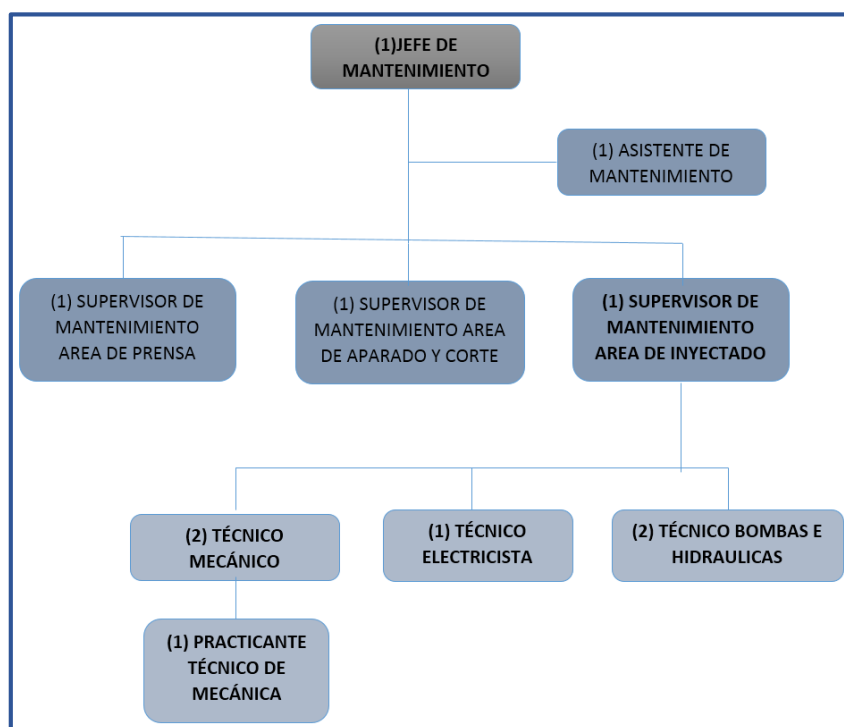
El departamento de mantenimiento tiene sub áreas como la de área de inyectado de suela, en el cual está relacionado de manera directa el jefe de mantenimiento y el asistente de mantenimiento; los que integran esta área son supervisor de mantenimiento, técnicos mecánicos, ayudante mecánico, técnico electricista.

FIGURA 9: Organigrama empresa Convert Footwear actual



FUENTE: Elaboración propia (2018)

FIGURA 10: Organigrama funcional departamento de mantenimiento



FUENTE: Elaboración propia (2018)

El diagrama de la empresa en la actualidad es como se muestra en la Figura 9 ya incorporado el departamento de mantenimiento la estructuración del diferentes áreas de mantenimiento esta direccionado desde la jefatura de mantenimiento que obedece a la política de organización del jefe de mantenimiento para una mejor gestión y dirección de todas las áreas de mantenimiento , el proyecto de implementación esta direccionada para el área de inyectado de suela se estructura como se muestra en la Figura 10, el asistente de mantenimiento es soporte del jefe de mantenimiento en la gestión de compra de repuestos, programación de tareas de mantenimiento, manejo de stock de repuestos para las máquinas, registro de actividades de mantenimiento, entrega de órdenes de trabajo, verificación y cumplimiento de tareas asignadas por el jefe; para esta área de inyectado se cuenta con profesionales técnicos con especialización en hidráulica, mecánica, eléctrica y mecatrónica. También cuenta con practicante de mecánica de mantenimiento haciendo un total de 7 colaboradores.

3.1.6 Ficha técnica máquina inyectora

TABLA 3: Ficha técnica máquina inyectora KING MIN E-06

		INYECTORA SEMIAUTOMÁTICA KINGMIN KM – E06	
		CÓDIGO	I16L1
DATOS DEL EQUIPO		IMAGEN	
MARCA	KINGMIN		
ANO DE FABR.	2010		
DESCRIPCIÓN	INYECTORA DE SUELA		
DIMENSIONES	300X650		
PROCEDENCIA	CHINA		
MANUAL	NO		
COLOR	AMARILLO / VERDE		
FECHA DE INSTALACIÓN	20/10/2015	UBICACIÓN	ÁREA DE INYECTADO
MOTOR		MAQUINA	
MOTOR	KBD - 1380	PESO	15 400 Kg
VOLTAJE	220/ 380 V	PRESIÓN MAX.	12874 Bar
AMPERES	30 A	VELOCIDAD DE INYECCION	197 – 249 g/s
FRECUENCIA	60 Hz	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	1500 pares

FUENTE: Elaboración propia (2018)

TABLA 4: Ficha técnica máquina inyectora GROUP – ACTICA 8

		INYECTORA SEMIAUTOMÁTICA MAIN GROUP - ACTIVA 8	
		CÓDIGO	I8L2
DATOS DEL EQUIPO		IMAGEN	
MARCA	MAIN GROUP		
AÑO DE FABR.	2003		
DESCRIPCIÓN	INYECTORA DE SUELA		
DIMENSIONES	300X650		
PROCEDENCIA	ITALIA		
MANUAL	NO		
COLOR	CELESTE / AZUL		
FECHA DE INSTALACIÓN	15/08/2005		
MOTOR		MAQUINA	
MOTOR	TTB - 1360	PESO	10 400 Kg
VOLTAJE	220/ 380 V	PRESIÓN MAX.	10 074 Bar
AMPERES	30 A	VELOCIDAD DE INYECCION	197 – 249 g/s
FRECUENCIA	60 Hz	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	700 pares

FUENTE: Elaboración propia (2018)

3.1.7 Elaboración de la auditoria

Para un mejor análisis de la gestión del mantenimiento actual, se efectuará una auditoria de sistema de mantenimiento. El método a emplear es el “Radar de Mantenimiento” bajo las pautas para la auditoría de gestión del mantenimiento. La cual ayudará a entender mejor el ambiente del mantenimiento. A través de esta herramienta se podrá tener un mejor visión de la situación actual de mantenimiento del área de inyectado, para poder realizar un adecuado plan de mantenimiento preventivo, para asegurar el éxito a largo plazo de la función de mantenimiento.

Para el diseño de la auditoria se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Establecer las categorías de evaluación para el departamento de mantenimiento el cual constara de 90 preguntas a las cuales se asignara puntajes según este criterio: Cada una de las preguntas tiene 4 posibles valores: “3” si la respuesta a la cuestión planteada es muy favorable, “2” si la situación es mejorable, aunque aceptable; “1” si la situación es desfavorable y se hace necesario un cambio; y “0” si la respuesta es tan desalentadora como para considerar la situación de ese punto un auténtico desastre.
2. Identificar los componentes de cada categoría establecida. Cada categoría contará con diez componentes de modo que pueda analizarse los factores que influyen en la relación entre las categorías y el departamento de mantenimiento.
3. Desarrollar la auditoría. Debe encuestarse tanto al personal de mantenimiento como también al personal de producción para obtener

una percepción sobre el funcionamiento del departamento de mantenimiento en el área determinada.

4. Al efectuar la encuesta, el entrevistado le asignará un puntaje en el rango del 0 al 3 a cada componente.
5. El puntaje de una categoría específica se determinará dividiendo el puntaje obtenido en cada categoría específica entre el máximo posible correspondiente a dicho tema.

$$\textit{Puntaje de categoría} = \frac{\textit{Puntaje obtenido en categoría específica}}{\textit{Puntaje máximo posible en dicho tema}}$$

6. Del mismo modo se calculará el número de puntos obtenido y dividiendo entre 270 (el máximo posible) puede obtenerse un valor numérico, que expresado en % a cual llamaremos Índice de Conformidad, el cual es aplicable al área de inyectado de suela.
7. De los resultados que se obtenga se considerará como fortalezas las componentes y categorías que posean los puntajes más altos y como debilidades, a las que poseen puntajes más bajos.

3.1.8 Designación de categorías y componentes de la auditoría

En la Tabla 5 se detallan las categorías y los respectivos pesos asignados para la auditoría a realizar


TABLA 5: Categorías de auditoría aplicada

DESIGNACIÓN DE CATEGORÍAS	
N°	CATEGORÍAS
1	Organización del departamento de mantenimiento
2	Administración del departamento de mantenimiento.
3	Planeamiento del mantenimiento.
4	Habilidad del personal de mantenimiento.
5	Ejecución del mantenimiento.
6	Supervisión en el departamento de mantenimiento.
7	Abastecimiento para el departamento de mantenimiento.
8	Seguridad en el mantenimiento.
9	Clima y cultura organizacional

FUENTE: Elaboración propia (2018)

Desarrollo de auditoría para el área de inyectado de suela

TABLA 6: Cuestionario de auditoría

CUESTIONARIO DE AUDITORIA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO					
Área: INYECTADO DE SUELA					
N°	CRITERIOS	Puntaje			
		0	1	2	3
CATEGORÍA 1 : ORGANIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?		X		
2	¿Hay personal que pueda considerarse 'imprescindible' cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?		X		
3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?			X	
4	¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?	X			
5	¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?			X	
6	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?		X		
7	El departamento de mantenimiento trabaja basado en claros objetivos propios.			X	
8	El departamento de mantenimiento tiene definidas claramente sus funciones.			X	
9	El departamento de mantenimiento tiene claramente definida sus responsabilidades.			X	
10	El departamento de mantenimiento es considerado para tomar de decisiones por los demás departamentos.		X		
TOTAL		14			

CATEGORÍA: ADMINISTRACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
11	¿Cómo calificaría la comunicación de todas las áreas de la empresa Convert Footwear con el departamento de mantenimiento?			X	
12	¿Cómo calificaría el apoyo de la Gerencia de Operaciones al departamento de mantenimiento?			X	
13	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de recursos humanos al departamento de mantenimiento?		X		
14	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de logística al departamento de mantenimiento?		X		
15	¿Cómo calificaría el apoyo de la división de ventas al departamento de mantenimiento?		X		
16	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de sistemas al departamento de mantenimiento?			X	
17	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de contabilidad al departamento de mantenimiento?		X		
18	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de finanzas al departamento de mantenimiento?		X		
19	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de Control de Calidad al departamento de mantenimiento?			X	
20	La información de la empresa le llega al departamento de mantenimiento a tiempo y en forma correcta.			X	
TOTAL			15		
CATEGORÍA: PLANEAMIENTO DEL DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO					
21	¿Cómo calificaría el planeamiento de mantenimiento dentro del área de inyectado?	X			
22	¿Cómo calificaría la recepción de solicitudes de servicio?		X		
23	¿Se cumple las órdenes de trabajo en el departamento de mantenimiento?			X	
24	¿Cómo calificaría el planeamiento de la mano de obra en el departamento de mantenimiento?			X	
25	¿Cómo calificaría el planeamiento de materiales en el departamento de mantenimiento?	X			
26	¿Cómo calificaría el planeamiento de equipo de mantenimiento en el departamento de mantenimiento?		X		
27	¿Cómo calificaría la logística en el departamento de mantenimiento?			X	
28	¿Cómo calificaría la coordinación de fechas para realizar mantenimiento en el área de inyectado?		X		
29	¿Cómo calificaría el planeamiento del mantenimiento preventivo en el departamento de mantenimiento?		X		
30	¿Cómo calificaría el reporte de cumplimiento de mantenimiento planeado por el departamento de mantenimiento?			X	
TOTAL			13		
CATEGORÍA: HABILIDAD DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO					
31	Nivel técnico de los ingenieros del departamento de mantenimiento.			X	
32	Nivel técnico de los técnicos del departamento de mantenimiento.			X	
33	¿El departamento de mantenimiento tiene el personal con experiencia suficiente?				X
34	El personal de mantenimiento conoce y está involucrado con los objetivos de la empresa.			X	
35	Nivel de desempeño del personal del departamento de mantenimiento para realizar mantenimiento preventivo.		X		
36	El personal de supervisión capacita a su personal permanentemente.			X	
37	El personal de mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente.			X	
38	El personal de mantenimiento trabaja solo y son responsables de las tareas que realizan.		X		
39	El personal de mantenimiento tiene habilidades para resolver problemas y tomar decisiones.			X	
40	El personal del área de mantenimiento puede realizar análisis de datos de fallas para mejorar.			X	
TOTAL			19		
CATEGORÍA: EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO					
41	El personal de mantenimiento acciona en base a planes y programas.	X			
42	El departamento de mantenimiento participa en planes de inversión, ampliaciones y modernización.			X	
43	¿Cómo calificaría la aplicación del concepto de mantenimiento preventivo basado en inspección y revisión planeadas?		X		
44	¿Cómo calificaría el desempeño del área de mantenimiento para resolver los problemas de emergencia?			X	
45	El área de mantenimiento devuelve las solicitudes de mantenimiento con la información de los trabajos realizados.			X	
46	El departamento de mantenimiento tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día.			X	
47	El departamento de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes.		X		
48	El departamento de mantenimiento dispone de suficientes herramientas, equipos y máquinas en buen estado.		X		
49	El departamento de mantenimiento presta atención y resuelve los casos de fallas repetitivas.		X		

50	El departamento de mantenimiento dispone de suficiente datos sobre costos y presupuestos.		X		
TOTAL				13	
CATEGORÍA: SUPERVISIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
51	¿Existe supervisión del personal de mantenimiento?			X	
52	La supervisión de mantenimiento conoce sus obligaciones técnicas, funciones y responsabilidades.			X	
53	La supervisión elabora los planes y programas de actividades de mantenimiento y los controla.			X	
54	La supervisión conoce, cumple y hace cumplir la política y objetivos del departamento de mantenimiento.			X	
55	La supervisión maneja y aplica la economía y control de costos de mantenimiento.			X	
56	¿La supervisión de mantenimiento de la empresa sabe escuchar a su personal?		X		
57	¿La supervisión de mantenimiento de la empresa analiza y resuelve problemas por sí misma?			X	
58	¿La supervisión de mantenimiento de la empresa sabe escuchar a otro personal de otros departamentos?			X	
59	La supervisión de mantenimiento tiene fluida relación con los niveles superiores de la empresa.		X		
60	¿Cómo calificaría la relación entre la supervisión de mantenimiento y los supervisores de la empresa?		X		
TOTAL				17	
CATEGORÍA: ABASTECIMIENTO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
61	¿Cómo calificaría la respuesta a las solicitudes de compras pedidas por el departamento de mantenimiento?		X		
62	Los almacenes de repuestos para mantenimiento están correctamente ordenados.		X		
63	¿Cómo están los mecanismos de recepción de repuestos para mantenimiento en calidad y cantidad?		X		
64	Se compra en base a especificaciones precisas del departamento de mantenimiento.			X	
65	El catálogo de componentes (repuestos) de la empresa es permanentemente actualizado.				X
66	Disponibilidad de repuestos, materiales y suministros para mantenimiento.			X	
67	El departamento de mantenimiento tiene participaciones en el proceso de compra.			X	
68	¿El registro de proveedores para mantenimiento es actualizado permanentemente?			X	
69	Se respetan los niveles máximo/mínimo de existencias para mantenimiento (stock).		X		
70	Grado de facilidad para contratar servicios de terceros para mantenimiento			X	
TOTAL				15	
CATEGORÍA: SEGURIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
71	¿Cómo calificaría la política de seguridad del departamento de mantenimiento?			X	
72	¿Cómo calificaría los procedimientos de seguridad del departamento de mantenimiento?			X	
73	Grado de aplicación de la política y procedimientos de seguridad del departamento de mantenimiento.			X	
74	Grado de conocimiento del impacto de seguridad en el mantenimiento de la empresa.			X	
75	La política de seguridad del departamento de mantenimiento es actualizada permanentemente.			X	
76	¿Existe una política de seguridad para lugares confinados en el departamento de mantenimiento?			X	
77	¿Existe una política de seguridad para trabajos en caliente en el departamento de mantenimiento?			X	
78	¿Existe una política de seguridad para lugares de altura en el departamento de mantenimiento?		X		
79	¿Existe una política de seguridad contra incendios en el departamento de mantenimiento?			X	
80	¿Existe una política de seguridad contra sustancias nocivas en el área de mantenimiento?			X	
TOTAL				19	
CATEGORÍA: ORGANIZACION DEL MANTENIMEINTO CORRECTIVO					
81	¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?		X		
82	¿El número de averías repetitivas es bajo?		X		
83	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?			X	
84	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?		X		
85	¿Este sistema se utiliza correctamente?		X		
86	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?			X	
87	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?		X		
88	¿La razón por la que las averías pendientes están pendientes está justificada?			X	
89	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?		X		
90	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?		X		
TOTAL				13	

FUENTE: Elaboración propia (2018)

3.1.9 Resultados de la auditoría

Con las nueve categorías de encuestas realizadas, se obtuvieron los puntajes promedio de cada componente y con esos datos se efectuaron los cálculos para determinar los puntajes ponderados de cada componente por categoría.

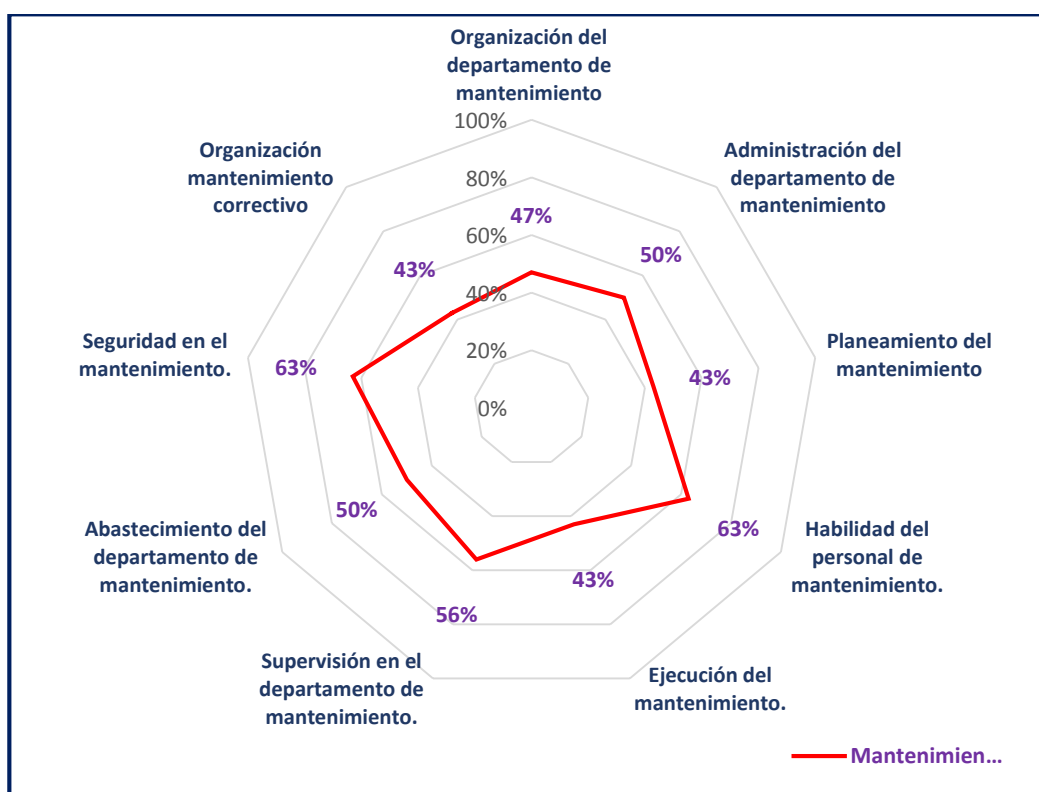
Los resultados obtenidos en la categoría organización del mantenimiento a partir de las encuestas realizadas, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 7 y se representan en la Figura 11. Se determinó que el departamento de mantenimiento tiene como fortalezas la seguridad dentro de la organización de la estructura de la empresa Convert Footwear. Asimismo, se puede considerar como debilidades potenciales el planeamiento y organización del área de mantenimiento.

TABLA 7: Resultados obtenidos por categoría

N°	Categoría	Puntaje	Puntaje %
1	Organización del departamento de mantenimiento	14	47%
2	Administración del departamento de mantenimiento	15	50%
3	Planeamiento del mantenimiento	13	43%
4	Habilidad del personal de mantenimiento.	19	63%
5	Ejecución del mantenimiento.	13	43%
6	Supervisión en el departamento de mantenimiento.	17	56%
7	Abastecimiento del departamento de mantenimiento.	15	50%
8	Seguridad en el mantenimiento.	19	63%
9	Organización mantenimiento correctivo	13	43%
Total		138	51%

FUENTE: Elaboración propia (2018)

FIGURA 11: Radar por categoría del departamento de mantenimiento



FUENTE: Elaboración propia (2018)

Las categorías de planeamiento, organización y ejecución de mantenimiento son las que presentan un menor índice de desempeño tal como se muestra en la Figura 11, es donde se tendrá un mayor enfoque de desarrollo estratégico del plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad de las máquinas inyectoras.

3.1.10 Capacidad productiva del área de inyectado

En condiciones normales de trabajo, el área de inyectado tiene una capacidad productiva de:

TABLA 8: Capacidad productiva del área de inyectado

Máquina	Horas / día	Producción / hora (Pares de suela)	Producción total (Pares de suela)
CAPACIDAD PRODUCTIVA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN			
KING MIN E-06 / I16L1	10:40:00	123	1282
MAIN GROUP – ACTIVA 8 / I8L2	10:40:00	54	561
TOTAL		177	1843
CAPACIDAD PRODUCTIVA EN CONDICIONES NORMALES			
KING MIN E-06 / I16L1	10:40:00	144	1500
MAIN GROUP – ACTIVA 8 / I8L2	10:40:00	68	700
TOTAL		212	2200

FUENTE: Área producción de suelas

La capacidad productiva actual del área de máquinas inyectoras es de 83.75% de producción que hace un total de 1843 pares de suela los cuales son insuficientes para los requerimientos de la empresa, por lo se realiza doble turno de trabajo para cumplir el déficit de producción de 357 pares para hacer un total 2200 pares de suelas.

Entonces la capacidad productiva neta debe ser de 2200 pares de suela en un turno de 10:40:00 horas en condiciones normales de trabajo. El área de armado tiene una producción de 183 docenas de zapatillas x día para las cuales el área de inyectado debe entregar una producción total de 2196 pares de suela para ser armados conjuntamente con el cuerpo de las zapatillas.

3.1.11 Registro de fallas en las máquinas inyectoras antes de la mejora

Para el registro de fallas se toma de acuerdo al tipo fallas como son mecánicas, eléctricas e hidráulicas con respectivos tiempos inoperativos como se muestran en la tabla 9.

TABLA 9: Fallas recurrentes en la máquina inyectora

FALLAS RECURRENTE EN LAS MÁQUINAS INYECTORAS			
SISTEMA	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	HORAS INOPERATIVAS
FALLAS MECÁNICAS	01	Falla de prensa, guía inyectora	4:00:00
	02	Falla de zapatas (paralelas)	6:50:00
	03	Falla de boquilla del inyector	4:00:00
	04	Falla de bomba de vacío (recalentamiento)	6:00:00
	05	Descalibración en moldes por variación de presión hidráulica	19:00:00
	06	Falla en motor principal por desalineamiento	7:00:00
	07	Trabas en la compuerta de moldes	14:00:00
	08	Falla en el carro inyector	24:00:00
FALLAS ELÉCTRICAS	09	Falla de variador y programación	20:00:00
	10	Falla micro switch	2:00:00
	11	Falla de sensor (ventilador eléctrico)	1:00:00
	12	Falla fusibles (Relé)	1:00:00
	13	Falla motor principal (recalentamiento) excesiva carga mecánica	18:00:00
	14	Falla de ventiladores (saturación de impurezas)	1:00:00
	15	Falla en tablero principal	10:00:00
	16	Falla en panel de control	2:00:00
FALLAS HIDRÁULICAS	17	Falla en conexiones de la bomba (fuga de aceite)	2:00:00
	18	Falla en la boquilla (fuga de material)	3:00:00
	19	Falla de pistón hidráulico	8:00:00


Fuente: Área de mantenimiento

3.1.12 Indicadores de gestión antes de aplicar el plan de mantenimiento

Para la realización de los indicadores de gestión de mantenimiento de las maquinas inyectoras se realizará por separado; los datos tomados son a partir del mes de Enero - Agosto del 2017, con promedio de trabajo de 10:40:00 horas por día; durante 30 días.

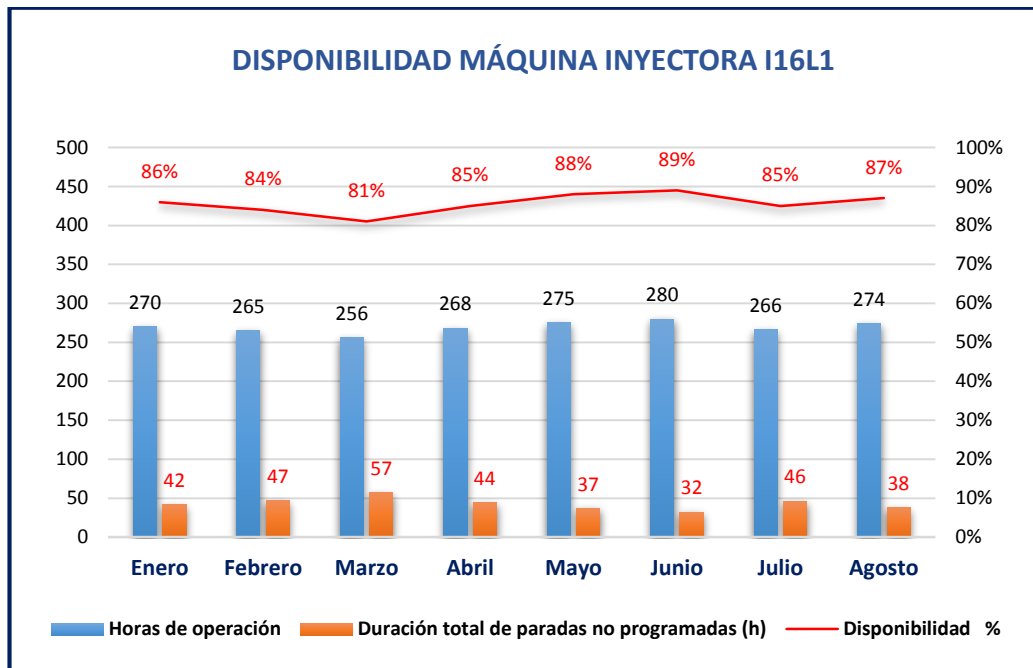
❖ Disponibilidad máquina inyectora KING MIN E-06 / I16L1 de 16 estaciones

TABLA 10: Indicadores antes de la mejora máquina I16L1

CÁLCULO DE INDICADORES ANTES DE LA MEJORA						
MÁQUINA INYECTORA KING MIN E-06 / I16L1						
Periodo : 2017		Enero – Agosto				
Horas de trabajo mensual: 312 h						
Meses laborados	Horas de operación	N° de paradas m. correctivo	Duración total de paradas no programadas (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad %
Enero	270	7	42	39	6	86 %
Febrero	265	5	47	53	9.4	84 %
Marzo	256	8	57	32	7.12	81 %
Abril	268	8	44	33.5	5.5	85 %
Mayo	275	9	37	30.5	4.1	88 %
Junio	280	7	32	31	3.5	89 %
Julio	266	9	46	29.5	5.1	85 %
Agosto	274	10	38	27.4	3.8	87 %
Total	2154					85 %

FUENTE: Elaboración propia (2018)

FIGURA 12: Indicadores de máquina inyectora KING MIN E-06




FUENTE: Elaboración propia (2018)

Como se aprecia en la figura 12 la disponibilidad de máquina inyectora I16L1 según registro de datos correspondientes a los meses de Enero - Agosto del 2017 fue de 85% en promedio. Esto se puede explicar partiendo que las horas de trabajo mensual en condiciones normales que es de 312 horas netas, pero la máquina inyectora no cumple las horas que debería operar por diferentes factores de paradas no programadas; haciendo la comparación entre horas operación y horas de paradas no programadas, existe un promedio de 42:50:00 horas perdidas por mes, este suceso trae como consecuencia un desbalance de producción ya que con horas no producidas no se llega a concretar el total de producción por día, teniendo retrasos en los pedidos.

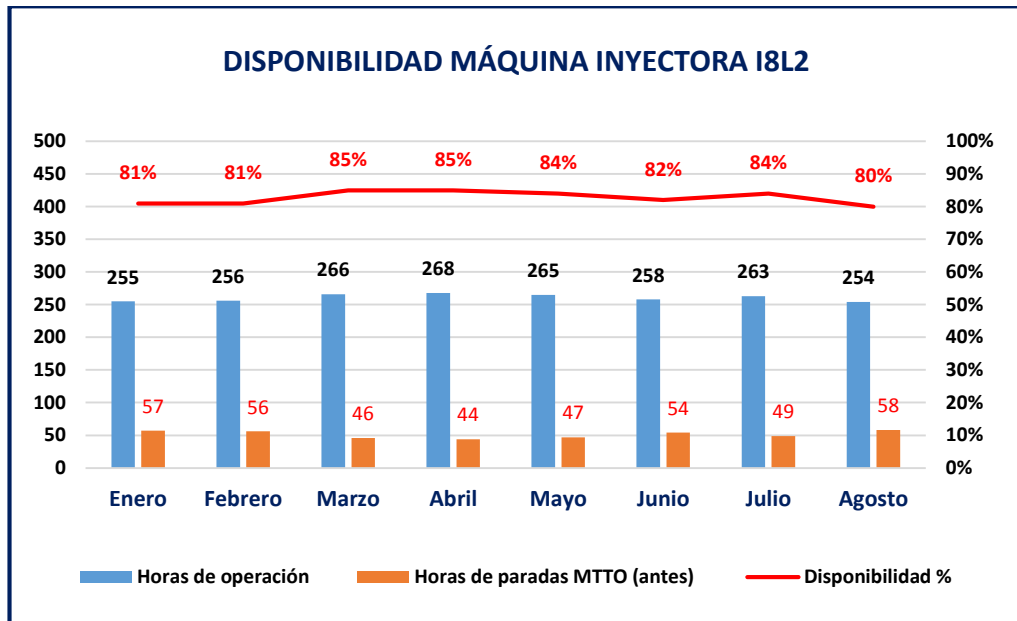
❖ Disponibilidad máquina inyectora MAIN GROUP – ACTIVA 8 / I8L2
de 8 estaciones

TABLA 11: Indicadores antes de la mejora máquina I8L2

CÁLCULO DE INDICADORES ANTES DE LA MEJORA						
MÁQUINA INYECTORA MAIN GROUP - ACTIVA 8 I8L2						
Periodo : 2017		Enero – Agosto				
Horas de trabajo mensual: 312 h						
Meses laborados	Horas de operación	N° de paradas m. correctivo	Duración total de paradas no programadas (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad %
Enero	255	10	57	25.5	5.7	81 %
Febrero	256	8	56	32	7.125	81 %
Marzo	266	9	46	29.5	5.1	85 %
Abril	268	8	44	33.5	5.5	85 %
Mayo	265	5	47	53	9.4	84 %
Junio	258	11	54	23.5	4.9	82 %
Julio	263	7	49	37.5	7	84 %
Agosto	254	10	58	24.5	5.8	80 %
Total	2085					82.8 %

FUENTE: Elaboración propia (2018)

FIGURA 13: Indicadores de máquina inyectora MAIN GROUP – ACTIVA 8



FUENTE: Elaboración propia (2018)

Como se aprecia en la figura 13 la disponibilidad de máquina inyectora I8L2 según registro de datos correspondientes a los meses de Enero - Agosto del 2017 fue de 82.5% en promedio. Esto se puede explicar partiendo que las horas de trabajo mensual en condiciones normales que es de 312 horas netas, pero la máquina inyectora no cumple las horas que debería operar por diferentes factores de paradas no programadas; haciendo la comparación entre horas operación y horas de paradas no programados, existe un promedio de 41:40:00 horas perdidas por mes, este suceso trae como consecuencia un desbalance de producción ya que con horas no producidas no se llega a concretar el total de producción por día, teniendo retrasos en los pedidos.

3.1.13 Análisis económico de mantenimiento antes de la implementación

Análisis económico del departamento de mantenimiento para el área de inyectado de suela. El área de inyecta de suela cuenta con una partida de 22 000 soles mensuales que cubre todo lo relacionado a mantenimiento de máquinas inyectoras.

- Pérdidas por exceso en los gastos de mantenimiento:

TABLA 12: Gasto de mantenimiento antes de la implementación

MESES DE OPERACIÓN	GASTO MANTENIMIENTO	PRESUPUESTO S/.	EXCESO SOBRE EL PRESUPUESTO S/.
Enero	28 600	22 000	6 600
Febrero	29 105	22 000	7 105
Marzo	28 000	22 000	6 000
Abril	29 000	22 000	7 000
Mayo	29 020	22 000	7 020
Junio	29 480	22 000	7 480
Julio	29 850	22 000	7 850
Agosto	29 050	22 000	7 050
TOTAL	232 105	176 000	56 105

FUENTE: Departamento de mantenimiento

Para el periodo semestral se registra que las pérdidas por exceso en los gastos de mantenimiento de las máquinas inyectoras fueron de **S/. 56 105** soles.

- Pérdidas por disponibilidad de equipos:

En promedio la disponibilidad de las máquinas inyectoras es de 83% lo que se pretende obtener es un mínimo de 93% de disponibilidad, por tal razón se tiene una diferencia del 10% de disponibilidad, si el total de horas de producción es de 312 horas mensual; un 10% de disponibilidad equivaldría a 31.2 horas mensuales, anualmente 374.4 horas, lo cual representa en producción (212 pares de suela/hora) 79 373 pares de suela anualmente, esto en pérdidas económica representa, **S/. 95 247.6** anuales.

79 373 pares x 1.2 soles/pares de suela = **S/. 95 247.6** soles

* Entonces en un semestre se estaría perdiendo **S/. 47 623.8** soles

3.1.14 Implementación del nuevo plan de mantenimiento preventivo

Luego de obtener la información de la situación actual de indicadores y costos de mantenimiento, se procede a elaborar un plan de mantenimiento preventivo de carácter anual, dividiendo en sub grupos los componentes principales de la máquina inyectora para tener un mejor control de cada elemento en el desarrollo del plan de mantenimiento como se detalla en la Tabla 13.

Para este proceso se contó con el apoyo técnico de los especialistas del área de inyectado como: Técnico mecánico en máquinas inyectoras, Técnico electricistas industrial y Técnicos en hidráulicas; para el reconcomiendo de los elementos ya que no se cuenta con manual de instrucción ni de partes de la máquina, esto sirvió para recaudar


información de componentes principales ver estado operacional de cada elemento que conforma la maquina inyectora.

3.1.15 Plan de mantenimiento preventivo para máquinas inyectoras

Se estableció los lineamientos a seguir para planificar, programar, gestionar y ejecutar el nuevo plan de mantenimiento preventivo en las máquinas inyectoras con la finalidad de lograr obtener una alta disponibilidad. Este plan de mantenimiento será de carácter anual, las actividades a considerar son esencialmente en base a los componentes principales de la máquina que son clave para su correcto funcionamiento para ello se toma en cuenta las tareas a realizar, frecuencia de trabajo y proceso de ejecución de plan de mantenimiento, fichas técnicas, ordenes de trabajo, ficha de registro de actividades de mantenimiento, programación de mantenimiento para el área, nuevas tareas y funciones para los colaboradores (ajustes, reparaciones, limpieza, lubricación, calibración), registros de fallas, registro de costos por mantenimiento, entre otros aspectos.

Luego se procede llevar un registro de mantenimiento de las máquinas inyectoras de suela dando prioridad a los componentes como son: hidráulicos, térmicos, mecánicos, bombas de vacío, ventiladores de enfriamiento, sensores de control, tablero de fuerza y mando. Los cuales se detallan en el cuadro del plan mantenimiento preventivo.

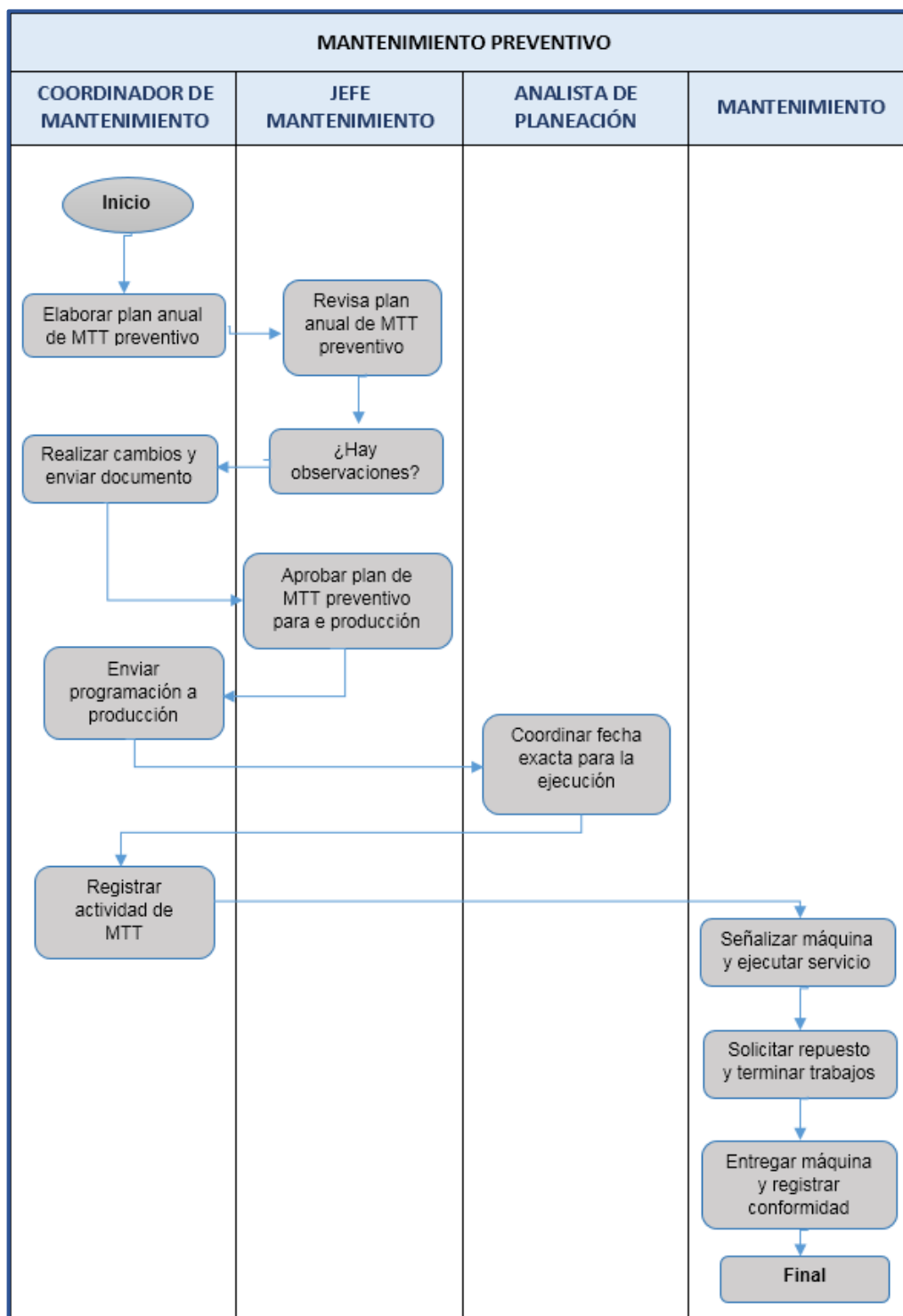
TABLA 13: Plan de mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO EMPRESA DE CALZADO CONVERT FOOTWEAR MÁQUINA INYECTORA KING MIN KM – E06 / MAIN GROUP – ACTIVA 8						
CÓDIGO	PERIODO	FECHA	JEFE DE MANTENIMIENTO	SUPERVISOR		
I16L1 I8L2	Enero - Diciembre 2018					
ÁREA : INYECTA DE SUELA - EVA						
N°	COMPONENTE	TIPO DE MANT.	TAREA	FRECUENCIA	ENCARGADO	SUPERVISADO
01	Bombas hidráulicas	Mantenimiento Preventivo	Revisar ruidos de la bomba Revisar fugas de aceite	Semanal	Especialista en hidráulica	Supervisor de área
02	Bombas de vacío	Mantenimiento Preventivo	Revisar conducto alimentador	Semanal	Especialista en mecánica	Supervisor de área
03	Motor eléctrico del proceso	Mantenimiento Preventivo	Revisar alineamiento Revisar conexión	Mensual	Especialista en mecánica eléctrica	Supervisor de área
04	Carro inyector	Mantenimiento Preventivo	Engrasar riel horizontal y vertical Verificar ventiladores Medir temperatura	Semanal	Especialista en mecánica eléctrica	Supervisor de área
05	Moldes	Mantenimiento preventivo	Calibrar moldes	Semanal	Especialista en mecánica	Supervisor de área
06	Ventiladores	Mantenimiento preventivo	Revisar conexiones Verificar sensor de nivel de enfriamiento	Semestral	Especialista en eléctrica	Supervisor de área
07	Sensores de temperatura de aceite	Mantenimiento Preventivo	Medir temperatura Revisar estado	Semanal	Especialista en eléctrica	Supervisor de área
08	Compuerta de molde	Mantenimiento Preventivo	Verificar funcionamiento engrasar	Semanal	Especialista en mecánica	Supervisor de área
09	Boquilla de inyección	Mantenimiento Correctivo	Limpiar punta de inyector Revisar degaste	Diario	Especialista en hidráulica	Supervisor de área
10	Válvula hidráulica de control	Mantenimiento Preventivo	Inspeccionar apertura y cierre automatizado	Semanal	Especialista en eléctrica	Supervisor de área
11	Tornillo de inyección	Mantenimiento Preventivo	Verificar el libre ingreso y salida Descarte de sonidos	Semanal	Especialista en hidráulica	Supervisor de área
12	Controlador de temperatura	Mantenimiento Correctivo	Verificar medición	Diaria	Especialista en electricidad	Supervisor de área
13	Columnas guía (bancada)	Mantenimiento Preventivo	Engrasar riel	Semanal	Especialista en mecánica	Supervisor de área
14	Nivel de aceite del tanque	Mantenimiento Preventivo	Verificar nivel de aceite	semanal	Especialista en hidráulica	Supervisor de área
15	Unidad de control de proceso	Mantenimiento Preventivo	Inspeccionar conexiones de tablero de fuerza y control	mensual	Especialista en electricidad	Supervisor de área
16	Cilindros hidráulicos de cierre	Mantenimiento Preventivo	Revisar sonidos Revisar fugas de aceite	mensual	Especialista en hidráulica	Supervisor de área
17	Sensores final de carrera	Mantenimiento Preventivo	Verificar funcionamiento, limpiar impurezas	semanal	Especialista en electricidad	Supervisor de área
18	Análisis de aceite	Mantenimiento Preventivo	Analizar aceite	anual	externo	Supervisor de área
19	Revisión de filtros	Mantenimiento Preventivo	Verificar estado y cambiar	trimestral	Especialista en mecánica	Supervisor de área

FUENTE: Elaboración propia (2018)

3.1.16 Proceso de ejecución de un plan de mantenimiento preventivo

FIGURA 14: Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo



FUENTE: Área de mantenimiento

3.1.17 Ordenes de trabajo

Con los planes de mantenimiento ya programado el jefe de mantenimiento en coordinación con el supervisor del área, planificarán programar las órdenes de trabajo para el mantenimiento preventivo de los equipos según las frecuencias establecidas, serán impresas para la ejecución de las mismas y firmadas por el jefe de mantenimiento, supervisor de mantenimiento y el supervisor de producción para validar la ejecución y serán archivadas como comprobante de la ejecución del mantenimiento. En la Figura 15, se muestra parte de la lista de planes de mantenimiento preventivo de la línea de inyectado de suela.

FIGURA 15: Ordenes de trabajo para área de inyectado

<u>ORDEN DE TRABAJO</u>						
ÁREA DE EJECUCIÓN	INYECTADO DE SUELA					
N° ORDEN	OT - 101	EQUIPO	KING MIN KM E-06			
CLASE DE ACTIVIDAD	MTTO. PREVENTIVO	ESTADO DE LA ORDEN	EJECUCIÓN	FECHA	14/06/18	
PRIORIDAD	ALTA	HORA INICIO	8:00:00	HORA FINAL	15:00:00	
CAUSA						
HOJA DE RUTA						
ÍTEM	OPERACIÓN	ACTIVIDAD		TIEMPO (m)	EJECUTADO	
JEFE DE MANTENIMIENTO		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO			SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN	

FUENTE: Elaboración propia (2018)

Algunas operaciones de inspección y mantenimiento de máquinas inyectoras

- Al iniciar la operación el personal de mantenimiento debe realizar pruebas de recorrido inicial y final del carro inyector para verificar la operatividad de sensores, descarte de sonidos extraños, lubricación de riel. Verificación de temperatura en el inyector.

FIGURA 16: Prueba de recorrido carro inyector



FUENTE: Elaboración propia (2018)

- La calibración de la compuerta de moldes permite un correcto cierre del molde para la inyección respectiva. Este proceso con el nuevo plan de mantenimiento se debe realizar semanal, ya que antes lo realizaban solo cuando se presentaba el problema de cierra en la compuerta y molde.

FIGURA 17: Calibración compuerta de moldes máquina I8L2



FUENTE: Elaboración propia (2018)

- Mantenimiento de estación 03 de los sensores de temperatura, cilindro neumático, cañerías, panel de control y compuerta. Maquina I16L1

FIGURA 18: Mantenimiento y calibración de compuerta



FUENTE: Elaboración propia (2018)

- Mantenimiento máquina I16L1 de los componentes como: mangueras hidráulicas, fugas de aceite, sonidos extraños, limpieza del riel, sensores de final de carrera, lubricación en guías.

FIGURA 19: Prueba de cierre y apertura estación 03 máquina I16L1



FUENTE: Elaboración propia (2018)

3.1.18 Nuevo registro de fallas después de la implementación

Después de poner en marcha el plan de mantenimiento preventivo se presenta un nuevo cuadro con nuevos datos en el cual muestra la reducción de fallas y horas inoperativas, del mismo modo se verifica que las horas inoperativas disminuyen significativamente por lo tanto la disponibilidad máquina inyectora es mayor al anterior escenario el cual se verificará con los indicadores.

TABLA 14: Fallas recurrentes actual en la máquina inyectora


FALLAS RECURRENTE EN LAS MÁQUINAS INYECTORAS			
SISTEMA	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	HORAS INOPERATIVAS
FALLAS MECÁNICAS	01	Falla de prensa, guía inyectora	1:50:00
	02	Falla de zapatas (paralelas)	2:50:00
	03	Falla de boquilla del inyector	2:00:00
	04	Descalibración en moldes por variación de presión hidráulica	2:00:00
	05	Falla de bomba de vacío	4:00:00
	06	Trabas en la compuerta de moldes	7:00:00
	07	Falla en el carro inyector	10:00:00
	08	Falla en la boquilla (fuga de material)	3:00:00
	09	Falla de pistón hidráulico	4:00:00
FALLAS ELÉCTRICAS	10	Falla fusibles (Relé)	1:00:00
	11	Falla tablero de fuerza (recalentamiento de contactores)	4:00:00
	12	Falla en tablero principal (llaves térmicas)	4:00:00
	13	Falla en panel de control	2:00:00
	14	Falla de variador y programación	10:00:00
	15	Falla microswitch	2:00:00

FUENTE: Elaboración propia (2018)

3.1.19 Indicadores de gestión después aplicar el plan de mantenimiento

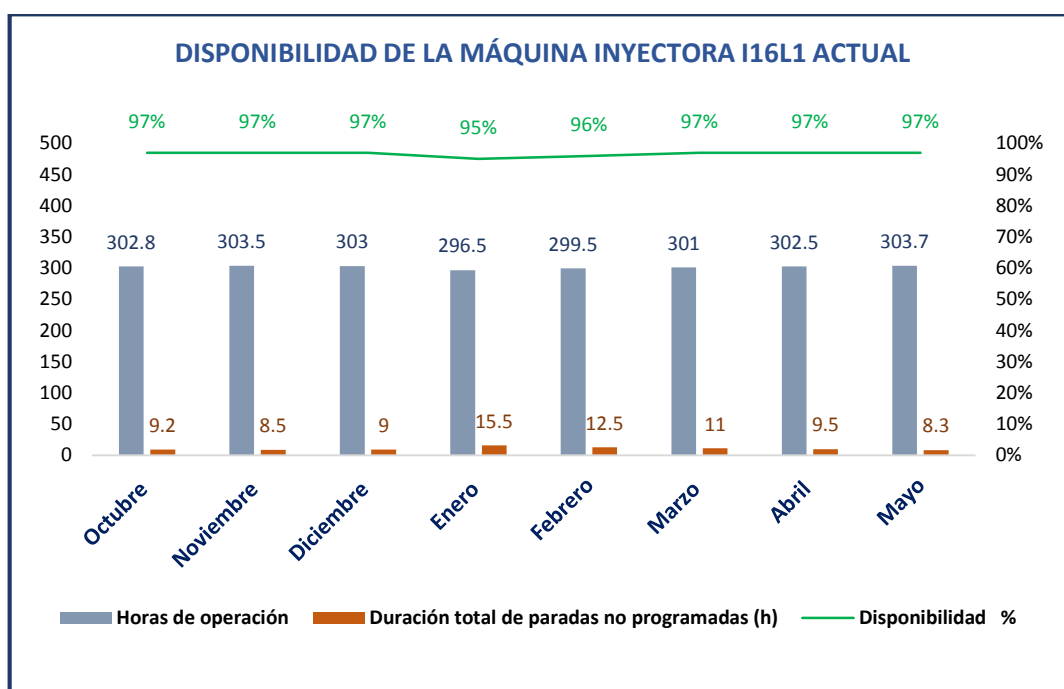
❖ Máquina inyectora de 16 estaciones

TABLA 15: Indicadores de gestión mejorada máquina I16L1

CÁLCULO DE INDICADORES						
MÁQUINA INYECTORA KING MIN / I16L1 Periodo : 2017 / 2018 Octubre – Mayo Horas de trabajo mensual: 312 h						
Meses laborados	Horas de operación	N° de paradas m. correctivo	Duración total de paradas no programadas (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad %
Octubre	302.8	6	9.2	50.4	1.5	97 %
Noviembre	303.5	5	8.5	60.7	1.7	97 %
Diciembre	303	7	9	43.3	1.28	97 %
Enero	296.5	12	15.5	27.7	1.29	95 %
Febrero	299.5	6	12.5	49.92	2.08	96 %
Marzo	301	6	11	50.2	1.83	97 %
Abril	302.5	7	9.5	43.2	1.3	97 %
Mayo	303.7	6	8.3	51.83	1.38	97 %
Total	2412.5					96 %

FUENTE: Elaboración propia (2018)

FIGURA 20: Indicadores inyectora KING MIN E-06 (actual)




FUENTE: Elaboración propia (2018)

En la Figura 20 muestra el registrado de datos correspondientes después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la máquina inyectora de código I16L1 de 16 estaciones respecto a los meses de Octubre 2017 a Mayo del 2018, donde se puede visualizar que la disponibilidad ha tenido un crecimiento significativo de 11 % respecto al situación anterior y que ahora se encuentra en 96% en promedio. Cabe resaltar que las horas de trabajo por mes es de 312 horas productivas entonces comparando las de horas operación y las horas de paradas no programados, se nota que existe un aumento de horas productivas y la reducción de horas de paradas no programadas en promedio de 10:43:00 horas por mes, esto trae como consecuencia un incremento de las horas disponibles para producir.

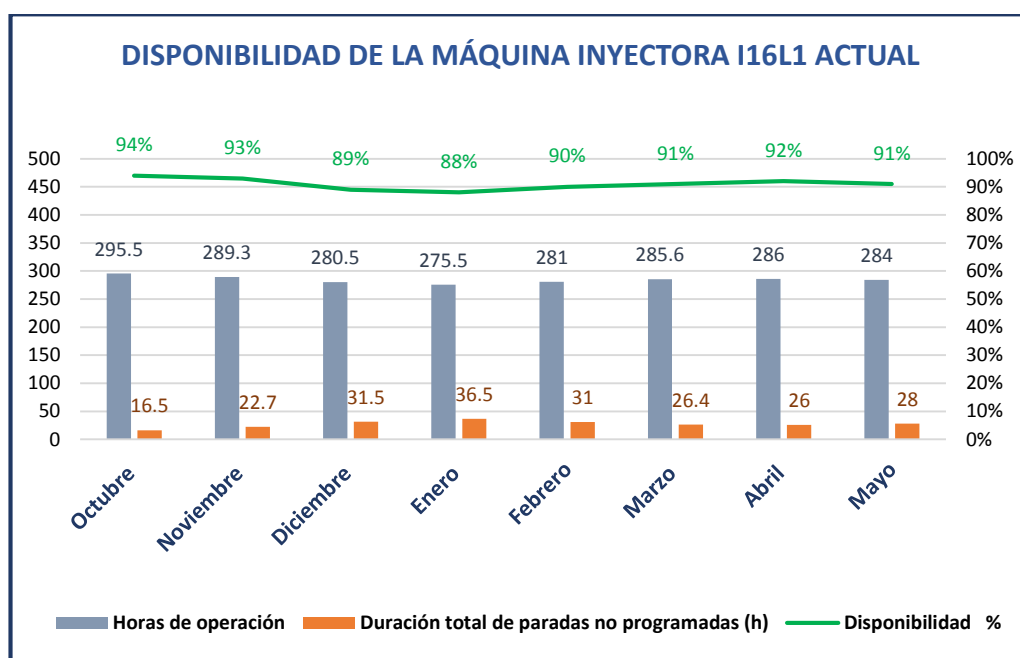
❖ Máquina inyectora de 8 estaciones

TABLA 16: Indicadores de gestión mejorada máquina I8L2

CÁLCULO DE INDICADORES ACTUAL						
MÁQUINA INYECTORA MAIN GROUP / I8L2 Periodo : 2017 / 2018 Octubre – Mayo Horas de trabajo mensual: 312 h						
Meses laborados	Horas de operación	N° de paradas m. correctivo	Duración total de paradas no programadas (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad %
Octubre	295.5	10	16.5	29.55	1.65	94 %
Noviembre	289.3	12	22.7	24.58	1.89	93 %
Diciembre	280.5	14	31.5	20.03	2.25	89 %
Enero	275.5	15	36.5	18.36	2.43	88 %
Febrero	281	13	31	21.62	2.38	90 %
Marzo	285.6	12	26.4	23.8	2.2	91 %
Abril	286	9	26	31.7	2.89	92 %
Mayo	284	10	28	28.4	2.8	91 %
Total						91%

FUENTE: Elaboración propia (2018)

FIGURA 21: Indicadores máquina MAIN GROUP - ACTIVA 8 (actual)



FUENTE: Elaboración propia (2018)

En la Figura 21 muestra el registrado de datos correspondientes después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la máquina inyectora de código I8L2 de 8 estaciones respecto a los meses de Octubre 2017 a Mayo del 2018, donde se puede visualizar que la disponibilidad ha tenido un crecimiento significativo de 8.2 % respecto al situación anterior y que ahora se encuentra en 91% en promedio. Cabe resaltar que las horas de trabajo por mes son de 312 horas productivas entonces comparando las de horas operación y las horas de paradas no programados, se nota que existe un aumento de horas productivas y la reducción de horas de paradas no programadas en promedio de 27:32:00 horas por mes.

3.1.20 Análisis económico de mantenimiento después de la implementación

Se registran nuevos datos del gasto de mantenimiento para las máquinas inyectoras.

- Pérdidas por exceso en los gastos de mantenimiento:

TABLA 17: Gasto de mantenimiento después de la implementación

MESES DE OPERACIÓN	GASTO MANTENIMIENTO	PRESUPUESTO S/.	EXCESO SOBRE EL PRESUPUESTO S/.
Octubre	22 150	22 000	150
Noviembre	22 200	22 000	220
Diciembre	22 100	22 000	100
Enero	22 750	22 000	750
Febrero	22 215	22 000	215
Marzo	22 120	22 000	120
Abril	22 200	22 000	200
Mayo	22 170	22 000	170
TOTAL	177 505	176 000	1505

FUENTE: Departamento de mantenimiento

Después de implementar el plan de mantenimiento preventivo se tiene nuevos gastos de mantenimiento para el área de inyectado de suela, en un periodo semestral, como se puede notar claramente se ha reducido de manera significativa y ahora el exceso es de S/.1 505.

- Pérdidas por disponibilidad de equipos:

En promedio la disponibilidad de las máquinas inyectoras es de 93% lo que se pretende obtener es un mínimo de 96% de disponibilidad, por tal razón se tiene una diferencia del 3% de disponibilidad, si el total de horas de producción es de 312 horas mensual; un 10% de disponibilidad equivaldría a 9:36:00 horas mensuales, anualmente 112 horas, lo cual

representa en producción (212 pares de suela/hora) 23 744 pares de suela anualmente, esto en pérdidas económica representa, **S/. 28 492.2** anuales.

23 744 pares x 1.2 soles/pares de suela = **S/. 28 492.2** soles

* Entonces en un semestre se estaría perdiendo **S/. 14 246.4** soles

3.2 Resultados

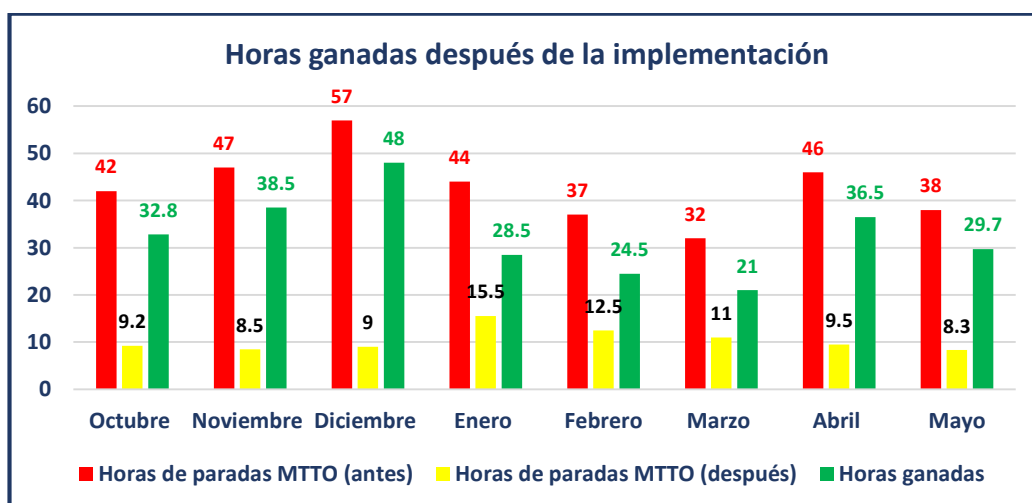
3.2.1 Reporte de paradas no programadas

Máquinas I16L1 y I8L2

Antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se realizaba el registro de paradas no programadas en las máquinas inyectoras de suela, el cual dieron una data muy elevada de horas paradas las cuales no se le daba mayor importancia a tal información. Este registro fue fundamental y valioso para la toma de decisión de la implementación del plan de mantenimiento preventivo ya que las paradas no programadas era muy altos de las maquinas inyectoras.

➤ Máquina I16L1

FIGURA 22: Comparativo de paradas no programadas máquina I16L1

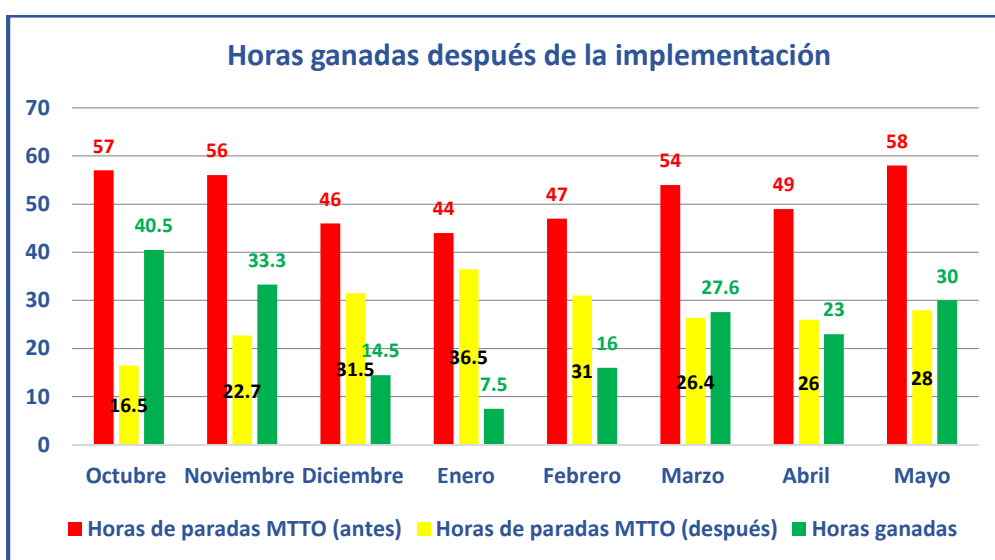


FUENTE: Elaboración propia (2018)

El análisis de horas perdidas y ganadas en la **máquina inyectora I16L1** es de la siguiente manera: Las horas perdidas por paradas no programadas antes de la implementación fue de 343 horas; ahora con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se redujo a 83:50:00 horas; esto generó un ganancia de 259:50:00 horas operativas en durante el periodo de Octubre a Mayo.

➤ **Máquina I8L2**

FIGURA 23: Comparativo de paradas no programadas Máquina I8L2



FUENTE: Elaboración propia (2018)

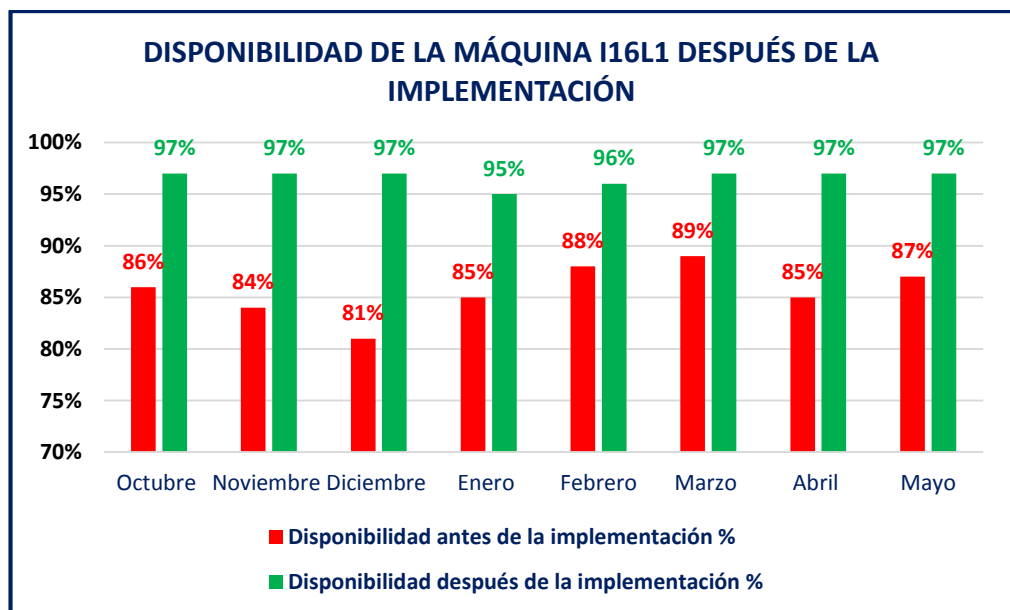
El análisis de horas perdidas y ganadas en la **máquina inyectora I8L2** es: Las horas perdidas por paradas no programadas antes de la implementación fue de 411 horas; ahora con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se redujo a 218 horas; esto generó un ganancia de 192:40:00 horas operativas en durante el periodo de Octubre a Mayo.

3.2.2 Evaluación de la disponibilidad después de la implementación

El cumplimiento del cronograma programado de mantenimiento preventivo trajo como consecuencia el incremento de la disponibilidad de la máquina inyectora KING MIN E-06 y MAIN GROUP - ACTIVA 8, se puede notar como las paradas por avería de máquina disminuye mes a mes conforme se cumple con lo mencionado, y esto lleva a tener la máquina mayor tiempo disponible para producir, es decir la disponibilidad ha tenido un incremento mayor al 9% en promedio comparando al periodo de Enero - Agosto del 2017 vs el periodo Octubre - Mayo del presente.

➤ Disponibilidad de la Máquina I16L1

FIGURA 24: Comparativo de disponibilidad KING MIN E-06

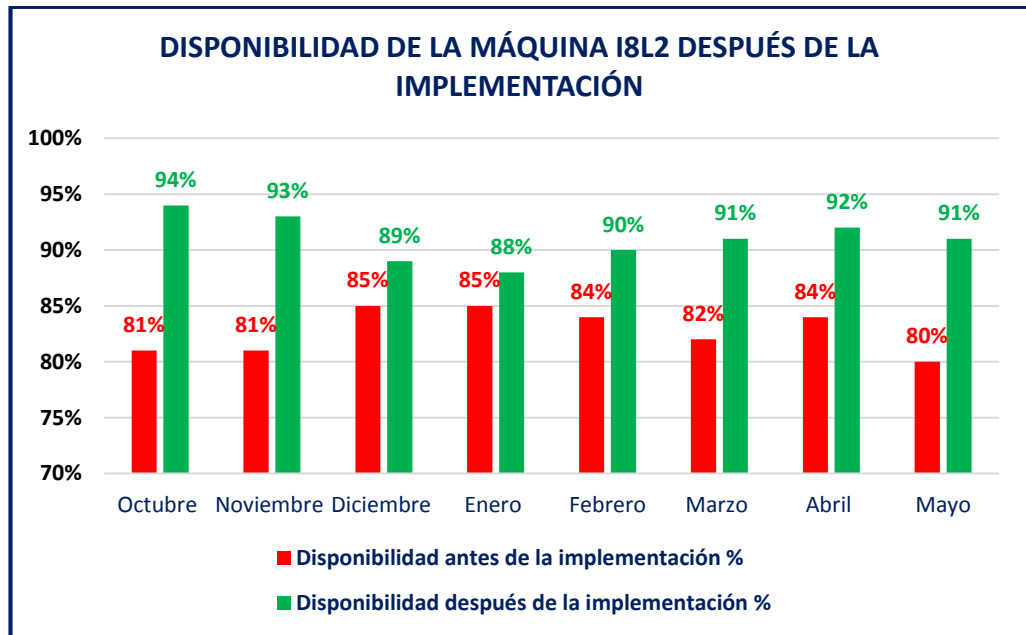


FUENTE: Elaboración propia (2018)

La disponibilidad promedio de la **máquina inyectora I16L1** tuvo un incremento significativo de 10.3% durante el periodo octubre (2017) a mayo (2018)

➤ Disponibilidad de la Máquina I8L2

FIGURA 25: Comparativo de disponibilidad MAIN GROUP - ACTIVA 8



FUENTE: Elaboración propia (2018)

La disponibilidad promedio de la **máquina inyectora L8L2** tuvo un incremento significativo de 8.25% durante el periodo octubre (2017) a mayo (2018).

3.2.3 Evaluación económica después de la implementación

El pospuesto destinado para el área de inyectado es de S/.22 000 soles mensuales para cubrir todo relacionado al mantenimiento de las máquinas inyectoras (personal, repuestos, insumos, etc.), se detalla a continuación la reducción de exceso en gastos de mantenimiento:

TABLA 18: Evaluación económica de mantenimiento

PERIODO	PRESUPUESTO	GASTO REAL	EXCESO
Enero – agosto Antes de implementación	S/. 176 000	S/. 231 105	S/. 56 105
Octubre – Mayo Después de implementación	S/. 176 000	S/. 177 505	S/. 1505
		Ahorro	S/. 54 600

FUENTE: Elaboración propia (2018)

Al implementar el plan de mantenimiento preventivo no solo se logró incrementar la disponibilidad de las máquinas inyectoras, sino también se logró reducir el sobre costo que generaba realizar mantenimientos del tipo correctivo. La diferencia el mínimo del sobre costo que existe aún es por la alza del precio de los repuestos que varía según los diferentes proveedores.

CONCLUSIONES

- Se logró implementar el plan de mantenimiento preventivo por completo para las máquinas inyectoras KING MIN E-06 y MAIN GROUP – ACTIVA 8, lo cual influyó directamente en la mejora de los indicadores de mantenimiento; se logró incrementar la disponibilidad de las máquinas: **I16L1** de un 85% en promedio a un 96% y **I8L2** de un 82.5% en promedio a un 91% el objetivo es lograr cada mes una disponibilidad no menor a 93%, esto asegurará el cumplimiento de la producción y un ahorro semestral de S/. 54 600, debido a la mayor productividad que obtendrá la planta con el aumento de este indicador.
- Se logró identificar componentes con mayor frecuencia de falla de la máquinas inyectoras y que a su vez se tomó las acciones necesarias para contrarrestar este averías, implementando un plan de mantenimiento con frecuencias, para monitoreo correcto y la eliminación de estas fallas que generan paradas no programadas.

- Se concluye que se logró realizar un procedimiento para realizar tareas de mantenimiento basado en frecuencias de fallas como se muestra en la Tabla 13 en el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas inyectoras.

- Se concluye que la implementación del plan de mantenimiento preventivo ha permitido el incremento de la disponibilidad de 83.75% a 93.5% y la reducción de los gastos de mantenimiento de las máquinas inyectoras de S/. 56 105 a S/. 1 505 de igual forma se logró el incremento de la producción de 1843 pares a 2200 pares de suela como se muestra en la Tabla 8, de esta forma se logró el incremento de la productividad y la reducción de los costos de producción por paradas no programadas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa Convert Footwear debe continuar desarrollando el plan de mantenimiento preventivo en el área de inyectado de suela, debido al aporte que ha tenido este proyecto para aumentar la disponibilidad de las máquinas inyectoras y esto a su vez contribuyen con el cumplimiento del plan de producción, enfocados en los objetivos de la empresa.
- Se recomienda establecer canales efectivos de comunicación con las otras áreas funcionales de la empresa Convert Footwear con el fin de lograr un compromiso de ejecución de los mantenimientos en las fechas programadas en el plan anual, de tal forma que se pueda garantizar la operatividad y funcionamiento de los equipos e instalaciones y evitar paradas no programadas por falta de mantenimiento preventivo
- Se recomienda realizar charlas a los colaboradores sobre la importancia de la implementación del plan de mantenimiento y hacerlos partícipes en todas las

actividades que involucre temas de mantenimiento ya que puede resultar un poco contraproducente la adecuación de la implementación del plan de mantenimiento por ser nuevo en el área.

- Se recomienda integrar todos los planes de mantenimiento de los diferentes áreas de la empresa para una mejor organización, registro y control de las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo que pueda permitir reconocer de manera más específicas las partes críticas y evaluar las fallas existentes para proponer propuestas de mejora, además del análisis constante de las paradas correctivas imprevistas para así nutrir el plan de mantenimiento de forma continua y garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barona, P. (2011) "Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladora e inyectora-sopladora de la empresa Otorgo Ltda". Tesis profesional. Universidad Autónoma de Occidente. Cali Colombia.
- Callalli N. (2017) "Implementación de un plan integral para la gestión del mantenimiento de una línea de producción de resina RPET" tesis profesional. Universidad Tecnológica Del Perú (UTP). Perú.
- Cano, J. (1998) "Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas". Barcelona: Marcombo.
- Dixon, J. (2000) "Sistemas de mantenimiento planeación y control". México D.F.: Limusa.
- Cervantes, J. (2007) "Mantenimiento mecánico de máquinas". (2a ed.). Castellón de la plana: Universidad Jaume I.

- Gonzáles, F. (2005) “Teoría y práctica del mantenimiento industrial Avanzado”. (2a ed.). Madrid: Fundación Confemetal.
- Mora, A. (2009) “Mantenimiento. Planeación, ejecución y control”. México D.F.: Alfa Omega.
- Nyman, D y Levit J. (2010) “Planificación y coordinación de mantenimiento”. (2ª ed.). New york: Industrial Press.
- Palmer, R. (2006) “Manual de planificación y coordinación de mantenimiento”. (2ª ed.). New york: McGraw-Hill.
- Pico E. (2016) “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la inyectora de poliuretano de la empresa calzado Marcia Buffalo Industrial”. Tesis profesional. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Vigo, J. (2017) “Mantenimiento preventivo de jumbos Boomer S1D y Scooptrams ST-3.5 de la empresa Constructores y Mineros C.G SAC”.. Tesis profesional. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Norma UNE-EN 13306:2002: Terminología del Mantenimiento

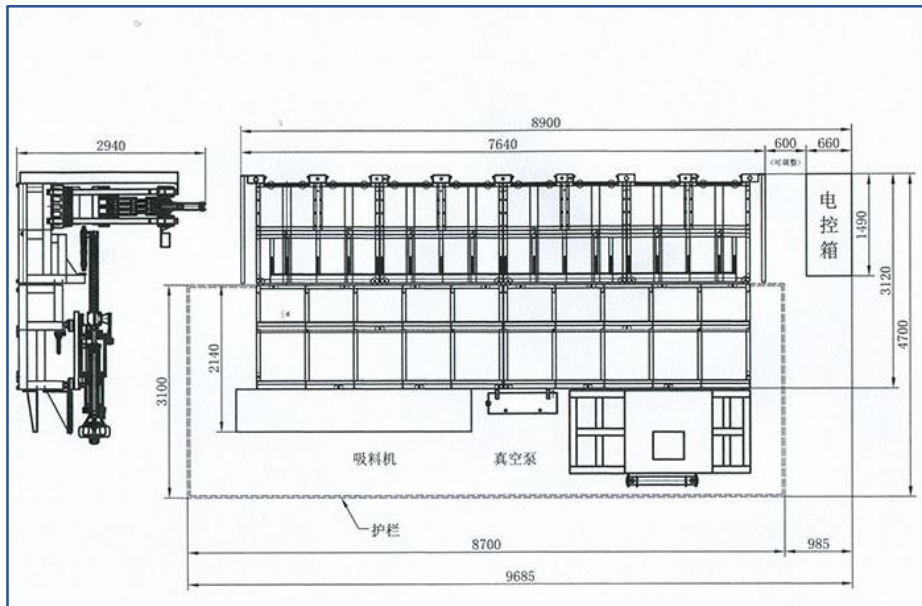
ANEXOS

ANEXO 1: Máquina inyectora KING MIN E-06-BLUE



FUENTE: <http://www.kingmin-tw.com/EN/index.aspx>

ANEXO 2: Plano de instalación de máquina inyectora KING MIN



FUENTE: <http://www.kingmin-tw.com/EN/products.aspx?BaseInfoCatId=47&CatId=130>

ANEXO 3: Carro inyector horizontal máquina KING MIN E-06



FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 4: Ventiladores de enfriamiento máquina KING MIN E-06



FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 5: Tolva recepción de materia prima máquina KING MIN E-06



FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 6: Bomba de vacío máquina KING MIN E-06



FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 7: Estaciones de inyección máquina KING MIN E-06



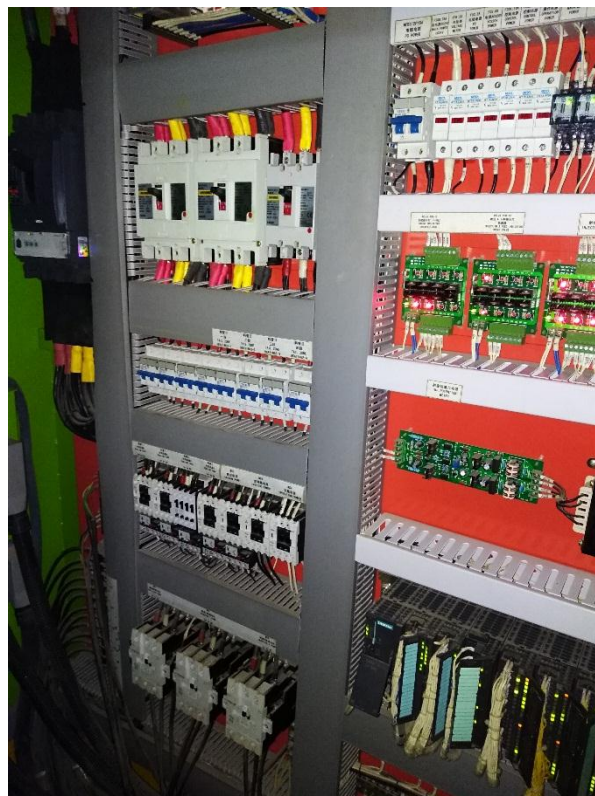
FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 8: Panel de control máquina KING MIN E-06



FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 9: Tablero de fuerza y control máquina KING MIN E-06



FUENTE: Elaboración propia (2018)

AENXO 10: Especificaciones técnicas máquina inyectora KING MIN E-06

Full Automatic Foam EVA Injection Moulding Machine					
項目	ITEM	UNIT	KM-E06L2	KM-E08L2	KM-E10L2
工作站數	Work Stations	stations	6	8	10
合模力	Mold Clamping Force	kg	170000	170000	170000
開模行程	Mold Opening Stroke	mm	350	350	350
模板尺寸	Mold size(mm)	mm	290*550*2set	290*550*2set	290*550*2set
標準模厚	Standard Mold Thickness	mm	100-330	100-330	100-330
電熱容量	Heating Power of Mold	kw	12.28	12.28	12.28
螺桿直徑	Screw Diameter	mm	60/65	60/65	60/65
最大射出量	Max.Injecting Capacity	cc	980/1150	980/1150	980/1150
射出壓力	Injecting Pressure	kg/cm ²	1200	1200	1200
射出速度	Injection Speed	cm/sec	10	10	10
螺桿轉速	Rotating Speed of Screw	r.p.m.	0-165	0-165	0-165
料管電熱能量	Heating Power of Barrel	kw	14.1	14.1	14.1
模具加熱板	Heating Power of Mold Plate	kw	73.68	98.24	122.8
伺服電機	Electricity	kw	49.2	49.2	49.2
總用電量	Total Electricity Consumption	kw	136.98	161.54	186.1
用油量	Using Amount of Oil	L	800	800	800
機器尺寸	Machine Dimension L*W*H	mm	7885*4700*3040	9685*4700*3040	11485*4700*3040
機器重量	Machine Weight	kg	26000	32000	40000

FUENTE: <http://www.kingmin-tw.com/EN/products.aspx?BaseInfoCatId=47&CatId=130>

ANEXO 11: Máquina inyectora MAIN GROUP – ACTIVA 8



FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 12: Carro inyector vertical máquina MAIN GROUP – ACTIVA 8



FUENTE: Elaboración propia (2018)

ANEXO 13: Productos que se pueden desarrollar con la máquina inyectora



FUENTE: <http://www.kingmin-tw.com/EN/products.aspx?BaseInfoCatId=47&CatId=130>

ANEXO 14: Empresa Convert Footwear



FUENTE: Elaboración propia (2018)