



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA
DE PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA
RENTABILIDAD DE LA EMPRESA HALCÓN S.A.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Castillo Toro Martín Arturo

Asesor:

Ing. Enrique Martín Avendaño Delgado

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller Martín Arturo Castillo Toro, denominada:

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA HALCÓN S.A.”

Ing. Enrique Martín Avendaño Delgado
ASESOR

Ing. Miguel Enrique Alcalá Adrianzén

JURADO
PRESIDENTE

Ing. Marcos Gregorio Baca López
JURADO

Ing. Oscar Goicochea Ramírez
JURADO

DEDICATORIA

A:

***Dios,** Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.*

***Mis padres Martín y Liliana,** por darme la vida, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a ustedes.*

***Mis padres Juan y Haydee,** por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.*

***Mi hermana Wendy, mis hijas Liliana y Juliet,** por estar conmigo incondicionalmente y ser su ejemplo a seguir en cada paso de la vida.*

***Mi asesor,** por estar siempre en la disposición de ofrecernos su ayuda para llevar a cabo tan importante tema de investigación*

Martín Arturo Castillo Toro

AGRADECIMIENTO

A mis familiares, porque siempre estuvieron ahí para brindarme apoyo y darme ese empujoncito cuando me desanimaba, sin ustedes unidos no fuese imposible alcanzar las metas trazadas.

A mi asesor de tesis por su apoyo en todo momento y su asesoramiento en cada avance.

De una manera muy especial, doy gracias a todos los docentes de mi carrera porque sin ellos no hubiera sido posible lograr este objetivo.

Gracias a todo aquel que de una manera u otra intervino para que mi tesis hoy fuera una realidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

<u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u>	ii
<u>DEDICATORIA</u>	iii
<u>AGRADECIMIENTO</u>	iv
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u>	v
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	vi
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	viii
<u>RESUMEN</u>	ix
<u>ABSTRACT</u>	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	8
CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL	32
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA	61
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA	82
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN	85
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS	90
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización De Variables	07
Tabla 2: Distribución detallada de trabajadores por área en Halcón S.A.	35
Tabla 3: Distribución por áreas de personal de Halcón S.A.....	36
Tabla 4: Productos ofrecidos por Halcón S.A.	37
Tabla 5: Lista de equipos de la empresa Halcón S.A.	51
Tabla 6: Matriz de priorización de causa raíz.....	54
Tabla 7: Indicadores actuales y metas.....	56
Tabla 8: Indicadores de mantenimiento actuales.	57
Tabla 9: Costo de la falta de documentación de equipos.	58
Tabla 10: % de demoras en las entregas realizadas por los proveedores.	59
Tabla 11: Costo del mantenimiento externo.....	60
Tabla 12: Propuestas de mejora.....	61
Tabla 13: Inventario de equipos del área de producción	62
Tabla 14: Codificación de los equipos de producción.....	63
Tabla 15: Análisis de criticidad de equipos del área de producción	65
Tabla 16: Resultado del análisis de criticidad	66
Tabla 17: Programa de mantenimiento preventivo en los equ. de producción-1	67
Tabla 18: Programa de mantenimiento preventivo en los equ. de producción-2.....	68
Tabla 19: Inversión en herramientas	69
Tabla 20: Costo de la adquisición de equipos de monitoreo.....	69
Tabla 21: Cronograma de capacitación propuesto	76
Tabla 22: % de mantenimiento preventivo	77
Tabla 23: Incremento de las ventas.....	77
Tabla 24: Incremento de la Rentabilidad	77
Tabla 25: Reducción del número de fallas.....	78
Tabla 26: Reducción del costo de falta de documentación de los equipos	79

Tabla 27: Reducción del % de demoras en las entregas realizadas por los proveedores	80
Tabla 28: Costo de mantenimiento externo con la propuesta de mejora.	81
Tabla 29: Inversión de la propuesta de mejora	82
Tabla 30: Ingresos generados por la propuesta de mejora en un año.	83
Tabla 31: Estado de resultados anual.....	83
Tabla 32: Flujo de caja anual	84
Tabla 33: Indicadores económicos anuales	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Exportaciones por sector económico (Millones de US\$) - 2016-2017	02
Figura 2: Organigrama de Halcón S.A.	33
Figura 3: Layout de Halcón S.A.	34
Figura 4: Corte.....	41
Figura 5: Proceso de Dobleces	41
Figura 6: Autocorrosivo	42
Figura 7: Fabricación de Autopartes	42
Figura 8: Soldadura de estructuras.....	43
Figura 9: Forrado	43
Figura 10: Instalación eléctrica.....	44
Figura 11: Diagrama de Operaciones de la Estructura de Piso de Tolva.....	45
Figura 12: Diagrama de Operaciones de Laterales de Tolva.....	46
Figura 13: Diagrama de Operaciones de Frontal de Tolva.....	47
Figura 14: Diagrama de Operaciones de Armado de la Tolva	48
Figura 15: Mapa de procesos de Halcón S.A.	49
Figura 16: Diagrama de Ishikawa	53
Figura 17: Diagrama de Pareto de las causas raíces.....	55
Figura 18: Flujograma del mantenimiento preventivo”.....	70
Figura 19: Formato de ficha técnica	71
Figura 20: Formato de Orden de trabajo.....	72
Figura 21: Formato de evaluación inicial de los proveedores	73
Figura 21: Formato de evaluación del desempeño del proveedor	73
Figura 23: Evaluación de los proveedores de la empresa Halcón S.A.....	75
Figura 24: Comparación de disponibilidades	85
Figura 25: % de reducción de fallas.....	86
Figura 26: Comparación del TIR.....	87
Figura 27: Comparación del VAN.	87

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general Incrementar la rentabilidad de la empresa Halcón S.A. a través de la propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción.

Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la gestión del área de Mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A., encontrando que los principales problemas que afectan a la rentabilidad actual son: la falta de un plan de mantenimiento preventivo adecuado para los equipos de producción originó que se obtuviera una disponibilidad actual de los equipos de 92.8% por lo cual se tuvo una pérdida de S/474, 512. La falta de procedimiento de mantenimiento definido y la falta de documentación de los equipos originó que los técnicos de mantenimiento tengan tiempos de demora para el diagnóstico de las fallas generado un costo de S/.14, 103 soles. La falta de un adecuado seguimiento a los proveedores generó retrasos en la entrega de pedidos generando un Costo lucro cesante (CLC) por la demora en la entrega de materiales por parte de los proveedores de S/. 24,019. La falta de capacitación en temas de mantenimiento originó que en el año 2017 de las 2017 fallas presentadas en los equipos el 61.08%(1232 fallas) fueron atendidas externamente generando un costo por los servicios de mantenimiento externo de S/554,675.

Se elaboró la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A. el cual consiste en un Programa de Mantenimiento Preventivo, procedimiento para el mantenimiento preventivo, gestión de la documentación, evaluación y seguimiento de proveedores, plan de capacitación. Estas mejoras lograron incrementar la disponibilidad de 92.8 % a 95.1% incrementando las ventas en S/.151, 284.

Se realizó la evaluación económica para determinar los beneficios económicos y financieros de la aplicación de propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción en un periodo de 1 año, dando como resultado que el proyecto es RENTABLE, ya que se obtuvo un VAN de S/72,064, TIR de 25.5%, B/C de 1.7 y un PRI de 4 meses.

ABSTRACT

The present work had like general aim Increase the profitability of the company Halcón S.A. through the proposal of improvement in the Management of Maintenance of the teams of the area of production.

It made the diagnostic of the current situation of the management of the area of Maintenance of the teams of the area of production of the company Falcon S.A., finding that the main problems that affect to the current profitability are: The fault of a plan of preventive maintenance adapted for the teams of production originated that it obtained a current availability of the teams of 92.8% by which had a loss of S/474, 512. The fault of procedure of clear-cut maintenance and the fault of documentation of the teams originated that the technicians of maintenance have time of demora for the diagnostic of fail them generated a cost of S/.14, 103 suns. The fault of a suitable follow-up to the providers generated delays in the delivery of requests generating a Cost lucre cesante (CLC) by the demora in the delivery of materials by the providers of S/. 24,019. The fault of qualification in subjects of maintenance originated that in the year 2017 of the 2017 fail presented in the teams 61.08%(1232 fail) were attended of external way generating a cost by the services of external maintenance of S/554,675.

It elaborated the proposal of improvement in the management of maintenance of the teams of the area of production of the company Falcon S.A. which consists in a Program of Preventive Maintenance, procedure for the preventive maintenance, management of the documentation, evaluation and follow-up of providers, plan of qualification. These improvements attained to increase the availability of 92.8 % to 95.1% increasing the sales in S/.151, 284.

It made the economic evaluation to determine the economic and financial profits of the application of proposal of improvement in the management of maintenance of the teams of the area of production in a period of 1 year, giving like result that the project is PROFITABLE, since it obtained a VAN of S/72,064, TIR of 25.5%, B/C of 1.7 and PRI of 4 months.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El sector metalmeccánico es un sector procurador de alianzas estratégicas para generar desarrollo, bienestar y empleo. Su presencia en diversos sectores económicos como la minería, pesquería agroindustria transporte de carga terrestre ha permitido sinergias desde y hacia la Industria Metalmeccánica constituye un eslabón fundamental en la cadena de suministros de toda empresa usuaria de sus servicios. (Asimet, 2016)

A nivel mundial, las exportaciones del sector metalmeccánico representa el 1.2% de las exportaciones totales y alrededor del 4% de las exportaciones no tradicionales. Japón lidera el ranking mundial de producción de maquinaria y herramientas, con un valor total de 10542.8 millones de euros según últimas estimaciones, cifra que significa el 20.3% del total mundial, seguido de Alemania con un 17.9% y China e Italia con un 14% y 10% respectivamente.

El sector metalmeccánico en Latinoamérica es relativamente vulnerable en los momentos de crisis. En 2001, cuando el Producto Bruto Interno (PBI) de la región quedó estancado, el sector metalmeccánico redujo el volumen de actividad en 2.4%. Como consecuencia de la crisis económica global, mientras el PBI en Latinoamérica disminuyó 1.8% el 2009 el sector metalmeccánico cayó en un 6.5%. Para el 2016, la CEPAL (comisión económica para América Latina y el Caribe) pronosticó un crecimiento de 3.7% de la industria metalmeccánica en toda la región incluyendo América Latina y el Caribe.

En el Perú la industria metal meccánica se ha desarrollado basándose en el crecimiento económico sostenido que en los últimos años han tenido los sectores económicos mineros, agroindustriales, pesqueros y de la construcción; los cuales en razón a los requerimientos de su mercado consumidor está constantemente involucrando nuevas tecnologías enmarcadas en equipos e instrumentos para sus usos productivos, en ese sentido y dado la continuidad de sus operaciones, ampliación e innovación de sus productos; son procurantes de empresas metalmeccánicas que otorguen el aprovisionamiento de sus servicios y repuestos en calidad, tiempo y costo, de manera que a su vez les permitan atender a las exigencias de sus clientes propios. El crecimiento esperado para el Perú en los próximos años se sitúa en un rango cercano al 4,5% logrando situarse como líder regional en el Área del Pacífico. En nuestro país, como manifiesta la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), la industria metalmeccánica se encuentra en un proceso de desarrollo con expectativas de mayor participación en las exportaciones. Entre Enero y Agosto del 2014, según estudios de la consultora Maximixe, los principales destinos de las exportaciones de la industria metalmeccánica peruana fueron: Ecuador (19.3%), Estados Unidos (13.1%), Chile (13%), Venezuela (12.6%) y Colombia (11.4%). Para este año se esperan inversiones por 65

millones de dólares en el sector metalmecánico gracias al impulso de las industrias automotriz y aeronáutica. (Asimet, 2016)

Caracterizado como un sector heterogéneo, la industria metal mecánica se vincula con todos los sectores productivos y proyectos de inversión, incursionando además, y con éxito, en las exportaciones que abarcan desde partes y piezas de fundición, cables y conductores hasta artículos, aparatos, equipos, maquinaria, bienes de capital y proyectos llave en mano.

Entre las características de la industria metal mecánica destacan su alto efecto multiplicador, por ser un sector de avanzada con procesos tecnológicamente complejos y su capacidad de adecuar productos y servicios a las particulares características y necesidades que imponen la variada demanda y la geografía de nuestro país. (Asimet, 2016)

Aproximadamente 56% de las exportaciones peruanas son productos mineros, los cuales están diversificados incluyendo metales diversos como cobre, oro, molibdeno, plata, zinc, entre otros. Las exportaciones mineras en 2015 ascendieron a US\$16,569 millones, cifra inferior en 25% respecto al 2010. Por otro lado, el sector Agricultura, el cual representa el 15% de las exportaciones, tuvo un incremento del 36%. (ProInversión, 2016)

Sector	2005	2010	2015*	Part.% (2015)	Var.% (2015/2010)
Minería metálica y no metálica	9,932.1	22,156.6	16,569.5	55.8%	-25.2%
Agro y agroindustria	1,338.1	3,177.2	4,319.8	14.6%	36.0%
Pesca	1,634.1	2,534.5	2,230.2	7.5%	-12.0%
Petróleo crudo y derivados	1,590.2	3,329.9	2,169.0	7.3%	-34.9%
Textil	1,275.1	1,561.2	1,209.0	4.1%	-22.6%
Químico	534.7	1,224.5	1,269.4	4.3%	3.7%
Sidero-metalúrgico	385.4	877.2	914.9	3.1%	4.3%
Metal mecánico	190.7	400.3	453.4	1.5%	13.3%
Maderas y papeles	168.3	172.1	136.6	0.5%	-20.7%
Otras exportaciones	275.3	398.2	399.3	1.3%	0.3%
TOTAL	17,324.1	35,828.8	29,671.1	100.0%	-17.2%

Figura 1: Exportaciones por sector económico (Millones de US\$) - 2010-2017

Fuente: Adex Trade Data

Según la Sociedad Nacional de Industrias de Perú entre enero y octubre del año 2015, 2,769 empresas industriales dejaron de exportar, lo que se explica principalmente por la caída del 15% en las ventas externas del país durante este mismo periodo.

Esta contracción afectó principalmente a los empresarios de sectores industriales como textiles, químicos, metalmecánicos y pesca, entre otros.

Además la Sociedad Nacional de Industrias (SNI) estimó para el año 2016, la mejora de la economía mundial, la cual impulsará el precio de los metales, estimulará las ventas de la

manufactura del sector metalmecánico, augurando un incremento en su producción de hasta 10% al cierre del año, con respecto a los US\$2,340 millones registrados el año pasado.

El pronóstico conservador es un crecimiento de 7.5 por ciento, pero teniendo en cuenta que la situación económica está mejorando y el incremento del precio de los metales, se puede llegar a diez por ciento. Actualmente, el sector metalmecánico representa el 20% de la industria nacional y brinda puestos de trabajo a 280 mil personas. (ProInversión, 2016)

En este contexto, Halcón S.A. integrada al rubro de empresas metalmecánica, se dedica a la fabricación de estructuras metalmecánicas, impulsada por la naciente demanda de empresas de transportes terrestre de carga las cuales se constituían como solicitantes de unidades que les otorguen garantías para brindar un servicio eficiente a través de su medios de transporte puestas a disposición del mercado solicitante.

Su producción se orienta a atender de manera especial a sectores como la minería y construcción, empresas de transporte de carga terrestre, agroindustria, pesquería, cementera y el comercio e industria en general, con el propósito centrado en otorgar soluciones integrales y eficientes a sus clientes.

Actualmente en la empresa no existe un programa de mantenimiento preventivo, ni siquiera se les realiza la limpieza básica que requiere todo equipo. Es por ello que el indicador de % de mantenimiento preventivo es de 0%. Es por ello en el año 2017 en los 50 equipos que tiene se tuvo un total de 9048 horas de mantenimiento correctivo y se obtuvo un MTTR de 6,32 horas y un MTBF de 81.42 horas, generando un costo de S/.474.513 anual.

La empresa no cuenta con procedimientos para el desarrollo de mantenimiento de los equipos del área de producción, es por ello que el indicador de % de procedimientos de mantenimientos es 0%.

En planta no se cuenta con documentación referente a tareas de mantenimiento, historial de equipos, duración de tareas de reparación, kárdex de repuestos, etc. Lo que es de vital importancia para establecer un plan de mantenimiento adecuado. Cabe mencionar que debido a esto el indicador de % de equipos documentados es de 0% y generó un costo de S/.14, 103 soles.

Actualmente no se realiza un proceso adecuado de evaluación a los proveedores con los que trabaja la empresa Halcón S.A., es por ello que en el año 2017, se realizó 469 pedidos de materiales diversos a los proveedores en Lima y Trujillo de los cuales 44 pedidos no fueron entregados a tiempo, ocasionando demoras en la entrega de 458 Horas generando un costo lucro cesante (CLC) de S/. 24,019.

La ausencia de un área de mantenimiento específica y autónoma, repercute en una mala gestión del mantenimiento, ya que no se tiene organizado por ejemplo: a quién reportar, quién determina la frecuencia de inspecciones, quién autoriza la compra de repuestos, etc. Por ello, de presentarse una falla se tiene que contratar servicio de terceros. Cabe mencionar

que en el año 2017 de las 2017 fallas presentadas en los equipos el 61.08%(1232 fallas) fueron atendidas externamente. Esto generó un monto de facturación de servicios de mantenimiento externo de S/554,675.

Cabe mencionar que en el año 2017 la utilidad esperada era de 31 % de sus ventas pero solo se logró obtener una rentabilidad de 28%, lo que significó una pérdida de S/.345, 800 nuevos soles.

Es por ello que se espera que con la propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento logre incrementar la rentabilidad de la empresa Halcón S.A.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción en la Rentabilidad de la empresa Halcón S.A.?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Aplicativa o Práctica.

El presente estudio se justifica, debido a que actualmente la empresa Halcón tiene problemas con la disponibilidad de las maquinas que son los activos que hacen posible la realización de los diferentes productos que ofrecen. La disponibilidad se ve afectada a causa de paros por fallas, para los cuales se tiene que dar mantenimiento reactivo o correctivo. Con la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción se pretende incrementar la disponibilidad de la maquinaria debido a que se realizará el mantenimiento adecuado a la maquinaria. El incremento de la disponibilidad de los equipos se verá reflejado en un aumento de la rentabilidad de la empresa.

1.3.2. Justificación Teórica

El presente estudio se justifica, debido a que actualmente en la empresa Halcón predomina el mantenimiento reactivo o correctivo; sin embargo se ha comprobado que en el mantenimiento preventivo con técnicas predictivas es una buena alternativa para aumentar la disponibilidad de la maquinaria.

1.3.3. Justificación Valorativa

El presente estudio se justifica, ya que la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón permitirá reducir el número de fallas de los equipos del área de producción, y esto a su vez permitirá aumentar la disponibilidad de los equipos y la rentabilidad de la empresa.

1.3.4. Justificación Académica

El presente estudio se justifica, ya que al aplicar herramientas de Ingeniería, servirá como guía de consulta para futuras investigaciones que tengan relación con el mantenimiento preventivo de los equipos de una empresa metalmeccánica.

1.4. Limitaciones

Debido a que es una empresa que cuida mucho el acceso a la información, se pudo obtener el apoyo de una persona para el acceso a información que nos permitió analizar la situación actual de la actual gestión del mantenimiento del área en estudio.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Incrementar la rentabilidad de la empresa Halcón S.A. a través de la propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la gestión del área de Mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A.
- Elaborar la propuesta de mejora de Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A.
- Realizar la evaluación económica para determinar los beneficios económicos de la implementación de la propuesta de mejora en la empresa Halcón S.A.

1.6. Tipo de Investigación

1.6.1 Por la orientación

Aplicada

1.6.2. Por el diseño

Pre experimental

1.7. Hipótesis

La propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción incrementa la Rentabilidad de la empresa Halcón S.A.

1.8. Variables

1.8.1. Sistema de variables

- Variable independiente.

Propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento

- Variable dependiente.

Rentabilidad de la empresa Halcón S.A.

En el cuadro se muestran los indicadores de la variable independiente y dependiente relacionados al estudio.

1.8.2. Operacionalización de Variables

Tabla 1: Operacionalización De Variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES							
TÍTULO: “PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA HALCÓN S.A.”.							
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	MÉTODOS	INDICADOR	FÓRMULA
¿De qué manera la propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción incrementará la rentabilidad de la empresa Halcón S.A.?	La propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción incrementa la rentabilidad de la empresa Halcón S.A.	- Incrementar la rentabilidad de la empresa Halcón S.A. a través de la propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción.	- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la gestión del área de Mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A.	INDEPENDIENTE: Propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento	Plan de mantenimiento	Frecuencia de inspección predictiva	$I = C \times F \times A$
			Aumentar el % de Efectividad del mantenimiento			$OEE = \text{Disp.} \cdot \text{Rend} \cdot \text{Calidad}$	
			Personal de mantto. con un perfil definido			$(\text{Personas no calificadas} / \text{Total de personas}) \times 100$	
			Mecánicos con formación adecuada			$(\text{Horas de capacitación dictada (h)} / \text{Personal de la empresa, N}^\circ \text{ de personas}) \times 100$	
		- Elaborar la propuesta de mejora de Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A.	Gestión de mantenimiento	Confiabilidad	$MTBF = TTF / NF$		
				Mantenibilidad	$MTTR = TTR / NF$		
				Disponibilidad	$MTBF / (MTBF + MTTR)$		
- Realizar la evaluación económica para determinar los beneficios económicos de la implementación de la propuesta de mejora en la empresa Halcón S.A.	DEPENDIENTE: Rentabilidad de la empresa Halcón S.A.	Rentabilidad	Rentabilidad sobre las ventas	$(\text{Utilidad despues de impuestos} / \text{Ventas}) \cdot 100\%$			

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

a) Antecedentes

1. INTERNACIONAL

Título: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

Autor: Valera S.

Universidad Tecnológica de Querétaro. 2013.

Resumen: La empresa contaba con demasiados paros innecesarios de equipos y maquinaria diariamente por falta de mantenimiento preventivo a los mismos, lo cual generó un retraso en tiempos de entrega e incrementa los costos de producción. Con la idea de reducir los tiempos de entrega, costos de producción, confiabilidad y eficiencia de los equipos y maquinaria se propone implementar un programa de mantenimiento preventivo el cual se puso en marcha, llevando una capacitación y monitoreo del personal.

Obteniendo los resultados esperados logrando la implementación de un programa de mantenimiento preventivo reduciendo en un 35% la reincidencia de los equipos al departamento de mantenimiento, además de una disminución del 21% en el consumo de gas (argón) realizando chequeos y formatos para su ayuda.

Título: Estructuración del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como herramienta de mejoramiento continuo en la línea de inyección de aluminio fábrica de motores y ventiladores SIEMENS S.A.

Autores: Sanchez, Diego y Lozada, July.

Universidad Distrital Francisco José De Caldas – Bogotá. - 2013.

Resumen: La fábrica de motores y ventiladores de Siemens S.A. atraviesa un periodo de cambio a nivel estructural; dentro de dichos cambios se encuentra la dirección del departamento de mantenimiento, lo que involucra nuevos retos de mejoramiento que satisfagan las necesidades del cliente interno y externo. Analizando los procesos que se venían llevando, se evidenció que el departamento de mantenimiento de la fábrica tiene un retraso significativo en lo que respecta a mantenimiento de sus máquinas y herramientas, como consecuencia de esto la fábrica asume costos por tiempos perdidos en promedio de \$3.309.000 mensuales, los cuales afectan mes a mes el resultado general de la fábrica. Por lo cual se busca aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de una sección crítica y así disminuir los costos por tiempos perdidos y gastos de mantenimiento a través de un sistema de mejoramiento continuo como es el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Después de realizar el lanzamiento del proyecto se observa la gran importancia del apoyo incondicional por parte de la alta dirección y la motivación generada en el personal operativo los cuales son bases fundamentales en proyectos de mejoramiento. El factor humano es la base para que sea exitosa la implementación del Mantenimiento Productivo Total, de este depende el éxito o fracaso del proceso. Por lo tanto, antes de aplicar esta cultura, se debe preparar al personal lo suficiente y empoderarlo del tema para que se motive y se entusiasme con los beneficios que les va a aportar dicho cambio.

Es así que, el seguimiento mensual que se realiza a la compra de repuestos por sección nos indica que comparativamente entre mayo del 2012 y mayo de 2013 se obtuvo una reducción en los gastos por compra de repuestos del 68% en la sección de inyección de aluminio.

Título: Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.

Autores: Álvarez G.

Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Stander-2004.

Resumen: Esta tesis se desarrolló inicialmente realizando un diagnóstico de la función de mantenimiento en las máquinas y equipos críticos que intervienen en el proceso de producción de la empresa metalmecánica, luego de ello se determinó que la solución para estos problemas era la implementación de un programa de mantenimiento preventivo con el objetivo de garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos. Durante la implementación se realizó el inventario y codificación de los equipos, seguidamente se determinó el índice de criticidad de cada uno de los equipos, en base a los equipos críticos se realizó el programa de mantenimiento y por último se establecieron indicadores de mantenimiento que ayuden a la gestión de esta área.

Esta tesis, servirá de aporte debido a que muestra paso a paso como realizar un programa de mantenimiento preventivo.

2. NACIONAL

Título: Propuesta para la mejora de la disponibilidad de los camiones de una empresa de transportes de carga pesada, mediante el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento.

Autor: Ricaldi, Melissa.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2016

Resumen: El objetivo de la tesis fue minimizar las demoras de los tiempos de transporte de caña de azúcar mediante el desarrollo de una propuesta de Gestión de

Mantenimiento que mejore la disponibilidad de los camiones, lo que a su vez, permita realizar mayor número de viajes y, por ende, mejore tanto los ingresos de la empresa de transportes.

Las propuestas de mejora en el planeamiento del área de mantenimiento se centraron en la creación de un banco de datos, un plan de compras, programas de capacitaciones, tanto para los conductores como para el personal de mantenimiento. Por último, las propuestas para la ejecución de las tareas de mantenimiento consistieron en desarrollar distintos tipos de mantenimiento.

Los ahorros que se obtuvo al mejorar el desempeño del área de mantenimiento, se observaron en la menor cantidad de horas de parada de los camiones. Llegando a generar ahorros de hasta el 10% en un año, entonces si las pérdidas en soles por paradas de camiones ascienden a S/. 425,348.81, el monto que se logró ahorrar es de S/. 42,534.88 en un año.

Título: Mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo sistemático para incrementar la confiabilidad en planta de producción de alimentos de minera Yanacocha.

Autor: Macedo R.

Universidad Privada del Norte. 2014

Resumen: En el desarrollo de la tesis tiene como objetivo la mejora del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo Sistemático para incrementar la confiabilidad de los equipos en planta de producción de alimentos de Minera Yanacocha, donde la empresa MICSAC tiene a cargo la Gestión del Mantenimiento Preventivo Sistemático de los equipos.

El estudio se realizó dentro de las instalaciones de MYSRL. Para ello se constató en operación el proceso donde cumplen cada función y aplicación del equipamiento, identificando características de funcionabilidad y criticidades de los mismos, recopilando información para luego procesar y evaluar oportunidades de mejoras con las buenas prácticas de la Gestión de mantenimiento, tal es así el interés de aplicar la propuesta de mejora que beneficie la calidad del servicio, satisfacción del cliente, e imagen empresarial. Para la implementación del proyecto se ha visto conveniente hacer el análisis de indicadores Económicos por lo que el resultado fue viable, el resultado registró un "VAN" de 1, 305,934.21 dólares con una "TIR" de 505%, que es 498.45% mayor que la mejora alternativa de inversión de fondos mutuos (6.55%) del mercado actual. Y también un índice de rentabilidad de 20.85 mayor que 1 por cada dólar invertido generaría un ingreso de 19.85 dólares.

Título: Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil.

Autor: SALAS, Mario.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Junio del 2012.

Resumen: El presente trabajo de investigación realizado en la empresa Consorcio La Parcela nos habla sobre el desgaste de la maquinaria por el uso constante, lo que causa disminución de la eficiencia, además el nivel de producción disminuye e incrementa los costos operativos. Por tal motivo, se puede decir que la falta de mantenimiento disminuye la eficiencia de las máquinas y el nivel de producción.

Las horas programadas para las 8 tipos de máquinas durante el mantenimiento preventivo mensual y quincenal son 252 Hr/anales, teniendo como exceso 182.5 Hr/anales, el cual equivale el 58% de desperdicio de tiempo. Por tal motivo, se redujo las horas en exceso mediante la implementación de las 5'S y el mantenimiento autónomo.

Al reducir las horas de exceso de ejecución del mantenimiento preventivo se cumplirá con la programación, además la limpieza diaria ayudará a disminuir las paradas de ruptura al no encontrarse sucia las piezas.

El proyecto aplicativo se basó en el mantenimiento preventivo mensual y quincenal debido a la carga laboral que excede en 85% frente a los demás tipos de mantenimiento. En conclusión, el mantenimiento preventivo busca reducir los problemas y aumentar la vida útil de las máquinas. El análisis económico permite concluir que el proyecto es viable debido a los resultados del valor económico nominal: S/. 2,156.90 y el valor financiero nominal: S/. 3,825.90. Asimismo, el periodo de recuperación es en un año, teniendo ganancias de S/.2157 en el doceavo mes. Además, el indicador de beneficio y costo se obtiene 1.03; lo que implica que por cada Nuevo Sol invertido se lo recupera con ganancias de 0.03.

3. LOCAL

Título: TPM Reducción de Costos y Maximización de la Productividad en Procesos (Pampa Larga) de Minera Yanacocha.

Autor: GARAGATTI, Rolando.

Universidad Privada del Norte. 2007

Resumen: Algo que no consideran muchas empresas como importante es la aplicación de las 5's, esta filosofía de trabajo tan sencilla logra formar la base de cualquier otra forma de trabajo, pues se consigue el compromiso y la disciplina de todas las personas que es lo más difícil de conseguir.

La implantación del TPM planteada se basa en los principales pilares, que son La Mejora Enfocada, El Mantenimiento Autónomo, El Mantenimiento Planificado y La Capacitación y Entrenamiento. Para cada uno de estos pilares se ha diseñado un plan maestro con las actividades y tareas específicas para su desarrollo, así como los responsables de ejecutarlas con el plazo necesario para su culminación, que puede variar en algunos casos.

Estos planes maestros permitirán desarrollar las mejores prácticas del TPM que luego de revisadas y mejoradas se pueden ampliar a las demás áreas operativas, así también se podrá medir cada uno de los indicadores que en el aspecto técnico donde podemos notar que son muchas las oportunidades de mejora.

Se ha identificado algunas y más resaltantes oportunidades de mejora que se pueden lograr con el TPM, tan solo con 7 años de proyección de vida (vestimenta actual, con proyectos nuevos se estima 20 años) útil de Pampa Larga se consiguen un VAN de 1 329,267 dólares, con un TIR de 62.89% y la tasa de retorno sobre la inversión de 2.17 veces, este beneficio incluye los gastos que se tuvieron en la implantación inicial (que ahora son costos hundidos). Esto es solo una parte de lo que se puede lograr con la implementación del TPM.

b) Bases teóricas

1. Mantenimiento

A. Definición de Mantenimiento. (Suárez, 2001)

Conjunto de actividades que permiten mantener un equipo o sistema en condición operativa, de tal forma que cumplan las funciones para las cuales fueron diseñados y designados o restablecer dicha condición cuando esta se pierde

B. Tipos de Mantenimiento (Botero, 1991)

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de las cuales tiene sus propias características como lo describiremos a continuación.

- **Mantenimiento Correctivo**

Como su nombre lo indica, es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento.

En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Este mantenimiento es generalmente el único que se realiza en pequeñas empresas. Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo, pueden ser las siguientes:

1. Identificar el problema y sus causas.
2. Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
3. Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
4. Planear la reparación de acuerdo con personal y equipos disponibles.
5. Supervisar las actividades por desarrollar.
6. Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y respuesta de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto.

- **Mantenimiento Periódico**

Este tipo de mantenimiento, como su nombre lo indica, es aquel que se realiza después de un período de tiempo generalmente largo (entre seis y doce meses). Este mantenimiento se practica por lo regular en plantas de procesos tales como petroquímicas, azucareras, papeleras, de cemento, etc. y consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores.

- **Mantenimiento Programado**

Este es otro sistema de mantenimiento que se práctica hoy en día y se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo período de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes.

- **Mantenimiento Predictivo**

Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les pueda permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción.

- **Mantenimiento Preventivo**

Para evitar que se confunda este mantenimiento con una combinación del periódico y el programado, se debe hacer énfasis en que la esencia de éste son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio.

Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento.

El mantenimiento preventivo es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos.

Este programa se fundamenta en el estudio de necesidades de servicio de un equipo, teniendo en cuenta cuáles de las actividades se harán con el equipo detenido y cuáles cuando está en marcha. Además, se estima el tiempo que se toma cada operación y la periodicidad con que se efectúa, con el fin de poder determinar así las horas-hombre que requiere una tarea de mantenimiento, al igual que las personas que se van a emplear en determinados momentos del año.

El éxito de un programa de mantenimiento preventivo, estriba en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y en el cumplimiento estricto de las actividades, para cuyo efecto se debe realizar un buen control.

Dependiendo del tipo de empresa, del desarrollo alcanzado por ella, así como de las políticas establecidas, se pueden conjugar para efectos de un mejor mantenimiento, varias de las alternativas antes mencionadas, realizándose de esta manera un Mantenimiento Mixto.(Botero, 1991).

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos, detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen mantenimiento preventivo se obtiene experiencia en diagnóstico de fallas y del tiempo de operación seguro de un equipo.

En general en los PMP se deben incorporar todos los registros documentados de las actividades de rutina, de las calibraciones e inspecciones, así como de las acciones de mantenimiento correctivo realizadas debido a fallas o a eventos no programados.

Los PMP deben incluir elementos tales como:

1. Inventarios de equipo por organización o estación.
2. Listas de partes y refacciones por equipo, incluyendo datos de los proveedores.
3. Frecuencia de inspección / mantenimiento por equipo.
4. Programas de calibración.

5. Programas de sustitución de equipos.
6. Lugares y responsables de reparación de equipos.
7. Contratos de servicios.
8. Registros mensuales de las actividades de prueba, inspección y mantenimiento
9. Formatos de verificación y recepción de consumibles, refacciones y equipos.

Tareas del Mantenimiento Preventivo

La tarea de mantenimiento preventivo (Preventive Task, PRT) es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio operativo. Una tarea de mantenimiento preventivo típica consta de las siguientes actividades de mantenimiento:

1. Desmontaje.
2. Recuperación o sustitución.
3. Montaje.
4. Pruebas.
5. Verificación.

Las tareas de mantenimiento preventivo más comunes son sustituciones, renovaciones, revisiones generales, etc. Es necesario recalcar que estas tareas se realizan, a intervalos fijos, como por ejemplo, cada 3.000 horas de operación, cada 10.000 millas, o cada 500 aterrizajes, al margen de la condición real de los elementos o sistemas. (Knezevic, 1996)

C. Beneficios del mantenimiento preventivo. (Sima ,(s.f.))

Los beneficios del mantenimiento preventivo, los más relevantes son los siguientes:

- 1. Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).**

Obviamente, si tiene muchas fallas que atender menos tiempo puede dedicarle al mantenimiento programado y estará utilizando un mantenimiento reactivo mucho más caro por ser un mantenimiento de "apaga fuegos"

- 2. Incrementa la vida de los equipos e instalaciones.**

Si tiene buen cuidado con los equipos puede ayudar a incrementar su vida. Sin embargo, requiere de involucrar a todos en la idea de la prioridad ineludible de realizar y cumplir fielmente con el programa.

3. Mejora la utilización de los recursos.

Cuando los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple fielmente. El mantenimiento preventivo incrementa la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones, esto tiene una relación directa con:

El programa de mantenimiento preventivo que se hace. Lo que se puede hacer, y como debe hacerse.

4. Reduce los niveles del inventario.

Al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén.

5. Ahorro

Un peso ahorrado en mantenimiento son muchos pesos de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.

D. Pasos para un efectivo mantenimiento preventivo.

Pasos necesarios para establecer un programa efectivo de mantenimiento preventivo.

Probablemente su modelo tenga algunas diferencias no significativas, dependiendo de cómo este estructurada su organización, de sus políticas y otros factores pero todas las opciones se pueden manejar en un momento determinado. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Determine las metas y objetivos.

El primer paso para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo es determinar exactamente, qué es lo que se quiere obtener del programa. Usualmente el mejor inicio es trabajar sobre una base limitada y expandirse después de obtener algunos resultados positivos.

Si tiene alguna dificultad con sus metas puede tomar algunos "tips" de la lista de beneficios del programa de mantenimiento mencionado con anterioridad, mostramos ahora algunos ejemplos muy simples:

- Incrementar la disponibilidad de los equipos en un 60%.
- Reducir las fallas en un 70%.
- Mejorar la utilización de la M. O. en un 30%.
- Incrementar el radio del mantenimiento programado respecto al mantenimiento reactivo en una proporción 2 a 1.

2. Establecer los requerimientos para el mantenimiento preventivo.

Decida qué tan extenso pueda ser su programa de mantenimiento preventivo. Qué debe de incluir y dónde debe de iniciar.

a) Maquinaria y Equipo a incluir.

La mejor forma de iniciar esta actividad es determinar cuál es la maquinaria y equipo más crítico en la planta; Algunas veces esto es muy fácil y otras veces no, esto depende de lo que manufacture su compañía; piense en su lista y acuda a sus clientes (producción, cabezas de departamento, etc.) y pregúnteles; después de todo, ellos son las personas a quienes debe atender.

Haga de su programa de mantenimiento preventivo un "sistema activo"; donde participen todos los departamentos.

b) Áreas de operación a incluir.

Puede ser mejor, seleccionar un departamento o sección de la planta para facilitar el inicio; ésta aproximación permite que concentre sus esfuerzos y más fácilmente realice mediciones del progreso. Es mucho mejor el expandir el programa una vez que probó que se obtienen resultados.

c) Decida si se van a incluir disciplinas adicionales al programa de mantenimiento preventivo.

Debe determinar si implementará rutas de lubricación, realizar inspecciones y hacer ajustes y/o calibraciones, o cambiar partes en base a frecuencia y o uso. (Mantenimiento preventivo tradicional.)

Inspecciones periódicas de monitoreo, y análisis de aceite (el cual es parte de un mantenimiento predictivo).

Lecturas de temperatura / presión / volumen (que es; la condición de monitoreo y forma parte de mantenimiento predictivo por operadores.) O cualquier otro subsistema.

La maquinaria y equipo que seleccionó para incluir en el programa, determinará si necesita disciplinas adicionales de mantenimiento preventivo, cada subsistema provee beneficios, pero también influirá en sus recursos disponibles. Tenga esto siempre presente e inclúyalo en su propuesta original.

d) Declare la posición del mantenimiento preventivo.

Es importante que cualquier persona en la organización entienda exactamente qué consideró como el mayor propósito del programa de mantenimiento preventivo. No tiene que ser tan breve, es decir sin sentido, pero tampoco deberá ser tan extenso que cree confusión.

No desarrollar un enunciado claro y conciso, puede hacer su programa muy difícil, esto sucede frecuentemente.

e) Medición del mantenimiento preventivo.

Muchos de los componentes del plan de mantenimiento preventivo han sido ya discutidos aquí, solo queda ponerlos todos bajo una cubierta y desarrollar una línea de tiempo para su implementación, así como para desarrollar los requerimientos de los reportes y la frecuencia, para la medición del progreso.

Ponga particular atención en la medición del progreso, ya que es en donde muchos programas de mantenimiento preventivo fallan.

Si no mide el progreso no tendrá ninguna defensa, y como lo sabe, lo primero que se reduce cuando existen problemas de este tipo, es precisamente en el presupuesto del programa de mantenimiento preventivo.

También cuando requiere expandir el programa y no puede probar que está trabajando para obtener los resultados que predijo, no encontrará fondos u otros recursos necesarios.

Por último y de mucha importancia, si no mide los resultados no podrá afinar su programa; en concreto, si no hace de su sistema un sistema activo, esto puede lentamente destruir su programa. Así es como fueron concebidos otros programas pobres.

f) Desarrolle un plan de entrenamiento.

No necesitamos mencionar demasiado sino solo la invariabilidad del requerimiento de un entrenamiento completo y consistente, determine estos requerimientos y desarrolle un plan comprensible para acoplarlo a la línea de tiempo establecida que desarrolló.

g) Reúna y organice los datos.

Esta puede ser una actividad bastante pesada, independientemente de si tiene implementado o no, un sistema completo. Recuerde que estamos hablando del programa de mantenimiento preventivo.

Son diversos los elementos requeridos para ordenar e implementar un programa de mantenimiento preventivo.

3. Para establecer su programa de mantenimiento preventivo siga los siguientes pasos:

- Los equipos que incluya en el programa de mantenimiento preventivo deben de estar en el listado de equipos.

- Se requiere de una tabla de criterios (frecuencias de mantenimiento preventivo). Esta tabla le indicara al sistema con qué frecuencia debe de generar las órdenes de trabajo, o su gráfico de MP, así como el establecimiento de otros parámetros para su programa.
- Requiere planear sus operarios y contratistas para sus órdenes de trabajo de MP, su programa necesitará de códigos de oficios y actividades. Adicionalmente necesitará ingresar estos datos a la base de datos electrónica o enlazarlos de alguna manera con su programa de MP.
- La planeación y el uso de materiales y refacciones en los registros del MP por máquina, requiere para ello ingresar con anticipación los artículos de inventario y enlazarlos a su programa de MP.
- Debe tener procedimientos detallados o listados de rutinas, listos en el sistema o en algún procesador que facilite su control de allí que tenga que planear su codificación, también es buena idea mantenerlos en “file” por máquina o equipo. Busque siempre soluciones simples.
- Tabla de frecuencias de mantenimiento preventivo. Una vez que ha seleccionado la maquinaria y equipo que será incluido en su programa de MP, necesitará determinar qué frecuencia va a utilizar en cada orden de trabajo que se ha de emitir.

Una máquina puede llegar a tener programados varios MP, los que van desde simple inspección, ruta de lubricación, análisis de aceite, reposición de partes, diagnósticos de predictivo, etc.

Por lo que sugerimos utilice criterios como, múltiplos de 28 días, horas de operación, piezas producidas, o bien emitir OT de inspección previa a la ejecución del MP.

Si requiere de toma de lecturas, inspección diaria o rutas de lubricación necesitara de un programa de tareas que soporte este tipo de MP.

Como puede observar esto puede incrementar su carga de trabajo, utilizar entonces un sistema basado en la confiabilidad de máquina, sub-ensamble o componente, así como historiales de intervenciones.

- Calendario. Determinar un número de días entre las inspecciones o ejecución de los MP. Usualmente la mayoría de su equipo caerá dentro de esta categoría. Este el tipo de mantenimiento preventivo es más fácil para establecer y controlar.

- Uso: El número de horas, litros, kilogramos, piezas u otra unidad de medición en las inspecciones, requiere que alguna rutina sea establecida para obtener la lectura y medición de los parámetros.
- Calendario / Uso. Una combinación de los dos anteriores. Entre 30 días o 100 horas lo que ocurra primero. Solamente se requiere una rutina de medición y lectura de los datos.

4. Procedimientos del mantenimiento preventivo.

El programa de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben ser completados en cada inspección o ciclo. Existen varias formas para realizar estos procedimientos en las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.

Los procedimientos permiten insertar detalles de liberación de máquina o equipo, trabajo por hacer, diagramas a utilizar, planos de la máquina, ruta de lubricación, ajustes, calibración, arranque y prueba, reporte de condiciones, carta de condiciones, manual del fabricante, recomendaciones del fabricante, observaciones, etc.

Relacionar los procedimientos a la orden de trabajo y los reportes maestros individuales de mantenimiento preventivo. De ser posible utilizar o diseñar procedimientos para la orden de trabajo correctivo, o rutinario. En algunos casos se colocan los procedimientos en un lugar específico en la máquina.

Utilizar un procesador de palabras externos para esta función, y programas para planos, dibujos y fotografías.

5. Plan de implementación.

Hasta este punto solo hemos mencionado toda la información de un programa dedicado al mantenimiento preventivo manual o computarizado.

Cualquier buen sistema de mantenimiento preventivo necesita de esta información y casi cualquier sistema podría hacer buen uso de este frente final de trabajo. Una vez reunido y organizado el trabajo es simple el resto.

Esto por supuesto no es una rutina pequeña pero es donde realmente la fase de implementación comienza.

No debe usted omitir la necesidad de la utilización del factor humano, usted sabe mejor que nadie de las capacidades de su personal en relación al mantenimiento, inspecciones y rutinas, por lo que seguramente necesitara diseñar programas de capacitación tanto para operadores y técnicos.

Una vez que la información está reunida, necesitará revisar la prioridad para comenzar la operación. Deben existir varios reportes que le permiten este tipo de

revisión pero el primero a revisar es el programa maestro de mantenimiento preventivo.

Un reporte así, prevé un buen panorama de todos los equipos con registro de mantenimiento preventivo y permite una selección completa y capacidad de ordenamiento para la impresión o elaboración de las órdenes de trabajo, de acuerdo los requerimientos.

Puede también utilizar una gráfica de carga de trabajo. La idea principal es observar las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo con una prioridad definida, y aquellos M.P's que no se han generado todavía, con un abanderamiento, como la fecha de su generación para su fácil detección.

Con estos dos reportes, el programa maestro de MP y la gráfica de carga de trabajo le serán útiles una vez que haya generado las órdenes de trabajo del mantenimiento preventivo y necesite ajustar la carga de trabajo, proporcionándole también la predicción del MP antes de que se genere y hacer los ajustes necesarios, inclusive a las necesidades de producción de la disponibilidad de maquinaria y equipos.

Para ajustar la carga de trabajo del mantenimiento preventivo antes de la generación, necesitará usar una opción de cambios en su programa de mantenimiento preventivo y asignar los datos a los registros maestros con el fin de generarlos sobre los datos que desea.

Una vez que todos los ajustes se hayan hecho, estará listo para generar su primer listado de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo; en un sistema computarizado, esto es básicamente un proceso automático. Todo lo que necesita es dar la instrucción de generación, una vez generado, cualquier ajuste fino puede ser realizado, a través de la característica de programación de órdenes de trabajo.

Cuando se tiene todo como se requiere, estará listo para generar los programas y despachar las órdenes de trabajo.

6. Medición de resultados y establecimiento de nuevas metas.

Es éste un punto muy importante y el más comúnmente pasado por alto en el plan de mantenimiento preventivo.

Muchos programas de mantenimiento preventivo bien planeados fallarán debido a que este paso es dejado fuera del plan. Si usa un sistema computarizado, no hay ninguna razón para pasar por alto esta función. Una base de datos electrónica proporciona muchos reportes que pueden ser usados para medir el funcionamiento. El truco real es poner los puntos de referencia para obtener los parámetros a medir. Algunos ejemplos:

- ¿Cuántas órdenes de trabajo de emergencia o urgentes emitieron durante el mes?
- ¿Cuál es el gasto mensual en mano de obra y materiales por reparaciones en mantenimiento?
- ¿Cuántos equipos tiene con problemas crónicos?
- ¿Cuál es su nivel corriente de actividad de mantenimiento preventivo en relación con la actividad total de órdenes de trabajo dentro de mantenimiento?
- ¿Cuál es el valor corriente de su inventario y cuál ha sido el promedio en los últimos seis meses?
- Existen muchos reportes más, sin embargo estos pueden darle algunas ideas. Todas estas preguntas pueden ser contestadas con los reportes estándar. Realizar mediciones una vez al mes es más que recomendable.

7. Revisión del plan.

Recuerde, haga de su programa de mantenimiento preventivo un programa activo, revisando su plan constantemente, cada vez que obtenga los reportes del progreso debe revisar y ajustar su plan.

Por ejemplo: Si un equipo en particular se muestra en la lista cada vez que consulta el reporte resumen de costos por equipo, revise el programa de mantenimiento preventivo para ese equipo y si es posible, haga ajustes en el MP que reduzcan la cantidad de reparaciones de mantenimiento (Correctivo) que tiene que realizar a este equipo. Para ello debe poner particular atención en este equipo, puede ser que su programa o el trabajo técnico no estén siendo efectivos.

Si su programa no parece avanzar, a través de las metas que propuso, entonces ajuste sus metas, conduciendo una revisión detallada de todos los programas y realice los ajustes necesarios para llevar su programa por un buen camino.

Si sólo adiciona un poco de las recomendaciones -no espere poder ejecutar su plan de mantenimiento preventivo en forma correcta-, por otra parte, no podrá prever todos los imponderables; digamos que cada vez que cambie el programa de producción su plan de mantenimiento preventivo necesitará algunos ajustes.

Como un ejemplo: El programa de MP cuando la maquinaria y equipos están bajo una producción máxima es totalmente diferente al programa que se ejecuta cuando la producción es baja.

E. Tipos de servicios prestados en el mantenimiento preventivo. (Ecured (s.f.))

Los tipos de servicios prestados son los siguientes:

1. Servicio diario del equipo

Su objetivo comprobar del estado del equipo, de los mecanismos de dirección, de los elementos de lubricación, así como comprobar cumplimiento de las normas de trabajo.

Trabajos periódicos: No son más que trabajo que se realizan cada determinado tiempo y son desarrollado por los ajustadores. Entre estos tenemos:

- Limpieza de los equipos que trabajan en condiciones poco e higiénicas: (motores eléctricos, bombas, transportadores, etc.)
- Cambio del aceite del sistema de lubricación del equipo. Este trabajo se realiza según un plan confeccionado con anterioridad.
- Comprobación de la precisión de las holguras y otros factores que se realiza siempre después de las reparaciones.

2. Revisión

Se realiza entre una reparación y otra según el plan correspondiente al equipo. Su propósito es comprobar el estado de éste y determinar los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación. Los trabajos que se pueden realizar durante una reparación son:

- Comprobación de los mecanismos.
- Comprobación del funcionamiento del sistema de lubricación.
- Comprobación del calentamiento no excesivo de las partes giratorias del equipo.
- Comprobación de las holguras entre las uniones móviles y regulación de los mecanismos.
- En algunos casos la reparación se realiza con la separación parcial y limpieza de algunos mecanismos.

3. Reparación pequeña

Debido el mínimo volumen de trabajo que durante ella se realiza, es un tipo de reparación preventiva, es decir una reparación para poder predecir posibles defectos del equipo.

Mediante la misma, a partir de la sustitución o reparación de una pequeña cantidad de piezas y con la regulación de los mecanismos se garantiza la explotación normal del equipo hasta la siguiente reparación. Durante la misma se cambian o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor al periodo de tiempo entre una reparación y la próxima.

Durante la reparación pequeña al equipo no funciona y se realizan los siguientes trabajos:

- Desmontaje parcial del equipo: desmontaje de dos o tres mecanismos.
- Limpieza del equipo: limpieza de los mecanismos desmontados.
- Desmontaje parcial: rectificación de las superficies de trabajo, escrepado de los cojinetes si éstos son de deslizamiento, ajuste y regulación de los mismos.
- Comprobación de la holgura entre árboles y cojinetes: sustitución de los continentes desgastados, regulación de los mismos.
- Sustitución de las ruedas detectadas con dientes rotos o reparación de las mismas si es posible.
- Sustitución de los elementos de fijación rotos o desgastados (chavetas, tornillos, tuercas, etc.).
- Sustitución de las tuercas desgastadas de los tornillos principales y reparación de la rosca de los mismos.
- Comprobación de los mecanismos de control corrección de los defectos localizados.
- Comprobación reparación de los sistemas de lubricación.
- Comprobación de ruido, vibraciones y calentamiento.

4. Reparación mediana

Durante ella el equipo se desmonta parcialmente y mediante la reparación o sustitución de piezas en mal estado se garantiza la precisión necesaria y potencia y del equipo hasta la próxima reparación planificada.

Durante la misma se sustituyen o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre esta reparación y la próxima, o cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre dos reparaciones medianas.

Durante la reparación mediana al equipo no funciona y se realizan los siguientes trabajos:

- Los previstos para una reparación pequeña.
- Desmontaje de los mecanismos.
- Comprobar las holguras y alineamiento.

5. Reparación general

Es la reparación planificada de máximo volumen de trabajo, durante la cual se realiza el desmontaje total del equipo, la sustitución o reparación de todas las piezas y todos los mecanismos desgastados, así como de la reparación de las piezas básicas del equipo.

Mediante la reparación general se garantiza la fiabilidad, potencia y productividad del equipo. Durante la misma el equipo no trabaja y se realizan los siguientes trabajos:

- Los previstos para la reparación mediana.
- Desmontaje total del equipo.
- Reparación del sistema de lubricación y sistema hidráulico.
- Rectificación o escrepado de todas las superficies.
- Comprobación corrección de los defectos del equipo.
- Comprobación de holguras y alineamiento.

6. Reparación imprevista

Este tipo de reparación como indica su nombre se efectúa cuando ocurre una avería.

La reparación que necesaria efectuar luego una avería depende de la magnitud de la misma y puede tener la extensión de una reparación pequeña, mediana o general y en casos especiales puede ser necesaria la reposición del equipo.

Causas posible para el surgimiento de averías:

- Mala lubricación.
- Sobrecarga del equipo.
- Defecto de operación y tecnológicos.
- Ciclo de reparación inadecuado.
- Mala calidad de la reparación anterior.
- Caída o exceso de voltaje.
- Fallos en la red o sistema provocados por agentes químicos externos.

Las averías deben ser investigadas a los efectos de determinar las causas por las cuales fueron provocadas y tomar medidas encaminadas a evitar su repetición en el futuro.

F. Confiabilidad Operacional. (Espinosa, (s.f.))

La confiabilidad de un sistema o un equipo, es la probabilidad que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función. El fin último el Análisis de confiabilidad de los activos físicos es cambiar las actividades reactiva y correctivas, no programadas y altamente costosas, por acciones preventivas planeadas

que dependan de análisis objetivos, situación actual e historial de equipos y permitan un adecuado control de costos.

La Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial. La Confiabilidad Operacional lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional.

Es importante, puntualizar que en un sistema de Confiabilidad Operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros operativos: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confianza de los equipos; sobre los cuales se debe actuar si se quiere un mejoramiento continuo y de largo plazo.

La confiabilidad en mantenimiento se estudia como la probabilidad que un equipo sobreviva sin fallas un determinado período de tiempo bajo determinadas condiciones de operación.

Sin embargo esta definición no demuestra en realidad todos los alcances que conlleva. La confiabilidad es más que una probabilidad; es una nueva forma de ver el mundo, en realidad es una cultura que debe implementarse a todos los niveles de la industria desde la alta dirección hasta el empleado de más bajo nivel. La confiabilidad como cultura busca que todas las actividades de producción y en general todas las tareas se efectúen bien desde la primera vez y por siempre; no se acepta que se hagan las cosas precariamente o a medias.

Esto implica un cambio en la mentalidad de todo el personal de la planta, nuevas formas de pensar y actuar, nuevos paradigmas; por esto es de radical importancia que la dirección de la empresa tome conciencia de la nueva situación y de su dificultad de conseguirla. Inculcar un cambio en la forma de pensar no es sencillo, cuesta gran cantidad de trabajo y tiempo; la dirección debe enfocar sus esfuerzos en la formación de sus empleados mediante políticas que permitan la participación del personal en planes de mejoramiento continuo de procesos, círculos de participación y demás elementos que persigan alcanzar los objetivos propuestos.

G. Determinación de la frecuencia con la que debe llevarse a cabo cada tarea de mantenimiento. (Renovatec, (s.f.))

Existen tres formas de determinar la frecuencia: utilizando métodos estadísticos, utilizando modelos matemáticos o basándose en la experiencia de los técnicos que deben elaborar el plan de mantenimiento. La primera es compleja, y no siempre (más bien rara vez) se dispone de datos suficientes como para realizar un estudio estadístico

adecuado. En estos casos se utiliza la distribución de Weibull para fijar el momento más adecuado para llevar a cabo una tarea de mantenimiento.

Es posible además utilizar modelos matemáticos capaces de predecir la duración de una pieza, y por tanto, la necesidad de sustituirla antes de que se produzca un posible fallo. Son modelos complejos, y de nuevo, un departamento de mantenimiento no siempre dispone de tales modelos, ni es capaz de desarrollarlos. El fabricante de la pieza puede disponer de tales modelos o de herramientas suficientes para determinar la vida de cada componente, aunque desde luego no son técnicas sencillas de aplicar ni ofrecen resultados irrefutables.

Por último, la frecuencia se puede fijar en base a la experiencia de los técnicos encargados de elaborar el plan de mantenimiento. Con diferencia esta es la forma más habitual de realizarlo, sencillamente porque las dos anteriores resultan de una complejidad excesiva para un departamento de mantenimiento habitual. Se requiere por tanto cierta experiencia a la hora de redactar un plan, o en su defecto, aprovechar la experiencia de otros.

Existen dos formas de indicar la frecuencia con la que debe realizarse una tarea de mantenimiento:

- Siguiendo periodicidades fijas, es decir, indicando el espacio de tiempo que debe transcurrir entre intervenciones
- Determinándola a partir de las horas de funcionamiento

Cualquiera de las dos formas es perfectamente válida; incluso es posible que para unas tareas sea conveniente que se realice siguiendo periodicidades preestablecidas y que otras tareas, incluso referidas al mismo equipo, sean referidas a horas efectivas de funcionamiento. Ambas formas de determinación de la periodicidad con la que hay que realizar cada una de las tareas que componen un plan tienen ventajas e inconvenientes.

Así, realizar tareas de mantenimiento siguiendo periodicidades fijas puede suponer hacer mantenimiento a equipos que no han funcionado, y que por tanto, no se han desgastado en un periodo determinado. Y por el contrario, basar el mantenimiento en horas de funcionamiento tiene el inconveniente de que la programación de las actividades se hace mucho más complicada, al no estar fijado de antemano exactamente cuándo tendrán que llevarse a cabo. Un programa de mantenimiento que contenga tareas con periodicidades temporales fijas junto con otras basadas en horas de funcionamiento no es fácil de gestionar y siempre es necesario buscar soluciones de compromiso.

No es fácil fijar unos criterios para establecer la frecuencia con la que realizar las diferentes tareas de mantenimiento que componen el plan de mantenimiento de una instalación. Teóricamente, una tarea de mantenimiento debe realizarse para evitar un

fallo, con lo cual habría que determinar estadísticamente el tiempo que transcurre de media hasta el momento del fallo si no se actúa de ninguna forma en el equipo. El problema es que normalmente no se dispone de datos estadísticos para hacer este estudio, ya que en muchos casos significaría llevar los equipos a rotura para analizar cuanto aguantan; en otros, realizar complejas simulaciones del comportamiento de materiales, que no siempre están al alcance del departamento de mantenimiento de una instalación. Así que es necesario buscar criterios globales con los que fijar estas periodicidades, buscando primar el coste, la fiabilidad y la disponibilidad en esta decisión, y no tanto el agotamiento de la vida útil de las piezas o los conjuntos.

La frecuencia diaria, que a veces se aumenta y se realiza por turno e incluso por hora, se reserva a las actividades de mantenimiento realizadas por el personal de operación, que son casi exclusivamente de dos tipos: inspecciones sensoriales y tomas de datos.

La frecuencia mensual se reserva exclusivamente para aquellas tareas mecánicas o eléctricas que no pueden realizarse con periodicidades mayores. En muchas ocasiones están relacionadas con elementos que sufren ensuciamiento o desajustes, aunque en algún caso se refieren al reemplazo de algún elemento.

La frecuencia trimestral es la más utilizada cuando se trata de establecer la periodicidad con la que realizar tareas de mantenimiento predictivo. También se emplea para determinados trabajos eléctricos elementales.

Hay que tener en cuenta que en una instalación industrial la mayor parte de tareas rutinarias que se realizan a lo largo del año son de tipo condicional: se basan en inspecciones, verificaciones o pruebas, y solo se actúa si se detecta algún problema. Solo en el caso de las paradas anuales y las paradas mayores se realizan tareas sistemáticas que implican desmontajes o sustitución de piezas.

La frecuencia anual es la más utilizada para trabajos mecánicos, eléctricos y de instrumentación. Nótese que la frecuencia anual se ha dividido en dos:

- Anual distribuida, que se reserva para aquellas tareas de frecuencia anual que pueden realizarse en cualquier momento del año.
- Anual en parada, que se reserva para aquellas tareas de frecuencia anual que debe ser realizadas exclusivamente coincidiendo con la parada anual que muchas instalaciones organizan, y que supone la base del mantenimiento en muchos casos.

Esta distinción facilita que las tareas anuales a realizar en parada puedan ser más fácilmente externalizables, mientras que las tareas anuales distribuidas pueden ser realizadas perfectamente por el personal habitual.

La periodicidad bienal se reserva casi en exclusiva para la calibración de instrumentación y para la verificación de lazos de control. Las periodicidades trianual, cuatrienal, etc., se reservan para la realización de tareas de mantenimiento legal.

Un problema habitual a la hora de fijar la frecuencia con la que realizar determinadas tareas es que algunas de ellas pueden estar referidas a horas de funcionamiento, en vez de a espacios de tiempo naturales. Algunos fabricantes de equipos prefieren referirse a horas de funcionamiento, lo cual parece muy lógico: si un equipo no se ha utilizado, no parece necesario realizar mantenimiento en él. No es fácil mezclar tareas que deben realizarse con frecuencias naturales fijas con tareas que se realizan por horas de funcionamiento, con periodos variables entre ellas. Hay muchas formas de abordar el problema, entre las que están las siguientes:

- Crear dos planes de mantenimiento separados: el referido a frecuencias naturales (diario, semana, mensual, etc.) y el referido a horas de funcionamiento, de forma que el mantenimiento de los equipos a los que aplica un control horario queda fuera del mantenimiento de sistemas. Es conveniente en este caso instalar horómetros para cada uno de ellos, incluso conectados con el sistema de control o con el software de mantenimiento. La instalación de horómetros y su posterior gestión no es un asunto sencillo, y tratar de llevar el control.

H. Indicadores

a) Indicadores de gestión de mantenimiento.(Moreno, (s.f))

Para un ingeniero o director de mantenimiento es clave manejar indicadores de gestión para su departamento, dichos indicadores le permiten a la organización reevaluar las técnicas de mantenimiento y confiabilidad utilizadas en el desarrollo del ejercicio industrial. En la gestión de mantenimiento existen diversos indicadores que muestran las relaciones existentes entre elementos lo cual permite optimizar los recursos no solo físicos sino también humanos que hacen parte del departamento de mantenimiento.

Un indicador es una relación que existe entre dos elementos que pueden ser de naturaleza distinta.

Ejemplo= unidades vendidas/unidades totales

Nos muestran las relaciones directas e inversas proporcionalmente de dichos elementos.

b) Indicadores de costo de mantenimiento.

1. Indicador de costo de mantenimiento por facturación.

Este índice expresa la relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el período considerado. El dato de facturación lo pueden solicitar al departamento de contabilidad

$$CMFT = \text{CTMN} / \text{FTEP}$$

Sirve para saber en qué medida se está reduciendo costos de mantenimiento una organización, porque si mantiene los costos totales de mantenimiento con base en la facturación se puede saber si aumento o disminuyeron estos.

2. Indicador de Costos de Mantenimiento por Producción

Este indicador nos muestra la influencia que tiene el costo de mantenimiento en el costo final del producto normalmente puede rondar el 5% a 12%.

$$CMPP = \text{Costos de Mantenimiento Totales} / \text{Costos de Producción}$$

3. Indicador de Costos de Mantenimiento Preventivos por mantenimientos Totales

Este indicador pone de manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas, este puede rondar el 20%. Nos refleja que tanto mantenimiento preventivo se está haciendo con respecto al total, en las organizaciones se debe buscar que el costo de mantenimiento correctivo sea mucho menor que el costo de mantenimiento preventivo.

$$CPCT = \text{Costo del mto. Preventivo} / \text{Costos Totales de Mantenimiento (preventivo + correctivo)}$$

Nos refleja que tanto mantenimiento preventivo se está haciendo con respecto al total, en las organizaciones se debe buscar que el costo de mantenimiento correctivo sea mucho menor que el costo de mantenimiento preventivo.

c) Indicadores de Mano de Obra

1. Horas de paro por horas realizadas

Este indicador nos muestra la relación entre las horas empleadas para la producción y las de paro del equipo por averías. Al tomar las horas de paro en lugar del número de averías introducimos en la relación un concepto de gravedad de las averías. Al tomar las horas de producción realizadas, también estamos considerando la tasa de inutilización del equipo la cual generalmente oscila entre el 1% y el 3%.

$$HHPH = \text{Horas de Paro por Mantenimiento} / \text{Horas de Producción Realizadas}$$

Este indicador va muy ligado a la confiabilidad del sistema, tema que desarrollaremos en la sección confiabilidad.

2. Trabajo en Mantenimiento Preventivo

Nos señala la relación entre las horas hombres gastados en trabajos programados en mantenimiento preventivo y las horas hombres disponibles, entendiéndose por horas hombres disponibles, aquellos presentes en la instalación y físicamente posibilitados de desempeñar los trabajos requeridos.

$$TBMP= \text{totalidad (HHMP)}/\text{Totalidad (HHDP)}$$

3. Trabajo en Mantenimiento Correctivo

Es la relación entre las horas hombres gastados en reparaciones de mantenimiento correctivo y las horas hombres disponibles.

$$TBMC= \text{totalidad (HHMC)}/\text{Totalidad (HHDP)}$$

4. Ociosidad del Personal de Mantenimiento

Demuestra la relación entre la diferencia de las horas hombres disponibles menos las horas hombres trabajadas sobre los hombres horas disponibles, indicando por lo tanto, cuanto del tiempo del personal no fue ocupado en ninguna actividad.

$$OCPM= \text{totalidad (HHDP-HHTM)}/\text{totalidad (HHDP)}$$

5. Exceso de Servicio del Personal de Mantenimiento

Nos muestra la relación entre la diferencia de las horas hombres trabajados y disponibles, y las horas hombres disponibles, indicando por lo tanto, cuanto del tiempo del personal fue ocupado por arriba de la carga normal de trabajo.

$$ESPM= \text{totalidad (HHTP-HHDP)}/\text{totalidad (HHDP)}$$

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL

3.1 Identificación

3.1.1. La Empresa

Halcón S.A. es una empresa creada en el año 1997, debido a la creciente demanda de productos de ingeniería en la región. Con esfuerzo, dedicación y responsabilidad, durante estos años hemos evolucionado permanentemente en beneficio de nuestros clientes, es gracias ello que nuestros productos siempre están innovando en el mercado.

Halcón S.A. es una empresa dedicada al rubro de producción de todo tipo de carrocerías, tales como furgón, volquete, baranda, quillas, cisternas, carrocerías de madera, plataformas, portacontenedores, ambulancias y otros tipos de estructuras metálicas. Se encuentra ubicada en la ciudad de Trujillo, la planta de operaciones se localiza en la carretera Panamericana Norte – El Milagro.

Actualmente la empresa cuenta con 43 trabajadores, y se encuentra en un proceso de crecimiento y expansión, teniendo el objetivo la mejora de sus procesos, actualizando sus métodos de trabajo para lograr la satisfacción del cliente y de su personal.

3.1.2. Misión y Visión

- **Misión**

Diseñar y producir carrocerías y estructuras metálicas, de la más alta calidad, cumpliendo normas y reglamento en diseño, y comprometidos en ofrecer soluciones a las diversas necesidades de los clientes.

Nos Comprometemos a diseñar y producir carrocerías y estructuras metálicas, de la más alta calidad, cumpliendo normas y reglamento en diseño, respetando las normas de seguridad y trabajando con formalidad.

- **Visión de la empresa**

Ser la primera opción de compra a nivel nacional en el mercado de buses, carrocerías y estructuras metálicas, por ser reconocida como una empresa con una actitud vanguardista en el desarrollo de productos y en brindar soluciones operativas que sus clientes necesitan.

3.1.3. Organigrama de metalmecánica

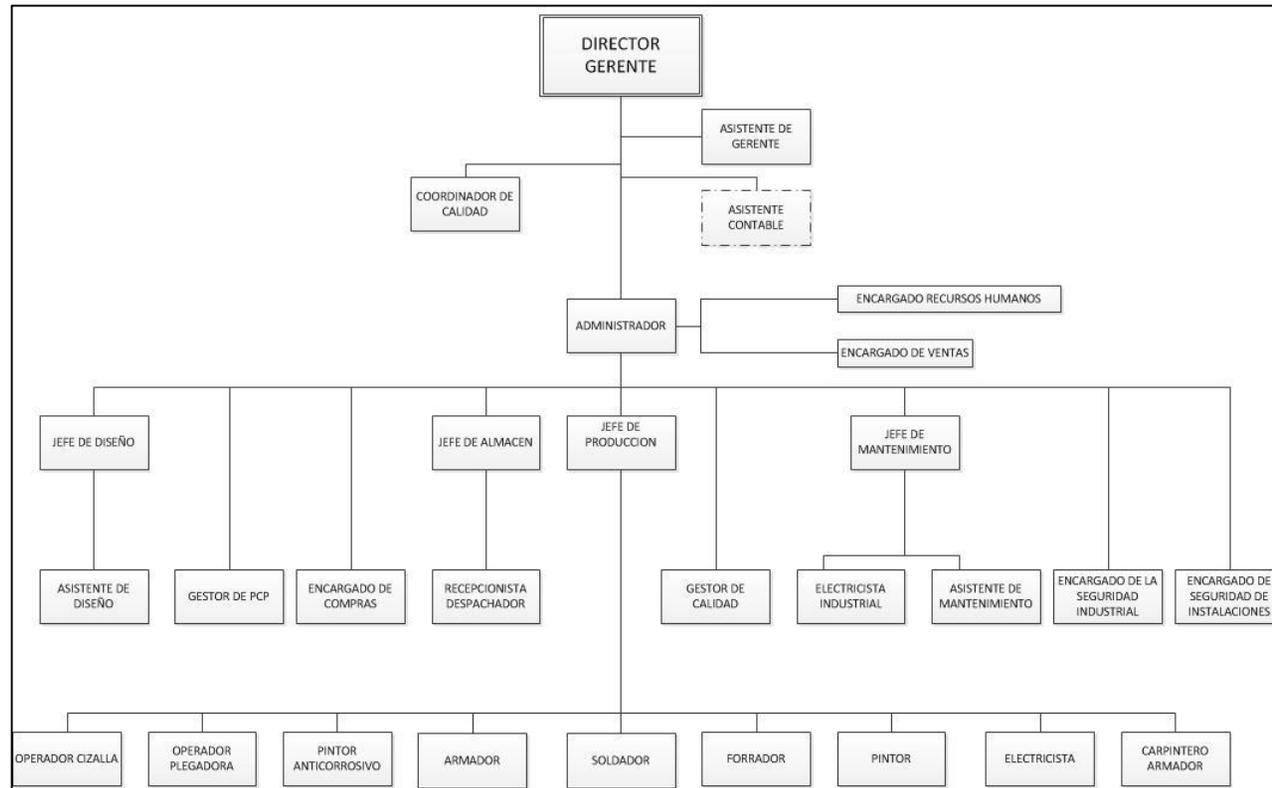


Figura 2: Organigrama de Halcón S.A.

Fuente: Dpto. Administración de Halcón S.A.

3.1.4. Distribución de Metalmecánica

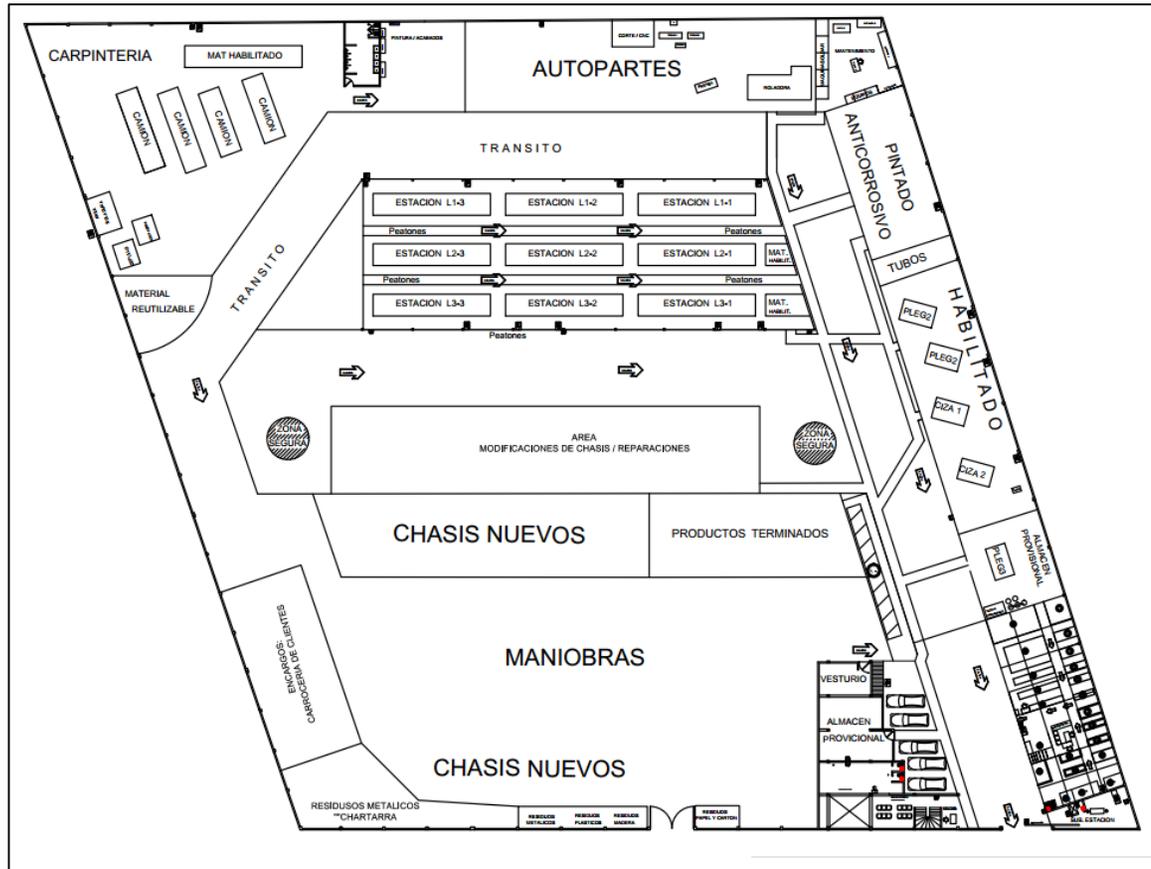


Figura 3: Layout de Halcón S.A.

Fuente: La empresa

3.1.5. Número de Personal

En la Tabla 2 se encuentra detallado la cantidad de colaboradores que actualmente tiene la empresa Halcón S.A.

Tabla 2: Distribución detallada de trabajadores por área en Halcón S.A.

PROCESO	SUBPROCESO	TRABAJADOR
HABILITADO	CORTE	Hab. Corte 01
		Hab. Corte 02
	DOBLEZ	Hab. Doblez 01
		Hab. Doblez 02
	ANTICORROSIVO	Hab. Anticorrosivo 01
		Hab. Anticorrosivo 02
PROCESO DE ENSAMBLE	SOLDADOR	Soldador 01
		Soldador 02
		Soldador 03
		Soldador 04
		Soldador 05
	ARMADOR	Armador 01
		Armador 02
		Armador 03
		Armador 04
		Armador 05
		Armador 06
ACABADOS	PINTOR	Pintor 01
		Pintor 02
		Pintor 03
		Pintor 04
		Pintor 05
		Pintor 06
		Pintor 07
PERSONAL ACABADOS	ACABADOS	Personal Acab. 01
		Personal Acab. 02
ACABADOS	TÉCNICO ELECTRICISTA	Electricista 01
		Electricista 02
		Electricista 03

Fuente: Datos tomados en la Empresa Halcón S.A.

En la Tabla 3, figuran las cantidades de colaboradores que se encuentran laborando actualmente.

Tabla 3: Distribución por áreas de personal de Halcón S.A

EMPLEADOS	N° DE TRABAJADORES
ADMINISTRATIVOS	8
TÉCNICOS	4
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA	7
ÁREA DE ALMACÉN	2
OBREROS	22
TOTAL	43

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6. Principales productos o servicios

Tabla 4: Productos ofrecidos por Halcón S.A.

TIPO	PRODUCTO	UTILIDAD	DISEÑO
CARROCERÍAS PORTANTES	Amallado	Usado para transportar aves en jivas y otros, por su diseño se aprovecha al máximo el espacio.	
	Liso	Empleado para transportar mercancías diversas, protege la mercadería por estar cerrado y la superficie exterior se utiliza con fines publicitarios.	
	Acanalado	Empleado para transportar mercancías diversas, protege la mercadería y por sus canales, le brinda mayor resistencia.	

Furgón Isotérmico		Diseñado para transportar mercaderías que necesitan mantener su temperatura, como alimentos y otros.	
Volquete		Diseñado para transportar materiales para la construcción, minería u otros, según requerimiento del cliente.	
Baranda	Baranda Telera	Empleado para el transporte que requiere el diseño calado de la carrocería, por su uso y/o resistencia.	

	<p>Baranda Rebatible</p>	<p>Diseñada especialmente para usos en que se requiera fácil acceso, pues sus barandas son desmontables.</p>	
	<p>Baranda Cerrada</p>	<p>Usada generalmente para repartición en zona urbana. Montada sobre chasis de 2 toneladas</p>	
	<p>Quillas</p>	<p>Empleado para transportar bebidas, cuenta con las inclinaciones necesarias para que su traslado sea seguro.</p>	

CARROCERÍA S AUTOPORTANTES	Semirremolque Baranda 3 ejes	Diseñado para transportar mercaderías diversas, pudiendo tener una capacidad de carga de hasta 32 toneladas	
	Semirremolque plataforma	Diseñado para transportar mercaderías diversas, su estibación o carga es versátil, su capacidad es de hasta 34 toneladas.	
	Semirremolque furgón	Diseñado para transportar mercaderías diversas de forma segura por estar cubierto; puede ser lisa, acanalada e isotérmica.	

Fuente: Elaboración propia

3.1.7. Descripción de flujo simplificado de Operaciones en Halcón S.A.

1. **Corte:** Área en donde trabajan con la máquina Cizalladora. En esta área el operario receptiona los planos de diseño y procede a cortar planchar acorde a las dimensiones requeridas y teniendo en cuenta la calibración de la máquina y el espesor de las planchas.



Figura 4: Corte

Fuente: La empresa

2. **Doblez:** Luego de haber sido cortadas las planchas, el operario de doblez apila y lleva las piezas cortadas hacia la estación de doblez para dar forma al perfil requerido.



Figura 5: Proceso de Doblez

Fuente: La empresa

3. **Anticorrosivo:** En el área de Anticorrosivo, el pintor receptiona los perfiles de la estación de doblez. Además lijará las zonas que contengan óxido, y luego

añadirá un acondicionador para garantizar la máxima remoción de residuos de óxido.



Figura 6: Autocorrosivo

Fuente: La empresa

- 4. Autopartes:** En esta área de trabajo se fabrican aquellas piezas que entran en el proceso productivo de carrocerías pero que no se encuentran en el mercado.



Figura 7: Fabricación de Autopartes

Fuente: La empresa

- 5. Soldadura:** En el proceso de armado interviene la actividad de soldadura. En esta etapa se procede a asegurar que todos los tubos estén bien colocados usando máquina MIG.



Figura 8: Soldadura de estructuras

Fuente: La empresa

- 6. Forrado:** Primero se empieza forrando el techo del furgón, luego se procede a forrar los laterales. Los tipos de forrado que se aplican son con plancha galvanizada y de aluminio.



Figura 9: Forrado

Fuente: La empresa

7. **Pintura:** El pintor procederá al esmerilado exterior e interior de las zonas soldadas. Luego procederá a lijar, masillar, aplicar líquido acondicionador, anticorrosivo y luego procederá a pintar con base gris el interior y de blanco el exterior.
8. **Colocación de accesorios:** El encargado del montaje haciendo uso de la monta carga, ubica la carrocería sobre el chasis, asegurándola a éste según el tonelaje del furgón. En el caso de este último, los accesorios incluidos son: guardafangos metálicos, defensa lateral, parachoques, y puertas.
9. **Sistema Eléctrico:** El electricista comenzará soldando pequeñas placas en los puntos en los que va a colocar los faros. La cantidad de faros depende del tonelaje del furgón.



Figura 10: Instalación eléctrica

Fuente: La empresa

3.1.8. Diagrama del proceso productivo.

Debido a que esta empresa tiene como producto principal la fabricación de tolvas se detallará el proceso de la fabricación de este tipo de estructura.

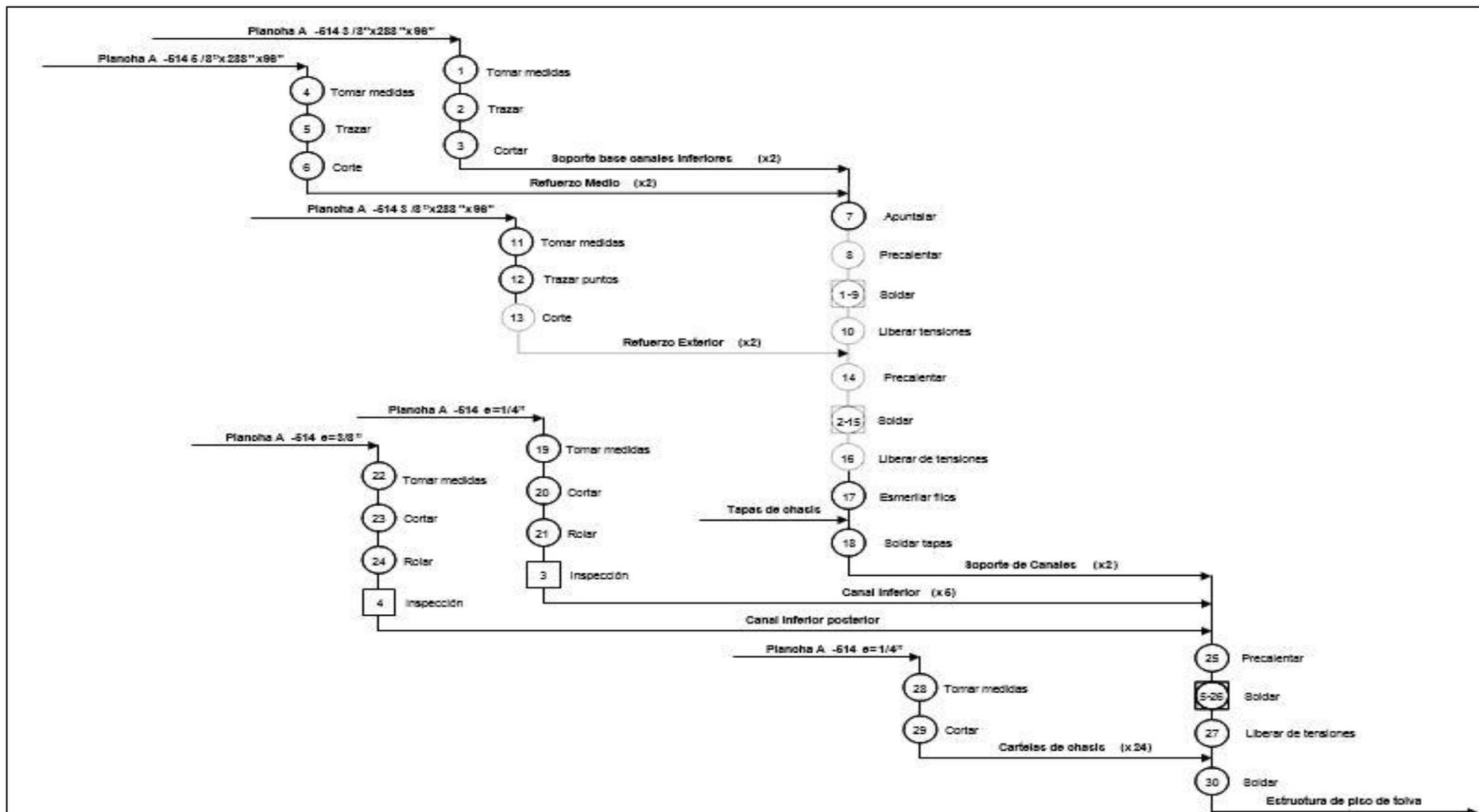


Figura 11: Diagrama de Operaciones de la Estructura de Piso de Tolva

Fuente: Elaboración propia

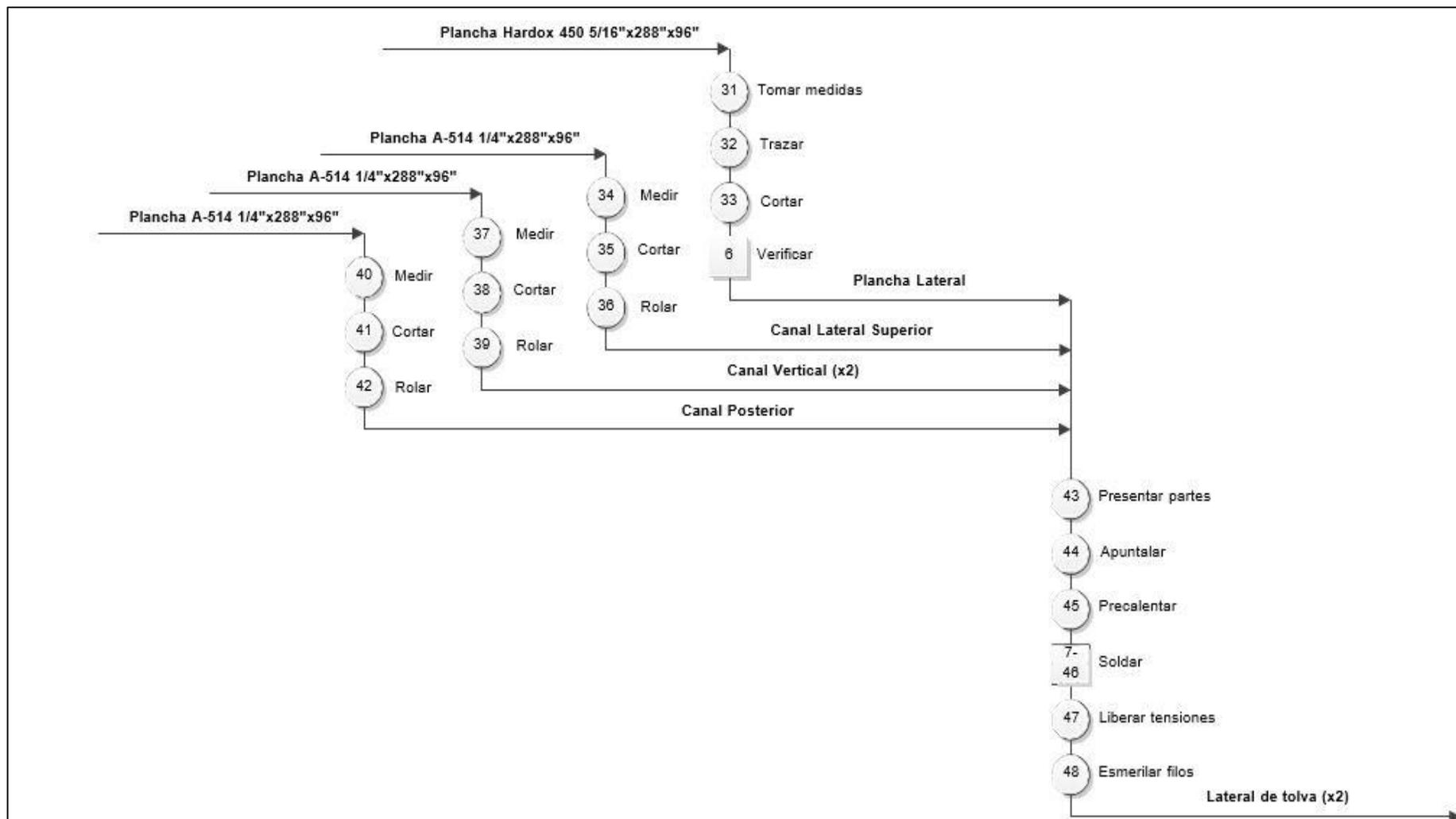


Figura 12: Diagrama de Operaciones de Laterales de Tolva

Fuente: Elaboración propia

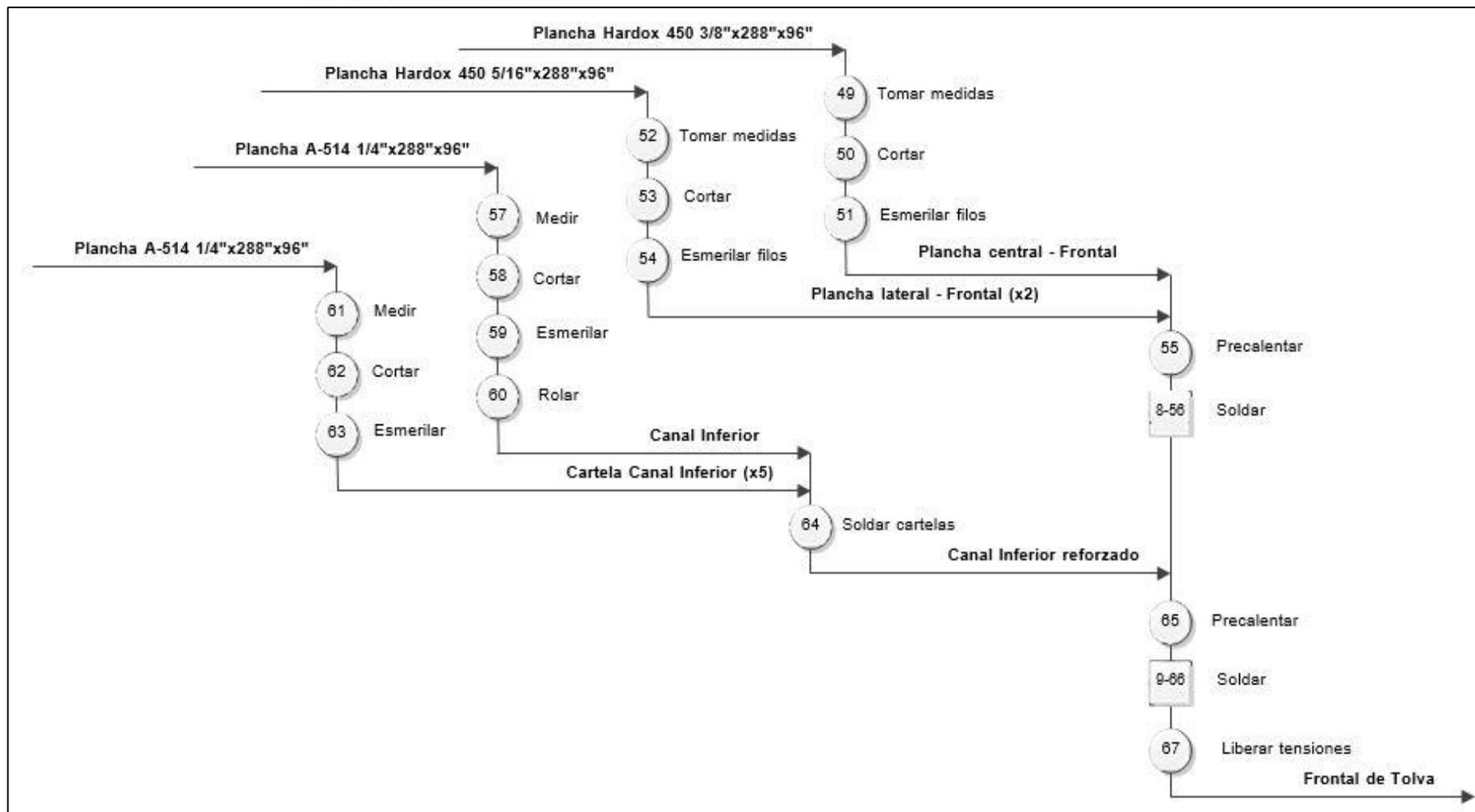


Figura 13: Diagrama de Operaciones de Frontal de Tolva

Fuente: Elaboración propia

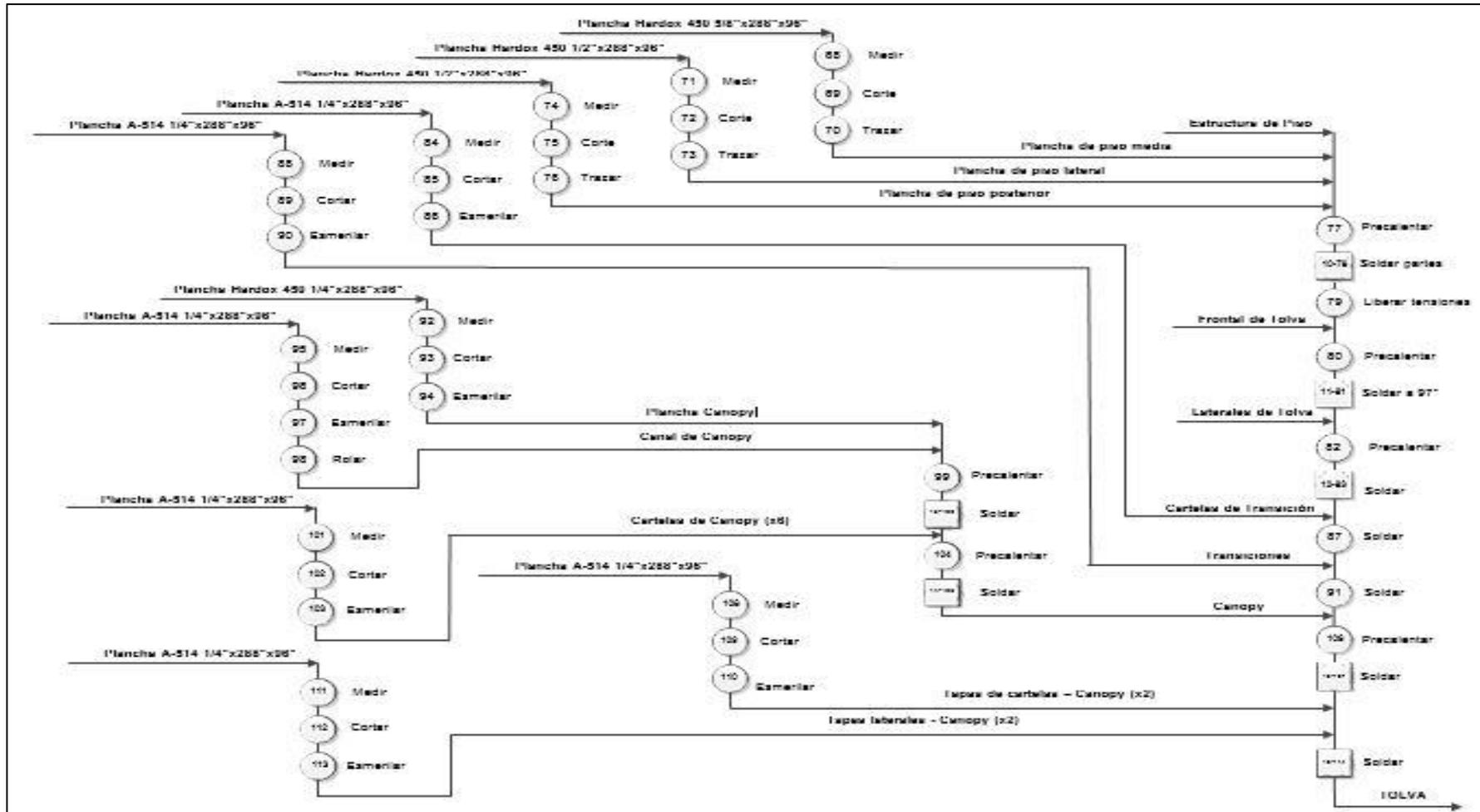


Figura 14: Diagrama de Operaciones de Armado de la Tolva

Fuente: Elaboración propia

3.1.9. Mapa de Procesos

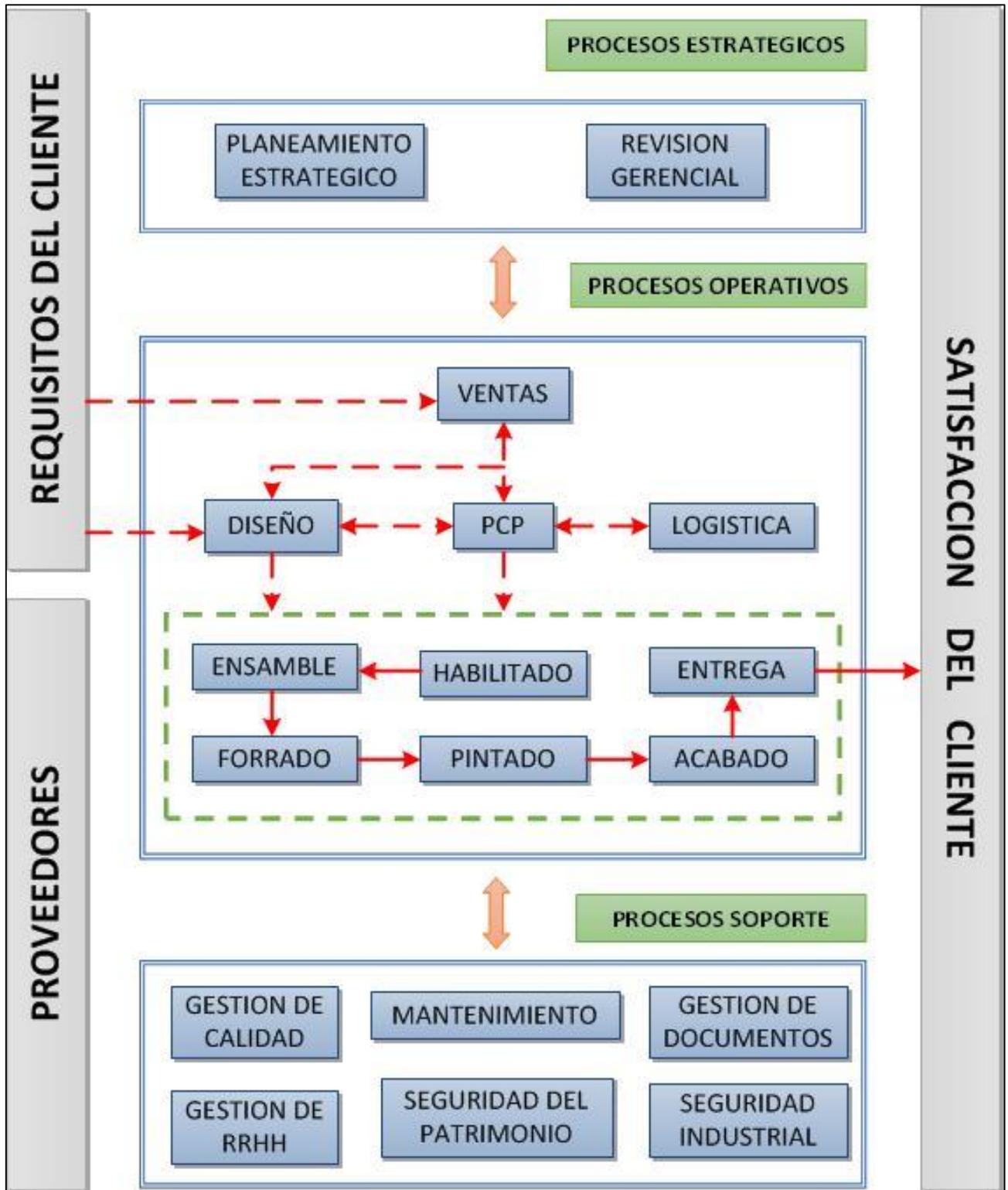


Figura 15: Mapa de procesos de Halcón S.A.

Fuente: Halcón S.A.

3.1.10. Cobertura del mercado

A. Clientes

- Transportes del Mar
- Serminsa Metalmecánica
- Celim
- Jireh Construcciones
- Sinelli Maquinarias

B. Competidores

- MOTORES DIESEL ANDINOS S.A.- MODASA
- RMB SATECI SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - RMB SATECI SAC
- METALBUS S.A.
- FABRICACIONES METALICAS CARRANZA S.A.C.
- ACS INDUSTRIA METAL MECANICA EIRL
- CARROCERIAS SERMET S R LTDA
- CARROCERIAS MORILLAS S.A EN LIQUIDACION
- CARROCERIAS CONTINENTAL SAC
- VEGUZI S.A.
- FACTORIA BRUCE S.A.
- CARROCERIAS DAVILA S.R.L.
- LIMA TRAYLERS S.A.C.

3.2 Descripción del área donde se realizó el trabajo

El trabajo se realizó en la empresa Halcón S.A. en los equipos del área de producción. Hay que especificar que no hay un área de mantenimiento para estos equipos, las funciones de mantenimiento son realizadas por el mismo personal de producción.

Actualmente en la empresa no existe un programa de mantenimiento preventivo, ni siquiera se les realiza la limpieza básica que requiere todo equipo. Es por ello que el indicador de % de mantenimiento preventivo es de 0%.

La empresa no cuenta con procedimientos para el desarrollo de mantenimiento de los equipos del área de producción, es por ello que el indicador de % de procedimientos de mantenimientos es 0%.

En planta no se cuenta con documentación referente a tareas de mantenimiento, historial de equipos, duración de tareas de reparación, kárdex de repuestos, etc. Lo que es de vital importancia para establecer un plan de mantenimiento adecuado. Cabe mencionar que debido a esto el indicador de % de equipos documentados es de 0%.

La empresa no realiza un proceso adecuado de evaluación a los proveedores con los que trabaja la empresa Halcón S.A., es por ello que en el año 2017, se realizó 469 pedidos de materiales diversos a los proveedores en Lima y Trujillo de los cuales 44 pedidos no fueron entregados a tiempo, ocasionando demoras en la entrega de 458 Horas.

El personal que opera los equipos no realiza tareas básicas de mantenimiento preventivo y además no está capacitado para operar adecuadamente sus equipos.

Además la empresa Halcón S.A. no tiene destinado un presupuesto para capacitación de su personal, es por ello que el indicador de % de trabajadores capacitados en temas de mantenimiento es 0%.

La ausencia de un área de mantenimiento específica y autónoma, repercute en una mala gestión del mantenimiento, ya que no se tiene organizado por ejemplo: a quién reportar, quién determina la frecuencia de inspecciones, quién autoriza la compra de repuestos, etc. Por ello, de presentarse una falla se tiene que contratar servicio de terceros.

A continuación se muestra el detalle de los equipos con los que cuenta la empresa en el área de producción:

Tabla 5: Lista de equipos de la empresa Halcón S.A.

LISTA DE EQUIPOS
MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P
TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP
MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART-500
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART RC-300
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400
MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A
MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500
MAQUINA CORTE POR PLASMA LG40Y
hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP
COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL
CEPILLADORA MADERA modelo MB105A
CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30
COMPRESOR modelo Z-0.036/8
COMPRESOR modelo V-017/8
DESGROSADORA BULLERI modelo 05
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400
TORNO modelo HQ-400/3

TORNO Industrias Nardini
TORNO modelo ARM-135-EP
TALADRO VERTICAL modelo Z5050
TALADRO VERTICAL modelo Z54120
SIERRA ELECTRICA modelo SABI-14
SIERRA ELECTRICA
DOBLADORA MANUAL
DOBLADORA CON GATA HIDRAULICA
HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20
ROLADORA modelo W11SNC-8x3000
ZNC modelo CG1-30/CG1-100
TRONZADORA
TRONZADORA
CIZALLA MANUAL
PLEGADORA hidráulica modelo WC67Y 160/4000
Maq. Hidra dobladora metal mod. WC67Y 450T/6000
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200
CIZALLADORA hidráulica modelo RA11Y- 13x6000
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400
COMPRESOR DE PISTON modelo RSH100
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 350A
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 270A
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO TC-300AC
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225

Fuente: La empresa

3.10 Identificación del problema e indicadores actuales

A continuación se muestra el diagrama de Ishikawa con las causas raíces de la baja rentabilidad

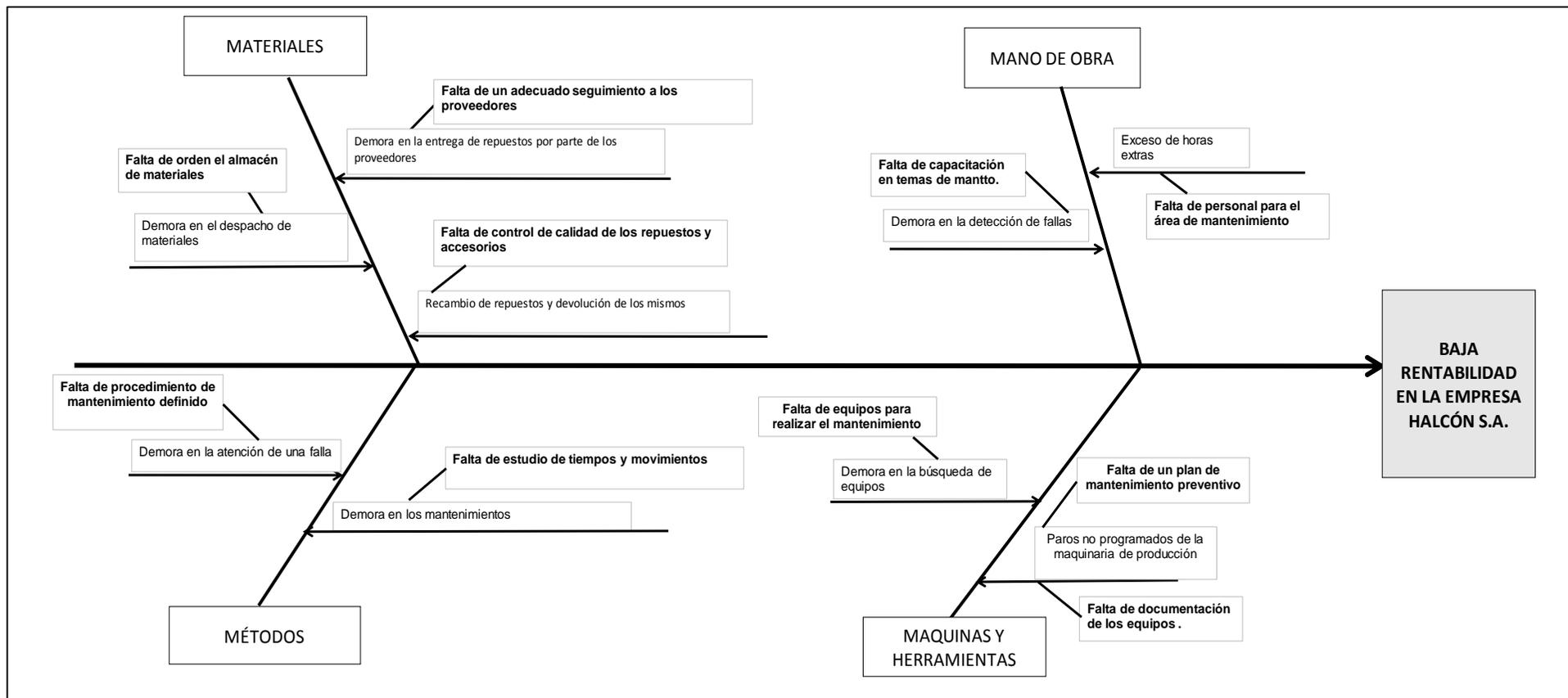


Figura 16: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

3.10.1 Matriz Priorización

Tabla 6: Matriz de priorización de causa raíz

CAUSAS Resultados Encuestas	Cr1	Cr2	Cr3	Cr4	Cr5	Cr6	Cr7	Cr8	Cr9	Cr10
	Falta de orden el almacén de materiales	Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores	Falta de control de calidad de los repuestos y accesorios	Falta de capacitación en temas de mantto.	Falta de personal para el área de mantenimiento	Falta de procedimiento de mantenimiento definido	Falta de estudio de tiempos y movimientos	Falta de equipos para realizar el mantenimiento	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	Falta de documentación de los equipos .
Administrador	1	2	1	2	1	2	1	0	3	2
Jefe de Mantenimiento	1	2	2	2	0	3	1	1	3	3
Ayudante mecánico	1	3	1	3	0	3	0	0	3	3
Almacenero	2	3	1	3	1	3	1	1	3	3
Tornero	1	3	2	2	1	3	0	0	3	3
Cortador	2	3	1	3	1	3	1	1	3	3
Soldador	1	3	1	3	1	3	0	0	3	3
Soldador	1	3	1	3	1	3	1	1	3	3
Pintor	2	3	1	3	1	3	1	1	3	3
Pintor	1	3	1	3	1	3	1	1	3	3
Calificación Total	13	28	12	27	8	29	7	6	30	29

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Pareto

Se determinó cuáles eran las causas raíces importantes, a continuación se muestra la clasificación según el diagrama Pareto donde el 80% se considerará relevante.

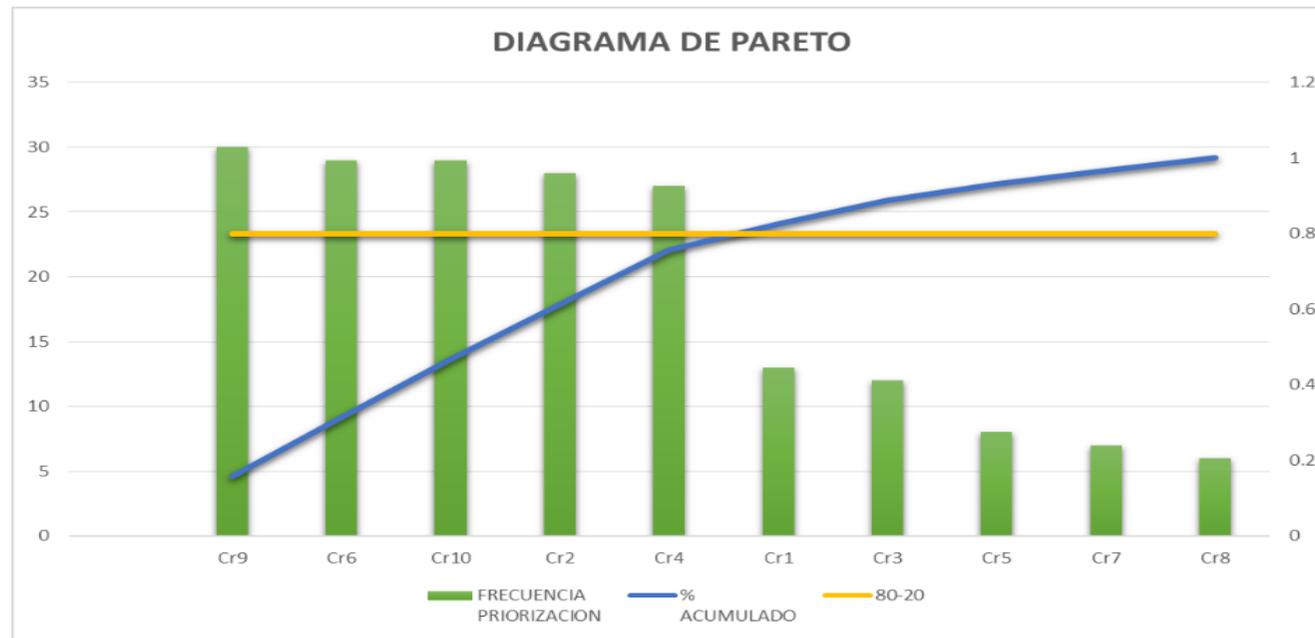


Figura 17: Diagrama de Pareto de las causas raíces

Fuente: Elaboración propia

3.11.2 Indicadores actuales y metas

Tabla 7: Indicadores actuales y metas

CR	Descripción	Indicador	Fórmula	Und	Valos actual	VA(soles)	Valor Meta	VM(soles)	Beneficio	Herramienta
CR9	No existe un programa de mantenimiento preventivo	% de horas de mantenimiento preventivo	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de Mantenimiento preventivo}}{\text{Total de horas de mantenimiento.}} * 100\%$	%	0%	S/. 474,512.50	22%	S/. 323,227.79	S/. 151,284.71	Programa de Mantenimiento Preventivo
CR6	Falta de procedimiento de mantenimiento definido	% de procedimientos de mantenimiento	$\frac{\# \text{ de procesos de mantenimiento}}{\# \text{ total de procedimientos}} * 100\%$	%	0%	S/. 14,103.92	43%	S/. 6,052.90	S/. 8,051.01	Procedimiento para el mantenimiento preventivo
CR10	Falta de documentación de los equipos	% de equipos documentados	$\frac{\text{Equipos documentados}}{\text{Total de equipos}} * 100\%$	%	0%		43%			Gestión de la documentación
CR2	Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores	% retrasos en la entrega de repuestos	$(\text{N}^\circ \text{ de entregas con retraso} / \text{Total de pedidos}) * 100\%$	%	9.41%	S/. 24,019.31	5.63%	S/. 14,411.59	S/. 9,607.72	Evaluación y seguimiento de proveedores
CR4	Falta de capacitación en temas de mantto.	% de trabajadores capacitados	$\frac{\text{Trabajadores capacitados}}{\text{Total de trabajadores}} * 100\%$	%	0%	S/. 554,675.00	80%	S/. 443,740.00	S/. 110,935.00	Plan de capacitación
						S/. 1,067,310.73		S/. 787,432.28	S/. 279,878.45	

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Diagnostico de las causas raíces

A continuación se detallará como se obtuvo cada valor actual de las causas raíces.

a) **Cr9 - No existe un programa de mantenimiento preventivo**

Actualmente la empresa no existe un programa de mantenimiento preventivo, ni siquiera se les realiza la limpieza básica que requiere todo equipo. Es por ello que el indicador de % de mantenimiento preventivo es de 0%. Así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8: Indicadores de mantenimiento actuales

EQUIPO	N PARADAS	TTR	TTF	TIEMPO DISP.	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD	CLC MANTENIMIENTO CORRECTIVO
MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	25	232	2264	2496	9	91	90.7%	S/. 12,166.99
TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	18	178	2318	2496	10	129	92.9%	S/. 9,335.02
MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	29	197	2299	2496	7	79	92.1%	S/. 10,331.45
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	49	207	2289	2496	4	47	91.7%	S/. 10,855.89
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO HOBART-500	14	235	2261	2496	17	162	90.6%	S/. 12,324.32
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO HOBART RC-300	27	257	2239	2496	10	83	89.7%	S/. 13,478.08
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO AC-225	27	212	2284	2496	8	85	91.5%	S/. 11,118.11
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	70	188	2308	2496	3	33	92.5%	S/. 9,859.46
MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	35	182	2314	2496	5	66	92.7%	S/. 9,544.79
MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500	24	157	2339	2496	7	97	93.7%	S/. 8,233.69
MAQUINA CORTE POR PLASMA LG40Y	12	241	2255	2496	20	188	90.3%	S/. 12,638.98
hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP	11	208	2288	2496	19	208	91.7%	S/. 10,908.33
COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL	24	106	2390	2496	4	100	95.8%	S/. 5,559.05
CEPILLADORA MADERA modelo MB105A	19	254	2242	2496	13	118	89.8%	S/. 13,320.75
CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30	41	128	2368	2496	3	58	94.9%	S/. 6,712.82
COMPRESOR modelo Z-0.036/8	45	117	2379	2496	3	53	95.3%	S/. 6,135.94
COMPRESOR modelo V-017/8	35	124	2372	2496	4	68	95.0%	S/. 6,503.04
DESGROSADORA BULLERI modelo 05	14	120	2376	2496	9	170	95.2%	S/. 6,293.27
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	66	260	2236	2496	4	34	89.6%	S/. 13,635.42
TORNO modelo HQ-400/3	18	115	2381	2496	6	132	95.4%	S/. 6,031.05
TORNO Industrias Nardini	77	101	2395	2496	1	31	96.0%	S/. 5,296.83
TORNO modelo ARM-135-EP	28	263	2233	2496	9	80	89.5%	S/. 13,792.75
TALADRO VERTICAL modelo Z5050	47	124	2372	2496	3	50	95.0%	S/. 6,503.04
TALADRO VERTICAL modelo Z54120	14	139	2357	2496	10	168	94.4%	S/. 7,289.70
SIERRA ELECTRICA modelo SABI-14	41	162	2334	2496	4	57	93.5%	S/. 8,495.91
SIERRA ELECTRICA	12	119	2377	2496	10	198	95.2%	S/. 6,240.83
DOBLADORA MANUAL	22	121	2375	2496	6	108	95.2%	S/. 6,345.71
DOBLADORA CON GATA HIDRAULICA	40	245	2251	2496	6	56	90.2%	S/. 12,848.76
HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20	72	188	2308	2496	3	32	92.5%	S/. 9,859.46
ROLADORA modelo W11SNC-8x3000	38	248	2248	2496	7	59	90.1%	S/. 13,006.09
ZNC modelo CG1-30/CG1-100	69	127	2369	2496	2	34	94.9%	S/. 6,660.38
TRONZADORA	56	178	2318	2496	3	41	92.9%	S/. 9,335.02
TRONZADORA	55	257	2239	2496	5	41	89.7%	S/. 13,478.08
CIZALLA MANUAL	77	170	2326	2496	2	30	93.2%	S/. 8,915.46
PLEGADORA hidráulica modelo WC67Y 160/4000	68	124	2372	2496	2	35	95.0%	S/. 6,503.04
Maq. Hidra dobladora metal mod. WC67Y 450T/6000	31	128	2368	2496	4	76	94.9%	S/. 6,712.82
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	50	109	2387	2496	2	48	95.6%	S/. 5,716.39
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	16	246	2250	2496	15	141	90.1%	S/. 12,901.20
CIZALLADORA hidráulica modelo RA11Y- 13x6000	58	181	2315	2496	3	40	92.7%	S/. 9,492.35
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	68	182	2314	2496	3	34	92.7%	S/. 9,544.79
COMPRESOR DE PISTON modelo RSH100	35	227	2269	2496	6	65	90.9%	S/. 11,904.77
MAQUINA DE SOLDAR MG serie 350A	47	209	2287	2496	4	49	91.6%	S/. 10,960.78
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 270A	67	240	2256	2496	4	34	90.4%	S/. 12,586.54
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO TC-300AC	66	235	2261	2496	4	34	90.6%	S/. 12,324.32
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	72	106	2390	2496	1	33	95.8%	S/. 5,559.05
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO AC-225	71	232	2264	2496	3	32	90.7%	S/. 12,166.99
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO TC-300AC	17	132	2364	2496	8	139	94.7%	S/. 6,922.60
OXICORTE	16	169	2327	2496	11	145	93.2%	S/. 8,863.02
OXICORTE	16	134	2362	2496	8	148	94.6%	S/. 7,027.48
OXICORTE	68	234	2262	2496	3	33	90.6%	S/. 12,271.88
TOTAL	2017	9048	115752	2496	6.32	81.42	92.8%	S/. 474,513

Fuente Elaboración propia

Es por ello en el año 2017 en los 50 equipos que tiene se tuvo un total de 9048 horas de mantenimiento correctivo y se obtuvo un MTTR de 6,32 horas y un MTBF de 81.42 horas.

Además se calculó el costo por hora/máquina de la empresa el cual dio como resultado S/.52.44, con este dato se pudo determinar el costo lucro cesante anual de las horas de mantenimiento correctivo; para ello se procedió a multiplicar el número de horas de mantenimiento correctivo por el coto por hora maquina dando como resultado S/.474.513.

b) Cr6 – Falta de procedimiento de mantenimiento definido

La empresa no cuenta con procedimientos para el desarrollo de mantenimiento de los equipos del área de producción, es por ello que el indicador de % de procedimientos de mantenimientos es 0%.

El costo de no tener un procedimiento adecuado está incluido en los costos de la causa raíz 10 que se detalla a continuación.

c) Cr10- Falta de documentación de los equipos

En planta no se cuenta con documentación referente a tareas de mantenimiento, historial de equipos, duración de tareas de reparación, kárdex de repuestos, etc. Lo que es de vital importancia para establecer un plan de mantenimiento adecuado. Cabe mencionar que debido a esto el indicador de % de equipos documentados es de 0%.

Esto implica tiempo de los técnicos de mantenimiento para el diagnóstico de las fallas y por ello costo hora-hombre, que en promedio es de 8 min por servicio. Se llegó a determinar que en total se tuvo un costo de S/.14, 103 soles.

Tabla 9: Costo de falta de documentación de los equipos

COSTO POR FALTA DE DOCUMENTACIÓN		
Tiempo por Inspección:	8	min
Tiempo por Inspección:	0.13	horas
n° inspecciones	2017.00	veces
Tiempo total de inspecciones	268.93	horas
Costo por inspecciones para detectar falla	S/. 14,103.92	soles

Fuente: Elaboración propia

d) Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores

Actualmente no se realiza un proceso adecuado de evaluación a los proveedores con los que trabaja la empresa Halcón S.A., es por ello que en el año 2017, se realizó 469 pedidos de materiales diversos a los proveedores en Lima y Trujillo de los cuales 44 pedidos no fueron entregados a tiempo, ocasionando demoras en la entrega de 458 Horas. Cabe mencionar que este sobretiempo generó retrasos en la entrega de pedidos

generando un Costo lucro cesante (CLC) por la demora en la entrega de materiales por parte de los proveedores de S/. 24,019. Así como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 10: % de demoras en las entregas realizadas por los proveedores

DEMORAS EN LAS ENTREGAS REALIZADAS POR LOS PROVEEDORES - 2017					
MESES	Número de entregas totales	Número de retrasos de entrega	% de retrasos de entregas	Horas de demora	CLC por tiempo perdido
Enero	45	5	11%	29	S/. 1,520.87
Febrero	40	6	15%	42	S/. 2,202.64
Marzo	49	4	8%	29	S/. 1,520.87
Abril	34	3	9%	40	S/. 2,097.76
Mayo	34	5	15%	49	S/. 2,569.75
Junio	36	2	6%	47	S/. 2,464.86
Julio	50	4	8%	54	S/. 2,831.97
Agosto	41	2	5%	30	S/. 1,573.32
Septiembre	39	3	8%	41	S/. 2,150.20
Octubre	37	3	8%	25	S/. 1,311.10
Noviembre	38	5	13%	30	S/. 1,573.32
Diciembre	26	2	8%	42	S/. 2,202.64
Total	469	44	9%	458	S/. 24,019.31

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el cuadro anterior, el % promedio de retrasos en las entregas de materiales por parte de los proveedores fue de 9%, y esto se da a que no se hace un adecuado seguimiento, control y evaluación de los proveedores.

e) Cr4 -Falta de capacitación en temas de mantenimiento

El personal que opera los equipos no realiza tareas básicas de mantenimiento preventivo y además no está capacitado para operar adecuadamente sus equipos.

Además la empresa Halcón S.A. no tiene destinado un presupuesto para capacitación de su personal, es por ello que el indicador de % de trabajadores capacitados en temas de mantenimiento es 0%.

La ausencia de un área de mantenimiento específica y autónoma, repercute en una mala gestión del mantenimiento, ya que no se tiene organizado por ejemplo: a quién reportar, quién determina la frecuencia de inspecciones, quién autoriza la compra de repuestos, etc.

Por ello, de presentarse una falla se tiene que contratar servicio de terceros. Cabe mencionar que en el año 2017 de las 2017 fallas presentadas en los equipos el

61.08%(1232 fallas) fueron atendidas externamente. Esto generó un monto de facturación de servicios de mantenimiento externo de S/554,675. Así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11: Costo de mantenimiento externo

EQUIPO	N PARADAS	MANTENIMIENTO		COSTO MANTO EXTERNO		
		EXTERNO	INTERNO	MO	REPUESTOS	TOTAL
MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	25	15	10	S/. 5,000.00	S/. 1,875.00	S/. 6,875.00
TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	18	11	7	S/. 3,600.00	S/. 1,350.00	S/. 4,950.00
MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	29	18	11	S/. 5,800.00	S/. 2,175.00	S/. 7,975.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	49	30	19	S/. 9,800.00	S/. 3,675.00	S/. 13,475.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART-500	14	9	5	S/. 2,800.00	S/. 1,050.00	S/. 3,850.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART RC-300	27	17	10	S/. 5,400.00	S/. 2,025.00	S/. 7,425.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	27	17	10	S/. 5,400.00	S/. 2,025.00	S/. 7,425.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	70	42	28	S/. 14,000.00	S/. 5,250.00	S/. 19,250.00
MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	35	21	14	S/. 7,000.00	S/. 2,625.00	S/. 9,625.00
MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500	24	15	9	S/. 4,800.00	S/. 1,800.00	S/. 6,600.00
MAQUINA CORTE POR PLASMA LG40Y	12	8	4	S/. 2,400.00	S/. 900.00	S/. 3,300.00
hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP	11	7	4	S/. 2,200.00	S/. 825.00	S/. 3,025.00
COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL	24	15	9	S/. 4,800.00	S/. 1,800.00	S/. 6,600.00
CEPILLADORA MADERA modelo MB105A	19	12	7	S/. 3,800.00	S/. 1,425.00	S/. 5,225.00
CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30	41	25	16	S/. 8,200.00	S/. 3,075.00	S/. 11,275.00
COMPRESOR modelo Z-0.036/8	45	27	18	S/. 9,000.00	S/. 3,375.00	S/. 12,375.00
COMPRESOR modelo V-017/8	35	21	14	S/. 7,000.00	S/. 2,625.00	S/. 9,625.00
DESGROSADORA BULLERI modelo 05	14	9	5	S/. 2,800.00	S/. 1,050.00	S/. 3,850.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	66	40	26	S/. 13,200.00	S/. 4,950.00	S/. 18,150.00
TORNO modelo HQ-400/3	18	11	7	S/. 3,600.00	S/. 1,350.00	S/. 4,950.00
TORNO Industrias Nardini	77	47	30	S/. 15,400.00	S/. 5,775.00	S/. 21,175.00
TORNO modelo ARM-135-EP	28	17	11	S/. 5,600.00	S/. 2,100.00	S/. 7,700.00
TALADRO VERTICAL modelo Z5050	47	29	18	S/. 9,400.00	S/. 3,525.00	S/. 12,925.00
TALADRO VERTICAL modelo Z54120	14	9	5	S/. 2,800.00	S/. 1,050.00	S/. 3,850.00
SIERRA ELECTRICA modelo SABI-14	41	25	16	S/. 8,200.00	S/. 3,075.00	S/. 11,275.00
SIERRA ELECTRICA	12	8	4	S/. 2,400.00	S/. 900.00	S/. 3,300.00
DOBLADORA MANUAL	22	14	8	S/. 4,400.00	S/. 1,650.00	S/. 6,050.00
DOBLADORA CON GATA HIDRAULICA	40	24	16	S/. 8,000.00	S/. 3,000.00	S/. 11,000.00
HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20	72	44	28	S/. 14,400.00	S/. 5,400.00	S/. 19,800.00
ROLADORA modelo W11SNC-8x3000	38	23	15	S/. 7,600.00	S/. 2,850.00	S/. 10,450.00
ZNC modelo CG1-30/CG1-100	69	42	27	S/. 13,800.00	S/. 5,175.00	S/. 18,975.00
TRONZADORA	56	34	22	S/. 11,200.00	S/. 4,200.00	S/. 15,400.00
TRONZADORA	55	33	22	S/. 11,000.00	S/. 4,125.00	S/. 15,125.00
CIZALLA MANUAL	77	47	30	S/. 15,400.00	S/. 5,775.00	S/. 21,175.00
PLEGADORA hidráulica modelo WC67Y 160/4000	68	41	27	S/. 13,600.00	S/. 5,100.00	S/. 18,700.00
Maq. Hidra dobladora metal mod. WC67Y 450T/6000	31	19	12	S/. 6,200.00	S/. 2,325.00	S/. 8,525.00
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	50	30	20	S/. 10,000.00	S/. 3,750.00	S/. 13,750.00
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	16	10	6	S/. 3,200.00	S/. 1,200.00	S/. 4,400.00
CIZALLADORA hidráulica modelo RA11Y- 13x6000	58	35	23	S/. 11,600.00	S/. 4,350.00	S/. 15,950.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	68	41	27	S/. 13,600.00	S/. 5,100.00	S/. 18,700.00
COMPRESOR DE PISTON modelo RSH100	35	21	14	S/. 7,000.00	S/. 2,625.00	S/. 9,625.00
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 350A	47	29	18	S/. 9,400.00	S/. 3,525.00	S/. 12,925.00
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 270A	67	41	26	S/. 13,400.00	S/. 5,025.00	S/. 18,425.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO TC-300AC	66	40	26	S/. 13,200.00	S/. 4,950.00	S/. 18,150.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	72	44	28	S/. 14,400.00	S/. 5,400.00	S/. 19,800.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	71	43	28	S/. 14,200.00	S/. 5,325.00	S/. 19,525.00
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO TC-300AC	17	11	6	S/. 3,400.00	S/. 1,275.00	S/. 4,675.00
OXICORTE	16	10	6	S/. 3,200.00	S/. 1,200.00	S/. 4,400.00
OXICORTE	16	10	6	S/. 3,200.00	S/. 1,200.00	S/. 4,400.00
OXICORTE	68	41	27	S/. 13,600.00	S/. 5,100.00	S/. 18,700.00
TOTAL	2017	1232	785	S/. 403,400.00	S/. 151,275.00	S/. 554,675.00
		61.08%	38.92%			

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE MEJORA

Luego de que en el capítulo anterior se halló las causas raíces, a continuación se planteó las alternativas de solución para cada causa. Es así pues que continuación se muestra las propuestas de mejora a desarrollar para cada causa raíz.

Tabla 12: Propuestas de mejora

CR	Descripción	Herramienta
CR9	No existe un programa de mantenimiento preventivo	Programa de Mantenimiento Preventivo
CR6	Falta de procedimiento de mantenimiento definido	Procedimiento para el mantenimiento preventivo
CR10	Falta de documentación de los equipos	Gestión de la documentación
CR2	Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores	Evaluación y seguimiento de proveedores
CR4	Falta de capacitación en temas de mantto.	Plan de capacitación

Fuente: Elaboración propia

4.1 Desarrollo de las propuestas de mejora.

a) Falta de un plan de mantenimiento preventivo (Cr9)

Para dar solución a esta causa raíz se desarrollara un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del área de producción de la empresa Halcon S.A.

Para llevar a cabo el desarrollo de la propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo se tendrá que seguir los siguientes pasos:

- 1) Inventario de los equipos
- 2) Codificación de todos los equipos
- 3) Análisis de criticidad de los equipos
- 4) Elaboración de un programa de Mantenimiento Preventivo

A continuación se desarrollará los pasos antes mencionados:

1. Inventario de los equipos

Actualmente la empresa Halcón S.A. no tiene un inventario de todos sus equipos.

Es por ello que se considera necesario para realizar un adecuado plan de mantenimiento preventivo para los equipos de producción se debe tener inventariado los equipos.

Se procedió a realizar el inventario de los equipos con los que actualmente cuentan en el área de producción.

Tabla 13: Inventario de equipos del área de producción

N°	NOMBRE DE MAQUINARIA	MARCA
1	MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	Vilter
2	TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	Vilter
3	MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	Hechizo
4	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	Siemens
5	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART-500	Siemens
6	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART RC-300	Tecnoquim
7	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	Glong alco
8	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	Thermaltake
9	MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	Kamiuchi
10	MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500	Muller
11	MAQUINA CORTE POR PLASMA LG40Y	Muller
12	hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP	Hechizo
13	COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL	Siliphos
14	CEPILLADORA MADERA modelo MB105A	Acoplado
15	CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30	Vilter
16	COMPRESOR modelo Z-0.036/8	Vilter
17	COMPRESOR modelo V-017/8	Vilter
18	DESGROSADORA BULLERI modelo 05	Vilter
19	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	Vilter
20	TORNO modelo HQ-400/3	Muller
21	TORNO Industrias Nardini	Muller
22	TORNO modelo ARM-135-EP	Muller
23	TALADRO VERTICAL modelo Z5050	Muller
24	TALADRO VERTICAL modelo Z54120	Siliphos
25	SIERRA ELECTRICA modelo SABI-14	Siliphos
26	SIERRA ELECTRICA	Siliphos
27	DOBLADORA MANUAL	Siliphos
28	DOBLADORA CON GATA HIDRAULICA	Siliphos
29	HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20	Siliphos
30	ROLADORA modelo W11SNC-8x3000	Siliphos
31	ZNC modelo CG1-30/CG1-100	Siliphos
32	TRONZADORA	Muller
33	TRONZADORA	Siliphos
34	CIZALLA MANUAL	Siliphos
35	PLEGADORA hidráulica modelo WC67Y 160/4000	Siliphos
36	Maq. Hidra dobladora metal mod. WC67Y 450T/6000	Glong alco
37	CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	Thermaltake
38	CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	Kamiuchi
39	CIZALLADORA hidráulica modelo RA11Y- 13x6000	Muller
40	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	Muller
41	COMPRESOR DE PISTON modelo RSH100	Kamiuchi
42	MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 350A	Kamiuchi
43	MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 270A	Kamiuchi
44	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO TC-300AC	Kamiuchi
45	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	Kamiuchi
46	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	Kamiuchi
47	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO TC-300AC	Kamiuchi
48	OXICORTE	Kamiuchi
49	OXICORTE	Kamiuchi
50	OXICORTE	Kamiuchi

Fuente: Elaboración Propia

2. Codificación de los equipos

Luego de realizado el inventario de los equipos con los que cuenta la empresa Halcón S.A en s área de producción, se procedió a codificarlos.

Para iniciar con el programa de mantenimiento es muy importante contar con un código para cada máquina y/o herramienta, esto permitirá llevar un mejor control de toda la maquinaria de la empresa, la codificación de la maquinaria facilitará el trabajo administrativo y lo hará más eficiente.

La estructura de los códigos que se sugiere y la interpretación de los mismos para la empresa se presentan a continuación:

- El primer carácter indica el área a al cual pertenecen los equipos, en el ejemplo se ve una PR porque pertenecen a producción.
- En los caracteres 2,3 y 4 se coloca el correlativo del equipo.

Tabla 14: Codificación de los equipos de producción

N°	NOMBRE DE MAQUINARIA	CÓDIGO
1	MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	PR - 001
2	TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	PR - 002
3	MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	PR - 003
4	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	PR - 004
5	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART-500	PR - 005
6	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART RC-300	PR - 006
7	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	PR - 007
8	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	PR - 008
9	MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	PR - 009
10	MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500	PR - 010
11	MAQUINA CORTE POR PLASMA LG40Y	PR - 011
12	hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP	PR - 012
13	COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL	PR - 013
14	CEPILLADORA MADERA modelo MB105A	PR - 014
15	CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30	PR - 015
16	COMPRESOR modelo Z-0.036/8	PR - 016
17	COMPRESOR modelo V-017/8	PR - 017
18	DESGROSADORA BULLERI modelo 05	PR - 018
19	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	PR - 019
20	TORNO modelo HQ-400/3	PR - 020
21	TORNO Industrias Nardini	PR - 021
22	TORNO modelo ARM-135-EP	PR - 022
23	TALADRO VERTICAL modelo Z5050	PR - 023
24	TALADRO VERTICAL modelo Z54120	PR - 024
25	SIERRA ELECTRICA modelo SABI-14	PR - 025
26	SIERRA ELECTRICA	PR - 026

Fuente: Elaboración Propia

3. Análisis de criticidad de los equipos

Para determinar a cuales equipos es necesario realizar el mantenimiento preventivo, es necesario evaluar la criticidad de cada uno de los equipos del área de producción y para ello se analizara la criticidad con respecto de 4 factores:

A. Factor de velocidad de manifestación de la falla

Período P-F (Potencial failure – Functional failure): es el tiempo que puede transcurrir entre el momento en que se detecta una falla potencial y el momento en que esta se transforma en falla funcional. La escala de valoración es: muy corto, no da tiempo para parar el equipamiento; corto, es posible parar el equipamiento; suficiente, es posible programar la intervención.

B. Factor de seguridad del personal y del ambiente

El foco es evaluar las consecuencias que la falla podría ocasionar sobre las personas y su impacto sobre el ambiente.

C. Factor de costos de parada de producción

Permite establecer criterios para la categorización de los equipamientos conforme a las consecuencias sobre el proceso de producción y satisfacción de la demanda.

D. Factor de costos de reparación

Permite determinar criterios de clasificación de las fallas de acuerdo con los costos directos de reparación.

La escala usada es: clasificación A: equipamiento que pertenece al grupo responsable por el 80% del total de los costos directos de reparación; clasificación B: equipamiento que pertenece al grupo responsable por el 15% del total de los costos directos de reparación; clasificación C: equipamiento que pertenece al grupo correspondiente al 5% del total de los costos directos de reparación.

Cabe mencionar que estos factores tienen un determinado peso, el cual se muestra a continuación:

- De Velocidad de manifestación de falla: 30%
- De Seguridad del Personal y Ambiente: 10%
- De Costos de la parada de producción: 30%
- De Costos de Reparación: 30%

Luego de sumar todos los factores, se determinan 3 niveles de criticidad:

- Crítico: Si obtiene un puntaje mayor a 80.
- Semi crítico: Si obtiene un puntaje entre 50 y 80.
- No crítico: Si obtiene un puntaje menor a 50.

Tabla 15: Análisis de criticidad de equipos del área de producción

Análisis de Criticidad															
Código	Equipos	Factor de velocidad de manifestación de la falla			Factor de seguridad del personal y ambiente				Factor de Costos de la parada de producción			Factor de Costos de Reparación			
		Periodo P-F			Descripción				Criterio			Clasificación			
		Muy corto, no da tiempo para detener la máquina.	Corto, es posible detener la máquina.	Suficiente, es posible programar la intervención.	Sin consecuencias	Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente	Efecto temporal sobre las personas y ambiente.	Efecto irreversible sobre las personas	Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	No implica demora en la entrega	Implica demora de corto tiempo en la entrega	Implica demora y pérdida de clientes	Clasificación A: RELATIVAMENTE BAJO	Clasificación B: MEDIANO	Clasificación C: ELEVADO
PR - 001	MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	1					1				1		1		
PR - 002	TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	1					1				1		1		
PR - 003	MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	1					1				1		1		
PR - 004	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	1					1				1		1		
PR - 005	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART-500	1					1				1		1		
PR - 006	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART RC-300		1				1				1	1			
PR - 007	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	1					1				1		1		
PR - 008	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400		1				1				1	1			
PR - 009	MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	1					1				1		1		
PR - 010	MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500		1				1				1	1			
PR - 017	COMPRESOR modelo V-017/8	1					1				1		1		
PR - 018	DESGROSADORA BULLERI modelo 05	1					1				1		1		
PR - 019	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	1					1				1		1		
PR - 028	DOBLADORA CON GATA HIDRAULICA		1				1				1	1			
PR - 029	HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20	1					1				1		1		
PR - 030	ROLADORA modelo W11SNC-8x3000	1					1				1		1		
PR - 031	ZNC modelo CG1-30/CG1-100	1					1				1		1		
PR - 032	TRONZADORA	1					1				1		1		
PR - 033	TRONZADORA	1					1				1		1		
PR - 048	OXICORTE	1					1				1	1			
PR - 049	OXICORTE	1					1				1		1		
PR - 050	OXICORTE		1				1				1	1			
Factores		1	0.5	0.2	0.2	0.4	0.6	0.9	1	0.1	0.3	1	0.3	0.5	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Resultado del análisis de criticidad

Codig	Resultado de Criticidad	Punta	Nivel
PR - 001	MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	81	CRITICO
PR - 002	TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	81	CRITICO
PR - 003	MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	81	CRITICO
PR - 004	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	81	CRITICO
PR - 005	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART-500	81	CRITICO
PR - 007	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	81	CRITICO
PR - 009	MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	81	CRITICO
PR - 012	hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP	73.5	Semi-crítico
PR - 013	COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL	81	CRITICO
PR - 014	CEPILLADORA MADERA modelo MB105A	81	CRITICO
PR - 015	CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30	81	CRITICO
PR - 016	COMPRESOR modelo Z-0.036/8	81	CRITICO
PR - 017	COMPRESOR modelo V-017/8	81	CRITICO
PR - 018	DESGROSADORA BULLERI modelo 05	81	CRITICO
PR - 019	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	81	CRITICO
PR - 020	TORNO modelo HQ-400/3	81	CRITICO
PR - 021	TORNO Industrias Nardini	81	CRITICO
PR - 023	TALADRO VERTICAL modelo Z5050	81	CRITICO
PR - 026	SIERRA ELECTRICA	73.5	Semi-crítico
PR - 027	DOBLADORA MANUAL	81	CRITICO
PR - 029	HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20	81	CRITICO
PR - 030	ROLADORA modelo W11SNC-8x3000	81	CRITICO
PR - 031	ZNC modelo CG1-30/CG1-100	81	CRITICO
PR - 032	TRONZADORA	81	CRITICO
PR - 033	TRONZADORA	81	CRITICO
PR - 038	CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	81	CRITICO
PR - 039	CIZALLADORA hidráulica modelo RA11Y- 13x6000	81	CRITICO
PR - 040	MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	81	CRITICO
PR - 041	COMPRESOR DE PISTON modelo RSH100	81	CRITICO
PR - 048	OXICORTE	73.5	Semi-crítico
PR - 049	OXICORTE	81	CRITICO

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, se muestra que de los 50 equipos con los que cuentan en el área de producción 28 son críticos y 3 son semi críticos.

El plan de mantenimiento preventivo estará enfocado con mayor prioridad a los equipos críticos y semi críticos

A continuación se desarrollará el plan de mantenimiento preventivo para los equipos del área de producción con la finalidad de incrementar la disponibilidad ya que se reducirá las fallas correctivas.

4. Elaboración del programa de mantenimiento preventivo

Para realizar el programa de mantenimiento preventivo para las máquinas del área de producción se tuvo que revisar el manual del fabricante para determinar las frecuencias de inspección y realización del mantenimiento. A continuación se muestra el cuadro con el programa de mantenimiento preventivo.

Tabla 19: Inversión en herramientas

Herramientas	UNIDADES	COSTO	TOTAL
Caja de herramientas	2	S/. 250.00	S/. 500.00
Mesa de trabajo 9000	2	S/. 950.00	S/. 1,900.00
Set de herramientas mecánicas de 92 piezas	2	S/. 350.00	S/. 700.00
Tornillo de banco 6"	1	S/. 379.00	S/. 379.00
Juego de llaves de 20 pzas	1	S/. 230.00	S/. 230.00
Set de Herramientas Manuales + 45 Piezas	1	S/. 91.00	S/. 91.00
TOTAL			S/. 3,800.00

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en cuadro anterior el costo total de las herramientas es de S/.3,800.

Adicional a ello se sugiere a la empresa adquirir equipos especiales que le permita analizar parámetros específicos que le permiten detectar una falla como (vibraciones, aceite en mal estado, etc.).

Los equipos que consideramos como básicos para complementar el mantenimiento preventivo con técnicas predictivas y que deben adquirir son:

- Termógrafo
- Voltímetro
- Viscosímetro
- Vibrometro

Tabla 20: Costo de la adquisición de equipos de monitoreo

LISTA DE EQUIPOS	PRECIO UNITARIO	VIDA UTIL (AÑOS)	CANTIDAD	TOTAL
Vibrometro	S/. 827.01	5	1	S/. 827.01
Termógrafo	S/. 732.60	5	1	S/. 732.60
Multímetro	S/. 1,110.89	5	1	S/. 1,110.89
Viscosímetro	S/. 1,498.50	5	1	S/. 1,498.50
TOTAL				S/. 4,169.00

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el cuadro anterior, el monto total para la adquisición de los equipos es de S/.8,600.00

Adicional a ello la empresa debe contratar una persona que se dedique al mantenimiento de los equipos, de esta manera se reducirá el tiempo de atención y por ende se dará una solución más rápida de las fallas que se presenten en el transcurso del día.

Los costos de contratación del personal de mantenimiento será de S/.14, 000 por año, debido a que se contratará un mecánico industrial para que se encarguen del mantenimiento eléctrico y mecánico de los equipos.

b) Falta de procedimientos de mantenimiento (Cr6)

Para dar solución a esta causa raíz se desarrollará un procedimiento para el mantenimiento preventivo.

A continuación se presenta el flujograma del proceso del Mantenimiento Preventivo.

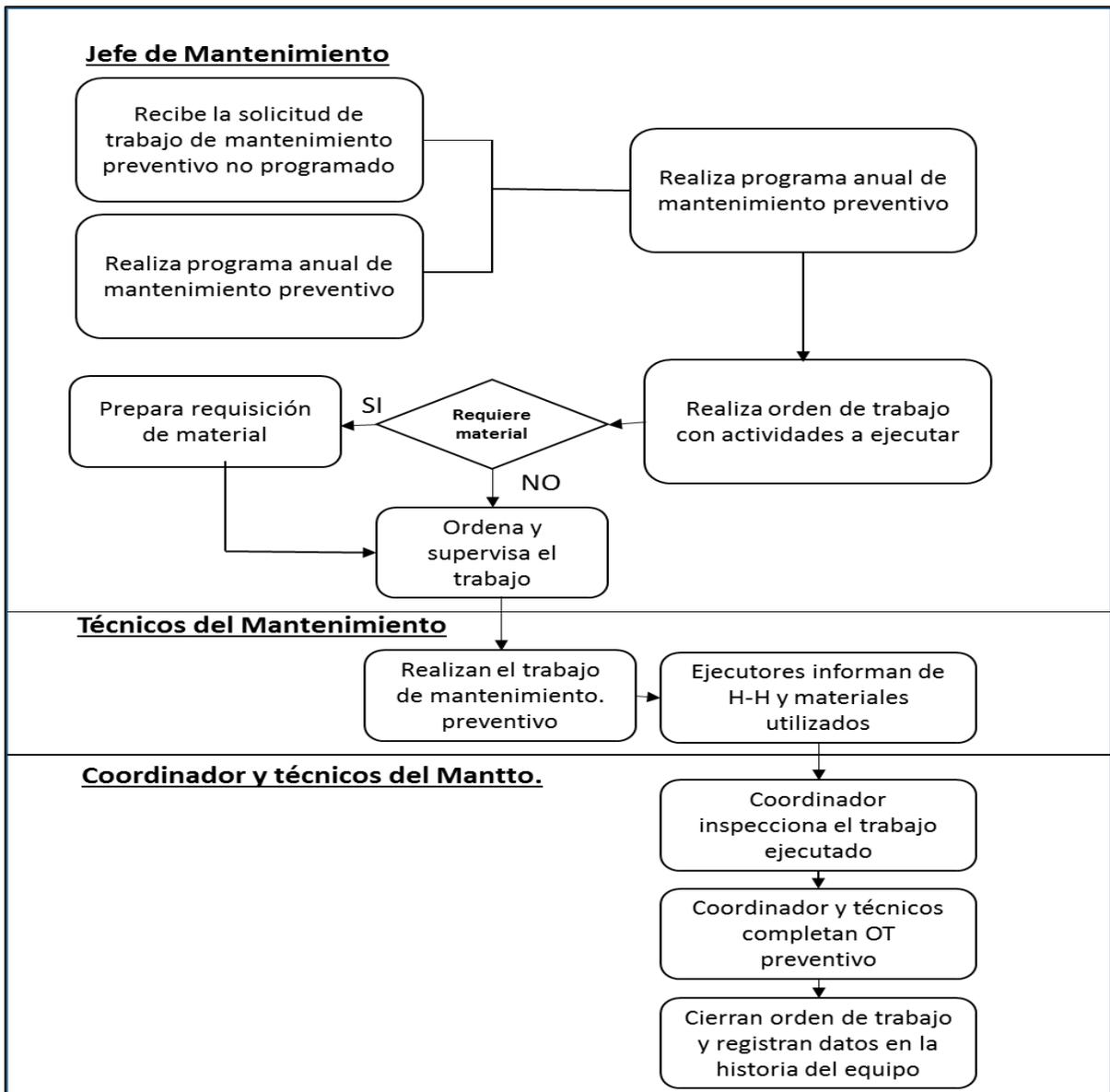


Figura 18: Flujograma del mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

c) Gestión de la documentación (Cr10)

Actualmente, la empresa no tiene documentado ningún equipo, es por ello que se elaboró formatos para que de ahora en adelante pueda tener un registro e historial de fallas propias de cada equipo que le permitan almacenar toda la información de mantenimiento de los equipos de producción, de esta manera cuando se necesite hallar la causa de una falla recurrente podrán dar un diagnóstico más acertado.

Los formatos propuestos son:

1. Ficha técnica
2. Formato de orden de trabajo
3. Historial de revisiones y reparaciones

A continuación adjunto detalle del formato de ficha técnica a utilizar:

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA							
REALIZADO POR:							
	Fecha:						
MÁQUINA-EQUIPO							
FABRICANTE				UBICACIÓN			
MODELO				SECCIÓN			
MARCA				CODIGO INVENTARIO			
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO		ALTURA		ANCHO		LARGO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO							

Figura 19: Ficha técnica de maquinaria

Fuente: Elaboración propia

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO					
Unidad de transporte:					
Nro. Placa:					
Año de Fabricación:					
Marca:					
Modelo:					
Tipo de mantenimiento a realizar:					
Solicitado por:					
Fecha:					
Hora:					
Trabajo a realizar					
Recursos					
Mano de Obra		Repuestos		Equipos necesarios	
Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
HORA DE INICIO:			HORA FIN:		

Figura 20: Formato de Orden de trabajo

Fuente: Elaboración propia

d) Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores (Cr2)

Para mejorar la gestión de proveedores se propone la utilización de los siguientes formatos:

EVALUACIÓN INICIAL DEL PROVEEDOR			FICHA N°:
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:		CONTACTO:	
DIRECCIÓN:		RUC:	
TELÉFONO:		FAX:	E-MAIL:
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:		FECHA DE EVALUACIÓN:	
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FACTOR	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Calidad del producto	5		
Tiempo de Entrega	4		
Precio	4		
Financiamiento	3		
PUNTAJE TOTAL			
DETALLE PARA LA ASIGNACIÓN DE CALIFICACIÓN			
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	15	10	5
Calidad del producto (en caso de requerirse se considera la evaluación de la muestra)	Supera la calidad requerida (especificaciones)	Cumple con la calidad requerida (especificaciones)	No cumple con la calidad requerida (especificaciones)
Tiempo de Entrega	Entrega lo solicitado en la fecha requerida	Entrega parte lo solicitado en la fecha requerida	No entrega lo solicitado en la fecha requerida
Precio	Precio menor al promedio del mercado	Precio al promedio del mercado	Precio por encima del promedio del mercado
Financiamiento	90 días	30 / 60 días	Contado
Los proveedores son aprobados si cuentan 160 puntos o más, de la siguiente manera:			
❖ Calidad del producto ≥ 50			
❖ Tiempo de Entrega ≥ 40			
❖ Precio ≥ 40			
❖ Financiamiento ≥ 30			

Total	160		
ESTADO DEL PROVEEDOR:		ACEPTADO ___	RECHAZADO ___
-----		-----	
RESPONSABLE		FIRMA	

Figura 21: Formato de evaluación inicial de los proveedores

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL PROVEEDOR						
Esta evaluación es realizada cada 6 meses por el responsable de la evaluación inicial, y se sustenta en el comportamiento de las entregas realizadas por el proveedor						
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN					
	FECHA DE EVALUACIÓN					
Calidad del producto						
Tiempo de Entrega						
Precio						
Financiamiento						
PUNTAJE TOTAL						
Vº Bº RESPONSABLE						
CRITERIOS DE EVALUACIÓN						
	Unidades sin Defectos					
	CP = ----- x 100 ----- X 100 =					
	Total Unidades					
	Unidades Entregadas en la Fecha Requerida					
	CP = ----- x 100					
	Total Unidades					
Precio	15	10	5			
	Precio menor al promedio del mercado	Precio al promedio del mercado	Precio por encima del promedio del mercado			
Financiamiento	90 días	30 / 60 días	Contado			
Los proveedores continúan en la lista de proveedores aprobados si cuentan con 250 puntos o más de la siguiente manera:						
❖ Calidad del producto ≥ 90 (este resultado se considera como puntos)						
❖ Tiempo de Entrega ≥ 90 (este resultado se considera como puntos)						
❖ Precio ≥ 40						
❖ Financiamiento ≥ 30						

Total	250					
Esta evaluación debe servir para decidir la próxima compra; en caso de que el proveedor tenga un puntaje muy cercano al mínimo admitido, se enviará una carta de recomendación para la mejora de sus productos y/o servicios.						
<i>EN CASO DE RETIRO DEL PROVEEDOR</i>						
FECHA DE RETIRO:						
MOTIVO DEL RETIRO:						

Figura 22: Formato de evaluación del desempeño del proveedor

Fuente: Elaboración propia

Este formato será usado para realizar la evaluación de los proveedores con una frecuencia de 6 meses.

Se utilizó el formato de evaluación de proveedores, para ver que proveedores estaban aprobados teniendo en cuenta los criterios de Calidad, Tiempo de entrega, precio y financiamiento. Obteniéndose los siguientes resultados.

EMPRESA	Calidad del producto	Tiempo de Entrega	Precio	Financiamiento	Puntaje	RESULTADO
ACEROS BOHLER SA	15	15	15	10	225	APROBADO
ACRILICOS SATELITE	10	15	15	10	200	APROBADO
ACEROS DEL PERU SAC	10	5	10	10	140	NO APROBADO
SEKUR PERU SA	5	5	10	15	130	NO APROBADO
REGIANZ SCRL	10	15	15	5	185	APROBADO
EQUIPOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD SAC	15	5	10	15	180	APROBADO
ROSSI SEGURIDAD INDUSTRIAL	15	5	10	5	150	NO APROBADO
VERALUM	10	15	10	15	195	APROBADO
GRUPO AVG SA	10	10	15	10	180	APROBADO
REPRESENTACIONES CENTER SA	10	5	15	10	160	APROBADO
FURUKAWA	5	10	10	5	120	NO APROBADO
MIYASATO	5	10	10	10	135	NO APROBADO
MIPERSA	10	15	10	15	195	APROBADO
ALIANZA METALURGICA	10	15	10	15	195	APROBADO
DISTRIBUIDORA INCORESA	10	15	10	15	195	APROBADO
CUPRO ALEACIONES SA	10	10	10	10	160	APROBADO
CROMO DURO INDUSTRIAL SA	5	10	5	10	115	NO APROBADO
ALIANZA METALURGICA SA	10	5	10	10	140	NO APROBADO
UNIMAQ	5	15	10	5	140	NO APROBADO
SEDECO COMERCIAL SA	15	10	10	15	200	APROBADO
CYM SERVICIOS SAC	5	15	10	15	170	APROBADO
AGA SA	15	5	15	5	170	APROBADO
OXIMAN	15	5	10	10	165	APROBADO
LAS HORMIGAS DE TOP GAS	5	10	10	10	135	NO APROBADO
RUEDAS Y GARRUCHAS 3000	5	10	15	10	155	NO APROBADO
VALVOSANITARIAS	10	10	15	10	180	APROBADO
ENGEL MERKEE& CIA PERU SAC	5	5	10	5	100	NO APROBADO
HYDRAULIC SYSTEM SAC	10	5	5	5	105	NO APROBADO
ENERGOTEC	5	10	10	10	135	NO APROBADO
FESEPSA	5	10	10	10	135	NO APROBADO
VANECO	15	5	10	10	165	APROBADO
BASURTO IMPORTADORA COMERCIAL SAC	10	5	10	10	140	NO APROBADO
SEGOVIA SERVICE	15	5	10	5	150	NO APROBADO
NOR OIL	5	15	5	10	135	NO APROBADO
PIMENTEL SEVILLA ALFREDO	10	10	10	15	175	APROBADO
MALLAS ING SRL	5	10	5	10	115	NO APROBADO
MULTINET SA	5	15	15	10	175	APROBADO
BOART LONGYEAR SAC	10	5	10	10	140	NO APROBADO
FUNDICION MECANIZADA	5	15	15	5	160	APROBADO
DIROME	10	15	10	10	180	APROBADO
PROMELSA	10	5	5	5	105	NO APROBADO
ELECTRO ENCHUFE EIRL	5	10	10	10	135	NO APROBADO
SOLDEXSA	10	10	5	15	155	NO APROBADO
INDURA	5	5	15	10	135	NO APROBADO
SAGER SAC	15	15	10	10	205	APROBADO
TRANSPORTE GRAU	10	10	5	10	140	NO APROBADO
TRANSPORTE RODRIGO CARRANZA SAC	15	10	5	5	150	NO APROBADO
TRANSPORTES LINEA	10	5	15	10	160	APROBADO
TURISMO DIAS	10	5	10	15	155	NO APROBADO
TRADI	5	10	5	10	115	NO APROBADO
RAGENSA	5	5	10	5	100	NO APROBADO

Figura 23: Evaluación de los proveedores de la empresa Halcón S.A.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de 66 proveedores evaluados, el 54% (35 proveedores) fueron aprobados, con el otro 46% la empresa Halcón debe empezar a buscar nuevos proveedores.

e) Falta de capacitación al personal en temas de mantenimiento (Cr4)

Como se mencionó con anterioridad la empresa Halcón S.A. en el año 2017 no brindó capacitaciones a su personal en temas de mantenimiento.

Para asegurar que el plan de mantenimiento preventivo pueda realizarse, es necesario brindar capacitaciones externas que aborden temas que tengan relación con la gestión de mantenimiento de equipos industriales.

Este programa consta de 10 capacitaciones que se darán a lo largo del año 2018. El costo de estas capacitaciones asciende a S/.15,000.00

A continuación en la tabla 21, se muestra el cronograma de capacitaciones propuesto:

Tabla 21: Cronograma de capacitación propuesto

N°	TEMA	CRONOGRAMA												Horas	COSTO		
		E	F	M	A	M	J	L	A	S	O	N	D				
1	Mantenimiento preventivo	X														5	S/. 3,000
2	Gestión del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad				X											5	S/. 3,000
3	Herramientas para la Gestión del Mantenimiento							X								5	S/. 3,000
4	Técnicas de Lubricación Industrial												X			5	S/. 3,000
5	Análisis vibracional - Manejo de equipos-predicivos														X	5	S/. 3,000
TOTAL												25	S/. 15,000.00				

Fuente: Elaboración propia

4.2 Impacto de las propuestas de mejora

a) No existe un programa de mantenimiento preventivo (Cr9)

Actualmente la empresa no existe un programa de mantenimiento preventivo, ni siquiera se les realiza la limpieza básica que requiere todo equipo. Es por ello que el indicador de % de mantenimiento preventivo es de 0%. Así como se muestra en la siguiente tabla.

Es por ello en el año 2017 en los 50 equipos que tiene se tuvo un total de 9048 horas de mantenimiento correctivo y se obtuvo un MTTR de 6,32 horas y un MTBF de 81.42 horas.

Además se calculó el costo por hora/máquina de la empresa el cual dio como resultado S/.52.44, con este dato se pudo determinar el costo lucro cesante anual el cual fue de S/.474.513.

Con la propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo se incrementó la disponibilidad de 92.8% a 95.1%, y las ventas se incrementaron en S/151, 284. Además se incrementó el % de horas de mantenimiento preventivo a un 22%. Así como se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 22: % de mantenimiento preventivo

	2017	%	CON LA MEJORA	%
Mantenimiento correctivo(h)	9048	100%	6163	82%
Mantenimiento preventivo(h)	0	0%	1688	22%
Total	6462	100%	7508	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Incremento de las ventas

	2017	CON LA MEJORA	AUMENTO
Ventas (soles)	S/. 6,545,000.00	S/. 6,696,284.71	S/. 151,284.71

Fuente: Elaboración propia

Además estas propuestas de mejora permitieron incrementar la rentabilidad de la empresa de un 15 a un 16.4%. Así como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 24: Incremento de la Rentabilidad

	2017	CON LA MEJORA	INCREMENTO
Ventas (soles)	S/. 6,545,000.00	S/. 6,696,284.71	S/. 151,284.71
Utilidad neta	S/. 1,832,600.00	S/. 2,075,848.26	S/. 243,248.26
Disponibilidad (%)	92.8%	95.1%	2%
Rentabilidad	28%	31%	3%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Reducción del número de fallas

EQUIPO	N PARADAS	TTR	TTF	TIEMPO DISP.	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD	CLC MANTENIMIENTO CORRECTIVO	CON EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO									
									REDUCCIÓN DE FALLAS	N° FALLAS	TTR	TTF	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD	CLC MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	25	232	2264	2496	9	91	90.7%	S./	12,166.99	8	17	158	2338	9.3	137.54	94%	S./	8,273.55
TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	18	178	2318	2496	10	129	92.9%	S./	9,335.02	6	12	119	2377	9.9	198.11	95.2%	S./	6,223.34
MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	29	197	2299	2496	7	79	92.1%	S./	10,331.45	9	20	136	2360	6.8	118.01	94.6%	S./	7,125.14
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	49	207	2289	2496	4	47	91.7%	S./	10,855.89	15	34	144	2352	4.2	69.19	94.2%	S./	7,532.66
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO HOBART-500	14	235	2261	2496	17	162	90.6%	S./	12,324.32	5	9	151	2345	16.8	260.55	93.9%	S./	7,922.78
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO HOBART RC-300	27	257	2239	2496	10	83	89.7%	S./	13,478.08	9	18	171	2325	9.5	129.15	93.1%	S./	8,985.39
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO AC-225	27	212	2284	2496	8	85	91.5%	S./	11,118.11	9	18	141	2355	7.9	130.81	94.3%	S./	7,412.07
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	70	188	2308	2496	3	33	92.5%	S./	9,859.46	21	49	132	2364	2.7	48.25	94.7%	S./	6,901.62
MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	35	182	2314	2496	5	66	92.7%	S./	9,544.79	11	24	125	2371	5.2	98.80	95.0%	S./	6,545.00
MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500	24	157	2339	2496	7	97	93.7%	S./	8,233.69	8	16	105	2391	6.5	149.46	95.8%	S./	5,489.13
MAQUINA CORTE POR PLASMA LG40Y	12	241	2255	2496	20	188	90.3%	S./	12,638.98	4	8	161	2335	20.1	291.92	93.6%	S./	8,425.99
hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP	11	208	2288	2496	19	208	91.7%	S./	10,908.33	4	7	132	2364	18.9	337.66	94.7%	S./	6,941.67
COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL	24	106	2390	2496	4	100	95.8%	S./	5,559.05	8	16	71	2425	4.4	151.58	97.2%	S./	3,706.04
CEPILLADORA MADERA modelo MB105A	19	254	2242	2496	13	118	89.8%	S./	13,320.75	6	13	174	2322	13.4	178.63	93.0%	S./	9,114.20
CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30	41	128	2368	2496	3	58	94.9%	S./	6,712.82	13	28	87	2409	3.1	86.02	96.5%	S./	4,584.37
COMPRESOR modelo Z-0.036/8	45	117	2379	2496	3	53	95.3%	S./	6,135.94	14	31	81	2415	2.6	77.92	96.8%	S./	4,226.98
COMPRESOR modelo V-017/8	35	124	2372	2496	4	68	95.0%	S./	6,503.04	11	24	85	2411	3.5	100.46	96.6%	S./	4,459.23
DESGROSADORA BULLERI modelo 05	14	120	2376	2496	9	170	95.2%	S./	6,293.27	5	9	77	2419	8.6	268.76	96.9%	S./	4,045.67
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	66	260	2236	2496	4	34	89.6%	S./	13,635.42	20	46	181	2315	3.9	50.32	92.7%	S./	9,503.47
TORNO modelo HQ-400/3	18	115	2381	2496	6	132	95.4%	S./	6,031.05	6	12	77	2419	6.4	201.61	96.9%	S./	4,020.70
TORNO Industrias Nardini	77	101	2395	2496	1	31	96.0%	S./	5,296.83	24	53	70	2426	1.3	45.78	97.2%	S./	3,645.87
TORNO modelo ARM-135-EP	28	263	2233	2496	9	80	89.5%	S./	13,792.75	9	19	178	2318	9.4	121.98	92.8%	S./	9,359.36
TALADRO VERTICAL modelo Z5050	47	124	2372	2496	3	50	95.0%	S./	6,503.04	15	32	84	2412	2.6	75.36	96.6%	S./	4,427.61
TALADRO VERTICAL modelo Z54120	14	139	2357	2496	10	168	94.4%	S./	7,289.70	5	9	89	2407	9.9	267.40	96.4%	S./	4,686.24
SIERRA ELECTRICA modelo SABI-14	41	162	2334	2496	4	57	93.5%	S./	8,495.91	13	28	111	2385	4.0	85.19	95.6%	S./	5,802.09
SIERRA ELECTRICA	12	119	2377	2496	10	198	95.2%	S./	6,240.83	4	8	79	2417	9.9	302.08	96.8%	S./	4,160.55
DOBLADORA MANUAL	22	121	2375	2496	6	108	95.2%	S./	6,345.71	7	15	83	2414	5.5	160.90	96.7%	S./	4,326.62
DOBLADORA CON GATÁ HIDRAULICA	40	245	2251	2496	6	56	90.2%	S./	12,848.76	12	28	172	2325	6.1	83.02	93.1%	S./	8,994.13
HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20	72	188	2308	2496	3	32	92.5%	S./	9,859.46	22	50	131	2365	2.6	47.31	94.8%	S./	6,846.84
ROLADORA modelo W11SNC-8x3000	38	248	2248	2496	7	59	90.1%	S./	13,006.09	12	26	170	2326	6.5	89.47	93.2%	S./	8,898.90
ZNC modelo CG1-30/CG1-100	69	127	2369	2496	2	34	94.9%	S./	6,660.38	21	48	88	2408	1.8	50.16	96.5%	S./	4,633.31
TRONZADORA	56	178	2318	2496	3	41	92.9%	S./	9,335.02	17	39	124	2372	3.2	60.82	95.0%	S./	6,501.17
TRONZADORA	55	257	2239	2496	5	41	89.7%	S./	13,478.08	17	38	178	2318	4.7	61.01	92.9%	S./	9,312.13
CIZALLA MANUAL	77	170	2326	2496	2	30	93.2%	S./	8,915.46	24	53	117	2379	2.2	44.89	95.3%	S./	6,136.62
PLEGADORA hidráulica modelo WC67Y 160/4000	68	124	2372	2496	2	35	95.0%	S./	6,503.04	21	47	86	2410	1.8	51.28	96.6%	S./	4,494.75
Maq. Hidra dobladora metal mod. WC67Y 450T/6000	31	128	2368	2496	4	76	94.9%	S./	6,712.82	10	21	87	2409	4.1	114.73	96.5%	S./	4,547.39
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	50	109	2387	2496	2	48	95.6%	S./	5,716.39	15	35	76	2420	2.2	69.13	96.9%	S./	4,001.47
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	16	246	2250	2496	15	141	90.1%	S./	12,901.20	5	11	169	2327	15.4	211.53	93.2%	S./	8,869.58
CIZALLADORA hidráulica modelo RA11Y- 13x6000	58	181	2315	2496	3	40	92.7%	S./	9,492.35	18	40	125	2371	3.1	59.28	95.0%	S./	6,546.45
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	68	182	2314	2496	3	34	92.7%	S./	9,544.79	21	47	126	2370	2.7	50.43	95.0%	S./	6,597.14
COMPRESOR DE PISTON modelo RSH100	35	227	2269	2496	6	65	90.9%	S./	11,904.77	11	24	156	2340	6.5	97.51	93.8%	S./	8,163.27
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 350A	47	209	2287	2496	4	49	91.6%	S./	10,160.78	15	32	142	2354	4.4	73.55	94.3%	S./	7,462.66
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 270A	67	240	2256	2496	4	34	90.4%	S./	12,586.54	21	46	165	2331	3.6	50.68	93.4%	S./	8,641.50
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO TC-300AC	66	235	2261	2496	4	34	90.6%	S./	12,324.32	20	46	164	2332	3.6	50.70	93.4%	S./	8,589.68
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO ZX7-400	72	106	2390	2496	1	33	95.8%	S./	5,559.05	22	50	74	2422	1.5	48.45	97.1%	S./	3,860.45
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO AC-225	71	232	2264	2496	3	32	90.7%	S./	12,166.99	22	49	160	2336	3.3	47.67	93.6%	S./	8,396.93
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICICO TC-300AC	17	132	2364	2496	8	139	94.7%	S./	6,922.60	6	11	85	2411	7.8	219.14	96.6%	S./	4,479.33
OXICORTE	16	169	2327	2496	11	145	93.2%	S./	8,663.02	5	11	116	2380	10.6	216.35	95.3%	S./	6,093.33
OXICORTE	16	134	2362	2496	8	148	94.6%	S./	7,027.48	5	11	92	2404	8.4	218.53	96.3%	S./	4,831.40
OXICORTE	68	234	2262	2496	3	33	90.6%	S./	12,271.88	21	47	162	2334	3.4	49.67	93.5%	S./	8,482.03
TOTAL	2017	9048	115752	2496.00	6.32	81.42	92.8%	S./	474,513	632	1385	6163	118637	6.3	124.2	95.1%	S./	323,227.79

Fuente: Elaboración propia

b) Falta de procedimiento de mantenimiento definido(Cr6)

La empresa no cuenta con procedimientos para el desarrollo de mantenimiento de los equipos del área de producción, es por ello que el indicador de % de procedimientos de mantenimientos es 0%. Con la propuesta de mejora se logró incrementar este % a un 100% ya que se desarrolló un procedimiento para la realización de mantenimiento preventivo.

El costo de no tener un procedimiento adecuado está incluido en los costos de la causa raíz 10 que se detalla a continuación.

c) Cr10- Falta de documentación de los equipos

En planta no se cuenta con documentación referente a tareas de mantenimiento, historial de equipos, duración de tareas de reparación, kárdex de repuestos, etc. Esto implica tiempo de los técnicos de mantenimiento para el diagnóstico de las fallas y por ello costo hora-hombre, que en promedio es de 8 min por servicio. Se llegó a determinar que en total se tuvo un costo de S/.14, 103 soles.

Con propuesta de mejora de la gestión de la documentación se espera reducir el número de horas de 268 a 115, es decir 57% menos, con lo cual el costo lucro cesante anual del tiempo perdido se reduce a S/.6, 053. Así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 26: Reducción del costo de falta de documentación de los equipos

COSTO POR FALTA DE DOCUMENTACIÓN			CON LA PROPUESTA DE MEJORA	
Tiempo por Inspección:	8	min	5	min
Tiempo por Inspección:	0.13	horas	0.08	horas
n° inspecciones	2017.00	veces	1385.00	veces
Tiempo total de inspecciones	268.93	horas	115.42	horas
Costo por inspecciones para detectar falla	S/. 14,103.92	soles	S/. 6,053	soles

Fuente: Elaboración propia

d) Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores

Actualmente no se realiza un proceso adecuado de evaluación a los proveedores con los que trabaja la empresa Halcón S.A., es por ello que en el año 2017, se realizó 469 pedidos de materiales diversos a los proveedores en Lima y Trujillo de los cuales 44 pedidos no fueron entregados a tiempo, ocasionando demoras en la entrega de 458 Horas. Cabe mencionar que este sobretiempo generó retrasos en la entrega de pedidos generando un Costo lucro cesante (CLC) por la demora en la entrega de materiales por parte de los proveedores de S/. 24,019.

Con la propuesta de mejora de la evaluación y seguimiento a los proveedores se espera reducir en un 40% el tiempo de demora en las entregas realizada por los proveedores, con esto se logra reducir el número de horas de 458 a 275 con lo cual se reduce el costo lucro cesante anual a S/. 14,411. Así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27: Reducción del % de demoras en las entregas realizadas por los proveedores

DEMORAS EN LAS ENTREGAS REALIZADAS POR LOS PROVEEDORES - 2017						RESULTADOS CON LA PROPUESTA DE MEJORA				
MESES	Número de entregas totales	Número de retrasos de entrega	% de retrasos de entregas	Horas de demora	CLC por tiempo perdido	Número de retrasos de entrega con la mejora	% de retrasos de entregas	Reducción del número de horas de demora	Nuevo total de horas por demoras	Nuevo CLC por tiempo perdido
Enero	45	5	11%	29	S/. 1,520.87	3	7%	12	17	S/. 912.52
Febrero	40	6	15%	42	S/. 2,202.64	4	9%	17	25	S/. 1,321.59
Marzo	49	4	8%	29	S/. 1,520.87	2	5%	12	17	S/. 912.52
Abril	34	3	9%	40	S/. 2,097.76	2	5%	16	24	S/. 1,258.65
Mayo	34	5	15%	49	S/. 2,569.75	3	9%	20	29	S/. 1,541.85
Junio	36	2	6%	47	S/. 2,464.86	1	3%	19	28	S/. 1,478.92
Julio	50	4	8%	54	S/. 2,831.97	2	5%	22	32	S/. 1,699.18
Agosto	41	2	5%	30	S/. 1,573.32	1	3%	12	18	S/. 943.99
Septiembre	39	3	8%	41	S/. 2,150.20	2	5%	16	25	S/. 1,290.12
Octubre	37	3	8%	25	S/. 1,311.10	2	5%	10	15	S/. 786.66
Noviembre	38	5	13%	30	S/. 1,573.32	3	8%	12	18	S/. 943.99
Diciembre	26	2	8%	42	S/. 2,202.64	1	5%	17	25	S/. 1,321.59
Total	469	44	9%	458	S/. 24,019.31	26	6%	183	275	S/. 14,411.59
						-40%				-40%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el cuadro anterior, el % promedio de retrasos en las entregas por parte de los proveedores fue de 9% y con la propuesta de mejora se logró reducir a 6%.

e) **Cr4 -Falta de capacitación en temas de mantenimiento**

La ausencia de un área de mantenimiento específica y autónoma, repercute en una mala gestión del mantenimiento, ya que no se tiene organizado, por ejemplo: a quién reportar, quién determina la frecuencia de inspecciones, quién autoriza la compra de repuestos, etc.

Por ello, de presentarse una falla se tiene que contratar servicio de terceros. Cabe mencionar que en el año 2017 de las 2017 fallas presentadas en los equipos el 61.08%(1232 fallas) fueron atendidas externamente. Esto generó un monto de facturación de servicios de mantenimiento externo de S/554,675.

Con la propuesta de mejora se espera reducir en un 20% el número de órdenes de trabajo de mantenimiento externo de 1232 a 986, con esto se logró reducir el monto de facturación de servicios de mantenimiento externo de S/554,675 a S/443,740. Así como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 28: Costo de mantenimiento externo con la propuesta de mejora

EQUIPO	N° PARADAS	MANTENIMIENTO			COSTO MANTO EXTERNO			MANTENIMIENTO			CON LA PROPUESTA DE MEJORA		
		EXTERNO	MO	REPUESTOS	TOTAL	EXTERNO	MO	REPUESTOS	TOTAL	EXTERNO	MO	REPUESTOS	TOTAL
MAQ. SOLDAR INOXIDABLE TIG.200P	25	15	S/. 5,000.00	S/. 1,875.00	S/. 6,875.00	12	S/. 4,000.00	S/. 1,500.00	S/. 5,500.00				
TRONZADORA - Motor eléctrico 3.7HP	18	11	S/. 3,600.00	S/. 1,350.00	S/. 4,950.00	9	S/. 2,880.00	S/. 1,080.00	S/. 3,960.00				
MAQUINA DE SOLDAR MIG MICROMATIC ZX7-250	29	18	S/. 5,800.00	S/. 2,175.00	S/. 7,975.00	14	S/. 4,640.00	S/. 1,740.00	S/. 6,380.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	49	30	S/. 9,800.00	S/. 3,675.00	S/. 13,475.00	24	S/. 7,840.00	S/. 2,940.00	S/. 10,780.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART 500	14	9	S/. 2,800.00	S/. 1,050.00	S/. 3,850.00	7	S/. 2,240.00	S/. 840.00	S/. 3,080.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO HOBART RC-300	27	17	S/. 5,400.00	S/. 2,025.00	S/. 7,425.00	14	S/. 4,320.00	S/. 1,620.00	S/. 5,940.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	27	17	S/. 5,400.00	S/. 2,025.00	S/. 7,425.00	14	S/. 4,320.00	S/. 1,620.00	S/. 5,940.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	70	42	S/. 14,000.00	S/. 5,250.00	S/. 19,250.00	34	S/. 11,200.00	S/. 4,200.00	S/. 15,400.00				
MAQUINA DE SOLDAR MIG 270 A	35	21	S/. 7,000.00	S/. 2,625.00	S/. 9,625.00	17	S/. 5,600.00	S/. 2,100.00	S/. 7,700.00				
MAQUINA DE SOLDAR MIG ZKH-500	24	15	S/. 4,800.00	S/. 1,800.00	S/. 6,600.00	12	S/. 3,840.00	S/. 1,440.00	S/. 5,280.00				
MAQUINA CORTE POR PLASMA LG40Y	12	8	S/. 2,400.00	S/. 900.00	S/. 3,300.00	6	S/. 1,920.00	S/. 720.00	S/. 2,640.00				
hidrolavadora kazo AC-50AIN CON MOTOR DE 5HP	11	7	S/. 2,200.00	S/. 825.00	S/. 3,025.00	6	S/. 1,760.00	S/. 660.00	S/. 2,420.00				
COMPRESOR DE PISTON posición VERTICAL	24	15	S/. 4,800.00	S/. 1,800.00	S/. 6,600.00	12	S/. 3,840.00	S/. 1,440.00	S/. 5,280.00				
CEPILLADORA MADERA modelo MB105A	19	12	S/. 3,800.00	S/. 1,425.00	S/. 5,225.00	10	S/. 3,040.00	S/. 1,140.00	S/. 4,180.00				
CEPILLADORA MADERA modelo COMB-30	41	25	S/. 8,200.00	S/. 3,075.00	S/. 11,275.00	20	S/. 6,560.00	S/. 2,460.00	S/. 9,020.00				
COMPRESOR modelo Z-0.036/8	45	27	S/. 9,000.00	S/. 3,375.00	S/. 12,375.00	22	S/. 7,200.00	S/. 2,700.00	S/. 9,900.00				
COMPRESOR modelo V-017/8	35	21	S/. 7,000.00	S/. 2,625.00	S/. 9,625.00	17	S/. 5,600.00	S/. 2,100.00	S/. 7,700.00				
DESGROSADORA BULLERI modelo 05	14	9	S/. 2,800.00	S/. 1,050.00	S/. 3,850.00	7	S/. 2,240.00	S/. 840.00	S/. 3,080.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	66	40	S/. 13,200.00	S/. 4,950.00	S/. 18,150.00	32	S/. 10,560.00	S/. 3,960.00	S/. 14,520.00				
TORNO modelo HQ-400/3	18	11	S/. 3,600.00	S/. 1,350.00	S/. 4,950.00	9	S/. 2,880.00	S/. 1,080.00	S/. 3,960.00				
TORNO Industrias Nardini	77	47	S/. 15,400.00	S/. 5,775.00	S/. 21,175.00	38	S/. 12,320.00	S/. 4,620.00	S/. 16,940.00				
TORNO modelo ARM-135-EP	28	17	S/. 5,600.00	S/. 2,100.00	S/. 7,700.00	14	S/. 4,480.00	S/. 1,680.00	S/. 6,160.00				
TALADRO VERTICAL modelo Z5050	47	29	S/. 9,400.00	S/. 3,525.00	S/. 12,925.00	23	S/. 7,520.00	S/. 2,820.00	S/. 10,340.00				
TALADRO VERTICAL modelo Z54120	14	9	S/. 2,800.00	S/. 1,050.00	S/. 3,850.00	7	S/. 2,240.00	S/. 840.00	S/. 3,080.00				
SIERRA ELECTRICA modelo SABI-14	41	25	S/. 8,200.00	S/. 3,075.00	S/. 11,275.00	20	S/. 6,560.00	S/. 2,460.00	S/. 9,020.00				
SIERRA ELECTRICA	12	8	S/. 2,400.00	S/. 900.00	S/. 3,300.00	6	S/. 1,920.00	S/. 720.00	S/. 2,640.00				
DOBLADORA MANUAL	22	14	S/. 4,400.00	S/. 1,650.00	S/. 6,050.00	11	S/. 3,520.00	S/. 1,320.00	S/. 4,840.00				
DOBLADORA CON GATA HIDRAULICA	40	24	S/. 8,000.00	S/. 3,000.00	S/. 11,000.00	19	S/. 6,400.00	S/. 2,400.00	S/. 8,800.00				
HYDRAULIC STEEL WORKER modelo Q35Y-20	72	44	S/. 14,400.00	S/. 5,400.00	S/. 19,800.00	35	S/. 11,520.00	S/. 4,320.00	S/. 15,840.00				
ROLADORA modelo W11SNC-8x3000	38	23	S/. 7,600.00	S/. 2,850.00	S/. 10,450.00	18	S/. 6,080.00	S/. 2,280.00	S/. 8,360.00				
ZNC modelo CG1-30/CG1-100	69	42	S/. 13,800.00	S/. 5,175.00	S/. 18,975.00	34	S/. 11,040.00	S/. 4,140.00	S/. 15,180.00				
TRONZADORA	56	34	S/. 11,200.00	S/. 4,200.00	S/. 15,400.00	27	S/. 8,960.00	S/. 3,360.00	S/. 12,320.00				
TRONZADORA	55	33	S/. 11,000.00	S/. 4,125.00	S/. 15,125.00	26	S/. 8,800.00	S/. 3,300.00	S/. 12,100.00				
CIZALLA MANUAL	77	47	S/. 15,400.00	S/. 5,775.00	S/. 21,175.00	38	S/. 12,320.00	S/. 4,620.00	S/. 16,940.00				
PLEGADORA hidráulica modelo WC67Y 160/4000	68	41	S/. 13,600.00	S/. 5,100.00	S/. 18,700.00	33	S/. 10,880.00	S/. 4,080.00	S/. 14,960.00				
Maq. Hidra dobladora metal mod. WC67Y 450T/6000	31	19	S/. 6,200.00	S/. 2,325.00	S/. 8,525.00	15	S/. 4,960.00	S/. 1,860.00	S/. 6,820.00				
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	50	30	S/. 10,000.00	S/. 3,750.00	S/. 13,750.00	24	S/. 8,000.00	S/. 3,000.00	S/. 11,000.00				
CIZALLADORA modelo QC12Y-10x3200	16	10	S/. 3,200.00	S/. 1,200.00	S/. 4,400.00	8	S/. 2,560.00	S/. 960.00	S/. 3,520.00				
CIZALLADORA hidráulica modelo RA11Y- 13x6000	58	35	S/. 11,600.00	S/. 4,350.00	S/. 15,950.00	28	S/. 9,280.00	S/. 3,480.00	S/. 12,760.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	68	41	S/. 13,600.00	S/. 5,100.00	S/. 18,700.00	33	S/. 10,880.00	S/. 4,080.00	S/. 14,960.00				
COMPRESOR DE PISTON modelo RSH100	35	21	S/. 7,000.00	S/. 2,625.00	S/. 9,625.00	17	S/. 5,600.00	S/. 2,100.00	S/. 7,700.00				
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 350A	47	29	S/. 9,400.00	S/. 3,525.00	S/. 12,925.00	23	S/. 7,520.00	S/. 2,820.00	S/. 10,340.00				
MAQUINA DE SOLDAR MIG serie 270A	67	41	S/. 13,400.00	S/. 5,025.00	S/. 18,425.00	33	S/. 10,720.00	S/. 4,020.00	S/. 14,740.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO TC-300AC	66	40	S/. 13,200.00	S/. 4,950.00	S/. 18,150.00	32	S/. 10,560.00	S/. 3,960.00	S/. 14,520.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO ZX7-400	72	44	S/. 14,400.00	S/. 5,400.00	S/. 19,800.00	35	S/. 11,520.00	S/. 4,320.00	S/. 15,840.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO AC-225	71	43	S/. 14,200.00	S/. 5,325.00	S/. 19,525.00	34	S/. 11,360.00	S/. 4,260.00	S/. 15,620.00				
MAQ.SOLDAR ARCO ELECTRICO TC-300AC	17	11	S/. 3,400.00	S/. 1,275.00	S/. 4,675.00	9	S/. 2,720.00	S/. 1,020.00	S/. 3,740.00				
OXICORTE	16	10	S/. 3,200.00	S/. 1,200.00	S/. 4,400.00	8	S/. 2,560.00	S/. 960.00	S/. 3,520.00				
OXICORTE	16	10	S/. 3,200.00	S/. 1,200.00	S/. 4,400.00	8	S/. 2,560.00	S/. 960.00	S/. 3,520.00				
OXICORTE	68	41	S/. 13,600.00	S/. 5,100.00	S/. 18,700.00	33	S/. 10,880.00	S/. 4,080.00	S/. 14,960.00				
TOTAL	2017	1232	S/. 403,400.00	S/. 151,275.00	S/. 554,675.00	986	S/. 322,720.00	S/. 121,020.00	S/. 443,740.00				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA

5.1 Inversión para la propuesta de mejora

Para el desarrollo de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción para incrementar la rentabilidad de la empresa Halcón S.A. es necesario realizar la inversión que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29: Inversión de la propuesta de mejora

Lista de equipos	Costo	Vida Útil	Drecciación mensual
Inversión en instrumentos predictivos	S/. 4,169.00	20	S/. 69.48
Inversión en capacitación	S/. 15,000.00		
Mano de obra	S/. 14,000.00		
Herramientas	S/. 3,800.00		
INVERSION TOTAL	S/. 36,969.00		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla anterior la inversión es de S/36, 969 y una depreciación mensual de los equipos predictivos de S/69.48.

5.2 Ahorro implementando la propuesta

1. El incremento de la disponibilidad de los equipos de 92.8 % a 95.1%, permitió incrementar las ventas en S/.151, 284.
2. El tener un procedimiento de mantenimiento preventivo y el tener una mejor gestión de la documentación para mantenimiento redujo en un 38% el tiempo de espera hasta que el técnico de mantenimiento llega y realiza el diagnóstico reduciendo el costo lucro cesante de S/.14, 103 a S/.6, 053.
3. Con la propuesta de mejora de la evaluación y seguimiento a los proveedores se espera reducir en un 40% el tiempo de demora en las entregas realizada por los proveedores, con esto se logra reducir el número de horas de 458 a 275 con lo cual se reduce el costo lucro cesante anual a S/. 14,411. Así como se muestra en la siguiente tabla.
4. Con la propuesta de mejora del programa de capacitación se espera reducir en un 20% el número de órdenes de trabajo de mantenimiento externo de 1232 a 986, con esto se logró reducir el monto de facturación de servicios de mantenimiento externo de S/554,675 a S/443,740.

A continuación se detalla los ingresos obtenidos con las propuestas de mejora para cada causa raíz.

Tabla 30: Ingresos generados por la propuesta de mejora en un año

CR	Causa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
CR9	No existe un programa de mantenimiento preventivo	S/. 13,410	S/. 15,097	S/. 14,231	S/. 13,886	S/. 13,047	S/. 14,304	S/. 11,406	S/. 13,730	S/. 10,689	S/. 9,860	S/. 10,252	S/. 11,373	S/. 151,285
CR6	Falta de procedimiento de mantenimiento definido	S/. 671	S/. 8,051											
CR10	Falta de documentación de los equipos													
CR2	Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores	S/. 801	S/. 9,608											
CR4	Falta de capacitación en temas de mantto.	S/. 9,245	S/. 110,935											
INGRESO TOTAL		S/. 24,127	S/. 25,813	S/. 24,947	S/. 24,602	S/. 23,763	S/. 25,020	S/. 22,122	S/. 24,447	S/. 21,405	S/. 20,576	S/. 20,968	S/. 22,089	S/. 279,878

Fuente: Elaboración propia

5.3 Estado de resultados

Inversión total: S/. 36,969.

Costo de oportunidad anual: 14% anual Tasa mensual: 1.10%

Tabla 31: Estado de resultados anual

Mensual	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ingresos		S/. 24,127	S/. 25,813	S/. 24,947	S/. 24,602	S/. 23,763	S/. 25,020	S/. 22,122	S/. 24,447	S/. 21,405	S/. 20,576	S/. 20,968	S/. 22,089
costos operativos		S/. 9,651	S/. 10,325	S/. 9,979	S/. 9,841	S/. 9,505	S/. 10,008	S/. 8,849	S/. 9,779	S/. 8,562	S/. 8,230	S/. 8,387	S/. 8,836
depreciación		S/. 69											
Utilidad bruta		S/. 14,406	S/. 15,418	S/. 14,899	S/. 14,692	S/. 14,189	S/. 14,943	S/. 13,204	S/. 14,598	S/. 12,773	S/. 12,276	S/. 12,511	S/. 13,184
Gav		S/. 720	S/. 771	S/. 745	S/. 735	S/. 709	S/. 747	S/. 660	S/. 730	S/. 639	S/. 614	S/. 626	S/. 659
Utilidad antes de impuestos		S/. 13,686	S/. 14,647	S/. 14,154	S/. 13,957	S/. 13,479	S/. 14,196	S/. 12,544	S/. 13,869	S/. 12,135	S/. 11,662	S/. 11,886	S/. 12,525
Impuestos		S/. 3,695	S/. 3,955	S/. 3,821	S/. 3,768	S/. 3,639	S/. 3,833	S/. 3,387	S/. 3,744	S/. 3,276	S/. 3,149	S/. 3,209	S/. 3,382
Utilidad después de impuestos		S/. 9,991	S/. 10,692	S/. 10,332	S/. 10,189	S/. 9,840	S/. 10,363	S/. 9,157	S/. 10,124	S/. 8,858	S/. 8,513	S/. 8,677	S/. 9,143

Fuente: Elaboración propia

5.4 Flujo de caja

Tabla 32: Flujo de caja anual

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Utilidad después de impuestos		S/. 9,991	S/. 10,692	S/. 10,332	S/. 10,189	S/. 9,840	S/. 10,363	S/. 9,157	S/. 10,124	S/. 8,858	S/. 8,513	S/. 8,677	S/. 9,143
mas depreciación		S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69	S/. 69
FNE	-S/. 36,969	S/. 10,060	S/. 10,762	S/. 10,402	S/. 10,258	S/. 9,909	S/. 10,432	S/. 9,226	S/. 10,193	S/. 8,928	S/. 8,583	S/. 8,746	S/. 9,212

Fuente: Elaboración propia

5.5 Calculo del TIR/VAN

Tabla 33: Indicadores económicos anuales

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo neto Efectivo	-S/. 36,969	S/. 10,060	S/. 10,762	S/. 10,402	S/. 10,258	S/. 9,909	S/. 10,432	S/. 9,226	S/. 10,193	S/. 8,928	S/. 8,583	S/. 8,746	S/. 9,212

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos totales		S/. 24,127	S/. 25,813	S/. 24,947	S/. 24,602	S/. 23,763	S/. 25,020	S/. 22,122	S/. 24,447	S/. 21,405	S/. 20,576	S/. 20,968	S/. 22,089
Egresos totales		S/. 14,066	S/. 15,051	S/. 14,545	S/. 14,344	S/. 13,854	S/. 14,588	S/. 12,896	S/. 14,253	S/. 12,477	S/. 11,993	S/. 12,222	S/. 12,876

VAN ingresos	S/. 261,464	SOLES
VAN egresos	S/. 152,430	SOLES
PRI	4	MESES

VAN	S/. 72,064.30			
TIR	25.5%	>	COK	14.0%
B/C	1.7			

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

En la presente investigación se ha recolectado información para solucionar los problemas de mantenimiento que tiene la empresa Halcón S.A. en sus equipos de producción. Por lo cual fue comparada con el desempeño de las otras tesis que hayan aplicado mejoras en su gestión de Mantenimiento.

Valera (2013) en su trabajo titulado “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo”, nos detalla que la empresa contaba con demasiados paros innecesarios de equipos y maquinaria diariamente por falta de mantenimiento preventivo a los mismos, lo cual generó un retraso en tiempos de entrega e incrementa los costos de producción. Con la idea de reducir los tiempos de entrega, costos de producción, confiabilidad y eficiencia de los equipos y maquinaria se propone implementar un programa de mantenimiento preventivo el cual se puso en marcha, llevando una capacitación y monitoreo del personal. Estas mejoras redujeron en un 35% la reincidencia de los equipos al departamento de mantenimiento, además de una disminución del 21% en el consumo de gas (argón) realizando chequeos y formatos para su ayuda. Adicional a ello se logró incrementar la disponibilidad de 88% a 93%.

En el caso de nuestra investigación se logró reducir el número de fallas en un 30% y con esto se incrementó la disponibilidad de los equipos de 92.8 % a 95.1%, con lo cual se corrobora lo expuesto en el trabajo de Valera. Así como se muestra en las siguientes figuras.

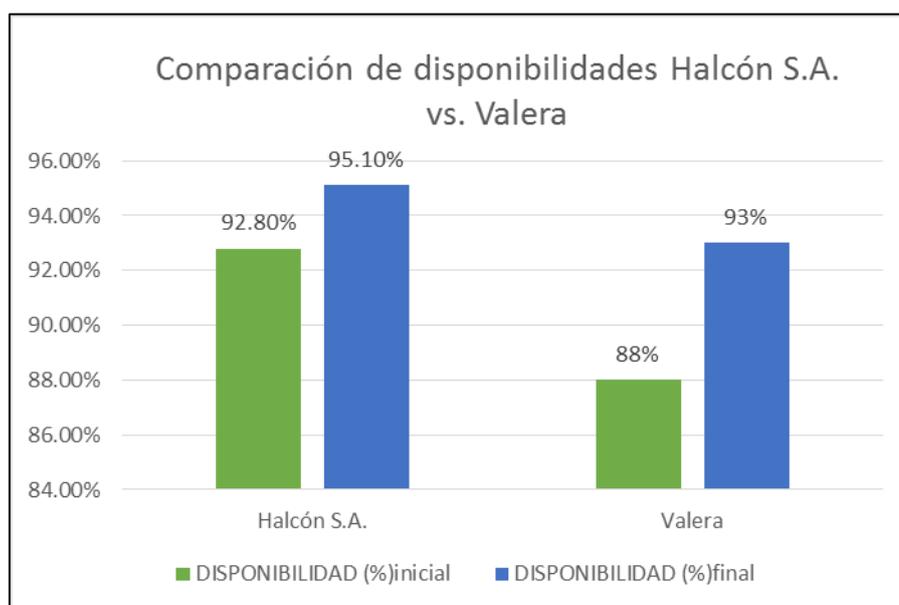


Figura 24: Comparación de disponibilidades

Fuente: Elaboración propia

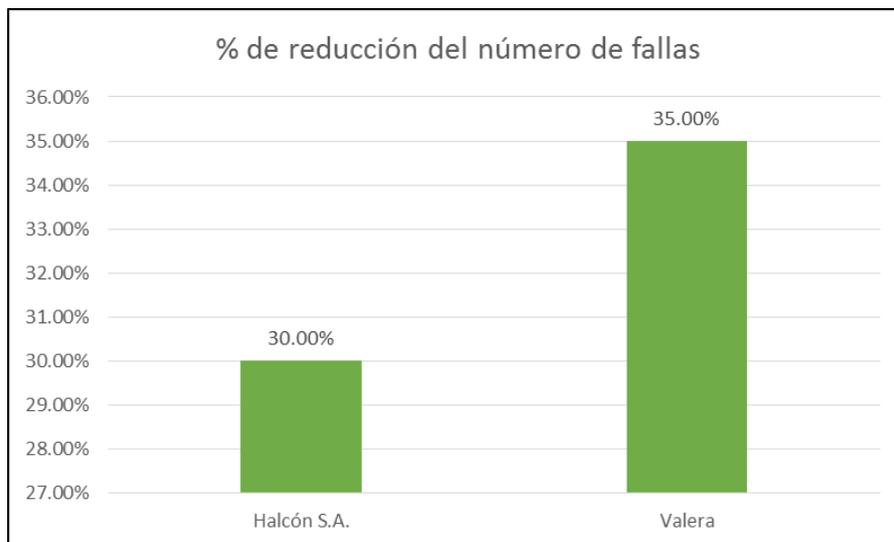


Figura 25: % de reducción de fallas

Fuente: Elaboración propia

Salas (2012) en su tesis titulada “Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil”. El presente trabajo de investigación realizado en la empresa Consorcio La Parcela nos habla sobre el desgaste de la maquinaria por el uso constante, lo que causa disminución de la eficiencia, además el nivel de producción disminuye e incrementa los costos operativos. Por tal motivo, se puede decir que la falta de mantenimiento disminuye la eficiencia de las máquinas y el nivel de producción. Adicional a ello luego de que se implementó las mejoras basadas en el mantenimiento preventivo se concluyó que el mantenimiento preventivo busca reducir los problemas y aumentar la vida útil de las máquinas.

En comparación con nuestra investigación en donde se aplicó mejoras en la gestión de mantenimiento basadas en el mantenimiento preventivo se logró reducir el número de fallas en un 30% y con esto se incrementó la disponibilidad de los equipos de 92.8 % a 95.1%, con lo cual se corrobora lo expuesto en el trabajo de Salas.

Garagatti (2007), en su tesis titulada TPM Reducción de Costos y Maximización de la Productividad en Procesos (Pampa Larga) de Minera Yanacocha., en donde se elaboró planes para cada pilar del TPM , permitiéndole desarrollar las mejores prácticas del TPM. Las propuestas de mejora con tan solo con 7 años de proyección de vida (vestimenta actual, con proyectos nuevos se estima 20 años) útil de Pampa Larga logró un VAN de 1 329,267 dólares, con un TIR de 62.89% y la tasa de retorno sobre la inversión de 2.17 veces con lo cual se comprueba que la implantación de mantenimiento preventivo basado en el TPM es RENTABLE.

En el caso de nuestra investigación luego de desarrollado las propuestas de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción se obtuvo en un periodo de 1 año un VAN de S/72,064, TIR de 25.5%, B/C de 1.7 y un PRI de 4 meses, con lo cual se corrobora lo expuesto en el trabajo de Garagatti. Así como se muestra en las siguientes figuras.

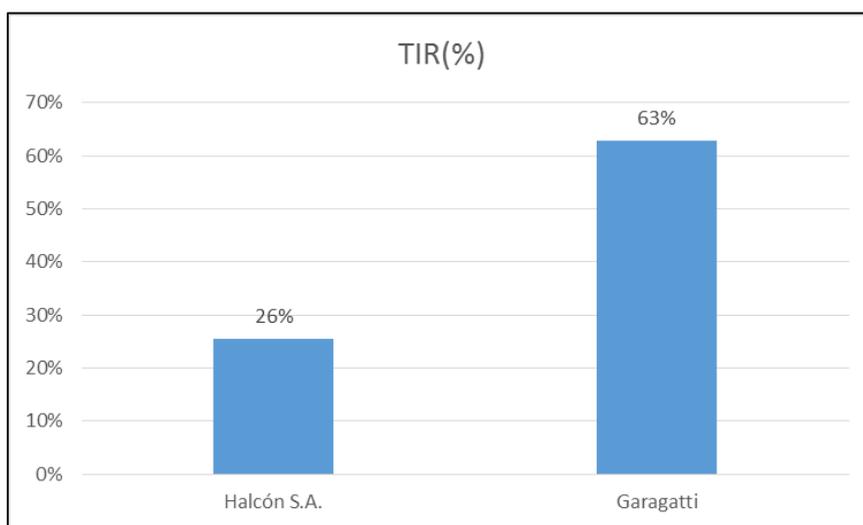


Figura 26: Comparación del TIR

Fuente: Elaboración propia

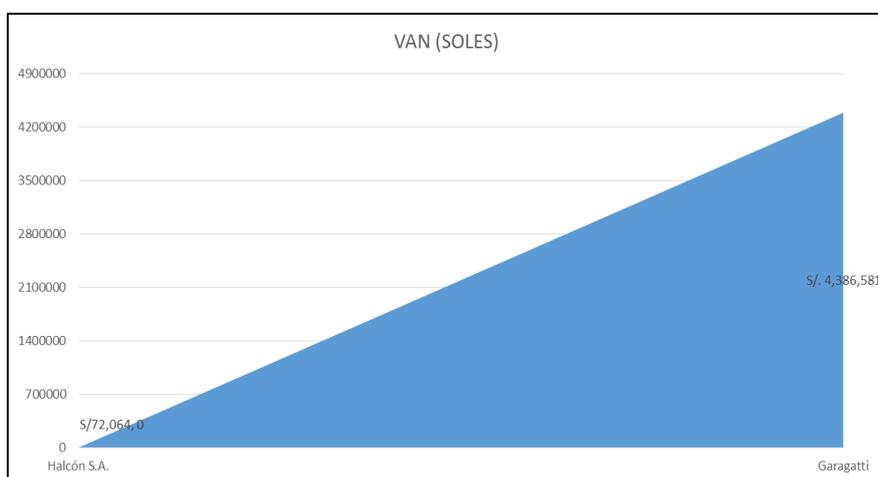


Figura 27: Comparación del VAN

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- A.** Se Incrementó la rentabilidad de la empresa Halcón S.A. a través de la propuesta de mejora en la Gestión de Mantenimiento de los equipos del área de producción. de 28% a 31%. Esto se logró debido a que este plan reduce el número de fallas en un 30% y esto a su vez logró incrementar la disponibilidad de los equipos de 92.8 % a 95.1%, incrementando las ventas en S/.151, 284. El tener un procedimiento de mantenimiento preventivo y el tener una mejor gestión de la documentación para mantenimiento redujo en un 38% el tiempo de espera hasta que el técnico de mantenimiento llega y realiza el diagnóstico reduciendo el costo lucro cesante de S/.14, 103 a S/.6, 053. Con la propuesta de mejora de la evaluación y seguimiento a los proveedores se redujo en un 40% el tiempo de demora en las entregas realizada por los proveedores con esto se logró reducir el costo lucro cesante anual a S/. 14,411. 4 y con la propuesta de mejora del programa de capacitación se redujo en 20% el número de órdenes de trabajo de mantenimiento externo de 1232 a 986 con esto se logró reducir el monto de facturación de servicios de mantenimiento externo de S/554,675 a S/443,740. Todas estas mejoras originaron ingresos de S/279,878.
- B.** Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la gestión del área de Mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A., encontrando que los principales problemas que afectan a la rentabilidad actual son: la falta de un plan de mantenimiento preventivo adecuado para los equipos de producción originó que se obtuviera una disponibilidad actual de los equipos de 92.8% por lo cual se tuvo una pérdida de S/474, 512. La falta de procedimiento de mantenimiento definido y la falta de documentación de los equipos originó que los técnicos de mantenimiento tengan tiempos de demora para el diagnóstico de las fallas generado un costo de S/.14, 103 soles. La falta de un adecuado seguimiento a los proveedores generó retrasos en la entrega de pedidos generando un Costo lucro cesante (CLC) por la demora en la entrega de materiales por parte de los proveedores de S/. 24,019. La falta de capacitación en temas de mantenimiento originó que en el año 2017 de las 2017 fallas presentadas en los equipos el 61.08%(1232 fallas) fueron atendidas externamente generando un costo por los servicios de mantenimiento externo de S/554,675.
- C.** Se elaboró la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción de la empresa Halcón S.A. el cual consiste en un Programa de Mantenimiento Preventivo, procedimiento para el mantenimiento preventivo, gestión de la documentación, evaluación y seguimiento de proveedores, plan de capacitación. Estas mejoras lograron incrementar la disponibilidad de 92.8 % a 95.1% incrementando las ventas en S/.151, 284.
- D.** Se realizó la evaluación económica para determinar los beneficios económicos y financieros de la aplicación de propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción en un periodo de 1 año, dando como resultado que el proyecto es RENTABLE, ya que se obtuvo un VAN de S/72,064, TIR de 25.5%, B/C de 1.7 y un PRI de 4 meses.

RECOMENDACIONES

- A.** Se recomienda a la empresa Halcón S.A., poner en práctica el plan de mantenimiento preventivo en los equipos de producción ya que estos les permitirá incrementar la disponibilidad de sus equipos permitiéndoles incrementar sus ventas.
- B.** Se recomienda a la empresa Halcón S.A. invertir en capacitación del personal tanto operativo como de mantenimiento para de esta forma mejorar las capacidades y aptitudes de los colaboradores a la hora de realizar sus labores diarias.
- C.** Se recomienda a la empresa Halcón S.A. evaluar constantemente a sus proveedores ya que esto le permitirá mejorar los tiempos de entrega de repuestos y material necesarios para su producción.
- D.** Se recomienda a la empresa en un largo plazo implementar técnicas predictivas para de esta forma saber el momento adecuado en el que un equipo puede fallar y de esta forma programar un mantenimiento para reducir el tiempo de paro por fallas correctivas.

REFERENCIAS

- Álvarez G. (2004), "Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.", Tesis de grado, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Stander, Bucaramanga. [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de <http://www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>.
- Asimet (2016). [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de <http://www.asimet.cl/pdf/Analisis%20comparativo%20industria%20metalurgica%20metalmecanica.pdf>
- Botero, C. (1991). Manual de Mantenimiento. [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de https://docs.google.com/document/d/1DV5c4w0G4QcZFTdrgcccOIRBkIHfsA-8b5_ZSjMw1M8/preview?pli=1
- Ecured (s.f.). Mantenimiento planificado. [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de http://www.ecured.cu/index.php/Mantenimiento_preventivo_planificado
- Espinosa Fuentes, F. (s.f.). Confiabilidad Operacional De Equipos: Metodologías Y Herramientas. [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de <http://campuscurico.utralca.cl/~fepinoso/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20y%20sus%20herramientas.pdf>.
- Knezevic, Jezdimir (1996). Mantenimiento. España: Isdefe.
- Macedo R. (2014), "Mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo sistemático para incrementar la confiabilidad en planta de producción de alimentos de minera Yanacocha", Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Trujillo-Perú. Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de <http://www.uteq.edu.mx/tesis/IMI/0339.pdf>
- Moreno, C. (s.f.). Indicadores de gestión de mantenimiento. [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de http://reliability-maintenance.blogspot.pe/2009/06/indicadoresdegestiondemantenimiento_02.html
- Peralta A. (2010), "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los laboratorios de metalmecánica del SECAP y propuesta de distribución de maquinaria, Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de <http://www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>.

- ProlInversión (2016). [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de <https://www.investinperu.pe/modulos/JER/PlantillaStandard.aspx?are=0&prf=0&jer=5861&sec=26>
- Ricaldi, M (2016), "Propuesta para la mejora de la disponibilidad de los camiones de una empresa de transportes de carga pesada, mediante el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento", Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú. . [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/315015/2/ricaldi_am-pub-tesis.pdf
- Sima (s.f.). Mantenimiento preventivo [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de https://docs.google.com/document/d/12Spt_DxNytDtC4EuHY9kMjDOeTOvFZ8XWMSnZUC-tPQ/edit
- Suárez, D. (2001).Guía Teórico – Práctico Mantenimiento Mecánico. Universidad de Oriente, Puerto La Cruz
- Valera S. (2013), "Implementación de un plan de mantenimiento preventivo", Tesis de grado, Ingeniería de mantenimiento Industrial, Universidad Tecnológica de Querétaro, Querétaro. [En línea] Recuperado el 10 de Marzo del 2018, de <http://www.uteq.edu.mx/tesis/IMI/0339.pdf>

ANEXOS

Anexo N ° 01: Encuesta para el área de producción

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN -HALCÓN S.A.

Área : **PRODUCCIÓN**

Problema : **BAJA RENTABILIDAD**

Nombre: _____ Área: _____

Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en el Problema.

Valorización	Puntaje
Muy alto	3
Alto	2
Regular	1
Bajo	0

EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA :
CAUSA () MUY ALTO () ALTO () MEDIO () BAJO

Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación			
		Muy alto	Alto	Regular	Bajo
Cr1	Falta de orden el almacén de materiales				
Cr2	Falta de un adecuado seguimiento a los proveedores				
Cr3	Falta de control de calidad de los repuestos y accesorios				
Cr4	Falta de capacitación en temas de mantto.				
Cr5	Falta de personal para el área de mantenimiento				
Cr6	Falta de procedimiento de mantenimiento definido				
Cr7	Falta de estudio de tiempos y movimientos				
Cr8	Falta de equipos para realizar el mantenimiento				
Cr9	Falta de un plan de mantenimiento preventivo				
Cr10	Falta de documentación de los equipos .				

Fuente: Elaboración propia